



# AÉROSTATION AVIATION

9751



DÉPÔT LÉGAL  
DÉPART. DE L'EURO  
N° 232  
1914.

par

**MAX DE NANSOUTY**

*Ingénieur des Arts et Manufactures*

PRÉFACE  
de  
**M. ALFRED PICARD**  
Membre de l'Institut



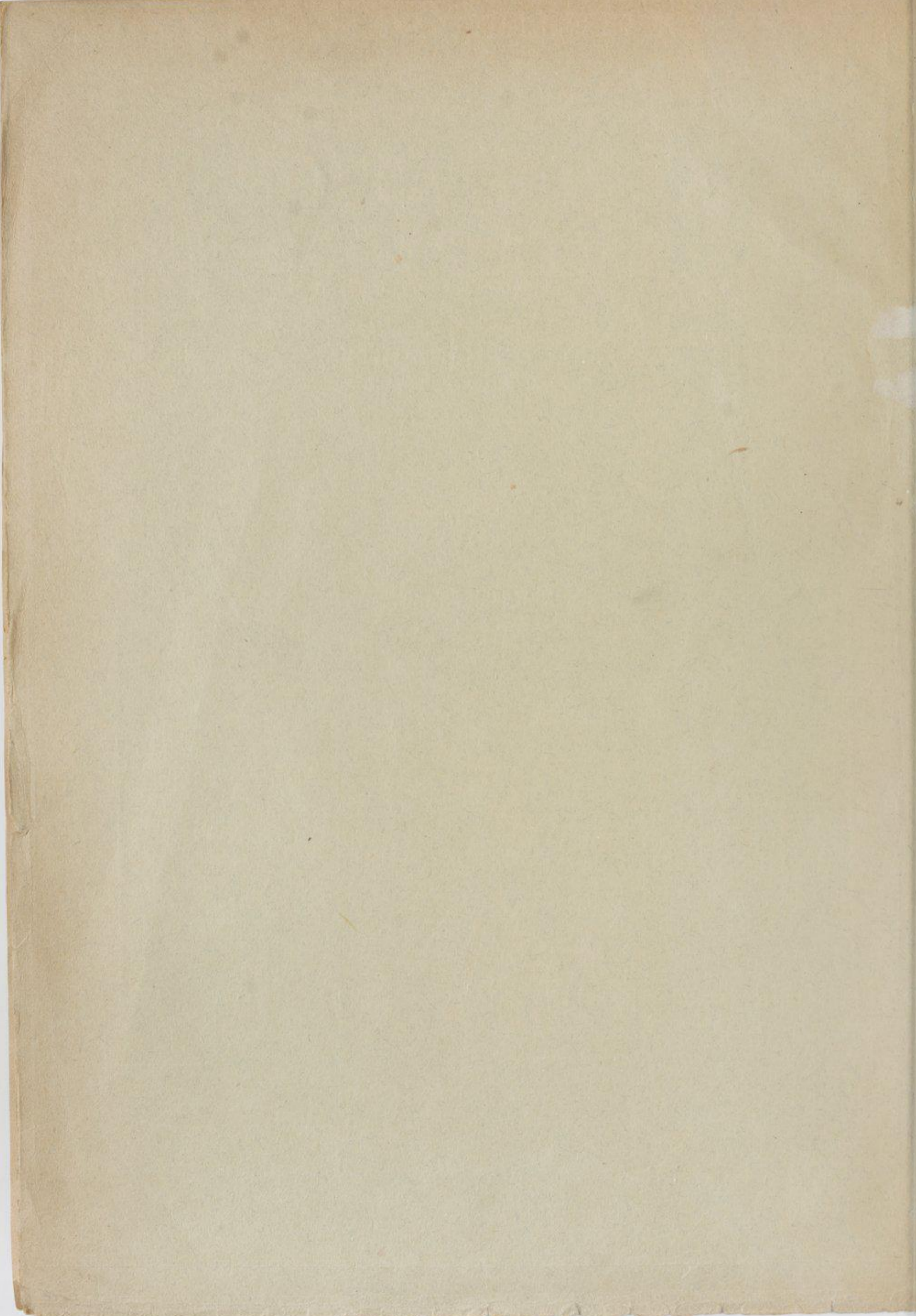
9751

**Prix**  
15 fr.

**Prix**  
15 fr.

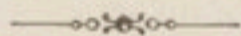
Ancienne Librairie Furne  
**BOIVIN & Cie** Editeurs  
PARIS

T. LALAU





LES MERVEILLES DE LA SCIENCE



**AÉROSTATION - AVIATION**

4° V.

6755

DANS LA MÊME COLLECTION

---

*Précédemment parus :*

<b>Chaudières et Machines à Vapeur.</b> . . . .	<b>1 vol.</b>
<b>Électricité.</b> . . . . .	<b>1 vol.</b>
<b>Moteurs.</b> . . . . .	<b>1 vol.</b>
<b>Aérostation - Aviation.</b> . . . . .	<b>1 vol.</b>

**En publication :**

**Chemins de fer - Automobiles.**


5 ch. f.  
6 outillage



LOUIS FIGUIER — LES MERVEILLES DE LA SCIENCE — MAX DE NANSOUTY

Préface de M. Alfred PICARD, membre de l'Institut

---



# AÉROSTATION AVIATION

PAR

MAX DE NANSOUTY

INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES

---

Ouvrage illustré de 582 figures dans le texte

---



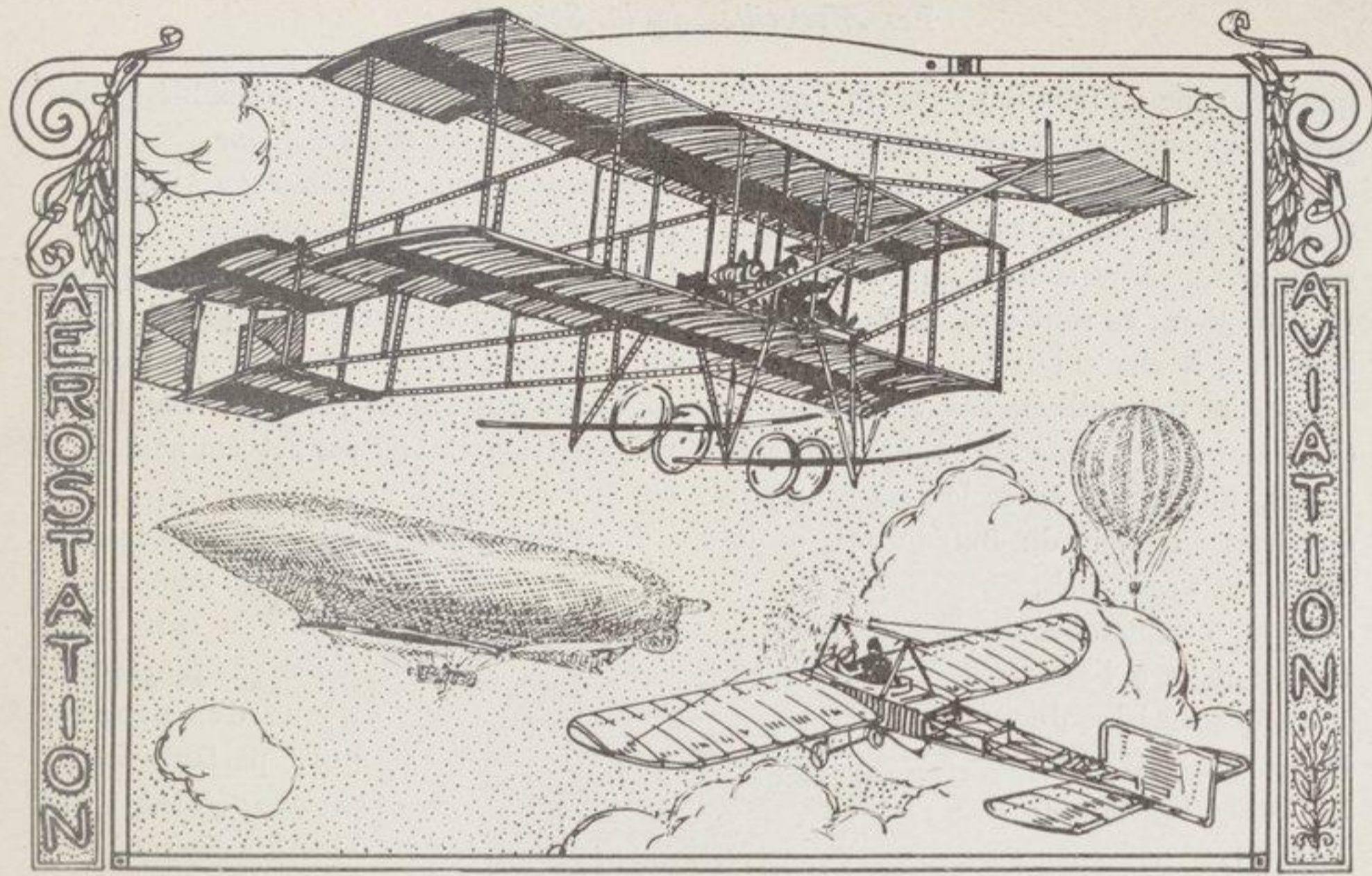
PARIS

ANCIENNE LIBRAIRIE FURNE  
BOIVIN & C<sup>IE</sup>, ÉDITEURS

5, RUE PALATINE (VI<sup>e</sup>)

Tous droits de reproduction et de traduction réservés pour tous pays.  
Copyright 1911 by Boivin & C<sup>o</sup>.





## AÉROSTATION — AVIATION.

Il n'est certainement pas de sujet technique et scientifique dans lequel puisse mieux se mesurer l'admirable progrès moderne que dans la *conquête de l'espace* entreprise en 1782, au XVIII<sup>e</sup> siècle, par l'*aérostation*, et complétée d'une façon merveilleuse, au début du XX<sup>e</sup> siècle, par les *ballons dirigeables* et l'*aviation*. Cent trente ans auront suffi pour briser les liens matériels qui retenaient l'homme à la Terre depuis l'origine de l'Histoire. Aux *légendes* qui amusaient par leur poésie, comme celle de Dédale et d'Icare, et qui semblaient destinées à démontrer la limitation de la puissance humaine, ont tout à coup succédé *les réalités* les plus certaines.

Ces réalités mêmes sont douées d'une poésie intense. Bientôt, car elles s'affirment

chaque jour, tout le monde, en toute région civilisée et progressiste, aura vu s'envoler dans l'espace, et descendre des nues, un de ces *aéroplanes* qui, plus lourds que l'air, ont pris audacieusement sur lui leur point d'appui. Or, dans cette envolée et dans cette arrivée sur le sol de l'énorme oiseau mécanique, il y a incontestablement « du rêve ». C'est l'irréalisable qui se réalise, c'est l'impossible qui devient possible, c'est l'illusion qui prend corps.

Au moment où, dans ce Tome IV des *Merveilles de la Science*, nous allons résumer l'historique et donner l'état actuel de ce grand mouvement scientifique, qu'il nous soit permis de rendre hommage à ses illustres initiateurs et de constater avec une fierté,

que personne au monde ne jugera hors de propos, que ces initiateurs furent des Français. « Trois grands noms français, dit M. Alfred Picard dans son admirable *Bilan d'un siècle*, se rattachent aux origines de l'Aérostation : ce sont ceux de Montgolfier, Pilâtre de Rozier et Charles »

Dans une très belle étude sur l'aérostation et sur les excursions scientifiques aéronautiques, publiée en 1870, le savant anglais Glaisher, directeur du Bureau météorologique de Greenwich, qui, le 5 septembre 1862, s'éleva à l'altitude probable de 11.000 mètres, écrit les belles lignes suivantes :

« Il n'y a point de  
« frontière dans le  
« règne de l'idée, et  
« les conquêtes de  
« l'esprit humain ap-  
« partiennent à tous  
« les peuples du  
« Monde. Cependant,  
« chaque nation ci-  
« vilisée est appelée à  
« donner son contin-  
« gent dans le grand  
« œuvre de l'étude de  
« la nature et à choisir

« les branches qui appartiennent à son  
« génie. C'est la France qui a donné au  
« Monde les ballons. C'est à la France qu'il  
« appartient de compléter son œuvre et  
« de développer la conquête de Charles  
« et de Montgolfier. » (Glaisher.)

Enregistrons, à notre tour, avec autant d'honneur que de gratitude, ces belles paroles prophétiques. Elles sont d'autant plus frappantes, d'autant plus émouvantes, qu'elles furent prononcées par un savant illustre et modeste, en Angleterre, dans le pays même, voisin et ami, où trente-neuf années plus tard, dans un inoubliable coup d'aile, l'in-

trépide aviateur français Louis Blériot devait atterrir avec son *aéroplane*.

Nous ne ferons pas, dans cet « Avant-propos », l'historique de la conquête de l'air. C'est précisément, en effet, la mission qui est dévolue à notre livre, lequel prend, à son tour, sa place dans l'œuvre de Louis Figuier continuée suivant les principes simples de vulgarisation établis par cet éminent précurseur.

Nous allons seulement, dans les quelques pages qui vont suivre, établir la corrélation philosophique et scientifique des progrès qui, partant de la *montgolfière*, ont abouti à l'*aéroplane*.

Du « plus léger que l'air » victorieux, au « plus lourd que l'air » triomphant, l'enchaînement des efforts, des vaillances et des découvertes ingénieuses, est ininterrompu. La volonté de résoudre le dangereux et attrayant problème est inlassable. Il n'est pas de roman d'imagination, si « vécu »

qu'il soit, qui vaille une partie quelconque de l'historique de ces tentatives dans lesquelles les pionniers du progrès mettaient toute leur conviction, toute leur foi dans l'avenir, et comme enjeu, sans hésiter, leur existence.

Il y a dans le cimetière de Wimille (Pas-de-Calais), près de Boulogne-sur-Mer, dans un cadre merveilleusement poétique de grands arbres centenaires, un modeste petit monument élevé à des aéronautes. C'est là que Pilâtre de Rozier et Romain périrent, le 15 juin 1785, en essayant de faire, à bord d'une *montgolfière*, la traversée de Boulogne-sur-Mer en Angleterre.



Fig. 1. — Pilâtre de Rozier.

Allons un peu plus loin, quoique tout près de là. A quelques kilomètres, sur la falaise qui avoisine Wimille, nous trouvons l'aérodrome où périt aussi, martyr de la Science, au cours d'expériences d'aéroplane, le regretté capitaine Ferber, en septembre 1909.

A cent vingt-quatre ans de distance, c'est le même héroïsme, le même idéal poursuivi, le même sacrifice de soi-même, fait avec le même esprit d'abnégation : le passé et le présent se donnent ainsi la main, et l'on voit s'affermir et se consolider l'œuvre glorieuse.

Partons donc du début de l'aérostation, en 1782; que voyons-nous?

En 1782-1783, Joseph-Michel et Étienne de Montgolfier imaginèrent les *aérostats à air chaud*, ou *montgolfières*.

Presque tout aussitôt, le physicien Charles, dont on peut dire qu'il apporta au ballon le génie d'invention et de perfectionnement que l'illustre Stephenson devait apporter à

la locomotive, substitua l'hydrogène à l'air chaud pour obtenir la force ascensionnelle et indiqua sa préparation en grand par l'acide sulfurique et le fer. Il indiqua aussi le vernissage de l'enveloppe, l'emploi du baromètre, du lest, et de l'ancre; il imagina les

soupapes qui empêchent l'éclatement. La technique du ballon était désormais établie.

Il fut tout d'abord, un instrument d'investigation scientifique. Ces investigations de l'espace, jusque-là rempli de mystères, commencent avec le dix-neuvième siècle. De Humboldt et Bonpland s'é-

lèvent, le 24 juin 1802, à 5.878 mètres pour étudier la pression atmosphérique et la température. Gay-Lussac, le 16 septembre 1804, monte à 7.016 mètres d'altitude, rapporte des échantillons d'air, et vérifie la relativité constante de la proportion d'oxygène et d'azote.

En 1836, l'aéronaute anglais Green ac-



Fig. 2. — Montgolfière lancée à Versailles, en présence du Roi (19 septembre 1783).

complît la première traversée de grande longueur pour laquelle il gonfle son ballon avec du gaz d'éclairage et au cours de laquelle il utilise le *guide-rop* dont il est l'inventeur. En dix-huit heures, il parcourt, en emmenant deux passagers, les 800 kilomètres qui séparent Londres du duché de Nassau, à la belle vitesse de 63 mètres par seconde sur un parcours de 58 kilomètres.

En 1850, de Barral et Bixio atteignent, pour faire des recherches scientifiques, 5.893 et 7.039 mètres d'altitude. Vers 1859, voici le précurseur Nadar qui, avec Eugène et Jules Godard s'élance dans l'espace et y fait les premiers essais de levers

photographiques aéronautiques. Il construit le ballon *le Géant* de 6.000 mètres cubes, en 1863, et Eugène Godard construit la montgolfière *l'Aigle*, de 14.000 mètres cubes, à air chaud.

Henri Giffard, le grand ingénieur inventeur de l'admirable « injecteur » que nous avons décrit dans le Tome I des *Merveilles de la Science*, établit, pour l'Exposition de 1867,

le premier *aérostat captif à vapeur*. En même temps, M. Camille Flammarion, l'illustre astronome, ouvrait la série de ses ascensions scientifiques : les frères Gaston et Albert Tissandier, dont le nom est glorieusement inséparable de l'histoire de l'aé-

rostation, et dont nous reparlerons au sujet des ballons dirigeables, faisaient aussi de nombreuses et instructives ascensions. Leur vaillance enlevait aux gouffres de l'espace leurs légendaires et instinctives terreurs. Puis, voici 1870, voici les jours sinistres et glorieux du siège de Paris ! Les aérostatiers français rivalisent d'audace et d'héroïsme. Nadar, Eugène Godard,

Gabriel, Mangin, Duruof, Yon, Camille Dartois, les frères Tissandier, Hervé Mangon, d'héroïques et modestes marins, sortent par la voie des airs de la ville assiégée et tentent d'y rentrer. Leurs ballons emportaient plus que du courage, ils emportaient de l'espérance. Si les résultats pratiques et immédiats ne furent pas considérables, ils furent réconfortants. Ils affirmèrent la

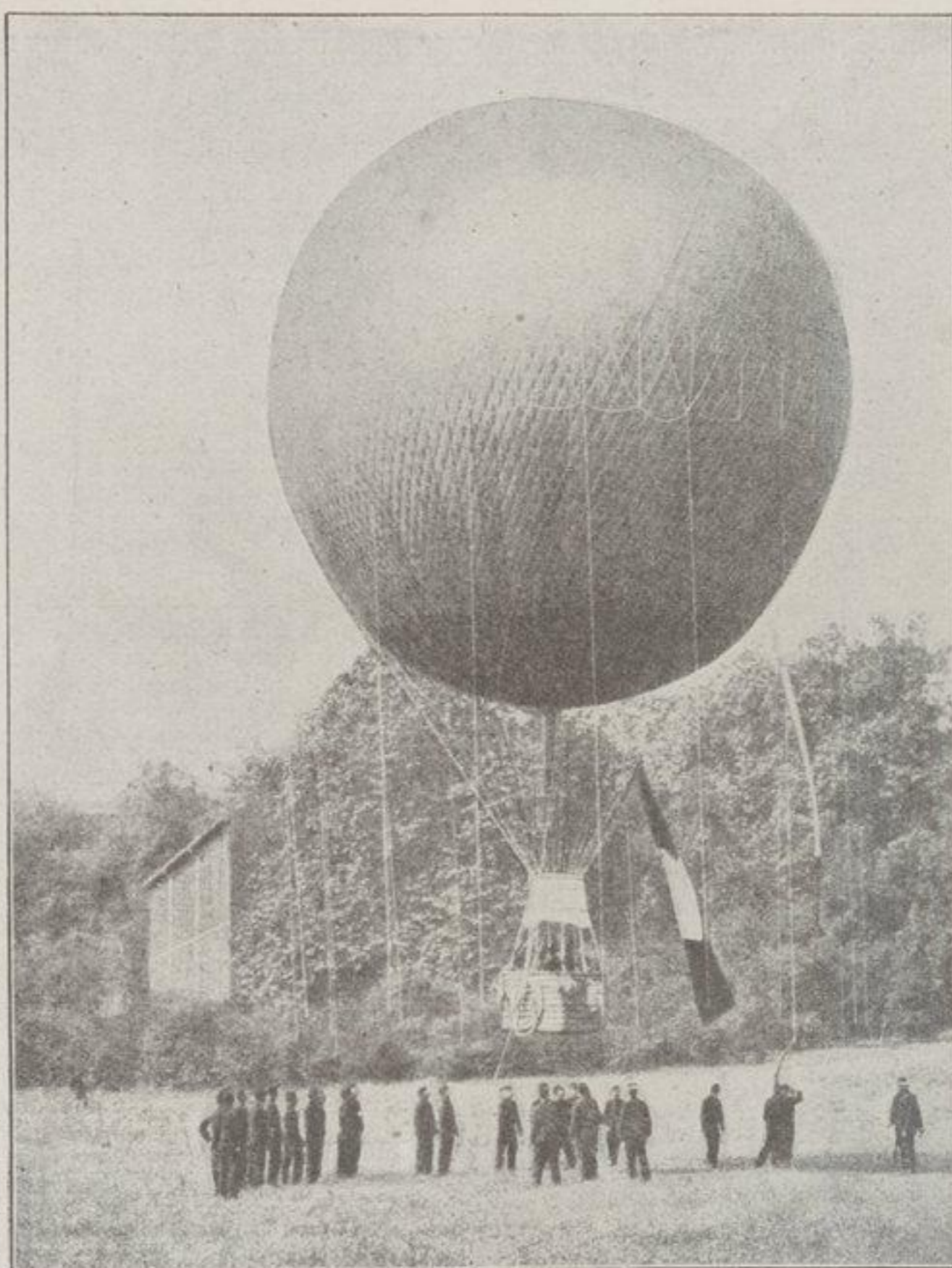
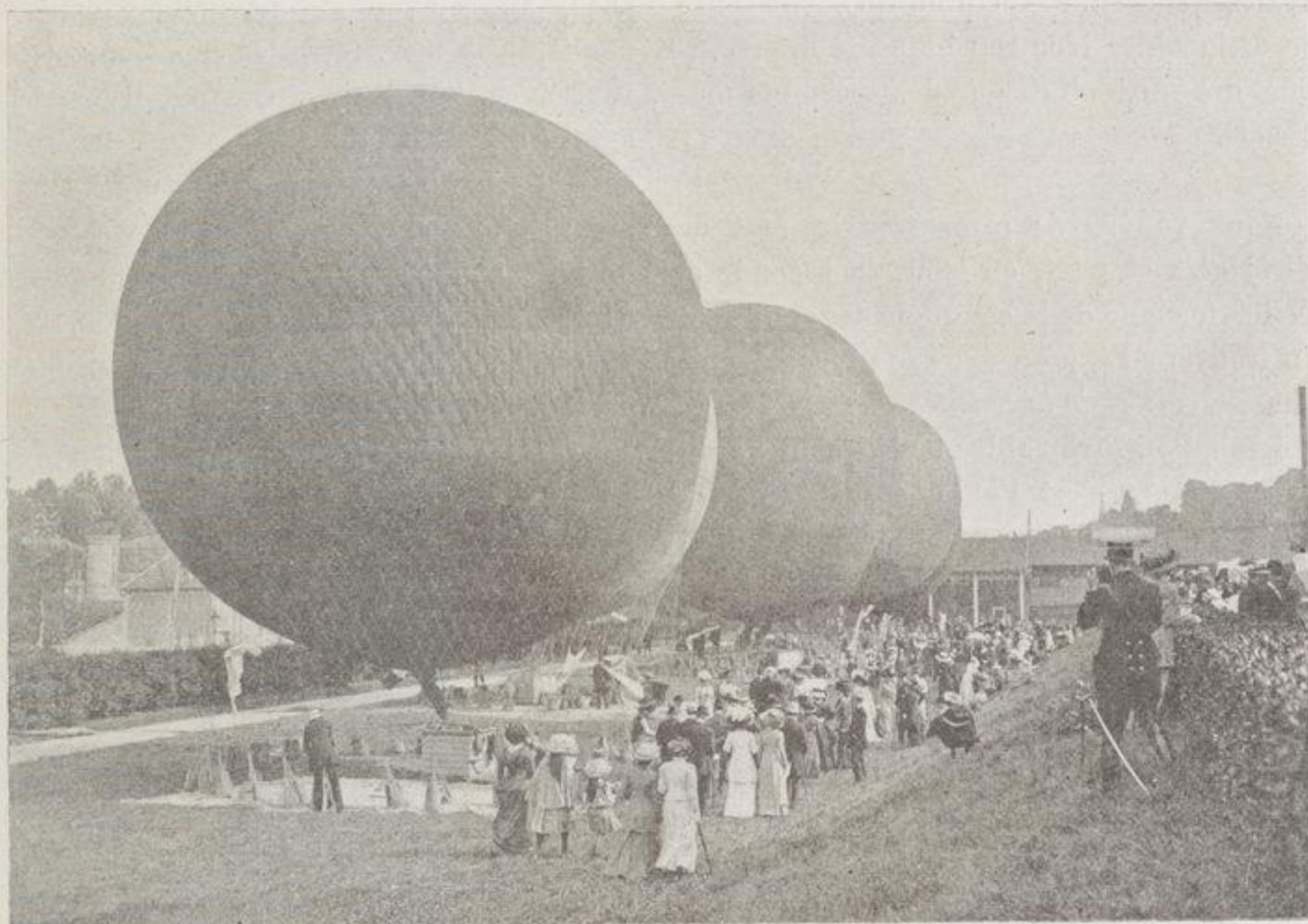


Fig. 3. — Départ d'une ascension libre, (lieutenant-colonel Renard commandant Renard, général Gallieni).

volonté de lutter toujours et quand même, et ces frêles bulles de gaz qui montaient au-dessus des plaines glacées par l'impitoyable hiver de cette terrible année, étaient comme un témoignage de foi et d'espoir dans l'avenir. Elles indiquaient la voie future de progrès à suivre aux dirigeables et aux aéroplanes qui devaient leur succéder.

de l'Exposition, coucha le colosse sur les grilles de la place du Carrousel, à Paris, le déchira, le rendit irréparable : il semblait qu'il ne voulût point survivre à sa gloire éphémère.

De nombreuses tentatives de traversées de la mer, ou de voyages au-dessus de ses flots, ont eu lieu, à l'aide du ballon libre, avant que Louis Blériot n'en ait conquis à



(Phot. Kol.)

Fig. 4. — Gonflement et appareillage de ballons sphériques.

Rappelons seulement, dans les limites restreintes de cet Avant-propos, le superbe ballon captif construit en 1878 pour l'Exposition universelle, par Henri Giffard, avec le concours, incomparable d'expérience, des frères Tissandier. Il cubait 25.000 mètres, était retenu par un câble de 600 mètres, et avait dans son outillage deux moteurs de 300 chevaux de puissance. En soixante-douze jours d'ascension il enleva plus de 35.000 personnes à 500 mètres de hauteur. Un coup de vent de tempête, dès la clôture

tout jamais et démontré la possibilité mécanique au moyen du « plus lourd que l'air ».

La Manche a tenté nombre d'aéronautes, Blanchard la franchit. Sivel, qui périt en 1875 à bord du ballon *le Zénith*, Duruof, et sa femme, Lhoste, s'y exercèrent. Lhoste et Mangot y périrent en 1887.

Hervé combina, dans ce but, les *stabilisateurs*, les *déviateurs*, tout un matériel perfectionné qui a fait ses preuves dans les beaux voyages de M. Henry de la Vaulx avec le ballon *la Méditerranée*; un de ces

voyages « au long cours » ne dura pas moins de quarante-deux heures.

Une expédition aérienne au sinistre Pôle nord était indiquée pour d'audacieux aéronautes. Cela n'a pas manqué de se produire. Dans le courant de l'année 1887, Andrée, avec deux compagnons, Fraenkel et Strindberg, prenait la route aérienne du Pôle : les infortunés n'en sont pas revenus.

Postérieurement, l'aéronaute Weillmann avait organisé une expédition du même genre en dirigeable. L'entreprise a été interrompue, dès son début, par des accidents matériels.

Nous venons de prononcer le mot de *dirigeable* et c'est, en effet, la seconde et brillante étape de la conquête des airs, dont on trouvera l'exposé dans le présent Tome des *Merveilles de la Science*.

Le ballon dirigeable, ainsi qu'on l'a dit avec raison, c'est l'*automobilisme aérien* avec les plus beaux résultats et les plus attrayantes espérances.

Dans sa conception, dans son évolution, nous retrouvons les noms les plus illustres de nos savants français, depuis les Montgolfier qui en eurent la prescience, jusqu'aux Tissandier qui s'y dévouèrent, jusqu'aux admirables travaux des créateurs de l'*Automobilisme* qui devaient fournir au *dirigeable* — comme ensuite à l'*aéroplane* — l'organe essentiel et tout-puissant : le *moteur léger*.

Les frères Montgolfier, n'ayant aucune possibilité mécanique à leur époque, eurent cependant, comme nous venons de le dire, l'*intuition de l'avenir*.

Guyton de Morveau, puis le général Meusnier en 1784, serrèrent de plus près la question : ils sont au début de la période de réalisation pratique. C'est au général Meusnier que l'on doit les trois principes fondamentaux du *dirigeable*, à savoir : la forme oblongue du ballon, l'invariabilité de cette forme obtenue grâce à l'emploi du *ballonnet*

intérieur, et enfin l'usage du propulseur hélicoïdal, de l'*hélice aérienne*.

Henri Giffard, en 1852 et 1855, construisit deux *dirigeables à vapeur* de ce genre, l'un de 2.500, l'autre de 3.200 mètres cubes. Il obtint 2 à 3 mètres par seconde de *vitesse propre* : on peut penser au prix de quels dangers de chavirement et d'incendie !

En 1870, l'éminent ingénieur naval Dupuy de Lôme, navigateur audacieux de l'espace, après avoir été navigateur expérimenté de la mer, reprit la question, et en 1872 avec MM. Zédé et G. Yon, il expérimenta un dirigeable de sa construction cubant 3.454 mètres cubes. Il monta à 1.020 mètres d'altitude, réalisa 2<sup>m</sup>,85 par seconde de *vitesse propre* et put naviguer *en dérive* contre un vent soufflant à la vitesse de 15 mètres par seconde : l'hélice était mise en mouvement à bras.

Avec Gaston et Albert Tissandier, de 1881 à 1884, les possibilités se précisent et s'accroissent. Ces aéronautes remplis d'expérience n'avaient rien à apprendre ni à redouter de la conduite et de la manœuvre proprement dites du *ballon* : ils pouvaient donc concentrer tous leurs efforts sur l'allure mécanique et sur la dirigeabilité. C'est ce qu'ils firent avec un *dirigeable électrique* de 1.060 mètres cubes, à hélice, bien entendu, muni d'une dynamo de *un cheval et demi de puissance*, sous 45 kilogrammes de poids. Ils obtinrent des résultats qui démontrèrent surtout la nécessité de disposer d'un *moteur léger* sous un petit volume, et à montrer toute la difficulté de la création de cet organe mécanique. La voie était, dès lors, bien tracée.

On vit bientôt s'élancer dans l'espace le dirigeable *la France* des capitaines du Génie Renard et Krebs. Il cubait 1.864 mètres cubes, avait 50<sup>m</sup>,40 de longueur, et 8<sup>m</sup>,40 de diamètre au maître-couple : son moteur électrique, pesant 100 kilogrammes, fournissait une puissance de 9 chevaux et actionnait une grande hélice de 7 mètres de diamètre

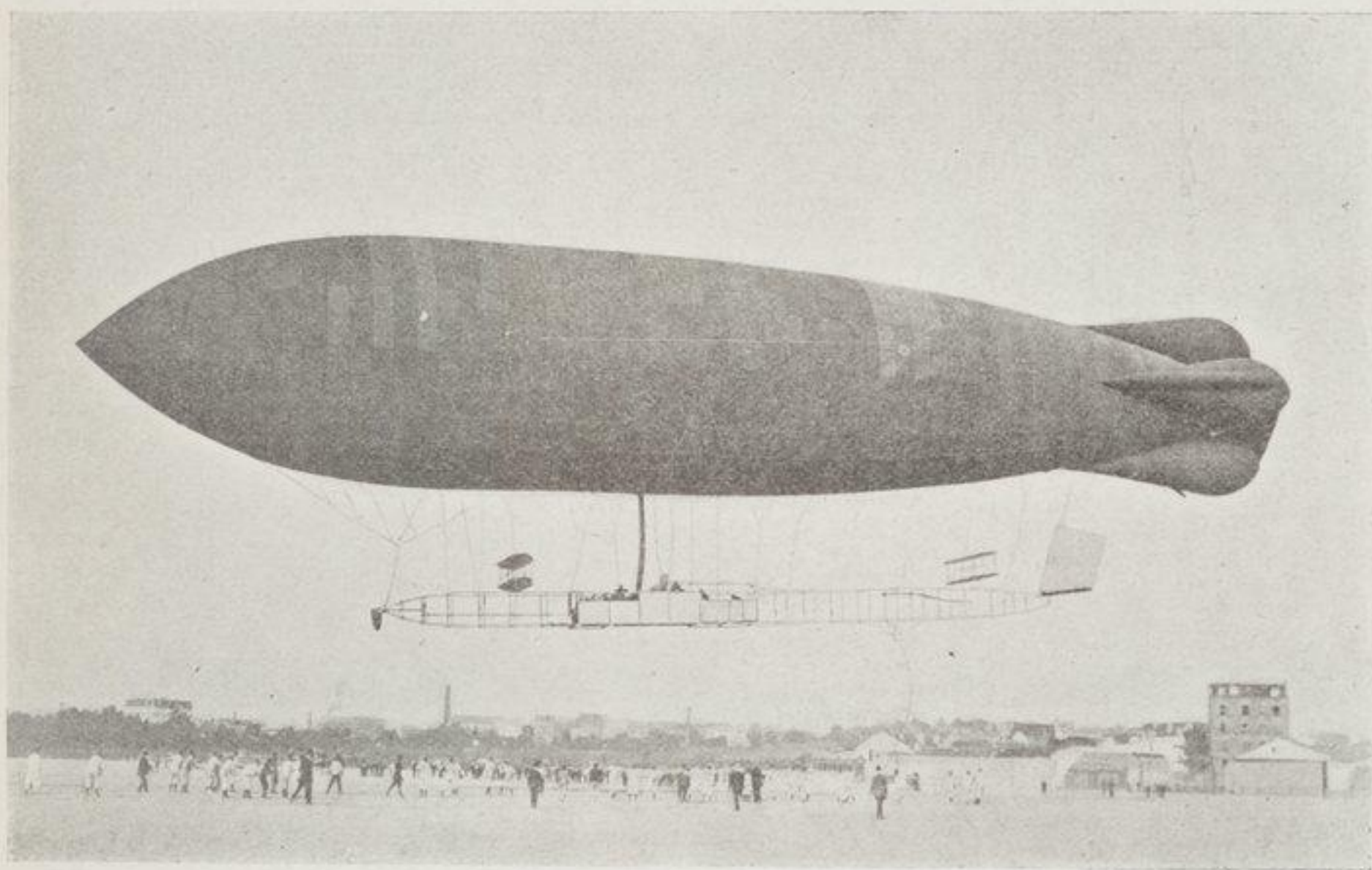


placée à l'avant de la nacelle. Sur sept voyages aériens effectués du 9 août 1884 au 23 septembre 1885, *la France* revint cinq fois à son point de départ, ayant atteint des vitesses de 6<sup>m</sup>,40 à la seconde.

La partie était désormais gagnée en principe. Chaque progrès du moteur, comme diminution de poids et comme augmentation de puissance, rapprochait le dirigeable du succès.

Nous voyons ces progrès se suivre avec

En 1902, MM. Lebaudy et Julliot, ce dernier ancien élève de l'École centrale des Arts et Manufactures, construisirent et expérimentèrent deux beaux et puissants dirigeables, *le Lebaudy*, et *le Patrie* qui devinrent la propriété du Gouvernement français. On put établir des dirigeables « du type *Patrie* », de 3.500 mètres cubes de capacité, 62 mètres de longueur, et 10<sup>m</sup>,90 dans leur plus grande section, et envisager la constitution d'escadres militaires



(Phot. *Matin*.)

Fig. 5. — Le dirigeable *Colonel-Renard*.

une merveilleuse rapidité, et s'accroître.

Le docteur allemand Woelfert fit une première application, très importante, du moteur à pétrole léger, aux aérostats dirigeables.

En 1898, M. Santos Dumont s'en servit avec une intrépidité rare et gagna, dans une épreuve demeurée historique, le prix de cent mille francs généreusement institué par M. Henry Deutsch (de la Meurthe).

Puis viennent, en 1898, l'étude et le brevet du ballon dirigeable mixte de M. F. don Simoni.

aériennes.

Les ballons dirigeables de ce genre sont munis d'un moteur à essence de pétrole de 70 chevaux de puissance, qui actionne deux hélices latérales de 2<sup>m</sup>,50 de diamètre, tournant à 1.000 tours par minute, ce qui explique le ronflement que l'on entend lorsqu'ils évoluent même à d'assez grandes hauteurs. Leur vitesse réalisable atteint 11<sup>m</sup>,50 à 12<sup>m</sup>,50 par seconde (soit 40 à 45 kilomètres à l'heure); ils emportent, équipage et passagers, 6 à 8 personnes à leur bord, environ 700 kilogrammes de lest et

400 litres d'essence de pétrole, ce qui leur donne, suivant l'expression des marins, un *rayon d'action* de 400 à 500 kilomètres à des altitudes pouvant varier de 1.500 à 2.000 mètres.

L'exemple étant donné et les grandes lignes du problème définies, des constructions du même genre ont été faites à l'étranger : nous les décrirons au cours du présent volume.

L'Espagne, en 1907, a eu le *Torrès-Guevedo* et, en 1909, l'*Astra*.

Il y en a en Italie, en Russie, au Japon. Partout existent, ou se forment, les éléments des flottes aériennes, des escadres volantes si précieuses pour le service de reconnaissance encore plus que pour le jet, toujours fort aléatoire, des projectiles.

Souhaitons-leur surtout de servir à la paix future et à la concorde universelle !

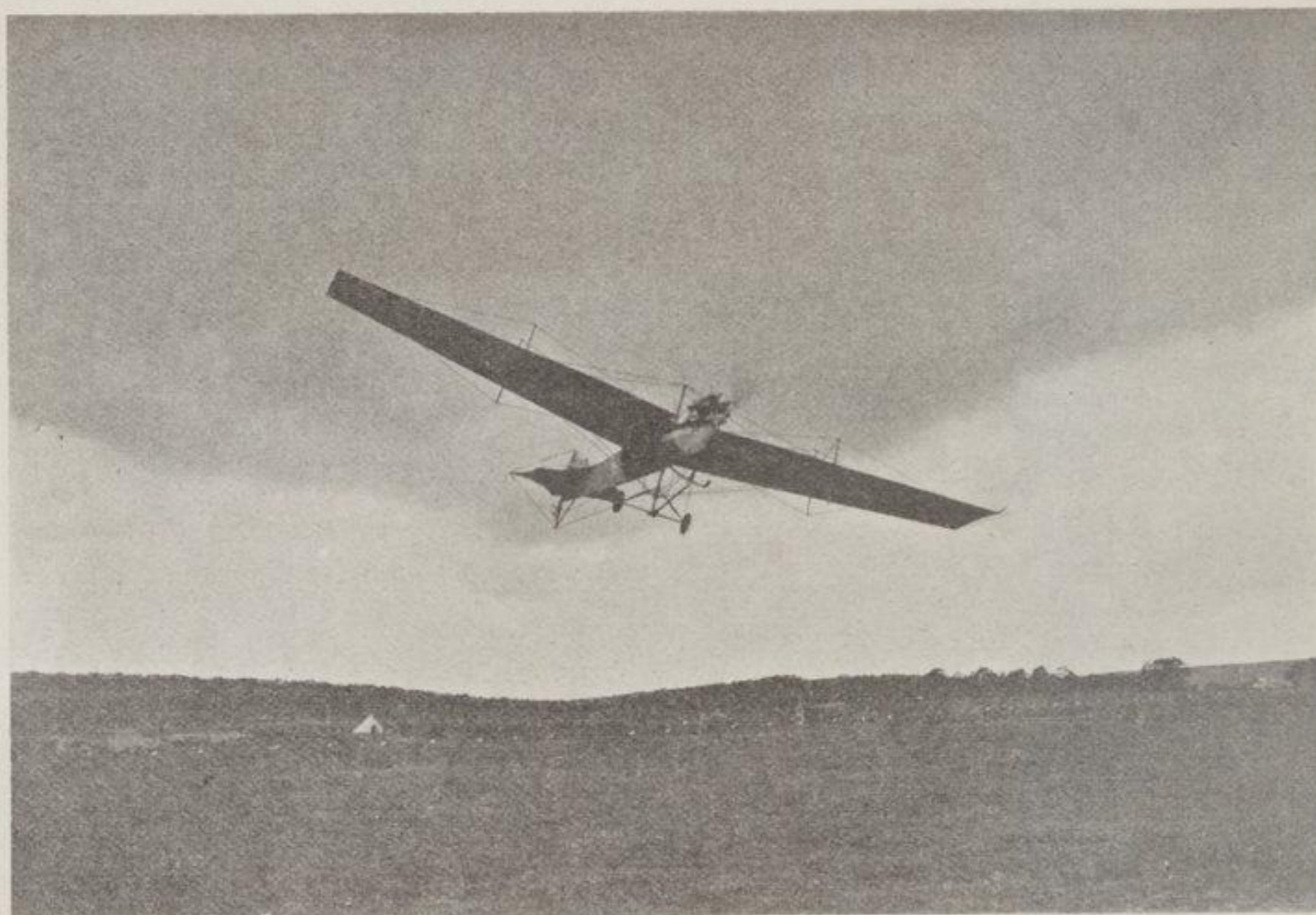


Fig. 6. — L'aviateur Latham en plein vol, sur monoplan Antoinette.

L'Allemagne possède, comme ballons dirigeables militaires, les types Zeppelin, Gross, et Parseval. Les Zeppelin, construits d'après le système rigide, ont fort attiré l'attention sur eux par leurs proportions, par le soin que le comte Zeppelin a mis à les étudier dans tous leurs détails, et aussi par leurs vicissitudes.

L'Angleterre a eu le *Nulli-Secundus* qui a fait naufrage pendant les essais.

Le dirigeable américain Morell, de 150 mètres, a eu le même sort en 1908.

Passant au-dessus des frontières qu'ils rendront vaines et inutiles par le fait, les dirigeables et les aéroplanes pourront, espérons-le, aspirer au rôle de traits d'union scientifiques et techniques pour propager la civilisation par les seuls moyens du droit, par la seule persuasion de la justice, et pour le seul bénéfice de l'avenir et de l'humanité.

C'est par l'*aviation*, par la description de ses foudroyants et étonnants progrès que

se terminera notre Tome IV des *Merveilles de la Science*.

L'aviation! Le *plus-lourd-que-l'air*! Sans parler du sourire narquois avec lequel on accueillit l'hélicoptère de Ponton d'Amécourt, le précurseur, ceux qui le suivirent dans cette voie, Nadar, de la Landelle, Babinet, de 1860 à 1863, semblaient bien se vouer à des recherches chimériques.

L'indifférence publique était peut-être cruelle. Il faut convenir qu'elle était motivée par l'idée, paradoxale en apparence, de faire flotter et mouvoir dans l'air des appareils « plus lourds que l'air », soumis à l'inéluctable loi de la pesanteur.

On avait, à la vérité, l'indication fournie par le *cerf-volant*, ce curieux appareil, imaginé jadis par les Chinois, et qui plane en vertu d'une décomposition des forces. Mais le cerf-volant était surtout considéré comme un jouet. On ne songeait guère aux dispositions spéciales qui lui permettent maintenant, non seulement de servir pour faire des investigations dans l'espace, mais encore pour réaliser

une véritable sustentation. On a pu, en effet, combiner des cerfs-volants militaires capables d'enlever un observateur dans une nacelle et susceptibles d'être utilisés à la façon dont on utilise les ballons captifs. C'est avec raison que l'on a comparé ces appareils à des « aéroplanes captifs ».

Il appartenait finalement à la Mécanique d'opposer à la pesanteur l'énergie et la force vive des admirables petits moteurs dont nos aviateurs disposent actuellement. Dès lors, le paradoxe n'avait plus aucune valeur effective.

On verra, dans notre livre, l'historique des efforts successifs qui se sont accumulés en attendant ce moteur léger et puissant qui

devait donner le mouvement aux *dirigeables*, l'envolée aux *aéroplanes*.

L'aviateur allemand Otto Lilienthal, mort au cours de ses expériences, en 1896, donne aux chercheurs de cet idéal devenu, depuis lors, une réalité, la formule de recherche magistrale : « Concevoir un appareil n'est rien : le construire est peu de chose : l'essayer est tout. »

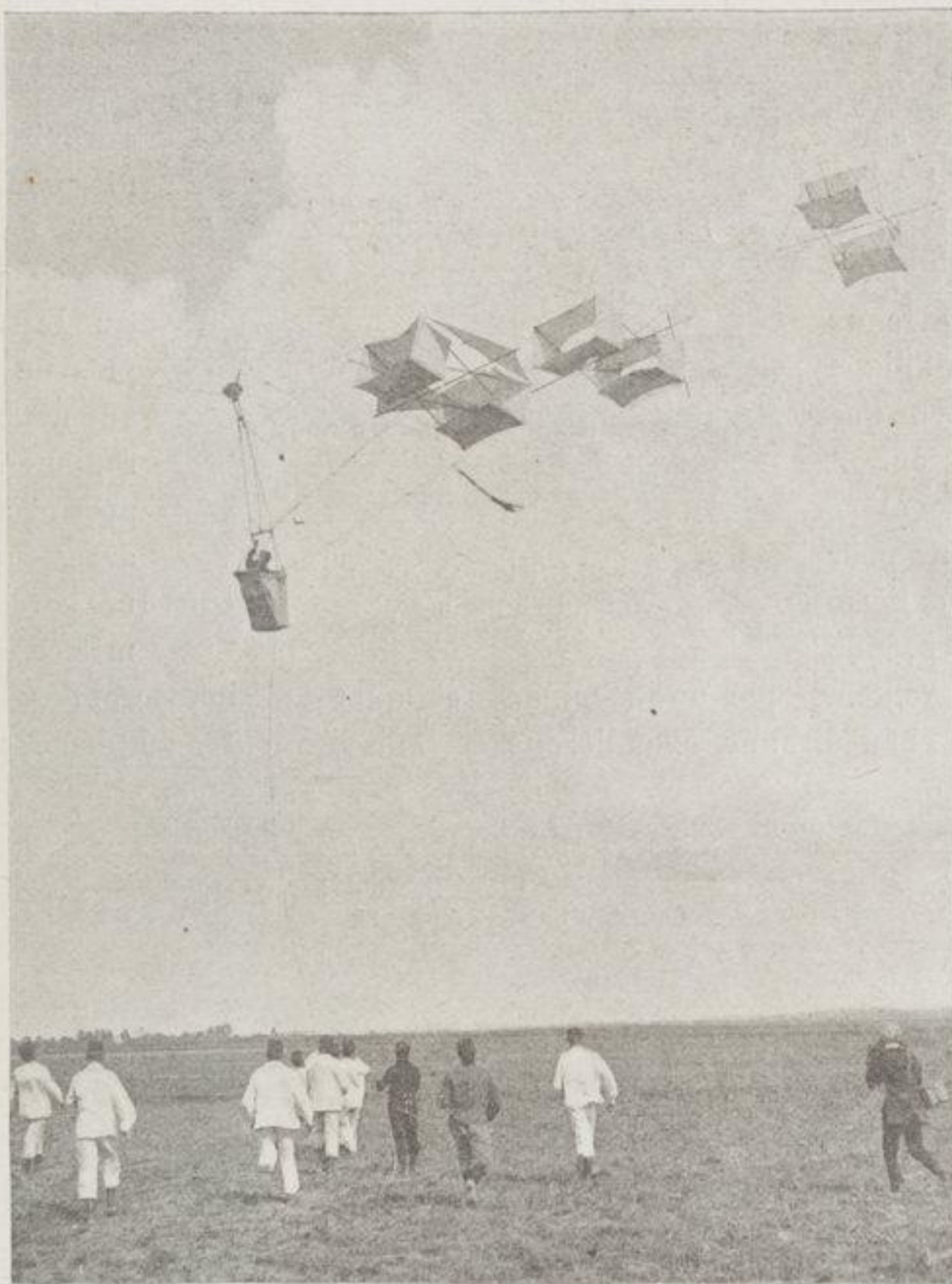


Fig. 7. — Train de cerfs-volants du capitaine Madiot.

(Phot. Rol.)

Nous voyons sans relâche, ne ménageant ni leurs forces ni leurs ressources, des chercheurs savants et obstinés, « concevoir, construire, essayer ». Le succès devait heureusement récompenser ces efforts dans l'apothéose de l'œuvre commune.

Donnons une mention au curieux aéroplane du savant Ader, de Toulouse, à l'*Avion*, qui figura à l'Exposition universelle de 1900 et qui était digne d'un sort meilleur que celui qu'il a eu. Il avait ce mérite et ce tort, si fréquents pour les entreprises entièrement nouvelles, de venir trop tôt. Actionnée par une machine à vapeur que chauffait une chaudière à

moteur, l'un des petits moteurs actuels qui ont été, comme nous l'avons dit, le trait

d'union mécanique entre « le plus léger que l'air » et « le plus lourd que l'air ».

Parmi les nombreuses tentatives qui suivirent, citons celle du savant professeur américain Samuel-Pierpont Langley, décédé depuis lors. Il expérimenta au-dessus du fleuve Potomac, près de Washington, aux États-Unis, un aéroplane à ailes inclinées et à deux hélices avec lequel il réalisa un parcours de 1.600 mètres en une minute

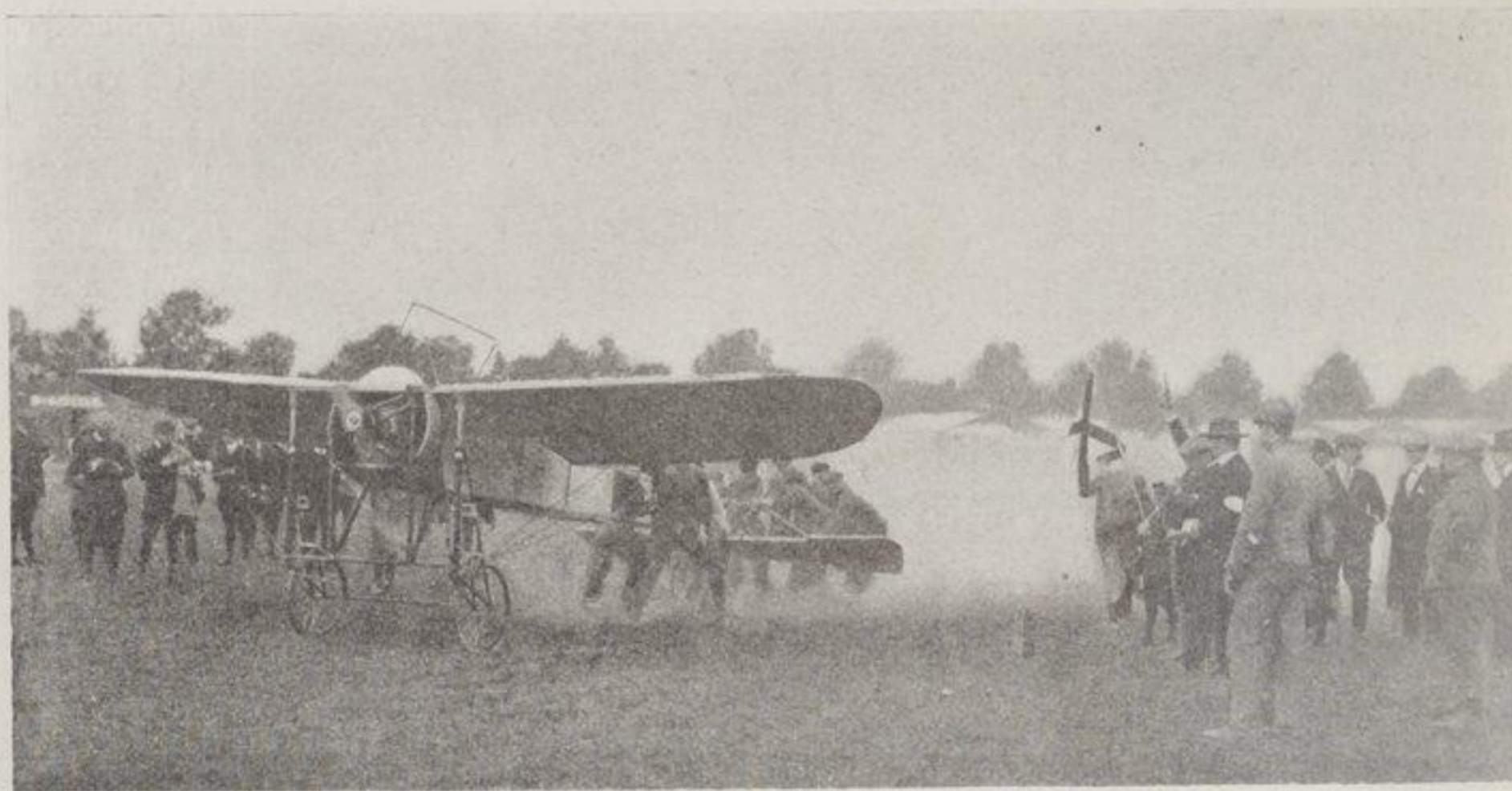
et quarante-cinq secondes.

Puis viennent, au milieu des doutes et des



(Phot. *Matin*.)

Fig. 8. — Le lieutenant Cammermann à bord de son aéroplane.



(Phot. *Matin*.)

Fig. 9. — Monoplan Blériot au départ.

alcool, cette machine volante avait la plupart des qualités des aéroplanes auxquels elle montrait la voie. Il lui manquait le

contradictions, les efforts persistants de toute une pléiade de savants. En France, ce sont Tatin et Charles Richet, l'éminent pro-

fesseur et physiologiste. Aux États-Unis, Chanute et les frères Wright.

On entre alors dans la période de réalisation proprement dite, et cela en France,

et leur apporte un juste tribut d'admiration.

Le ballon, c'est déjà le glorieux passé, dans la conquête de l'espace; le dirigeable, c'est le présent, l'aéroplane, c'est l'avenir,



(Phot. *Matin*.)

Fig. 10. — Arrivée de Leblanc, gagnant du Circuit de l'Est, à Issy-les-Moulineaux, le 17 août 1910.

avec Archdéacon, le capitaine Ferber, le comte de La Vaulx, MM. Esnault-Pelterie, Blériot, Santos-Dumont, Farman, Delagrangé, etc.

Nous n'avons plus à apprendre ces noms à nos lecteurs : le Monde entier les connaît,

mais un avenir dont on peut déjà présager, par des résultats effectifs et admirables, toute la brillante évolution. Nous allons en donner, dans le Tome que l'on va lire des *Merveilles de la Science*, l'historique, l'état présent et les espérances.



## AÉROSTATION

MONTGOLFIÈRES. — HISTORIQUE DE LA DÉCOUVERTE DES AÉROSTATS.

LES FRÈRES MONTGOLFIER. — EXPÉRIENCE D'ANNONAY. — AÉROSTAT A GAZ HYDROGÈNE.

PREMIER VOYAGE AÉRIEN. — ASCENSION DE PILATRE DE ROZIER ET D'ARLANDES.

ASCENSION DE CHARLES ET ROBERT. — TROISIÈME VOYAGE AÉRIEN. — QUATRIÈME VOYAGE

AÉRIEN. — EXPÉRIENCES AÉROSTATIQUES DIVERSES. — ASCENSION DE BLANCHARD. —

ASCENSION DE PILATRE DE ROZIER ET PROUST. — ASCENSIONS DIVERSES. — TRAVERSÉE

DE LA MANCHE EN BALLON. — MORT DE PILATRE DE ROZIER ET ROMAIN.

Aucune découverte n'a excité, autant que celle des aérostats, la surprise, l'admiration, l'émotion universelles. Il n'y eut, en Europe, qu'un cri d'enthousiasme pour les navigateurs intrépides qui, les premiers, osèrent s'élancer dans le vaste champ des airs. En effet, jamais l'orgueil humain n'avait rencontré de triomphe plus éclatant en apparence. L'homme venait, disait-on, de marcher à la conquête de l'atmosphère. Ces plaines infinies, dont l'œil est impuissant à sonder l'étendue, désormais devenaient son domaine; il pouvait à son gré parcourir son nouvel empire, il régnait en maître sur ces régions inexplorées. Ainsi le Monde n'offrait plus de barrières, l'espace n'avait plus d'abîmes que son génie ne pût franchir. On s'abandonnait de toutes parts à l'orgueil de cette pensée; on applaudissait à ce résultat inespéré des sciences physiques, qui, à peine à leur naissance, venaient de donner un si magnifique témoignage de leur puissance. On ne mettait pas en doute la possibilité de régulariser bientôt et de diriger à travers les airs la marche de ces nouveaux esquifs, et la navigation atmosphérique apparaissait déjà comme une création prochaine.

Et cependant, on n'eut, bientôt après,

pour cette découverte aussi applaudie, aussi exaltée à sa naissance, que de l'indifférence, indifférence qui se prolongea durant de longues années et qui s'expliquait par la conviction que l'on avait, à ce moment, qu'on ne pourrait jamais réaliser ce rêve entrevu dès le début : rendre la navigation aérienne dirigeable et l'adapter aisément aux conditions de l'existence humaine.

Malgré l'indifférence du public, des savants et des chercheurs, de hardis pionniers de l'air, ayant foi dans l'avenir et dans les progrès de la science, apportaient néanmoins, au fur et à mesure, leur contribution à la recherche du problème dont la solution apparut, tout à coup, fort nette, lorsqu'on put mettre en œuvre des moteurs légers et puissants.

L'enthousiasme public recommença alors à se manifester avec une intensité croissante, portée ensuite à son plus haut degré lors de la conquête de l'espace par *le plus lourd que l'air*.

Il y a, d'ailleurs, dans le seul fait d'une ascension dans les airs, quelque chose de si grand, de si hardi, des traits si bien en rapport avec l'audace et le génie de l'homme, que l'on a toujours recherché et accueilli

avec intérêt tout ce qui se rapporte aux aérostats. Nous présenterons donc avec quelques détails l'histoire d'une découverte qui a toujours tenu une si grande place dans les préoccupations du public.

*Les frères Montgolfier* Personne ne saurait ignorer, à l'heure présente, que l'invention des aérostats, d'origine toute française, appartient aux frères Étienne et Joseph Montgolfier. Rien n'avait pu faire pressentir, encore, une découverte de ce genre. Bien au contraire, quelques années auparavant, en 1780, Coulomb, le célèbre physicien, soutenu par deux autres savants de grande valeur, Condorcet et Monge présentait à l'Académie des Sciences de Paris un mémoire sur ce sujet, dans lequel il était dit : « Qu'aucune tentative de l'homme pour s'élever dans les airs ne saurait réussir et qu'il n'y a que les ignorants qui puissent l'entreprendre ». Cependant, le 4 juin 1783,

ultérieurement anoblis en récompense de leurs travaux et de leur vaillance, étaient les fils d'un manufacturier connu depuis long-

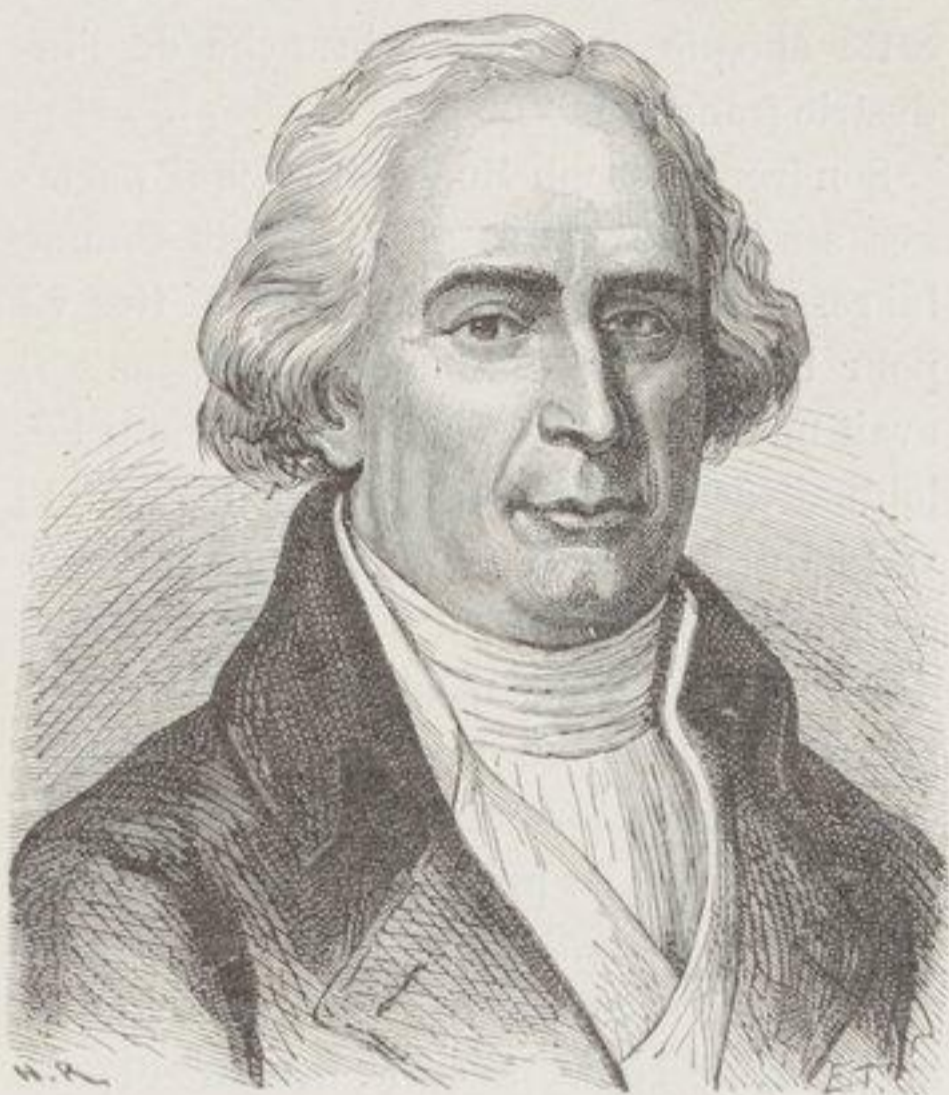


Fig. 12. — Joseph Montgolfier.



Fig. 11. — Étienne Montgolfier.

les frères Montgolfier firent à Annonay leur première expérience publique sur les aérostats.

Étienne et Joseph Montgolfier, qui furent

temps pour son habileté dans l'art de la fabrication du papier, et dont les établissements d'Annonay acquirent, dès le commencement du XVIII<sup>e</sup> siècle, une importance considérable. Destinés à se livrer par état aux opérations industrielles, les fils Montgolfier s'y préparèrent de bonne heure par l'étude des sciences, dont plus tard ils ne perdirent jamais le goût.

Étienne Montgolfier joignit à cette éducation commune une instruction spéciale, qu'il alla de bonne heure chercher à Paris. Il se destinait à l'architecture, et devint élève de Soufflot, le célèbre architecte constructeur du Panthéon de Paris. Il avait, en outre, pour les mathématiques des dispositions précoces qui lui valaient l'estime des savants les plus distingués. Son père le rappela, pour prendre part à la direction de la manufacture héréditaire. De retour à Annonay, Étienne Montgolfier apporta à sa famille l'utile secours de ses connaissances. Il découvrit divers procédés de fabrication, que

les Hollandais, longtemps nos rivaux en ce genre, enveloppaient d'un impénétrable mystère, et contribua pour beaucoup à amener la rénovation qui s'est opérée à cette époque dans cette branche de l'industrie française.

Son frère, Joseph Montgolfier, qui partagea ses travaux et sa gloire, avait comme lui senti de bonne heure un goût très vif pour les sciences mathématiques; mais il avait un genre d'esprit particulier qui l'éloignait des règles et des méthodes de travail habituelles aux géomètres. Dans l'exécution de ses calculs, il s'écartait toujours des voies connues; il combinait pour lui-même, à l'aide de tâtonnements empiriques, certaines formules dont il se servait pour résoudre les problèmes les plus difficiles. Il possédait moins de connaissances que son frère, mais il avait reçu en partage un véritable génie inventif, marqué cependant au coin d'une certaine bizarrerie.

Cette brillante faculté d'invention départie par la nature à Joseph Montgolfier, avait besoin d'être rectifiée et contenue par un esprit plus calme et plus méthodique. Il trouva dans la sagesse de vues et dans la prudence de son frère, les qualités qui lui manquaient. Aussi la plus parfaite intimité morale s'établit-elle bien vite entre les deux Montgolfier. Si différentes par leurs qualités et leurs allures, ces deux intelligences étaient cependant nécessaires et presque indispensables l'une à l'autre. Dès ce jour, les deux frères mirent en commun toutes leurs vues, toutes leurs conceptions, toutes leurs pensées scientifiques; et c'est ainsi que s'établit entre eux cette communauté d'existence morale, cette double vie intellectuelle, qui seule fait comprendre leurs travaux et leurs succès. Avant l'invention des aérostats, plusieurs découvertes, celle, par exemple, du *bélier hydraulique* (Tome III des *Merveilles de la Science*), avaient déjà rendu le nom des Montgolfier célèbre dans les sciences mécaniques, et plus tard,

cette découverte n'arrêta pas l'essor de leurs utiles travaux.

On comprendra, d'après cela, qu'il serait tout à fait hors de propos de chercher à établir ici auquel des deux Montgolfier appartient la pensée primitive de l'invention qui va nous occuper. Ils ont tous les deux constamment tenu à honneur de repousser les investigations de ce genre, et nous n'essayerons pas de dénouer ce faisceau généreux que l'amitié fraternelle s'est plu elle-même à confondre et à lier.

La ville d'Annonay est située au pied des montagnes du Vivarais. En contemplant le spectacle continu de la production et de l'ascension des nuages, qu'ils voyaient chaque jour se former sur le flanc de ces montagnes, en méditant sur les causes de la suspension et de l'équilibre de ces masses énormes qui se promènent dans l'espace, les frères Montgolfier conçurent l'espoir d'imiter la nature dans l'une de ses opérations les plus brillantes. Il ne leur parut pas impossible de composer des nuages factices, qui, à l'imitation des nuages naturels, s'élèveraient dans les plus hautes régions des airs. Pour reproduire, autant que possible, les conditions que présente la nature, ils essayèrent de renfermer de la vapeur d'eau dans une enveloppe à la fois résistante et légère. Ce nuage factice s'élevait dans l'air, mais la température extérieure ramenait bientôt la vapeur à l'état liquide, l'enveloppe se mouillait, et l'appareil retombait sur le sol. Ils tentèrent, sans plus de succès, d'emmagasiner la fumée produite par la combustion du bois et contenue dans une enveloppe de toile. La fumée reçue dans une enveloppe se refroidissait et ne parvenait point à soulever le petit appareil.

Sur ces entrefaites, parut en France la traduction de l'ouvrage anglais de Priestley : *Des différentes espèces d'air*. Dans ce livre, qui devait exercer une influence décisive sur la création et le développement de la chimie, Priestley faisait connaître un grand nombre



de gaz nouveaux; il exposait en termes généraux les propriétés, les caractères, le poids spécifique, les différences relatives des fluides élastiques. Étienne Montgolfier lut cet ouvrage à Montpellier, où il se trouvait alors.

En revenant à Annonay, il réfléchissait profondément sur les faits signalés par le physicien anglais, et c'est en montant la côte de Serrière, qu'il fut frappé, ainsi qu'il le dit dans son *Discours à l'Académie de Lyon*, de la possibilité de faire élever des corps dans l'air atmosphérique, en tirant parti de l'une des propriétés reconnues aux gaz par Priestley. Il devait suffire, pour s'élever dans l'atmosphère, de renfermer dans une enveloppe d'un faible poids un gaz plus léger que l'air : l'appareil s'élèverait, en vertu de son excès de légèreté sur l'air environnant, jusqu'à ce qu'il rencontrât, à une certaine hauteur, des couches dont la pesanteur spécifique le maintint en équilibre.

Rentré chez lui, Étienne Montgolfier se hâta de communiquer cette pensée à son frère, qui l'accueillit avec transport. Dès ce moment ils furent certains de réussir dans leurs tentatives pour imiter et reproduire les nuages.

Ils essayèrent d'abord de renfermer dans diverses enveloppes le gaz inflammable, c'est-à-dire le gaz hydrogène qui est quatorze fois et demi plus léger que l'air. Mais l'enveloppe de papier dont ils se servirent était perméable au gaz, elle se laissait traverser par l'hydrogène, l'air entra à sa place, et le globe, un moment soulevé, ne tardait pas à redescendre.

D'ailleurs, l'hydrogène était un gaz à peine connu à cette époque; sa préparation était difficile et coûteuse; on renonça, pour le moment, à en faire usage.

Après avoir essayé quelques autres gaz ou vapeurs, les frères Montgolfier en vinrent à penser que l'électricité, qu'ils regardaient comme l'une des causes de l'ascension et de l'équilibre des nuages, pourrait produire

l'ascension d'un corps assez léger. Ils cherchèrent donc à composer un gaz affectant des propriétés électriques. Ils s'imaginèrent obtenir un gaz de cette nature en faisant un mélange d'une vapeur à propriétés alcalines avec une autre vapeur qui serait dépourvue de ces propriétés.

Pour former un tel mélange, ils firent brûler ensemble de la paille légèrement mouillée et de la laine, matière animale qui donne naissance, en brûlant, à des gaz qui présentent une réaction alcaline due à la présence d'une petite quantité de carbonate d'ammoniaque. Ils reconnurent que la combustion de ces deux corps au-dessous d'une enveloppe de toile ou de papier, provoquait l'ascension rapide de l'appareil.

L'idée théorique qui amena les Montgolfier à la découverte des ballons, ne peut plus être considérée actuellement qu'au point de vue historique. C'est une conception vague comme on en trouve tant à cette époque de renouvellement des sciences modernes. L'ascension de ces petits globes s'expliquait tout simplement par la dilatation de l'air chauffé, qui devient ainsi plus léger que l'air environnant, et tend dès lors à s'élever, jusqu'à ce qu'il rencontre des couches d'une densité égale à la sienne. La fumée abondante produite par la combustion de la laine et de la paille mouillée, ne faisait qu'augmenter le poids de l'air chaud, sans amener aucun des avantages sur lesquels les inventeurs avaient compté.

De Saussure prouva parfaitement, l'année suivante, la vérité de cette explication. Pour terminer la discussion élevée à ce sujet entre les physiciens, il prit un petit ballon de papier, ouvert à sa partie inférieure, et introduisit, avec précaution, dans son intérieur, un fer à souder rougi au blanc. Aussitôt la petite machine se gonfla, et s'éleva au plafond de l'appartement. Il fut ainsi bien démontré que la raréfaction de l'air par la chaleur était la seule cause du phénomène, et l'on cessa de donner le nom fort impropre

de gaz *Montgolfier* au mélange gazeux qui déterminait l'ascension.

C'est à Avignon que les frères *Montgolfier* firent le premier essai d'un petit appareil fondé sur les principes qui viennent d'être expliqués. Au mois de novembre 1782, Étienne

*Montgolfier* construisit un parallépipède creux, de soie, d'une très petite capacité, puisqu'il contenait seulement deux mètres cubes d'air; et il vit, avec une joie facile à comprendre, ce petit ballon s'élever au plafond de sa chambre. De retour à *Annonay*, il s'empressa

de répéter l'expé-

rience avec son frère. Ils opérèrent en plein air avec ce même appareil qui s'éleva devant eux à une grande hauteur.

Encouragés par ce résultat, les frères *Montgolfier* construisirent un ballon plus grand qui pouvait contenir vingt mètres cubes d'air. Ce nouvel essai réussit parfaitement; la machine s'éleva avec tant de

force qu'elle brisa les cordes qui la retenaient, et alla tomber sur un coteau voisin, après avoir atteint une hauteur de trois cents mètres.

Dès lors, certains du succès, ils se mirent à construire un appareil de grande dimen-

sion, et résolurent d'exécuter, sur une des places de la ville d'*Annonay*, une expérience solennelle pour faire connaître et constater publiquement leur découverte.

Cette expérience eut lieu le 4 juin 1783, en présence de la ville entière. L'Assemblée des États particuliers du *Vivara*,

qui siégeait en ce moment dans la ville d'*Annonay*, assista en corps à cet essai mémorable.

La machine aérostatique avait douze mètres de diamètre; elle était faite de toile d'emballage doublée de papier. A sa partie inférieure, on avait disposé un réchaud de fil de fer, sur lequel on brûla dix livres de



Fig. 13. — Expérience faite à *Annonay*, le 4 juin 1783, par les frères *Montgolfier*.

paille mouillée et de laine hachée. Aussitôt, elle fit effort pour se soulever; on l'abandonna à elle-même, et elle s'éleva, aux acclamations des spectateurs. Elle parvint, en dix minutes, à cinq cents mètres de hauteur; mais, comme elle perdait la plus grande partie de l'air chaud par suite de la perméabilité de la toile et du papier, on la vit bientôt redescendre lentement vers la terre.

Un procès-verbal de cette belle expérience fut dressé par les membres des États du Vivarais et expédié à l'Académie des Sciences de Paris. Sur la demande de M. de Breteuil, alors ministre, l'Académie nomma une commission, pour prendre connaissance de ces faits. Lavoisier, Cadet, Condorcet, Desmarests, l'abbé Bossut, Brisson, Leroy et Tillet, composaient cette commission.

Étienne Montgolfier fut mandé à Paris et prévenu que l'expérience serait répétée prochainement aux frais de l'Académie.

La nouvelle de l'ascension d'Annonay, répandue bientôt dans tout Paris, y causait une impression des plus vives. La curiosité du public et des savants était trop vivement excitée pour que l'on s'accommodât des lenteurs habituelles des commissions académiques. Il fallait à tout prix répéter l'expérience sous les yeux des habitants de la capitale.

*Aérostas à gaz hydrogène* Faujas de Saint-Fond, professeur au Jardin des Plantes, ouvrit une souscription pour subvenir aux frais de l'entreprise. Dix mille francs furent recueillis en quelques jours. Les frères Robert, habiles constructeurs d'instruments de physique, furent chargés d'édifier la machine; le professeur Charles, jeune alors et tout brûlant de zèle, se chargea de diriger le travail.

Cette entreprise offrait, pourtant, beaucoup de difficultés, on le comprendra sans peine. Le procès-verbal de l'expérience de Montgolfier, les lettres d'Annonay qui en avaient raconté les détails, ne donnaient

aucune indication sur les gaz dont s'étaient servi les inventeurs: on se bornait à dire que la machine avait été remplie avec un gaz *moitié moins pesant que l'air ordinaire*. Charles ne perdit pas son temps à chercher quel était le gaz dont Montgolfier avait fait usage. Il comprit que, puisque l'expérience avait réussi avec un gaz qui n'avait que la moitié du poids spécifique de l'air, elle réussirait bien mieux encore avec le gaz hydrogène, qui pèse quatorze fois et demie moins que l'air. En conséquence, il prit le parti de remplir le ballon avec le *gaz inflammable*.

Mais cette opération elle-même n'était pas sans difficultés; l'hydrogène était encore un gaz à peine observé; on ne l'avait jamais préparé que dans les cours publics et en opérant sur de faibles quantités; les savants eux-mêmes ne le maniaient pas sans quelque crainte, à cause des dangers qu'il présente par son inflammabilité. Or, il fallait obtenir et accumuler dans un même réservoir plus de quarante mètres cubes de ce gaz.

On se mit à l'œuvre néanmoins. On s'établit dans les ateliers des frères Robert, situés près de la place des Victoires. Il fallait, pour la première fois, imaginer et construire les appareils nécessaires à la préparation et à la conservation des gaz. Beaucoup de dispositions différentes furent essayées, sans trop de succès. Enfin, pour procéder au dégagement de l'hydrogène, on disposa l'appareil de la manière suivante. On plaça dans un tonneau de l'eau et de la limaille de fer. Le fond supérieur de ce tonneau était percé de deux trous: l'un donnait passage à un tube de cuir, destiné à conduire le gaz dans l'intérieur du ballon; l'autre était simplement fermé par un bouchon. On ajoutait successivement, par ce dernier orifice, l'acide sulfurique, qui devait produire le gaz hydrogène, en réagissant sur le fer. Au moment de l'effervescence on ouvrait un robinet adapté au tube de cuir, et le gaz s'introduisait dans le ballon.

On voit, d'après ces manœuvres gros-

sières, combien on était encore peu avancé, à cette époque, dans l'art de manier les gaz. C'était réellement l'enfance de la préparation de l'hydrogène, et l'on comprend quels obstacles il fallut surmonter avant d'atteindre au but proposé.

Les difficultés furent telles qu'elles firent douter quelque temps du succès de l'entreprise. Ainsi, la chaleur provoquée par l'action de l'acide sulfurique sur le fer était si élevée, qu'une grande quantité d'eau était réduite en vapeurs; ces vapeurs étaient mêlées d'acide sulfureux, car ce gaz prend naissance par suite de la réaction, très énergique, de l'acide sulfurique sur le fer. Or ces vapeurs, rendues corrosives par la présence de l'acide sulfureux, attaquaient les parois du ballon : une fois condensées, elles coulaient le long du taffetas et venaient se réunir à sa partie inférieure; il fallait donc, de temps en temps, les faire écouler en ouvrant le robinet et en secouant le taffetas. De plus, la chaleur développée par la réaction se communiquait au tube de cuir, et de là au ballon lui-même. Il fallait donc, pour refroidir ses parois, l'arroser sans cesse avec une petite pompe.

Par suite de ces mauvaises dispositions et de la difficulté des manœuvres, on perdait la plus grande partie du gaz formé à l'intérieur du tonneau. Aussi quatre jours furent-ils nécessaires pour remplir le ballon. Nous donnerons une idée des pertes de gaz éprouvées pendant ces opérations, en disant, d'après les récits du temps, qu'il fallut employer mille *livres* de fer et cinq cents *livres* d'acide sulfurique, pour remplir un aérostat qui pouvait soulever à peine un poids de dix-huit *livres*. Cependant, le quatrième jour, à force de soins et de peines, le ballon, aux deux tiers rempli, flottait dans l'atelier des frères Robert.

Le public avait connaissance de l'opération qui s'exécutait place des Victoires; on se pressait en foule aux portes de la maison. Il fallut requérir l'assistance « du guet »,

pour contenir l'impatience des curieux.

Le 27 août, tout se trouvant prêt pour l'expérience, on s'occupa de transporter la machine au Champ-de-Mars, où devaient s'effectuer son ascension. Pour éviter l'encombrement des curieux, la translation se fit à deux heures du matin. Le ballon, porté sur un brancard, s'avancait précédé de torches, escorté par un détachement du guet. L'obscurité de la nuit, la forme étrange et inconnue de ce globe immense, qui s'avancait lentement à travers les rues silencieuses, tout prêtait à cette scène nocturne un caractère particulier de mystère; et l'on vit des hommes du peuple, qui se rendaient à leurs travaux, s'agenouiller devant le cortège, saisis d'une sorte de superstitieuse terreur.

Arrivé au Champ-de-Mars avant le jour, le ballon fut placé au milieu d'une enceinte disposée pour le recevoir; on le retint en place à l'aide de petites cordes fixées au méridien de la sphère et arrêtées dans des anneaux de fer plantés en terre. Dès que le jour parut, on s'occupa de préparer du gaz hydrogène pour achever de le remplir. A midi, il était prêt à s'élancer.

A trois heures, une foule immense se portait au Champ-de-Mars : la place était garnie de troupes, les avenues gardées de tous les côtés. Les bords du fleuve, l'amphithéâtre de Passy, l'École militaire, les Invalides, et tous les alentours du Champ-de-Mars, étaient occupés par les curieux. Trois cent mille personnes, c'est-à-dire la moitié de la population de Paris, s'étaient donné rendez-vous en cet endroit.

A cinq heures, un coup de canon annonça que l'expérience allait commencer; il servit en même temps d'avertissement pour les savants qui, placés sur la terrasse du Garde-Meuble, sur les tours de Notre-Dame, et à l'École militaire, devaient appliquer les instruments et le calcul à l'observation du phénomène.

Délivré de ses liens, le globe s'élança avec une telle vitesse, qu'il fut porté en deux mi-

nutes à mille mètres de hauteur; là il trouva un nuage obscur dans lequel il se perdit. Un second coup de canon annonça sa disparition; mais on le vit bientôt percer la nue, reparaitre un instant à une très grande hauteur, et s'éclipser enfin dans d'autres nuages.

Un sentiment d'admiration et d'enthousiasme indicible, s'empara alors de l'esprit des spectateurs. L'idée qu'un corps parti de la terre, voyageait en ce moment dans l'espace, avait quelque chose de si merveilleux, elle s'écartait si fort des lois ordinaires, que l'on ne pouvait se défendre des plus

vives impressions. Beaucoup de personnes fondirent en larmes; d'autres s'embrassaient comme en délire. Les yeux fixés sur le même point du ciel, tous recevaient, sans songer à s'en garantir, une pluie violente, qui ne cessait pas de tomber. La population de Paris, si avide d'émotions et de surprises, n'avait jamais assisté à un aussi curieux spectacle.

L'aérostat ne fournit pas cependant toute la carrière qu'il aurait pu parcourir. Dans leur désir de lui donner une forme complètement sphérique, et d'en augmenter ainsi le volume aux yeux des spectateurs, les frères Robert avaient voulu, contrairement à l'opinion de Charles,

que le ballon fût entièrement gonflé au départ; ils introduisirent même de l'air au moment de le lancer, afin de tendre toutes les parties de l'étoffe. L'expansion du gaz amena la rupture du ballon lorsqu'il fut parvenu dans une région élevée; il se fit, à sa partie supérieure,

une déchirure de plusieurs pieds; le gaz s'échappa, et le globe vint tomber lentement, après trois quarts d'heure de marche, auprès d'Écouen, à cinq lieues de Paris.

Il s'abattit au milieu d'une troupe de paysans de Gonesse, que cette apparition frappa d'abord d'épouvante, car ils s'imaginèrent que la lune tombait du ciel. Cepen-



Fig. 14. — Le premier aérostat à gaz hydrogène, lancé au Champ-de-Mars, à Paris, par Charles et Robert, le 27 août 1783.

dant ils ne tardèrent pas à se rassurer, et, pour se venger de la terreur qu'ils avaient éprouvée, ils se précipitèrent avec furie sur l'innocente machine, qui fut en quelques instants réduite en pièces.

Le premier aérostat à gaz hydrogène, qui avait coûté tant de soins et de travaux, fut attaché à la queue d'un cheval, et traîné, pendant une heure, à travers les champs, les fossés et les routes!

L'accueil barbare et stupide qui avait été fait au premier aérostat par les paysans de Gonesse, fit assez de bruit pour que le gouvernement crût nécessaire de publier un *Avis au peuple* touchant le passage et la chute des machines aérostatiques. Dans les derniers mois de 1783, cette instruction fut répandue dans toute la France.

Cependant, Étienne Montgolfier était arrivé à Paris; il avait assisté à l'ascension du Champ-de-Mars, et il prenait les dispositions nécessaires pour répéter, conformément au désir de l'Académie des Sciences, l'expérience du *ballon à feu* telle qu'il l'avait exécutée à Annonay.

L'aérostat que fit construire Étienne Montgolfier avait des dimensions considérables; sa forme était assez bizarre: la partie moyenne représentait un prisme haut de huit mètres; le sommet, une pyramide de la même hauteur; la partie inférieure, un cône tronqué de six mètres; de telle sorte que la machine entière, de la base au sommet, comptait vingt-deux mètres de hauteur, sur quinze environ de diamètre. Elle était faite de toile d'emballage doublée d'un fort papier au dedans et au dehors, et pouvait enlever un poids de douze cent cinquante livres.

Le 11 septembre 1783, on fit le premier essai de cette belle machine. On la vit se dresser sur elle-même, se gonfler et prendre en dix minutes une belle forme. Huit hommes qui la retenaient perdirent terre et furent soulevés à plusieurs pieds. Elle serait montée à une grande hauteur si on ne lui eût opposé de nouvelles forces.

L'expérience fut répétée le lendemain, devant les commissaires de l'Académie des Sciences, et en présence d'un nombre considérable de personnes. Les commissaires de l'Académie, Leroy, Lavoisier, Cadet, Brisson, l'abbé Bossut, et Desmarets, étant arrivés, on se disposa à gonfler le ballon. Mais on vit avec inquiétude que l'horizon se couvrait de nuages épais, et que l'on était menacé d'un orage. Néanmoins il était possible que tout se passât sans pluie. D'ailleurs les préparatifs étaient faits, une assemblée nombreuse brûlait du désir d'être témoin de l'expérience; il aurait fallu beaucoup de temps pour démonter l'appareil: on se décida donc à remplir le ballon.

On fit brûler au-dessous de l'orifice cinquante livres de paille, en y ajoutant à diverses reprises une dizaine de livres de laine hachée. La machine se gonfla, perdit terre et se souleva, entraînant une charge de cinq cents livres. Si l'on eût alors coupé les cordes qui le retenaient, l'aérostat se serait élevé à une hauteur considérable; mais on ne voulut pas le laisser partir. Montgolfier venait, en effet, de recevoir du roi l'ordre d'exécuter son expérience à Versailles, devant la Cour. Par malheur, dans ce moment, la pluie redoubla de violence, le vent devint furieux, les efforts que l'on fit pour ramener à terre la machine furent vains, et elle demeura pendant vingt-quatre heures exposée au mauvais temps; les papiers se décollèrent et tombèrent en lambeaux, le canevas fut mis à découvert, et finalement elle fut mise tout à fait hors de service.

Il fallait cependant une expérience pour le 19 septembre, à Versailles. Aidé de quelques amis, Montgolfier se remit à l'œuvre. On travailla avec tant d'empressement et d'ardeur, que cinq jours suffirent pour construire un autre aérostat: il avait fallu un mois pour achever le premier. Ce nouveau ballon, de forme entièrement sphérique, était construit avec beaucoup plus de solidité; il était d'une bonne et forte toile de coton; on l'avait

même peint en détrempe. Il était bleu avec des ornements d'or, et présentait l'image d'une tente richement décorée. Le 19, au matin, il fut transporté à Versailles, où tout était disposé pour le recevoir.

Dans la grande cour du château, on avait élevé une vaste estrade percée en son milieu d'une ouverture circulaire de cinq mètres de diamètre destinée à loger le ballon ; on circulait autour de cette estrade pour le service de la machine. La partie supérieure, ou le dôme du ballon, était déprimée et reposait sur la grande ouverture de l'estrade, à laquelle elle servait de voûte ; le reste des toiles était abattu et se repliait circulairement autour de cette estrade, de telle sorte qu'en cet état la machine n'avait aucune apparence artistique, et ne ressemblait qu'à un amas de toiles entassées et disposées sans ordre. Le réchaud de fil de fer qui devait servir à placer les combustibles reposait sur le sol.

On enferma dans une cage en osier, suspendue à la partie inférieure de l'aérostat, un mouton, un coq et un canard, qui étaient ainsi destinés à devenir les premiers navigateurs aériens.

A 10 heures du matin, la route de Paris à Versailles était couverte de voitures ; on arrivait en foule de tous les côtés. A midi, la cour du château, la Place d'armes et les avenues environnantes étaient envahies par les spectateurs. Le roi descendit sur l'estrade avec sa famille ; il fit le tour du ballon, et se fit rendre compte par Montgolfier des dispositions et des préparatifs de l'expérience. A 1 heure, une décharge de mousqueterie annonça que la machine allait se remplir. On brûla quatre-vingts livres de paille et cinq livres de laine. La machine déploya ses replis, se gonfla rapidement, et développa sa forme imposante. Une seconde décharge annonça qu'on était prêt à partir. A la troisième, les cordes furent coupées, et l'aérostat s'éleva pompeusement au milieu des acclamations de la foule.

Il parvint rapidement à une grande hauteur, et demeura ensuite immobile. Cependant il ne resta que peu de temps en l'air. Une déchirure de sept pieds, amenée par un coup de vent subit, au moment du départ, l'empêcha de se soutenir longtemps.

Il tomba dix minutes après son ascension, à une lieue de Versailles, dans le bois de Vaucresson. Deux gardes-chasse, qui se trouvaient dans le bois, virent la machine descendre avec lenteur et ployer les hautes branches des arbres, sur lesquels elle se reposa. La corde qui retenait la cage d'osier s'embarassa dans les rameaux, la cage tomba, les animaux en sortirent sans accident.

Le premier qui accourut pour dégager le ballon et pour reconnaître comment les animaux avait supporté le voyage, fut Pilâtre de Rozier. Il suivait avec une passion ardente les débuts de cet art, qui devait faire un jour son martyr et sa gloire.

*Premier  
voyage  
aérien*

On croyait désormais pouvoir, avec quelque confiance, transformer les ballons en appareils de navigation aérienne. Étienne Montgolfier se mit donc à construire un ballon disposé de manière à recevoir des voyageurs. Les dimensions de cette nouvelle machine étaient considérables ; elle n'avait pas moins de 20 mètres de hauteur sur 16 de diamètre. On disposa autour de la partie extérieure de l'orifice du ballon, une galerie circulaire d'osier, recouverte de toile, destinée à recevoir les aéronautes. Cette galerie avait un mètre de large ; une balustrade la protégeait et permettait d'y circuler commodément : on pouvait ainsi faire le tour de l'orifice extérieur de l'aérostat. L'ouverture de la machine était donc parfaitement libre ; et c'est au milieu de cette ouverture que se trouvait, suspendu par les chaînes, le réchaud de fil de fer, avec les matières inflammables, dont la combustion devait enlever l'appareil. On avait emmagasiné dans

une partie de la galerie, une provision de paille, pour donner aux aéronautes la faculté de s'élever à volonté en activant le feu.

Le ballon construit, on commença, le 15 octobre, à essayer de s'en servir comme d'un navire aérien. On le retenait captif au moyen de longues cordes qui ne lui permettaient de monter que jusqu'à une certaine hauteur. Pilâtre de Rozier en fit l'essai le premier; il s'éleva à diverses reprises de toute la longueur des cordes. Les jours suivants, d'autres personnes, enhardies par son exemple, l'accompagnèrent dans ces essais préliminaires, qui donnaient beaucoup d'espoir pour le succès de l'expérience définitive. Tout le monde remarquait l'adresse de Pilâtre et l'intrépide ardeur avec laquelle il se livrait à ces difficiles manœuvres. Dans l'une de ces expériences, le ballon, chassé par le vent, vint tomber sur

la cime des arbres; les assistants jetèrent un cri d'effroi, car la machine s'engageait dans les branches et menaçait de verser les voyageurs; mais Pilâtre, sans s'émouvoir, prit avec sa longue fourche de fer une énorme botte de paille qu'il jeta dans le feu : le ballon se dégaged aussitôt, et remonta, aux applaudissements des spectateurs.

On se pressait en foule pour contempler de loin ces intéressantes manœuvres. Pendant les journées du 15, du 17 et du 19 octobre, l'affluence était si considérable dans le faubourg Saint-Antoine, où s'effectuaient

ces essais, sur les boulevards, et jusqu'à la porte Saint-Martin, que, sur tous ces points, la circulation était devenue impossible. Comme on craignait, avec raison, que l'encombrement excessif des curieux dans les rues de la ville n'amenât des embarras ou des dangers, on se décida à faire l'ascension hors de Paris. Le Dauphin offrit à Montgolfier les jardins de son château de la Muette, au bois de Boulogne.

Cependant, à mesure qu'approchait le moment décisif, Montgolfier hésitait. Il concevait des craintes sur le sort réservé au courageux aéronaute qui ambitionnait l'honneur de tenter les hasards de la navigation aérienne. Il demandait, il exigeait des essais nouveaux. Il faut reconnaître, en effet, que le projet de Pilâtre avait de quoi effrayer les cœurs les plus intrépides. Quatre mois s'étaient à peine écoulés depuis la découverte des aérostats, et le temps

n'avait pu permettre encore d'étudier toutes les conditions, d'apprécier tous les écueils d'une ascension à ballon perdu. On ne s'était pas encore avisé de munir les aérostats de cette soupape salutaire qui, en donnant issue au gaz intérieur, fournit les moyens d'effectuer la descente sans difficulté ni embarras; d'ailleurs, avec les ballons à feu, ce moyen perd, comme on le sait, toute sa valeur. On n'avait pas encore imaginé le *lest*, ce palladium des aéronautes, qui permet de s'élever à volonté, et donne ainsi les moyens de choisir le lieu du débarquement. En outre, la présence d'un foyer incandescent



Fig. 15. — Première montgolfière destinée à porter des voyageurs, exécutée pour Pilâtre de Rozier.



au milieu d'une masse aussi inflammable que l'enveloppe d'un ballon, ouvrait évidemment le champ à tous les dangers. Ce tissu de toile et de papier pouvait s'embraser au milieu des airs, et précipiter les imprudents aéronautes; ou bien, le feu venant à manquer, l'appareil était entraîné vers la terre par une chute terrible. Le combustible entassé dans la galerie offrait encore à l'incendie un aliment redoutable : la flamme du réchaud pouvait se communiquer à la réserve de paille, et propager ainsi la combustion jusqu'à l'enveloppe même du ballon. Enfin, des flammèches tombées du foyer pouvaient, au milieu des campagnes, descendre sur les granges ou les édifices et semer l'incendie sur la route de l'aérostat.

Aussi Montgolfier temporisait-il et demandait-il des essais nouveaux. La Commission de l'Académie des Sciences ne se prononçait pas. Le roi eut connaissance de ces difficultés. Après mûr examen, il s'opposa à l'expérience, et donna au lieutenant de police l'ordre d'empêcher le départ. Il permettait seulement que l'expérience fût tentée avec deux condamnés, que l'on embarquerait dans la machine.

Pilâtre de Rozier s'indigna à cette proposition. « Eh quoi! de vils criminels auraient les premiers la gloire de s'élever dans les airs! Non, non, cela ne sera point! » Il conjure, il supplie; il s'agite de cent manières, il remue la ville et la cour. Il s'adresse aux personnes le plus en faveur à Versailles. Il s'empare de la duchesse de Polignac, gouvernante des enfants de France et toute-puissante sur l'esprit de Louis XVI. Celle-ci plaide chaleureusement sa cause auprès du roi. Le marquis d'Arlandes, gentilhomme du Languedoc, major dans un régiment d'infanterie, avait fait avec lui une ascension en ballon captif; Pilâtre le dépêche au roi. Le marquis d'Arlandes proteste que l'ascension ne présente aucun danger, et, comme preuve de son affirmation, il offre d'accom-

agner Pilâtre dans son voyage aérien. Sollicité de tous les côtés, vaincu par tant d'instances, Louis XVI se rendit enfin.

Le 21 novembre 1783, à une heure de l'après-midi, en présence du dauphin et de sa suite, pressés dans les beaux jardins de la Muette, Pilâtre de Rozier et le marquis d'Arlandes exécutèrent ensemble le premier voyage aérien.

Malgré un vent violent et un ciel orageux, la machine s'éleva avec rapidité. Arrivés à la hauteur de 100 mètres, les voyageurs ôtèrent leurs chapeaux pour saluer la multitude qui s'agitait au-dessous d'eux, partagée entre l'admiration et la crainte. La machine continua de s'élever majestueusement, et bientôt il ne fut plus possible de distinguer les nouveaux Argonautes. On vit l'aérostat longer l'île des Cygnes et filer au-dessus de la Seine, jusqu'à la barrière de la Conférence, où il traversa le fleuve. Il se maintenait toujours à une très grande hauteur, de telle façon que les habitants de Paris, qui accouraient en foule de toutes parts, pouvaient l'apercevoir du fond des rues les plus étroites. Les tours de Notre-Dame étaient couvertes de curieux. Enfin l'aérostat, s'élevant ou s'abaissant plus ou moins en raison de la manœuvre des voyageurs aériens, passa entre l'Hôtel des Invalides et l'École militaire, et, après avoir plané sur les Missions étrangères, s'approcha de Saint-Sulpice. Alors les navigateurs ayant forcé le feu pour quitter Paris, s'élevèrent et trouvèrent un courant d'air qui, les dirigeant vers le sud, leur fit dépasser le boulevard, et les porta dans la plaine, au delà du mur d'enceinte, entre la barrière d'Enfer et la barrière d'Italie.

Le marquis d'Arlandes, trouvant que l'expérience était complète, et pensant qu'il était inutile d'aller plus loin dans un premier essai, cria à son compagnon : « Pied à terre! »

Ils cessèrent le feu, la machine s'abattit lentement, et se reposa sur la *Butte aux*

*Cailles*, entre le Moulin Vieux et le Moulin des Merveilles.

En touchant la terre, le ballon s'affaissa presque entièrement sur lui-même. Le marquis d'Arlandes sauta hors de la galerie; mais Pilâtre de Rozier s'embarrassa dans les toiles, et demeura quelque temps comme enseveli sous les plis de la machine qui s'était abattue de son côté.

La machine fut repliée, mise dans une voiture et ramenée dans les ateliers du faubourg Saint-Antoine. Les voyageurs n'avaient ressenti, durant le trajet aérien, aucune impression pénible;

ils étaient tout entiers à l'orgueil et à la joie de leur triomphe. Le marquis d'Arlandes monta aussitôt à cheval et vint rejoindre ses amis au château de la Muette. On l'accueillit avec des pleurs de joie et d'ivresse.

Parmi les personnes qui avaient assisté

aux préparatifs du voyage, on remarquait Benjamin Franklin, et c'est à cette occasion que Franklin prononça un mot souvent répété. On disait devant lui : « A quoi peuvent servir les ballons? — A quoi peut servir l'enfant qui vient de naître? » répliqua le

philosophe américain.

Le marquis d'Arlandes a écrit un récit de ce premier voyage aérien, dont voici quelques extraits, lignes à la fois familières et émouvantes.

« ... Je regardais par l'intérieur de la machine, et j'aperçus sous moi la Visitation de Chaillot. M. Pilâtre me dit en ce moment :

— Voilà la rivière, et nous baissons.

— Eh bien, mon cher ami, du feu!

« Et nous travaillâmes. Mais au lieu de traverser la rivière, comme semblait l'indiquer notre direction, qui nous portait sur les Invalides, nous longeâmes l'île des Cygnes; nous rentrâmes sur le principal lit de la ri-



Fig. 16. — Premier voyage aérien exécuté dans une montgolfière, par Pilâtre de Rozier et le marquis d'Arlandes, le 21 novembre 1783.

vière, et nous la remontâmes jusqu'au-dessus de la barrière de la Conférence. Je dis à mon brave compagnon :

— Voilà une rivière qui est bien difficile à traverser.

— Je le crois bien, me répondit-il, vous ne faites rien.

— C'est que je ne suis pas aussi fort que vous, et que nous sommes bien.

« Je remuai le réchaud, je saisis avec une fourche une botte de paille, qui, sans doute trop serrée, prenait feu difficilement; je la levai, la secouai au milieu de la flamme. L'instant d'après, je me sentis enlever comme par-dessous les aisselles, et je dis à mon cher compagnon :

— Pour cette fois, nous montons.

— Oui, nous montons, me répondit-il, sorti de l'intérieur sans doute pour faire quelques observations.

« Dans cet instant, j'entendis, vers le haut de la machine, un bruit qui me fit craindre qu'elle n'eût crevé. Je regardai, et je ne vis rien. Comme j'avais les yeux fixés au haut de la machine, j'éprouvai une secousse, et c'était alors la seule que j'eusse ressentie.

« La direction du mouvement était de haut en bas.

« Je dis alors :

— Que faites-vous? Est-ce que vous dansez?

— Je ne bouge pas.

— Tant mieux, dis-je; c'est enfin un nouveau courant qui, j'espère, nous sortira de la rivière.

« En effet, je me tournai pour voir où nous étions, et je me trouvai entre l'École militaire et les Invalides, que nous avions déjà dépassés d'environ quatre cents toises. M. Pilâtre me dit en même temps :

— Nous sommes en plaine.

— Oui, lui dis-je, nous cheminons.

— Travaillons, me dit-il, travaillons!

« J'entendis un nouveau bruit dans la

machine, que je crus produit par la rupture d'une corde.

« Ce nouvel avertissement me fit examiner avec attention l'intérieur de notre habitation. Je vis que la partie qui était tournée vers le sud était remplie de trous ronds, dont plusieurs étaient considérables. Je dis alors :

— Il faut descendre.

— Pourquoi?

— Regardez, dis-je.

« En même temps je pris mon éponge; j'éteignis aisément le peu de feu qui minait quelques-uns des trous que je pus atteindre; mais m'étant aperçu qu'en appuyant pour essayer si le bas de la toile tenait bien au cercle qui l'entourait, elle s'en détachait très facilement, je répétai à mon compagnon :

— Il faut descendre.

« Il regarda sous lui, et me dit :

— Nous sommes sur Paris.

— N'importe, lui dis-je.

— Mais voyons, n'y a-t-il aucun danger pour vous? êtes-vous bien tenu?

— Oui.

« J'examinai de mon côté, et j'aperçus qu'il n'y avait rien à craindre. Je fis plus, je frappai de mon éponge les cordes principales qui étaient à ma portée; toutes résistèrent, il n'y eut que deux ficelles qui partirent. Je dis alors : — Nous pouvons traverser Paris.

« Pendant cette opération, nous nous étions sensiblement approchés des toits; nous faisons du feu, et nous nous relevons avec la plus grande facilité. Je regarde sous moi, et je découvre parfaitement les Missions étrangères. Il me semblait que nous nous dirigions vers les tours de Saint-Sulpice, que je pouvais apercevoir par l'étendue du diamètre de notre ouverture. En nous relevant, un courant d'air nous fit quitter cette direction pour nous porter vers le sud. Je vis, sur ma gauche, une espèce de bois que je crus être le Luxembourg.

« Nous traversâmes le boulevard, et je m'écri :

— Pour le coup, pied à terre !

« Nous cessons le feu ; l'intrépide Pilâtre, qui ne perd point la tête, et qui était en avant de notre direction, jugeant que nous donnions dans les moulins qui sont entre le petit Gentilly et le boulevard, m'avertit. Je jette une botte de paille en la secouant pour l'enflammer plus vivement ; nous nous relevons, et un nouveau courant nous porte un peu sur la gauche. Le brave de Rozier me crie encore :

— Gare les moulins !

« Mais mon coup d'œil fixé par le diamètre de l'ouverture me faisant juger plus sûrement de notre direction, je vis que nous ne pouvions pas les rencontrer, et je lui dis :

— Arrivons.

« Nous nous sommes posés sur la Butte aux Cailles, entre le Moulin des Merveilles et le Moulin Vieux, environ à cinquante toises de l'un et de l'autre. Au moment où nous étions près de terre, je me soulevai sur la galerie en y appuyant mes deux mains. Je sentis le haut de la machine presser ma tête ; je la repoussai facilement et sautai hors de la galerie. En me retournant vers la machine, je crus la trouver pleine. Mais quel fut mon étonnement, elle était parfaitement vide et totalement aplatie ; je ne vois point M. Pilâtre, je cours de son côté pour l'aider à se débarrasser de l'amas de toile qui le couvrait ; mais avant d'avoir tourné la

machine je l'aperçus sortant de dessous en chemise, attendu qu'avant de descendre il avait quitté sa redingote et l'avait mise dans son panier.

« Nous étions seuls, et pas assez forts pour renverser la galerie et retirer la paille qui était enflammée.

« Il s'agissait d'empêcher qu'elle ne mit le feu à la machine. Nous crûmes alors que le seul moyen d'éviter cet inconvénient était de déchirer la toile. M. Pi-

lâtre prit un côté, moi l'autre, et en tirant violemment, nous découvrîmes le foyer. Du moment qu'elle fut délivrée de la toile qui empêchait la communication de l'air, la paille s'enflamma avec force. En secouant un des paniers, nous jetons le feu sur celui qui avait transporté mon compagnon : la paille qui y restait prend feu ; le peuple accourt, se saisit de la redingote de M. Pilâtre et se la partage. La garde survient : avec son aide,

en dix minutes, notre machine fut en sûreté, et une heure après, elle était à l'atelier où M. Montgolfier l'avait fait construire. »

On ne peut s'empêcher d'être frappé, à la lecture de la relation de ce premier voyage aérien, effectué, comme on vient de le voir, avec une extraordinaire audace, de l'analogie des circonstances qui ont marqué la conquête de l'air par le plus léger et par le plus lourd que l'air.

A cent trente années d'intervalle, le courage et la hardiesse des premiers aéro-



Fig. 17. — Le marquis d'Arlandes.

nautés se retrouvent dans la vaillance des premiers aviateurs.

C'est la même audace, la même énergie et, aussi, la même témérité, mises en œuvre pour atteindre le but poursuivi avec la même ténacité et la même foi dans le succès. Et c'est aussi, comme nous le verrons par la suite, dans cet acheminement, étapes par étapes, vers la réalisation du « rêve », le même douloureux sacrifice de héros, fait par l'Humanité à la cause du Progrès.

*Ascension de  
Charles et  
Robert*

Le but que Pilâtre de Rozier s'était proposé, dans cette périlleuse entreprise, était avant tout scientifique. Il fallait, sans plus tarder, s'efforcer de tirer parti, pour l'avancement de la physique et de la météorologie, de ce moyen nouveau d'expérimentation. Mais on reconnut bien vite que l'appareil dont Pilâtre s'était servi, c'est-à-dire le ballon à feu ou la *montgolfière*, comme on l'appelait déjà, ne pouvait rendre, à ce point de vue, que de médiocres services.

En effet le poids de la quantité considérable de combustible que l'on devait emporter, joint à la faible différence qui existe entre la densité de l'air échauffé et la densité de l'air ordinaire, ne permettait pas d'atteindre à de grandes hauteurs. En outre, la nécessité constante d'alimenter le feu absorbait tous les moments des aéronautes, et leur ôtait les moyens de se livrer aux expériences et à l'observation des instruments. On comprit, dès lors, que les ballons à gaz hydrogène pourraient seuls offrir la sécurité et la commodité indispensables à l'exécution des voyages aériens. Aussi, quelques jours après, deux hardis expérimentateurs, Charles et Robert, annonçaient, par la voie des journaux, le programme d'une ascension dans un aérostat à gaz inflammable. Ils ouvrirent une souscription de dix mille francs pour *un globe de soie devant porter deux voyageurs,*

*lesquels s'enlèveraient à ballon perdu, et tenteraient en l'air des observations et des expériences de physique.* La souscription fut remplie en quelques jours.

Le voyage aérien de Pilâtre de Rozier et du marquis d'Arlandes avait été surtout un trait d'audace. Sur la foi de leur courage et sans aucune précaution, ils avaient accompli l'une des entreprises les plus extraordinaires que l'homme ait jamais exécutées; l'ascension de Charles et Robert présenta des conditions toutes différentes. Préparée avec maturité, calculée avec une rare intelligence, elle révéla tous les services que peut rendre, dans un cas pareil, le secours des connaissances scientifiques.

On peut dire qu'à propos de cette ascension, Charles créa tout d'un coup et tout d'une pièce l'art de l'aérostation. En effet, c'est à ce sujet qu'il imagina la soupape qui donne issue au gaz hydrogène, ce qui détermine ainsi la descente lente et graduelle de l'aérostat, — la nacelle où s'embarquent les voyageurs, — le filet qui supporte et soutient la nacelle, — le lest qui règle l'ascension et modère la chute, — l'enduit de caoutchouc appliqué sur le tissu du ballon, qui rend l'enveloppe imperméable et prévient la déperdition du gaz, — enfin l'usage du baromètre, qui sert à mesurer à chaque instant, par l'élévation ou la dépression du mercure, les hauteurs que l'aéronaute occupe dans l'atmosphère. Pour cette première ascension, Charles créa donc tous les moyens, tous les artifices, toutes les précautions ingénieuses qui composent l'art de l'aérostation. On a conservé, en principe, sur les aérostats, jusqu'à nos jours, les dispositions imaginées par ce physicien.

C'est au talent dont il fit preuve dans cette circonstance que Charles a dû de préserver sa mémoire de l'oubli. Quoique physicien très habile et très exercé, Charles n'a laissé presque aucun travail dans la science et n'a rien publié sur la physique. Seulement

il avait acquis, comme professeur, une réputation considérable. On accourait en foule à ses leçons. Les découvertes de Franklin avaient mis à la mode les expériences sur l'électricité; Charles avait formé un

magnifique cabinet de physique, et il faisait, dans une des salles du Louvre, des cours publics que Paris venait entendre. Aussi, lorsqu'au 10 août le peuple envahit les Tuileries et le Louvre où il s'était logé, on respecta sa demeure et l'on passa en silence devant le savant illustre dont tout

Paris avait écouté et applaudi les leçons.

Un mois avait suffi au zèle et à l'heureuse intelligence de Charles, pour disposer tous les moyens ingénieux et nouveaux dont il enrichissait l'art naissant de l'aérostation. Le 26 novembre 1783, un ballon de 9 mètres de diamètre, muni de son filet et de sa nacelle, était suspendu au milieu de la grande allée des Tuileries, en face du château.

Le grand bassin situé devant le pavillon de l'Horloge reçut l'appareil pour la production de l'hydrogène. Cet appareil se composait de vingt-cinq tonneaux munis de tuyaux de plomb, aboutissant à une cuve

remplie d'eau destinée à laver le gaz: un tube d'un plus grand diamètre dirigeait l'hydrogène dans l'intérieur du ballon. L'opération fut lente et présenta quelques difficultés; elle ne fut même pas sans dangers. Dans la nuit, un lampion ayant été placé trop près de l'un des tonneaux, le gaz s'enflam-

ma, et il y eut une explosion terrible. Heureusement un robinet fermé à temps empêcha que la combustion ne se propageât jusqu'à l'aérostat. Tout fut réparé, et quelques jours après le ballon était rempli.

Le 1<sup>er</sup> décembre 1783, la moitié de Paris se pressait aux environs du château des Tuileries. A midi, les corps académiques et les souscripteurs qui avaient payé leur place



Fig. 18. — Premier voyage aérien exécuté dans un aérostat à gaz hydrogène, par Charles et Robert, le 1<sup>er</sup> décembre 1783. Départ des Tuileries.

quatre louis, furent introduits dans une enceinte particulière, construite autour du bassin. Les simples souscripteurs à trois francs le billet se répandirent dans le reste du jardin. A l'extérieur, les fenêtres, les combles et les toits, les quais qui longent les Tuileries, le Pont-Royal et la place Louis XV, étaient couverts d'une foule immense. Le ballon, gonflé de gaz, se balançait et ondulait mollement dans l'air : c'était un globe de soie à bandes alternativement jaunes et rouges ; le char placé au-dessous était bleu et or.

Cependant le bruit se répand dans la foule que Charles et Robert ont reçu un ordre du roi, qui, en raison du danger de l'expérience, leur défend de monter dans la nacelle. On ne savait pas précisément ce qui avait pu inspirer au roi une telle sollicitude, mais le fait était certain. Charles, indigné, se rend aussitôt chez le ministre, le baron de Breteuil, qui donnait en ce moment son audience. Il lui représente avec force, que le roi est maître de sa vie, mais non de son honneur ; qu'il a pris avec le public des engagements sacrés qu'il ne peut trahir, et qu'il se brûlera la cervelle plutôt que d'y manquer ; qu'au surplus c'est une pitié fautive et cruelle que l'on a inspirée au roi. Le baron de Breteuil comprit tout le bien-fondé de ces reproches ; et n'ayant pas le temps d'instruire le roi des difficultés que son ordre avait provoquées, il prit sur lui d'en autoriser la transgression.

A une heure et demie, le bruit du canon annonce que l'ascension va s'exécuter. La nacelle est lestée, on la charge des approvisionnements et des instruments nécessaires. Pour connaître la direction du vent, on commence par lancer un petit ballon de soie verte de deux mètres de diamètre. Charles s'avance vers Étienne Montgolfier, tenant ce petit ballon à l'aide d'une corde, et il le prie de vouloir bien le lancer lui-même : « C'est à vous, Monsieur, lui dit-il, qu'il appartient de nous ouvrir la route des

cieux. » Le public comprit le bon goût et la délicatesse de cette pensée, il applaudit ; le petit aérostat s'envola vers le nord-est, faisant reluire au soleil sa brillante couleur d'émeraude.

Le canon retentit une seconde fois ; les voyageurs prennent place dans la nacelle, les cordes sont coupées, et le ballon s'élève avec une majestueuse lenteur.

L'admiration et l'enthousiasme éclatent alors de toutes parts. Des applaudissements chaleureux retentissent. Les soldats rangés autour de l'enceinte présentent les armes, les officiers saluent de leur épée, et la machine continue de s'élever doucement au milieu des acclamations de trois cent mille spectateurs.

Le ballon, arrivé à la hauteur de Monceaux, resta un moment stationnaire ; il vira ensuite de bord et suivit la direction du vent. Il traversa une première fois la Seine, entre Saint-Ouen et Asnières, la passa une seconde fois non loin d'Argenteuil, et plana successivement sur Sannois, Franconville, Eau-bonne, Saint-Leu-Taverny, Villiers et l'Isle-Adam.

Après un trajet d'environ neuf lieues, en s'abaissant et s'élevant à volonté au moyen du lest qu'ils jetaient, les voyageurs descendirent à quatre heures moins un quart dans la prairie de Nesles, à neuf lieues de Paris. Robert descendit du char ; mais Charles voulut recommencer le voyage afin de procéder à quelques observations de physique. Pour atteindre à une plus grande hauteur, il repartit seul. En moins de dix minutes, il parvint à une élévation de près de 4.000 mètres. Là il se livra à de rapides observations scientifiques.

Une demi-heure après, le ballon redescendait doucement à deux lieues de son second point de départ. Charles fut reçu à sa descente par M. Farrer, gentilhomme anglais, qui le conduisit à son château, où il passa la nuit.

Charles a écrit une relation très détaillée

de cette ascension célèbre dont nous croyons devoir donner quelques extraits :

« Le globe et le char en équilibre, dit-il, touchaient encore au sol qui nous portait; il était une heure trois quarts. Nous jetons dix-neuf livres de lest, et nous nous élevons au milieu du silence concentré par l'émotion et la surprise des spectateurs.

« Tandis que nous nous élevions progressivement par un mouvement accéléré, nous nous mîmes à agiter dans l'air nos banderoles en signe d'allégresse, et afin de rendre la sécurité à ceux qui prenaient intérêt à notre sort; pendant ce temps, j'observais toujours le baromètre. M. Robert faisait l'inventaire de nos richesses : nos amis avaient lesté notre char, comme pour un voyage de long cours : vins de Champagne, couvertures et fourrures, etc. Bon! lui dis-je, voilà de quoi jeter par la fenêtre. Il commença par lancer une couverture de laine à travers les airs; elle s'y déploya majestueusement, et vint tomber auprès du dôme de l'Assomption.

« Alors le baromètre descendit environ à vingt-six pouces; nous avons cessé de monter, c'est-à-dire que nous étions élevés environ à trois cents toises. C'était la hauteur à laquelle j'avais promis de nous maintenir; et, en effet, depuis ce moment jusqu'à celui où nous avons disparu aux yeux des observateurs en station, nous avons toujours composé notre marche horizontale entre vingt-six pouces de mercure et vingt-six pouces huit lignes; ce qui s'est trouvé

d'accord avec les observations de Paris.

« Nous avons soin de perdre du lest à mesure que nous descendions, par la perte insensible de l'air inflammable, et nous nous élevions sensiblement à la même hauteur. Si les circonstances nous avaient permis de mettre plus de précision à ce lest, notre marche eût été presque absolument horizontale et à volonté.

« Arrivés à la hauteur de Monceaux, que nous laissions un peu à gauche, nous res-

tâmes un instant stationnaires. Notre char se retourna, et enfin nous filâmes au gré du vent. Bientôt nous passons la Seine, entre Saint-Ouen et Asnières, et telle fut à peu près notre marche géographique, laissant Colombes sur la gauche, passant presque au-dessus de Gennevilliers. Nous avons traversé une seconde fois la rivière, en laissant Argenteuil sur la gauche; nous avons passé à Sannois, Franconville, Eaubonne, Saint-Leu-Ta-

verny, Villiers, traversé l'Isle-Adam, et enfin Nesles, où nous avons descendu. Tels sont à peu près les endroits sur lesquels nous avons dû passer perpendiculairement. Ce trajet fait environ neuf lieues de Paris, et nous l'avons parcouru en deux heures, quoiqu'il n'y eût dans l'air presque pas d'agitation sensible.

« Durant tout le cours de ce délicieux voyage, il ne nous est pas venu en pensée d'avoir la plus légère inquiétude sur notre sort et sur celui de notre machine. Le globe n'a souffert d'autre altération que les modifications successives de dilatation et de



Fig. 19. — Le physicien Charles.



compression dont nous profitons pour monter et descendre à volonté d'une quantité quelconque. Le thermomètre a été pendant plus d'une heure entre 10° et 12° au-dessus de zéro, ce qui vient de ce que l'intérieur de notre char était réchauffé par les rayons du soleil.

« Sa chaleur se fit bientôt sentir à notre globe, et contribua, par la dilatation de l'air inflammable intérieur, à nous tenir à la même hauteur sans être obligés de perdre notre lest; mais nous faisons une perte plus précieuse : l'air inflammable, dilaté par la chaleur solaire, s'échappait par l'appendice du globe que nous tenions à la main, et que nous lâchions, suivant les circonstances, pour donner issue au gaz trop dilaté.

« C'est par ce moyen simple que nous avons évité ces expansions et ces explosions que les personnes peu instruites redoutaient pour nous. L'air inflammable ne pouvait pas briser sa prison, puisque la porte lui en était toujours ouverte, et l'air atmosphérique ne pouvait entrer dans le globe, puisque la pression même faisait de l'appendice une véritable soupape qui s'opposait à sa rentrée.

« Nous arrivâmes près des plaines de Nelles à trois heures et demie passées, j'avais le dessein de faire un second voyage, et de profiter de nos avantages ainsi que du jour. Je proposai à M. Robert de descendre. Nous voyions de loin des groupes de paysans qui se précipitaient devant nous à travers les champs. « Laissons-nous aller, » lui dis-je. Alors nous descendîmes dans une vaste prairie.

« Des arbustes, et quelques arbres, bordaient son enceinte. Notre char s'avancait majestueusement sur un plan incliné très prolongé. Arrivé près de ces arbres, je craignis que leurs branches ne vinssent heurter le char. Je jetai deux livres de lest, et le char s'éleva par-dessus, en bondissant à peu près comme un coursier qui franchit une haie. Nous parcourûmes plus de vingt toises

à un ou deux pieds de terre : nous avions l'air de voyager en traîneau. Les paysans couraient après nous, sans pouvoir nous atteindre, comme des enfants qui poursuivent des papillons dans une prairie.

« Enfin nous prenons terre. On nous environne. Rien n'égale la naïveté rustique et tendre, l'effusion de l'admiration et de l'allégresse de tous ces villageois.

« Je demandai sur-le-champ les curés, les syndics : ils accouraient de tous côtés; il était fête sur le lieu. Je dressai aussitôt un court procès-verbal, qu'ils signèrent. Arrive un groupe de cavaliers au grand galop : c'était Monseigneur le duc de Chartres, M. le duc de Fitz-James et M. Farrer, gentilhomme anglais, qui nous suivaient depuis Paris. Par un hasard très singulier, nous étions descendus auprès de la maison de chasse de ce dernier. Il saute de dessus son cheval, s'élance sur notre char, et dit en m'embrassant :

— Monsieur Charles, moi premier!

« Nous fûmes comblés des caresses du prince, qui nous embrassa tous deux dans notre char et eut la bonté de signer notre procès-verbal. M. le duc de Fitz-James en fit autant; M. Farrer le signa trois fois de suite. Plus de cent cavaliers qui couraient après nous depuis Paris, et que nous apercevions à peine du haut de notre char, c'étaient les seuls qui eussent pu nous joindre. Les autres avaient crevé leurs chevaux ou y avaient renoncé.

« Je racontai brièvement à Monseigneur le duc de Chartres quelques circonstances de notre voyage. — Ce n'est pas tout, Monseigneur, ajoutai-je en souriant, je m'en vais repartir.

— Comment repartir?

— Monseigneur, vous allez voir. Il y a mieux : quand voulez-vous que je redescende?

— Dans une demi-heure.

— Eh bien, soit! Monseigneur, dans une demi-heure je suis à vous.

« M. Robert descendit du char, ainsi que nous en étions convenu en voyageant. Trente paysans serrés autour, appuyés dessus, et le corps presque plongé dedans, l'empêchaient de s'envoler. Je demandai de la terre pour me faire un lest; il ne me restait plus que trois ou quatre livres. On va chercher une bêche qui n'arrive point. Je demande des pierres, il n'y en avait pas dans la prairie. Je voyais le temps s'écouler, le soleil se cacher. Je calculai rapidement la hauteur possible où pouvait m'élever la légèreté spécifique de cent trente livres que je venais d'acquérir par la descente de M. Robert, et je dis à Monseigneur le duc de Chartres :

— Monseigneur, je pars. Je dis aux paysans : Mes amis, retirez-vous tous en même temps des bords du char au premier signal que je vais faire, et je vais m'envoler.

« Je frappe de la main, ils se retirent, je m'élançai comme l'oiseau; en dix minutes, j'étais à plus de quinze cents toises, je ne voyais plus que les grandes masses de la nature.

« Dès en partant j'avais pris mes précautions pour échapper au danger de l'explosion du globe, et je me disposai à faire les observations que je m'étais promis. D'abord, afin d'observer le baromètre et le thermomètre placés à l'extrémité du char, sans rien changer au centre de gravité, je m'agenouillai au milieu, la jambe et le corps tendus en avant, ma montre et un papier dans la main gauche, ma plume et le cordon de ma soupape dans ma droite.

« Je m'attendais à ce qui allait arriver. Le globe, qui était assez flasque à mon départ, s'enfla insensiblement. Bientôt l'air inflammable s'échappa à grands flots par l'appendice. Alors je tirai de temps en temps la soupape pour lui donner à la fois deux issues, et je continuai ainsi à monter en perdant de l'air. Il sortait en sifflant et devenait visible, ainsi qu'une vapeur chaude qui

passé dans une atmosphère beaucoup plus froide.

« La raison de ce phénomène est simple. A terre, le thermomètre était à 7° au-dessus de la glace; au bout de dix minutes d'ascension, j'avais 5° au-dessous. On sent que l'air inflammable contenu dans le globe n'avait pas eu le temps de se mettre en équilibre de température; son équilibre élastique étant beaucoup plus prompt que celui de la chaleur, il en devait sortir une plus grande quantité que celle correspondant à la dilatation extérieure que l'air pouvait déterminer par sa moindre pression.

« Quant à moi, exposé à l'air libre, je passai en dix minutes de la température du printemps à celle de l'hiver. Le froid était vif et sec, mais point insupportable. J'interrogeais alors paisiblement toutes mes sensations, *je m'écoutai vivre* pour ainsi dire, et je puis assurer que, dans le premier moment, je n'éprouvai rien de désagréable dans ce passage subit de dilatation et de température.

« Lorsque le baromètre cessa de monter, je notai très exactement dix-huit pouces dix lignes. Cette observation est de la plus grande rigidité. Le mercure ne souffrait aucune oscillation sensible. J'ai déduit de cette observation une hauteur de 1.524 toises environ, en attendant que je puisse intégrer ce calcul et y mettre plus de précision. Au bout de quelques minutes, le froid me saisit les doigts : je ne pouvais presque plus tenir ma plume. Mais je n'en avais plus besoin, j'étais stationnaire, et je n'avais plus qu'un mouvement horizontal.

« Je me relevai au milieu du char et m'abandonnai au spectacle que m'offrait l'immensité de l'horizon. A mon départ de la prairie, le soleil était couché pour les habitants des vallons: bientôt, il se leva pour moi seul, et vint encore une fois dorer de ses rayons le globe et le char. J'étais le seul corps éclairé dans l'horizon, et je voyais tout le reste de la nature plongé dans l'ombre.

« Bientôt le soleil disparut lui-même, et j'eus le plaisir de le voir se coucher deux fois dans le même jour. Je contemplai quelques instants le vague de l'air et les vapeurs terrestres qui s'élevaient du sein des vallées et des rivières. Les nuages semblaient sortir de la terre et s'amonceler les uns sur les autres en conservant leur forme ordinaire. Leur couleur seulement était grisâtre et monotone, effet naturel du peu de lumière diffusée dans l'atmosphère. La lune seule éclairait.

« Elle me fit observer que je revirai de bord deux fois, et je remarquai de véritables courants qui me ramenèrent sur moi-même. J'eus plusieurs déviations très sensibles. Je sentis avec surprise l'effet du vent et je vis pointer les banderoles de mon pavillon; nous n'avions pu observer ces circonstances dans notre premier voyage. Je remarquai les péripéties de ce phénomène, et ce n'était point le résultat de l'ascension ou de la descente; je marchais alors dans une direction sensiblement horizontale. Dès ce moment, je conçus, peut-être un peu trop vite, l'espérance de se diriger. Au surplus, ce ne sera que le fruit du tâtonnement, des observations et des expériences les plus répétées.

« Au milieu du ravissement inexprimable et de cette extase contemplative, je fus rappelé à moi-même par une douleur très extraordinaire que je ressentis dans l'intérieur de l'oreille droite et dans les glandes maxillaires. Je l'attribuai à la dilatation de l'air contenu dans le tissu cellulaire de l'organisme, autant qu'au froid de l'air environnant. J'étais en veste et la tête nue. Je me couvris d'un bonnet de laine qui était à mes pieds; mais la douleur ne se dissipa qu'à mesure que j'arrivai à terre.

« Il y avait environ sept ou huit minutes que je ne montais plus; je commençais même à descendre par la condensation de l'air inflammable intérieur. Je me rappelai la promesse que j'avais faite à Monseigneur le

duc de Chartres de revenir à terre au bout d'une demi-heure. J'accélérai ma descente, en tirant de temps en temps la soupape supérieure. Bientôt le globe vide presque à moitié ne me présentait plus qu'un hémisphère.

« J'aperçus un très belle place en friche auprès du bois de la Tour-du-Lay. Alors je précipitai ma descente. Arrivé à vingt ou trente toises de terre, je jetai subitement deux à trois livres de lest qui me restaient et que j'avais gardées précieusement; je restai un instant comme stationnaire et vins descendre moi-même sur la friche même que j'avais pour ainsi dire choisie.

« J'étais à plus d'une lieue du point de départ. Les déviations fréquentes que j'essayai, les retours sur moi-même, me font présumer que le trajet aérien a été de plus de trois lieues. Il y avait trente-cinq minutes que j'étais parti; et telle est la sûreté des combinaisons de notre machine aérostatique, que je pus consommer, et à volonté, cent trente livres de légèreté spécifique, dont la conservation également volontaire eût pu me maintenir en l'air au moins vingt-quatre heures de plus. »

Quand les détails de cette belle excursion aérienne furent connus dans Paris, ils y causèrent une sensation extraordinaire. Le lendemain, une foule considérable se rassemblait devant la demeure de Charles pour le féliciter. Il n'était pas encore de retour, et à son arrivée, il reçut du peuple une véritable ovation. Lorsqu'il se rendit au Palais-Royal, pour remercier le duc de Chartres, au sortir du palais, on le prit sur le perron et on le porta en triomphe jusqu'à sa voiture.

Les récompenses académiques ne manquèrent pas non plus aux courageux voyageurs. Dans sa séance du 9 décembre 1783, l'Académie des sciences de Paris, présidée par M. de Saron, décerna le titre d'associés surnuméraires à Charles et à Robert, ainsi qu'à Pilâtre de Rozier et au marquis d'Arlandes. Enfin, le roi accorda au premier une

pension de deux mille livres. Il voulut même que l'Académie des Sciences ajoutât le nom de Charles à celui de Montgolfier sur la médaille que l'on se proposait de consacrer à l'invention des aérostats.

Après cette ascension mémorable, qui porta si loin la renommée de Charles, on est étonné d'apprendre que ce physicien ne recommença jamais l'expérience, et que le cours de sa carrière aérostatique ne s'étendit pas davantage.

*Troisième  
voyage  
aérien*

L'intrépidité et la science des premiers navigateurs aériens avaient ouvert dans les cieux une route nouvelle; elle fut suivie avec une incomparable ardeur. En France, et dans les autres parties de l'Europe, on vit bientôt s'accomplir un grand nombre de voyages aérostatiques. Cependant, pour ne pas étendre hors de toute proportion les bornes de cet historique, nous nous contenterons de rappeler les ascensions les plus remarquables de cette époque.

Lyon n'avait encore été témoin d'aucune expérience aérostatique; c'est dans cette ville que s'exécuta le troisième voyage aérien.

Au mois d'octobre 1783, quelques personnes distinguées de Lyon voulurent répéter l'expérience exécutée à Versailles par Étienne Montgolfier. M. de Flesselles, intendant de la province, ouvrit une souscription, et sur ces entrefaites, Joseph Montgolfier étant arrivé à Lyon, on le pria de vouloir bien diriger lui-même la construction de la ma-

chine. On se proposait de fabriquer un aérostat d'un très grand volume, qui enlèverait un cheval ou quelques autres animaux. Montgolfier fit construire un énorme globe à feu; il avait quarante-trois mètres de hauteur et trente-cinq de diamètre. C'était la plus vaste machine qui eût encore été construite pour s'élever dans les airs.



Fig. 20. — Montgolfière le Flesselles.

Seulement on avait visé à l'économie, et l'on n'avait obtenu qu'un appareil de construction assez grossière, formé d'une double enveloppe de toile d'emballage recouvrant trois feuilles d'un fort papier.

Les travaux étaient fort avancés, lorsqu'on reçut la nouvelle de l'ascension de Charles aux Tuileries, événement qui produisit en France une sensation extraordinaire. Aussitôt, le comte de Laurencin, associé de l'Académie de Lyon, demanda que la destina-

tion du ballon fût changée, et qu'on le consacra à entreprendre un voyage aérien. Trente personnes se firent inscrire à la suite de Montgolfier et du comte de Laurencin, pour prendre part au voyage : Pilâtre de Rozier vint de Paris, avec le même projet ; il était accompagné du comte de Dampierre, du comte de Laporte et du prince de Ligne. On ne se proposait rien moins que de se rendre par la voie de l'air à Marseille, à Avignon, ou à Paris, selon la direction du vent.

Pilâtre de Rozier reconnut pourtant, avec chagrin, que cette immense machine, conçue dans un autre but, était tout à fait impropre à porter des voyageurs. Il proposa et fit exécuter, avec l'assentiment de Montgolfier, différentes modifications, pour l'approprier à sa destination nouvelle. Elles ne se firent qu'avec beaucoup de difficultés et en surmontant mille obstacles. En outre, le mauvais temps, qui ne cessa de régner pendant trois mois, endommagea beaucoup la gigantesque machine. On ne put la transporter aux Brotteaux, sans des peines infinies. Les préparatifs et les essais préliminaires occasionnèrent de très longs retards ; on fut obligé de retarder plusieurs fois l'ascension, et lorsque vint enfin le jour fixé pour le départ, la neige, qui tomba en grande quantité, nécessita un nouvel ajournement. Les habitants de Lyon, qui n'avaient encore assisté à aucune expérience aérostatique, doutaient fort du succès et n'épargnaient pas les épigrammes.

Cependant, les aéronautes, piqués au jeu, accélérèrent leurs préparatifs, et quelques jours après, tout fut disposé pour l'ascension. Elle se fit aux Brotteaux, le 5 janvier 1784. En dix-sept minutes, le ballon fut gonflé et prêt à partir. Six voyageurs montèrent dans la galerie : c'était Joseph Montgolfier, à qui l'on avait confié le commandement de l'équipage, Pilâtre de Rozier, le prince de Ligne, le comte de Laurencin, le comte de Dampierre et le comte Laporte d'Anglefort.

La machine avait considérablement souffert par la neige et la gelée, elle était criblée de trous ; le filet, qu'un accident avait détruit la veille, était remplacé par seize cordes qui ne pesaient pas également sur toutes les parties du globe et contrariaient son équilibre. Pilâtre de Rozier reconnut bien vite que l'expérience tournerait mal, si l'on persistait à prendre six voyageurs ; trois personnes étaient la seule charge que l'aérostat pût supporter sans danger. Mais toutes ses observations furent inutiles : personne ne voulut consentir à descendre ; quelques-uns de ces gentils-hommes intraitables allèrent même jusqu'à porter la main à la garde de leur épée, pour défendre leurs droits. C'est en vain que l'on offrit de tirer les noms au sort : il fallut donner le signal du départ.

Tout n'était pas fini cependant. Les cordes qui retenaient l'aérostat étaient à peine coupées, et la machine commençait seulement à perdre terre, lorsque l'on vit un jeune négociant de la ville, nommé Fontaine, qui avait pris quelque part à la construction de la machine, s'élancer d'une enjambée, dans la galerie, et, au risque de faire chavirer l'équipage, s'installer de force au milieu des voyageurs. On renforça le feu, et malgré cette nouvelle surcharge, le ballon commença à s'élever.

On comprend aisément l'admiration que dut faire naître dans la foule l'ascension de cet énorme aérostat. Il avait la forme d'une sphère terminée à sa partie inférieure par un cône tronqué autour duquel régnait une large galerie où se tenaient les sept voyageurs. La calotte supérieure était blanche, le reste grisâtre, et le cône composé de bandes de laine de différentes couleurs. Aux deux côtés du globe étaient attachés deux médaillons, dont l'un représentait l'Histoire, et l'autre la Renommée. Enfin il portait un pavillon aux armes de l'intendant de la province, avec ces mots : *le Flesselles*.

Le ballon n'était pas depuis un quart

d'heure dans les airs, quand il se fit dans l'enveloppe une déchirure de 15 mètres de long. Le volume énorme de la machine, le nombre des voyageurs, le poids excessif du lest, le mauvais état des toiles, fatiguées par de trop longues manœuvres, avaient rendu inévitable cet accident, qui faillit avoir des suites funestes. Parvenu en ce moment à 800 mètres de hauteur, l'aérostat s'abattit avec une rapidité effrayante. On vit aussitôt, à en croire les relations de l'époque, soixante mille personnes courir vers l'endroit où la machine allait

tomber. Heureusement, et grâce à l'adresse de Pilâtre, cette descente rapide n'entraîna pas des suites graves, et les voyageurs en furent quittes pour un choc un peu rude. On aida les aéronautes à se dégager des toiles qui les enveloppaient : Joseph Montgolfier avait été le plus maltraité.

Cette ascension fit beaucoup de bruit et

fut jugée très diversement. Les journaux en donnèrent les appréciations les plus opposées. En définitive, l'entreprise parut avoir échoué. Ses courageux auteurs reçurent cependant quelques hommages, mais

l'opinion générale était pour les mécontents. On chansonna les voyageurs, on chansonna l'aérostat et on fut injuste envers les hardis matelots du *Flesselles*.

Quatrième voyage aérien

Le quatrième voyage aérien se fit en Italie. Le chevalier Paul Andreani fit construire à ses frais, par les frères Gerli, ar-

chitectes, une montgolfière destinée à recevoir des voyageurs. Cet esquif aérien était de grandes dimensions. Composé de toile revêtue à l'intérieur d'un papier mince, il n'avait pas moins de 20 mètres de diamètre, et sa forme était exactement sphérique. Le fourneau destiné à recevoir les combustibles était placé près de l'ouver-



Fig. 21. — Troisième voyage aérien exécuté à Lyon, le 5 janvier 1784, avec la montgolfière le *Flesselles*.

ture inférieure, sur un cercle de cuivre, porté par quelques traverses de bois fixées sur l'encadrement de l'ouverture circulaire du ballon.

On a vu, par le dessin du ballon du marquis d'Arlandes, et par celui du *Flesselles*, que dans ces montgolfières les voyageurs étaient placés sur une galerie entourant l'extérieur de l'ouverture du ballon. Paul Andreani remplaça cette galerie circulaire par une nacelle d'osier semblable à celle dont Charles avait fait usage. Elle était suspendue par des cordes, au cercle qui formait l'encadrement de l'orifice du ballon, et elle était placée à une distance telle de l'ouverture du ballon, que l'on pût alimenter le feu avec la main ou avec une fourche, sans être incommodé par la chaleur du foyer.

La montgolfière, ainsi disposée, fut portée à la maison de campagne du chevalier Andreani, où l'on s'occupa, avant de procéder au départ, de chercher les meilleures dispositions, tant pour la distance respective où il fallait placer le réchaud et la nacelle, que pour la nature des substances combustibles à employer. On trouva que le meilleur combustible était le bois de bouleau bien sec, et ensuite, une pâte faite de matières bitumineuses.

L'ascension eut lieu à Milan, le 25 février 1784. Le feu ayant été allumé, la montgolfière se gonfla entièrement en moins de

quatre minutes. On coupa les cordes, et la machine emporta avec lenteur Andreani et les frères Gerli.

Elle s'éleva à une si grande hauteur, que les spectateurs la perdirent entièrement de vue. Comme le vent les portait vers des collines voisines, sur lesquelles la descente aurait été difficile, et que la provision de combustible était sur le point de s'épuiser, nos voyageurs jugèrent à propos de descendre, après deux heures de promenade dans les airs.

La machine s'abattit lentement, à la lisière d'un bois voisin de Milan. Les voyageurs aériens appelèrent, au moyen d'un porte-voix, les paysans, qui leur donnèrent un concours intelligent, les aidèrent à descendre, et ramenèrent la montgolfière, encore à demi gonflée, au moyen des cordes qui en pendaient, jusqu'à l'endroit même d'où elle était partie. La dis-

position du fourneau avait été si bien calculée que la toile qui composait la montgolfière n'avait été ni brûlée ni endommagée dans aucune de ses parties.

*Expériences  
aérostatiques  
diverses*

Cette ascension de voyageurs avait été précédée, en Italie, par quelques expériences aérostatiques. C'est ainsi que le 11 décembre 1783, on avait lancé, à Turin, un petit ballon, fabriqué avec de la baudruche.

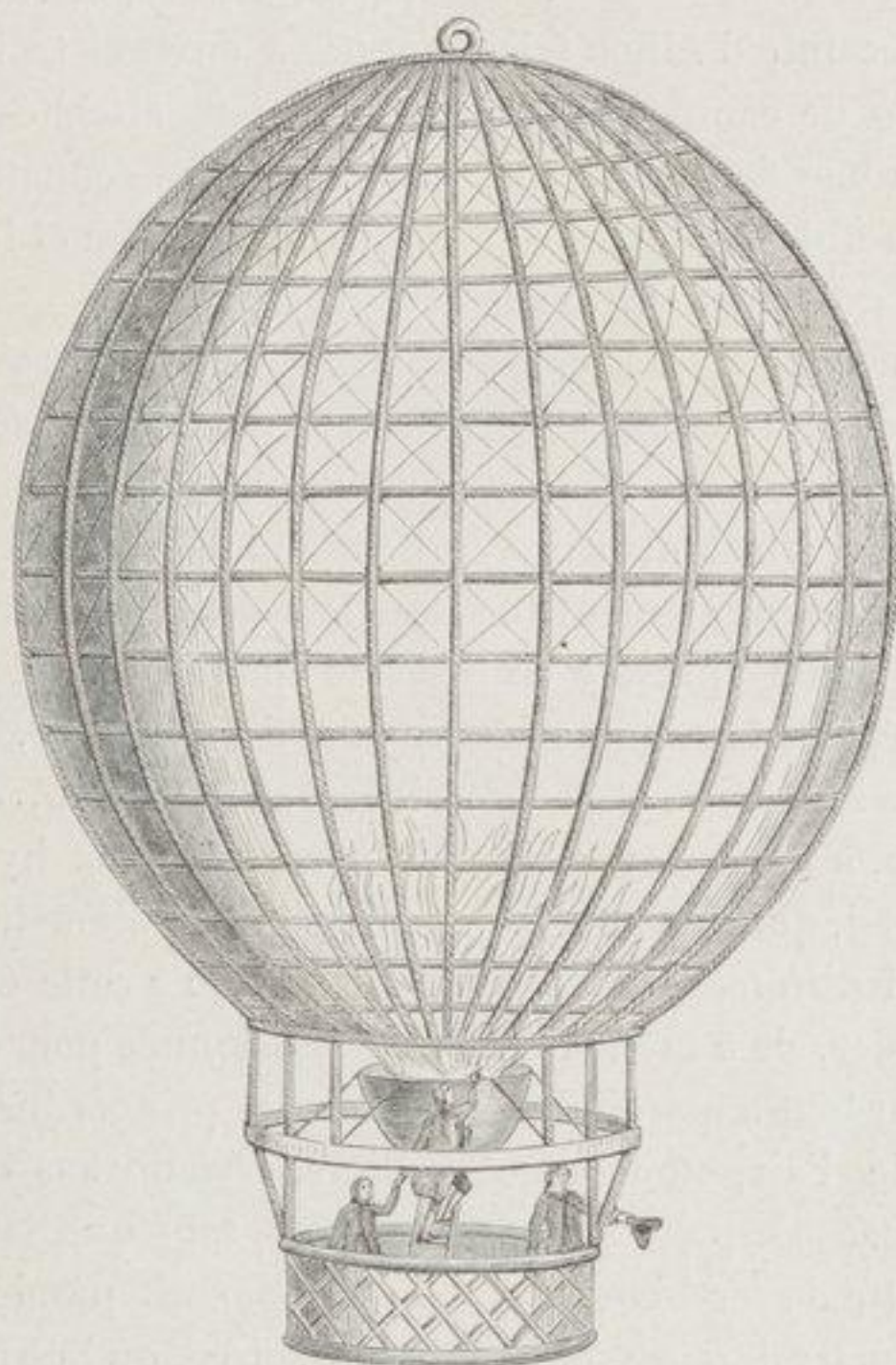


Fig. 22. — Montgolfière, lancée à Milan le 25 février 1784, montée par le chevalier Andreani et les frères Gerli (quatrième voyage aérien).

En France, la fièvre aérostatique ne s'était pas calmée. Le 13 janvier 1784, une société d'amateurs, sous la direction de l'abbé Mably, lançait un aérostat de 6 mètres de diamètre, au château de Pisançon, près Romans, dans le Dauphiné; et le même jour, à Grenoble, M. de Barin en lançait un autre, devant toute la population de la ville.

Le 16 janvier 1784, le comte d'Albon faisait partir, de sa maison de campagne de Franconville, aux environs de Paris, un aérostat à gaz hydrogène, de 5 mètres de diamètre, formé de soie gommée. On avait suspendu au-dessous, une cage d'osier contenant deux cochons d'Inde et un lapin, avec quelques provisions de voyage.

L'aérostat s'éleva en peu d'instants à une hauteur telle qu'on le perdit entièrement de vue. On le trouva cinq jours après, à six lieues de son point de départ. Les animaux étaient en parfait état de santé.

Le marquis de Bullion, à Paris, lança, le 3 février 1784, de son hôtel, qui devint célèbre, plus tard, sous le nom d'*Hôtel des ventes*, une montgolfière de papier, de 5 mètres de diamètre, qui avait, pour tout appareil destiné à la raréfaction de l'air, une large éponge imbibée d'un litre d'esprit-de-vin, et placée dans une assiette de fer-blanc. Ce ballon resta en l'air un quart d'heure, et ce temps lui suffit pour franchir une distance de neuf lieues: il tomba dans une vigne, près de Basville.

Une simple éponge imbibée d'huile, de graisse et d'esprit-de-vin, fut aussi tout l'appareil qui servit à faire partir, le 15 février 1784, une montgolfière à Mâcon. Elle était en papier, et l'auteur de cette machine, Cellard du Chastelais, s'était amusé à y suspendre un chat, enfermé dans une cage. En une demi-heure, la montgolfière n'était plus visible dans le ciel. Elle tomba, au bout de deux heures, à sept ou huit lieues de Mâcon. Le chat fut la malheureuse victime de cette expérience: il avait été sans

doute asphyxié par le manque d'air dans les hautes régions.

Le 22 février 1784, on lança d'Angleterre un aérostat à gaz hydrogène, qui traversa la Manche: c'était un petit ballon, d'un mètre et demi de diamètre seulement. Il partit de Sandwich, dans le comté de Kent. Poussé par le vent du nord-ouest, il traversa rapidement la mer, et fut trouvé dans la campagne, à environ trois lieues de Lille. A ce ballon était attachée une lettre, où l'on priait de faire connaître à William Boys, à Sandwich, le lieu et le moment où il aurait été trouvé.

Trois jours auparavant, on avait lancé à Oxford, du *Collège de la reine*, un aérostat tout semblable.

Argand, de Genève, l'inventeur de la lampe à double courant d'air, rendait, à la même époque, le roi, la reine et la famille royale d'Angleterre, témoins d'une expérience aérostatique, en lançant à Windsor un aérostat à gaz hydrogène, d'un mètre seulement de diamètre.

On voit qu'à cette époque, toute l'Europe était passionnée pour ce genre de spectacle. Depuis les princes jusqu'aux simples particuliers, chacun avait la tête tournée vers les cieux, sans que la piété y fût pour rien. Il ne se passait pas de jour, il ne se passait pas de soirée, où l'on ne vit une montgolfière s'élever dans les airs. Peu de personnes tentaient la périlleuse aventure d'une ascension, mais partout on se donnait le plaisir de lancer d'inoffensives montgolfières ou des aérostats à gaz hydrogène.

Le caprice de la mode même s'empara de cet attrait nouveau. En 1784 tout se faisait au *ballon*. Les chapeaux, les rubans, les robes, les carrosses, tout était à la *Montgolfier*, au *ballon*, à la *Charles et Robert*, etc., et la poésie légère s'exerçait même sur cet attrayant sujet.

*Ascension de Blanchard* C'est en cette année 1784, que Blanchard, dont le nom



était destiné à devenir célèbre dans les fastes de l'aérostation, fit à Paris sa première ascension.

Avant la découverte des ballons, Blanchard, qui possédait un goût très vif pour les arts mécaniques, s'était appliqué à trouver un mécanisme propre à naviguer dans les airs. Il avait construit un *bateau volant*, machine atmosphérique, armée de rames et d'agrès, et avec lequel il se soutenait quelque temps dans l'air, jusqu'à quatre-vingts pieds de hauteur. La découverte des aérostats, qui survint sur ces entrefaites, le détermina à abandonner les recherches de ce genre, et il se fit aéronaute.

Sa première ascension au Champ-de-Mars, présenta une circonstance digne d'être notée au point de vue scientifique ; c'est le 2 mars 1784 qu'elle fut exécutée, en présence de tout Paris, que le brillant succès des expé-

riences précédentes avait rendu singulièrement avide de ce genre de spectacle.

Blanchard avait jugé utile d'adapter à son bateau volant ; il espérait en tirer parti pour se diriger, ou pour résister à la pression de l'air.

Il monta dans la nacelle, ayant à ses côtés un moine bénédictin, le physicien dom Pech, enthousiaste des ballons. On coupa les cordes ; mais le ballon ne s'éleva pas au delà de cinq mètres : il s'était troué pendant les manœuvres, et le poids qu'il devait entraîner

était trop lourd pour son volume. Il tomba rudement à terre, et la nacelle éprouva un choc des plus violents. Dom Pech jugea prudent de quitter la place.

Blanchard répara promptement le dommage, et il s'appretait à repartir seul, lorsqu'un jeune homme perça la foule, se jette dans la nacelle, et veut absolument s'élancer

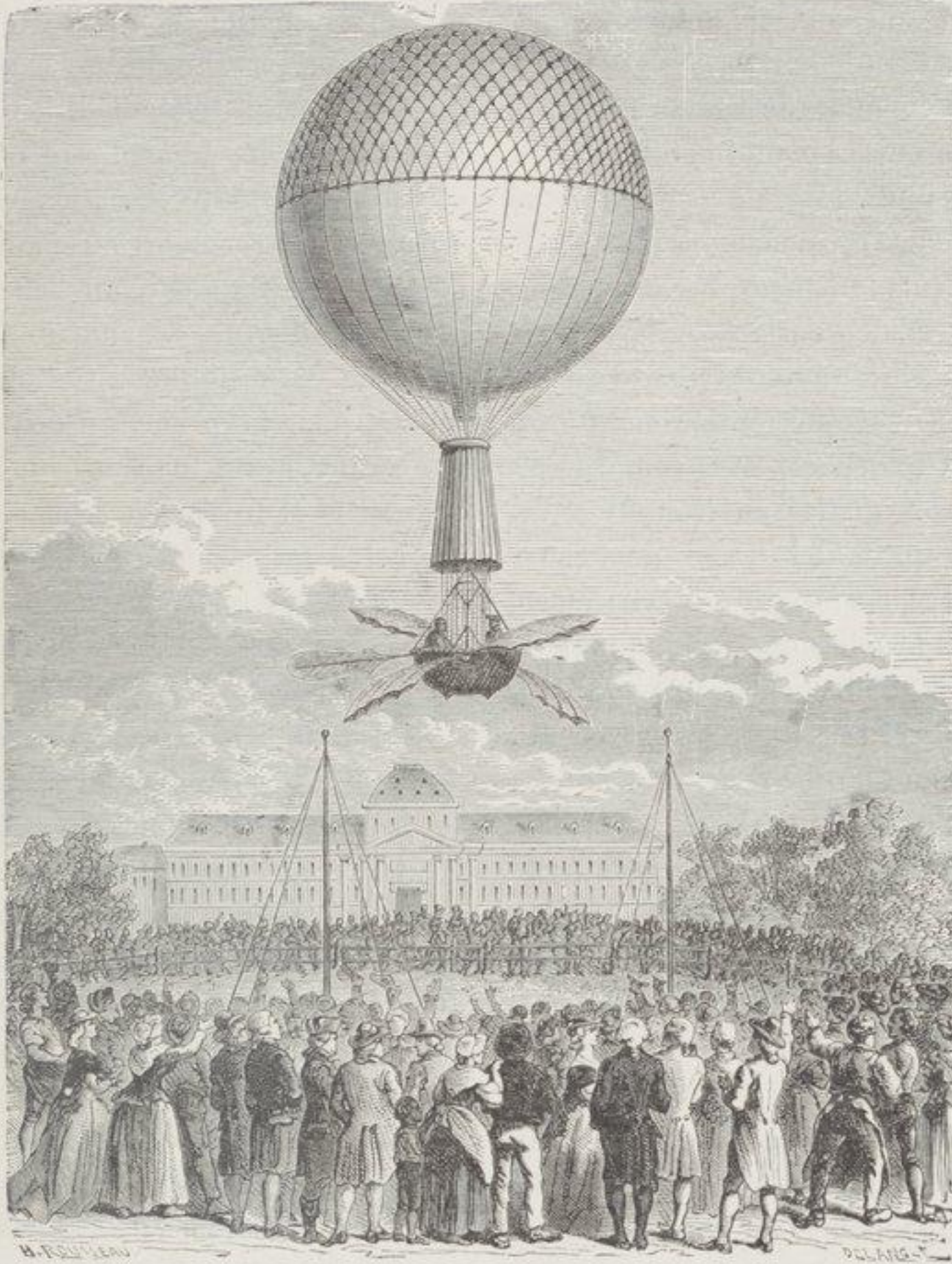


Fig. 23. — Ascension de Blanchard au Champ-de-Mars, à Paris, le 2 mars 1784.

avec lui. Toutes les remontrances, toutes les prières de Blanchard furent inutiles, « Le roi me l'a permis ! » criait l'obstiné. Blanchard, ennuyé du contre-temps, le saisit au corps pour le précipiter de la nacelle ; mais le jeune homme tire son épée, fond sur lui et le blesse au poignet. On se saisit enfin de ce dangereux amateur, et Blanchard put s'envoler.

Blanchard s'éleva au-dessus de Passy, et vint descendre dans la plaine de Billancourt, près de la manufacture de Sèvres ; il ne resta qu'une heure un quart dans l'air. Cette ascension si courte fut marquée néanmoins par une circonstance curieuse.

Tout le monde sait aujourd'hui qu'un aérostat ne doit jamais être entièrement gonflé au moment du départ ; on le remplit seulement aux trois quarts environ. Il serait dangereux en quittant la terre, de l'enfler complètement ; car, à mesure que l'on s'élève, les couches atmosphériques diminuant de densité, le gaz hydrogène renfermé dans l'aérostat acquiert plus d'expansion, en raison de la diminution de résistance de l'air extérieur. Les parois du ballon céderaient donc à l'effort du gaz, si on ne lui ouvrait pas une issue. Aussi l'aéronaute observe-t-il avec beaucoup d'attention l'état de l'aérostat, et lorsque ses parois très distendues indiquent une grande expansion du gaz intérieur, il ouvre la soupape et laisse échapper un peu d'hydrogène. Blanchard, tout à fait dépourvu de connaissances en physique, ignorait cette particularité. Son ballon s'éleva gonflé outre mesure, et l'imprudent aéronaute, ne comprenant nullement le péril qui le menaçait, s'applaudissait de son adresse, et admirait ce qui pouvait causer sa perte. Les parois du ballon font bientôt effort de toutes parts ; elles vont éclater. Blanchard, arrivé à une hauteur considérable, cède moins à la conscience du danger qui le menace, qu'à l'impression d'épouvante causée sur lui par l'immensité des mornes et silencieuses régions au milieu

desquelles l'aérostat l'a brusquement transporté ; il ouvre la soupape, il redescend, et cette terreur salutaire l'arrache au péril où son ignorance l'entraînait.

Blanchard se vanta de s'être élevé à quatre mille mètres plus haut qu'aucun des aéronautes qui l'avait précédé, et il assura avoir dirigé son ballon contre le vent, à l'aide de son gouvernail et de ses rames. Mais les physiciens, qui avaient observé l'aérostat d'un lieu élevé, démentirent son assertion, et publièrent que les variations de sa marche devaient uniquement être attribuées aux courants d'air qu'il avait rencontrés.

Le 4 juin 1784, la ville de Lyon vit une nouvelle ascension aérostatique, dans laquelle, pour la première fois, une femme, M<sup>me</sup> Thible, brava, dans un « ballon à feu », les périls d'un voyage aérien. Cette belle ascension fut exécutée en l'honneur du roi de Suède, qui se trouvait alors de passage à Lyon.

<i>Ascension de Pilâtre de Rozier et Proust</i>	Pilâtre de Rozier et le chimiste Proust exécutèrent bientôt après, à Versailles, en présence de Louis XVI et du roi de Suède, un des voyages aérostatiques les plus remarquables que l'on eût encore faits.
---	---

L'appareil était dressé dans la grande cour du château. A un signal qui fut donné par une décharge de mousqueterie, une tente de quatre-vingt-dix pieds de hauteur, qui cachait l'appareil, s'abattit soudainement, et l'on aperçut une immense montgolfière, déjà gonflée par l'action du feu, maintenue par cent cinquante cordes, que retenaient quatre cents ouvriers. Dix minutes après, une seconde décharge annonça le départ du ballon, qui s'éleva avec une lenteur majestueuse, et alla descendre près de Chantilly, à treize lieues de son point de départ.

Proust et Pilâtre de Rozier parcoururent dans ce voyage, la plus grande distance que

l'on ait jamais franchie avec une montgolfière; ils atteignirent aussi, semble-t-il, la hauteur la plus grande à laquelle on puisse s'élever avec un appareil de ce genre. Ils demeurèrent assez longtemps plongés dans les nuages et enveloppés dans la neige qui se formait autour d'eux.

*Ascensions diverses* Le zèle des aéronautes et des savants ne se ralentissait pas; chaque jour, pour ainsi dire, était marqué par une ascension, qui présentait souvent les circonstances les plus curieuses et les plus dignes d'intérêt.

Le 6 août, l'abbé Camus, professeur de philosophie, et Louchet professeur de belles-lettres, firent, à Rodez, un voyage aérien dans une montgolfière. L'expérience, très bien conduite, marcha régulièrement, mais n'enseigna rien de nouveau.

En même temps, sur tous les points de la France, se succédaient des ascensions, plus ou moins périlleuses. A Marseille, deux négociants, nommés Brémont et Maret, s'élevèrent dans une montgolfière de seize mètres de diamètre. A leur première ascension, ils ne restèrent en l'air que quelques minutes. Ils s'élevèrent très haut à leur second voyage; mais la machine s'embrasa au milieu des airs, et ils ne regagnèrent la terre qu'au prix des plus grands dangers.

Étienne Montgolfier lança, à Paris, un ballon captif, qui dépassa la hauteur des plus grands édifices. La marquise et la comtesse de Montalembert, la comtesse de Podenas et M<sup>me</sup> Lagarde, étaient les aéronautes de ce galant équipage, que commandait le marquis de Montalembert.

A Aix-en-Provence, un amateur, nommé Rambaud, s'enleva dans une montgolfière de 16 mètres de diamètre. Il resta dix-sept minutes en l'air et atteignit une hauteur considérable. Redescendu à terre, il sauta hors du ballon, sans songer à le retenir. Allégé de ce poids, le ballon partit comme une flèche, et on le vit bientôt prendre

feu et se consumer dans l'atmosphère.

Vinrent ensuite, à Nantes, les ascensions du grand aérostat à gaz hydrogène baptisé du glorieux nom de *Suffren*, monté d'abord par Coustard de Massy et le Père Mouchet, de l'Oratoire, puis par de Luynes.

A Bordeaux, d'Arbelet des Granges et Chalfours s'élevèrent, dans une montgolfière, jusqu'à près de 1.000 mètres, et firent voir que l'on pouvait assez facilement descendre et monter à volonté en augmentant ou diminuant le feu. Ils descendirent sans accident, à une lieue de leur point de départ.

Malgré tout ce qu'on en avait espéré, les nombreuses ascensions faites avec un magnifique aérostat à gaz hydrogène construit par les soins de l'Académie de Dijon, et monté, à diverses reprises, par Guyton de Morveau, l'abbé Bertrand et M. de Virly, n'apportèrent à la science naissante de l'aérostation que peu de résultats utiles.

Guyton de Morveau avait fait construire, pour essayer de se diriger dans les airs, une machine armée de quatre rames. Au moment du départ, un coup de vent endommagea l'appareil et mit deux rames hors de service. Cependant Guyton assure avoir produit avec les deux rames qui lui restaient un effet sensible sur les mouvements du ballon.

Ces expériences furent continuées très longtemps, et l'Académie de Dijon fit à ce sujet de grandes dépenses de temps et d'argent. On finit cependant par reconnaître que l'on s'attaquait à un problème en apparence insoluble.

Le 15 juillet 1784, le duc de Chartres, depuis Philippe-Égalité, exécuta à Saint-Cloud, avec les frères Robert, une ascension qui mit à de grandes épreuves le courage des aéronautes.

Les frères Robert avaient construit un aérostat à gaz hydrogène, de forme très oblongue, de 18 mètres de longueur et de 12 mètres de diamètre. On avait disposé dans l'intérieur de ce grand ballon, un autre

globe beaucoup plus petit, rempli d'air ordinaire. Cette disposition, imaginée par Meusnier pour suppléer à l'emploi de la sou-

pape, devait permettre de descendre ou de remonter dans l'atmosphère sans avoir besoin de perdre du gaz. Parvenu dans une région élevée, l'hydrogène, en se raréfiant par l'effet de la diminution de la pression extérieure, devait comprimer l'air contenu dans le petit globe intérieur, et en faire sortir une quantité d'air correspondant au degré de sa dilatation. Cette disposi-

tion avait été proposée par Meusnier, plus tard général de la République, et qui a fait un grand nombre de travaux sur l'aérostation. On avait aussi adapté à la nacelle un large gouvernail et deux rames, dans l'espoir de se diriger.

A 8 heures, les deux frères Robert, Collin-Hullin, et le duc de Chartres, s'élevèrent

du parc de Saint-Cloud, en présence d'un grand nombre de curieux, qui étaient arrivés au grand matin, de Saint-Cloud et des lieux environnants.

Le départ eut lieu au milieu de la multi-

tude et trois minutes après l'aérostат disparaissait dans les nues; les voyageurs perdirent de vue la terre et se trouvèrent environnés d'épais nuages. La machine, obéissant alors aux vents impétueux et contraires qui régnaient à cette hauteur, tourbillonna et tourna plusieurs fois sur elle-même. Le

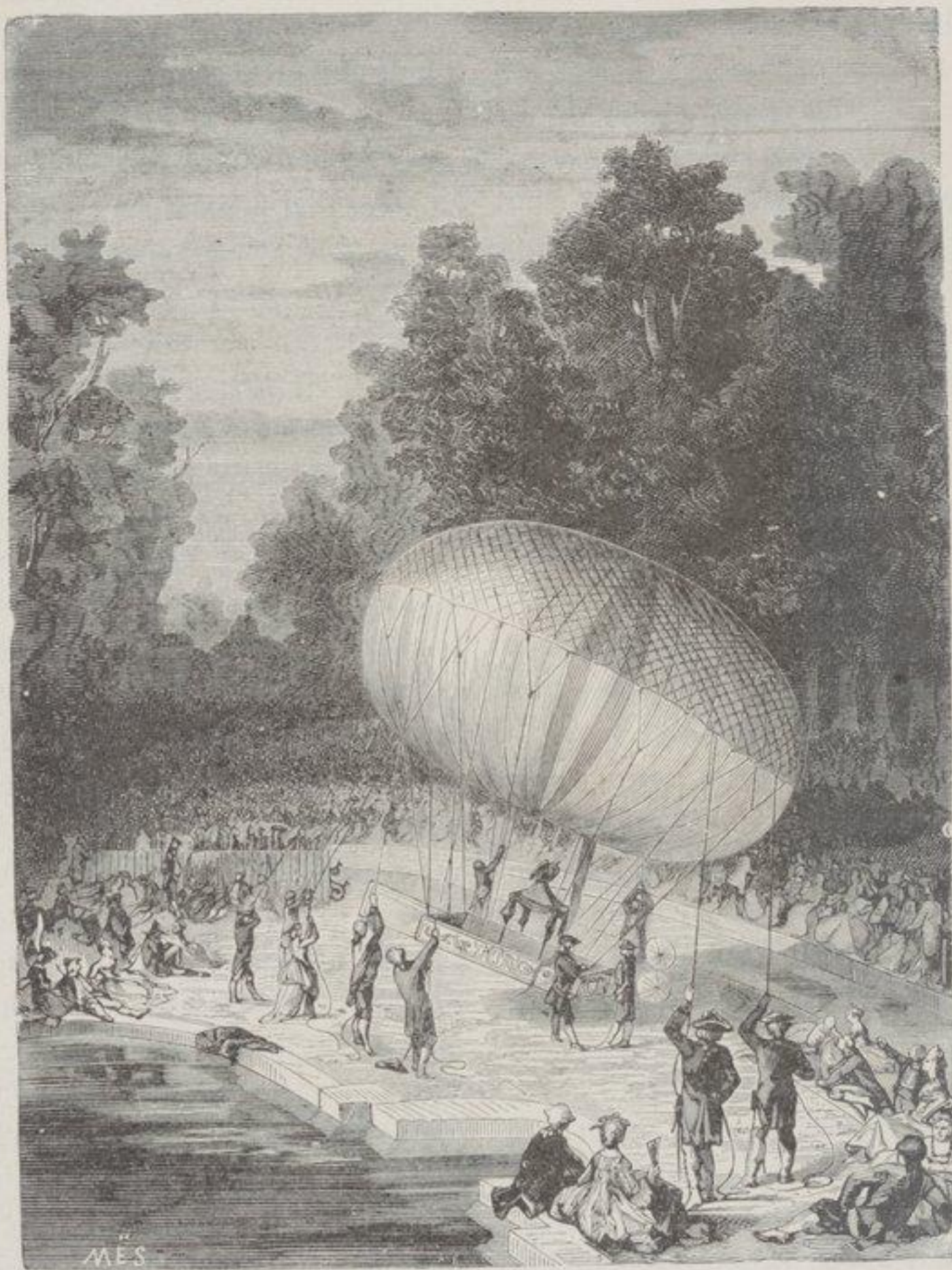


Fig. 21. — Ascension du duc de Chartres et des frères Robert, le 15 juillet 1784. Départ de Saint-Cloud.

vent agissant avec violence sur la surface étendue que présentait le gouvernail doublé de taffetas, le ballon éprouvait une agitation extraordinaire et recevait des coups violents et répétés. Rien ne peut rendre la scène effrayante qui suivit ces premières bourrasques. Les nuages se précipitaient les uns sur les autres, ils s'amoncelaient au-

dessous des voyageurs et semblaient vouloir leur fermer le retour vers la terre. Dans une telle situation, il était impossible de songer à tirer parti de l'appareil de direction. Les aéronautes arrachèrent le gouvernail et jetèrent au loin les rames.

La machine continuant d'éprouver des oscillations de plus en plus violentes, ils résolurent, pour s'alléger, de se débarrasser du petit globe contenu dans l'intérieur de l'aérostat. On coupa les cordes qui le retenaient; le petit globe tomba, mais il fut impossible de le tirer au dehors. Il était tombé si malheureusement, qu'il était venu s'appliquer juste sur l'orifice de l'aérostat, dont il fermait complètement l'ouverture.

Dans ce moment, un coup de vent parti de la terre les lança vers les régions supérieures, les nuages furent dépassés, et l'on aperçut le soleil; mais la chaleur de ses rayons et la raréfaction considérable de l'air dans ces régions élevées ne tardèrent pas à occasionner une grande dilatation du gaz. Les parois du ballon étaient fortement tendues, et son ouverture inférieure, si malheureusement fermée par l'interposition du petit globe, empêchait le gaz dilaté de trouver, comme à l'ordinaire, une libre issue par l'orifice inférieur. Les parois étaient gonflées au point d'éclater sous la pression du gaz.

Les aéronautes, debout dans la nacelle, prirent de longs bâtons, et essayèrent de soulever le petit globe qui obstruait l'orifice de l'aérostat; mais l'extrême dilatation du gaz le tenait si fortement appliqué, qu'aucune force ne put vaincre cette résistance. Pendant ce temps, ils continuaient de monter, et le baromètre indiquait que l'on était parvenu à la hauteur de 4.800 mètres.

Dans ce moment critique, le duc de Chartres prit un parti désespéré: il saisit un des drapeaux qui ornaient la nacelle, et avec le bois de la lance il troua en deux en-

droits l'étoffe du ballon: il se fit une ouverture de 2 ou 3 mètres, le ballon descendit aussitôt avec une vitesse effrayante, et la terre reparut aux yeux des voyageurs. Heureusement, quand on arriva dans une atmosphère plus dense, la rapidité de la chute se ralentit et finit par devenir très modérée. Les aéronautes commençaient à se rassurer, lorsqu'ils reconnurent qu'ils étaient près de tomber dans un étang; ils jetèrent à l'instant soixante livres de lest, et à l'aide de quelques manœuvres ils réussirent à aborder sur la terre, à quelque distance de l'étang de la Garenne, dans le parc de Meudon.

Toute cette expédition avait duré à peine quelques minutes. Le petit globe rempli d'air était sorti à travers l'ouverture de l'aérostat, il tomba dans l'étang; il fallut le retirer avec des cordes.

En crevant son ballon au moment où le danger devenait imminent pour lui et ses compagnons, le duc de Chartres fit preuve de courage et de sang-froid. On ne lui ménagea pas néanmoins, à cette occasion les critiques et les épigrammes. Blanchard prit le même parti, le 19 novembre 1785, dans une ascension qu'il fit à Gand, et dans laquelle il se trouva porté à une si grande hauteur, qu'il ne pouvait résister au froid excessif qui se faisait sentir. Il creva son ballon, coupa les cordes de sa nacelle, et se laissa tomber en se tenant suspendu au filet.

L'Angleterre n'avait pas encore eu le spectacle d'un aérostat portant des voyageurs. Le 14 septembre 1784, un Italien, Vincent Lunardi, fit à Londres le premier voyage aérien qui ait eu lieu au delà de la Manche.

Auparavant, le 25 novembre 1783, le comte Zambeccari, qui devait plus tard mourir victime de l'aérostation, avait lancé, à Londres, un ballon sphérique, à gaz hydrogène, du diamètre de 3 mètres. C'était la première fois que les Anglais avaient été

témoins du gonflement et du départ d'un ballon. Mais personne, en Angleterre n'avait encore osé se confier à un esquif aérien, et ce fut le capitaine Vincent Lunardi, qui le premier, s'élança dans les airs, devant la population de Londres.

Dans son *Histoire de l'aérostation*, qui s'arrête à l'année 1786, Tibère Cavallo, écrivain anglais, a décrit avec assez de détails l'ascension faite à Londres, par Lunardi, le 14 septembre 1784.

L'aérostat fut porté à une place nommée *Artillery Ground*, et on le gonfla avec du gaz hydrogène pur, obtenu par l'action de l'acide sulfurique sur le zinc. Il fallut un jour et une nuit pour le remplir. Ce ballon n'avait pas de soupape: il mesurait 10 mètres de diamètre, et présentait la forme d'une sphère.

Lunardi devait s'élever accompagné de deux personnes: le chevalier Biggin et une jeune Anglaise, M<sup>me</sup> Sage. Ils se placèrent, en effet, tous les trois dans la nacelle, et c'est ainsi qu'on les représenta, dans une gravure anglaise d'un joli effet. Mais le gaz n'avait pas la force d'ascension suffisante pour enlever trois personnes, et Lunardi dut partir seul.

Il s'élança, au milieu des acclamations et des hurrahs de la multitude rassemblée sur la place, en agitant un drapeau qu'il tenait à la main, ayant pour tous compa-

gnons de voyage, un pigeon, un chat, et un chien. Il était muni d'une rame qui devait servir à le diriger, mais qui ne lui fut, comme on le devine, d'aucun secours. Il descendit au bout d'une heure et demie, et

laissa à terre le chat à moitié mort de froid; puis il remonta pour aller descendre, une heure après, dans une prairie de la paroisse de Standon (Comté d'Hertford). Il paraît qu'il eut à supporter, dans les hautes régions, un froid considérable.

L'exemple donné à Londres, par un Italien, fut bientôt suivi, à Oxford, par un Anglais, M. Salder, devenu célèbre depuis, comme aéronaute. M. Sheldon, professeur d'anatomie, et membre distingué de la *Société royale de Londres*, fit de son côté une ascension, en compagnie de Blanchard. Il essaya, mais sans succès, de se diriger à l'aide d'un mécanisme moteur en forme d'hélice.

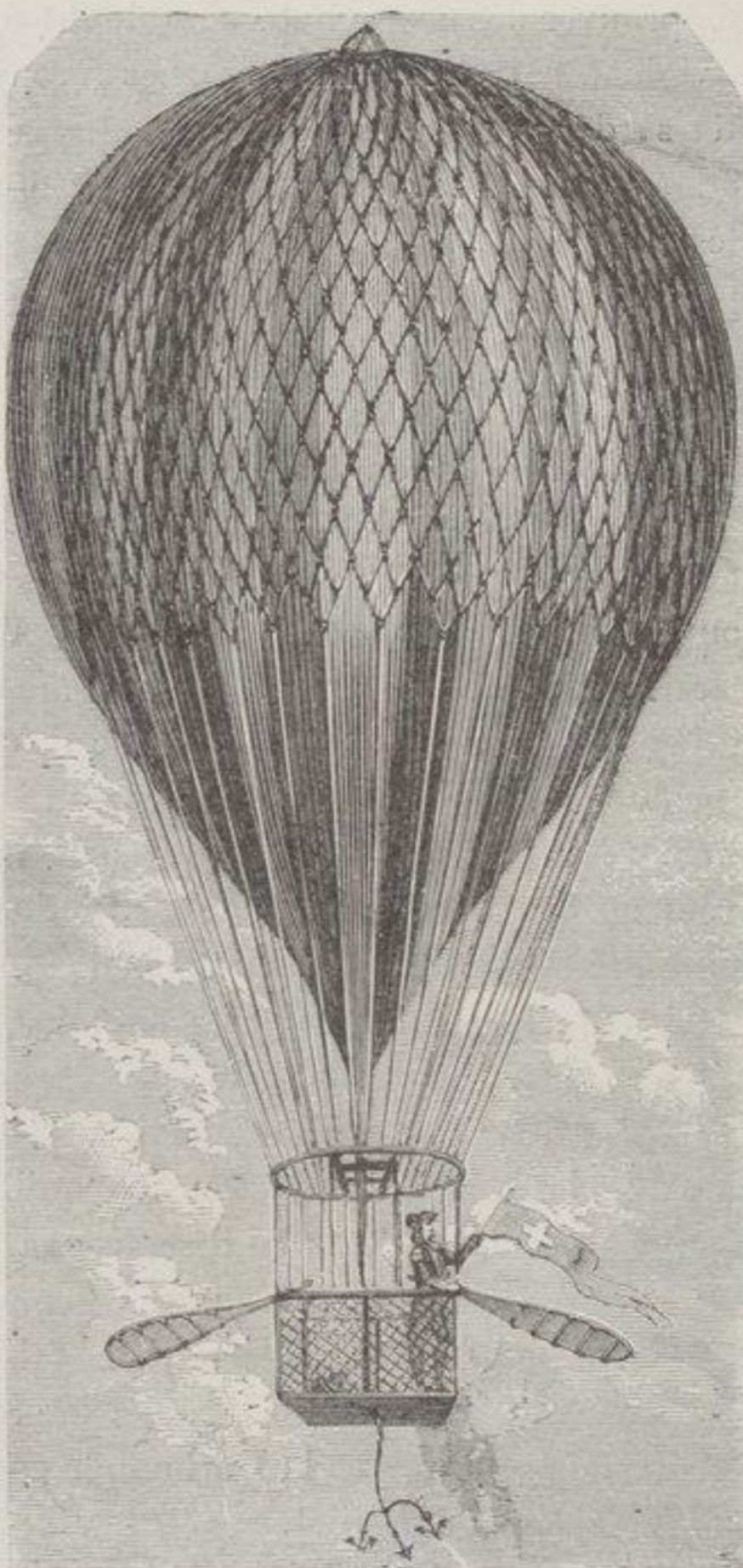


Fig. 25. — Aérostat de Lunardi (ascension faite à Londres, le 14 septembre 1784).

*Première traversée de la Manche en aérostat*

Enhardi par le succès de ses premiers voyages, Blanchard conçut alors un projet, dont l'audace, à cette époque où la science aérostatique en était encore aux tâtonnements, pouvait à bon droit être taxée de folie: il voulut franchir en ballon la distance qui sépare l'Angleterre de la France. Cette traversée dangereuse, où l'aéronaute

pouvait trouver mille fois la mort, ne réussit que par le plus grand des hasards, et par



Fig. 26. — Le capitaine Lunardi.

ce seul fait, que le vent resta pendant trois heures sans variations sensibles.

Blanchard accordait une confiance extrême à l'appareil de direction qu'il avait imaginé. Il voulut justifier par un trait éclatant, la vérité de ses assertions, et il annonça, par la voie des journaux anglais, qu'au premier vent favorable, il traverserait la Manche de Douvres à Calais. Le docteur Jeffries s'offrit pour l'accompagner.

Le 7 janvier 1785, le ciel était serein, le vent, très faible, soufflait du nord-nord-ouest. Blanchard, accompagné du docteur Jeffries, sortit du château de Douvres et se dirigea vers la côte. Le ballon fut rempli de gaz, et on le plaça à quelques pieds du bord d'un rocher escarpé. A une heure, le ballon fut abandonné à lui-même; mais, son poids se trouvant un peu fort, on fut obligé de jeter une partie du lest et de ne conserver que trente livres de sable.

Le ballon s'éleva lentement, et s'avança vers la mer, poussé par un vent léger.

Les voyageurs eurent alors sous les yeux un spectacle que l'un d'eux a décrit avec enthousiasme. D'un côté, les belles campagnes qui s'étendent derrière la ville de Douvres présentaient une vue magnifique; l'œil embrassait un horizon si étendu, que l'on pouvait apercevoir et compter à la fois trente-sept villes ou villages; de l'autre côté les roches escarpées qui bordent le rivage, et contre lesquelles la mer vient se briser, offraient par leurs anfractuosités et leurs dentelures énormes, le plus curieux et le plus formidable aspect. Arrivés en pleine mer, ils passèrent au-dessus de plusieurs vaisseaux.

Cependant, à mesure qu'ils avançaient, le ballon se dégonflait un peu, et à une heure et demie il descendait visiblement. Pour se relever, ils jetèrent la moitié de



Fig. 27. — Blanchard.

leur lest; ils étaient alors au tiers de la distance à parcourir, et ne distinguaient plus le château de Douvres. Le ballon continuant

de descendre, ils furent contraints de jeter tout le reste de leur provision de sable, et cet allègement n'ayant pas suffi, ils se débarrassèrent de quelques autres objets qu'ils avaient emportés. Le ballon se releva et continua de cingler vers la France; ils étaient alors à la moitié du terme de leur périlleux voyage.

A 2 heures et quart, l'ascension du mercure dans le baromètre leur annonça que le ballon recommençait à descendre : ils jetèrent quelques outils, une ancre, et quelques autres objets, dont ils avaient cru devoir se munir. A 2 heures et demie, ils étaient parvenus aux trois quarts environ du chemin, et ils commençaient à apercevoir la perspective, si ardemment désirée, des côtes de la France.

En ce moment, le ballon se dégonflait par la perte du gaz, et les aéronautes reconnurent avec effroi qu'il descendait avec une certaine rapidité. Tremblant à la pensée de ne pouvoir atteindre la côte, ils se hâtèrent de se débarrasser de tout ce qui n'était pas indispensable à leur salut : ils jetèrent leurs provisions de bouche; le gouvernail et les rames, surcharge inutile, furent lancés dans l'espace; les cordages prirent le même chemin; ils dépouillèrent leurs vêtements et les jetèrent à la mer.

En dépit de tout, le ballon descendait toujours.

On dit que, dans ce moment suprême, le docteur Jeffries offrit à son compagnon de se jeter à la mer. « Nous sommes perdus tous les deux, lui dit-il; si vous croyez que ce moyen puisse vous sauver, je suis prêt à faire le sacrifice de ma vie. »

Néanmoins une dernière ressource leur restait encore : ils pouvaient se débarrasser de leur nacelle et se cramponner aux cor-

dages du ballon. Ils se disposaient à essayer de cette dernière et terrible ressource; ils se tenaient tous les deux suspendus aux cordages du filet, prêts à couper les liens qui retenaient la nacelle, lorsqu'ils eurent senti dans la machine un mouvement d'ascension : le ballon remontait en effet. Il continua de s'élever, reprit sa route, et, le vent étant toujours favorable, ils furent poussés rapidement vers la côte.



Fig. 28. — Le docteur Jeffries.

Leurs terreurs furent vite oubliées, car ils apercevaient distinctement Calais et la ceinture des villages qui l'entourent. A trois heures, ils passèrent par-dessus la ville et vinrent enfin s'abattre dans la forêt de Guines. Le ballon se reposa sur un grand chêne; le docteur Jeffries saisit une branche, et la marche fut arrêtée : on ouvrit la soupape, le gaz s'échappa, et c'est ainsi que les heureux aéronautes sortirent sains et saufs de l'entreprise la plus extraordinaire, peut-être, que la témérité de l'homme eût osé jusqu'alors tenter.

Le lendemain, le succès de cet événement



fut célébré à Calais par une fête publique. Le pavillon français fut hissé devant la maison où les voyageurs avaient couché. Le corps municipal et les officiers de la garnison vinrent leur rendre visite. A la suite

d'un diner qu'on leur donna à l'hôtel de ville, le maire présenta à Blanchard, dans une boîte d'or, des lettres qui lui accordaient le titre de citoyen de la ville de Calais. La municipalité lui acheta, moyennant trois mille francs et une pension de six cents francs, le ballon qui avait servi à ce voyage, et qui fut déposé

dans la principale église de Calais, comme le fut autrefois, en Espagne, le vaisseau de Christophe Colomb. On décida enfin qu'une colonne de marbre serait élevée à l'endroit même où les aéronautes étaient descendus.

Quelques jours après, Blanchard parut devant Louis XVI, qui lui accorda une

gratification de douze cents livres, et une pension de même somme.

La colonne commémorative que l'on avait décidé d'élever en l'honneur de Blanchard, fut, en effet, inaugurée un an après,

dans le lieu de la forêt où l'aérostat était descendu. \*

*Mort de  
Pilâtre de  
Rozier*

L'éclatant succès de l'entreprise de Blanchard, le retentissement immense qu'il eut en Angleterre et sur le continent, doivent compter parmi les causes d'un des plus tristes événements qui aient marqué l'his-

toire de l'aérostation à son début. Avant que Blanchard ait exécuté le passage de la Manche, Pilâtre de Rozier avait annoncé qu'il franchirait la mer, de Boulogne à Londres, traversée périlleuse en raison du peu d'étendue des côtes anglaises vers l'est.

On avait essayé inutilement de faire comprendre à Pilâtre les périls auxquels cette



Fig. 29. — Blanchard et le docteur Jeffries partent de la côte de Douvres, le 7 janvier 1785, pour traverser en ballon le Pas-de-Calais.

entreprise allait l'exposer. Il assurait avoir trouvé un nouveau système d'aérostats, qui réunissait toutes les conditions nécessaires de sécurité, et permettait de se maintenir dans les airs un temps considérable. Sur cette assurance, le gouvernement lui accorda une somme de quarante mille francs, pour construire sa machine.

On apprit alors quelle était la combinaison qu'il avait imaginée. Il réunissait en un système unique les deux moyens dont on avait fait usage jusque-là; au-dessous d'un aérostat à gaz hydrogène il suspendait une montgolfière. Il est assez difficile de bien apprécier les motifs qui le portèrent à adopter cette disposition, car il faisait sur ce point un certain mystère de ses idées. Il est probable que, par l'addition d'une montgolfière, il voulait s'affranchir de la nécessité de jeter du lest pour s'élever et de perdre du gaz pour descendre : le feu, activé, ou ralenti, dans la montgolfière, devait fournir une force ascensionnelle supplémentaire.

Quoi qu'il en soit, ces deux systèmes qui, isolés, ont chacun ses avantages, formaient, réunis, la plus détestable combinaison. Il n'était que trop aisé de comprendre à quels dangers terribles l'existence d'un foyer dans le voisinage d'un gaz inflammable, comme l'hydrogène, exposait l'aéronaute. « Vous mettez un réchaud sous un baril de poudre, » disait Charles à Pilâtre de Rozier. Mais celui-ci n'entendait rien : il n'écoutait que son intrépidité et l'incroyable exaltation scientifique dont il avait déjà donné tant de preuves, et qui étaient comme la caractéristique de son état d'esprit.

L'existence de cet homme courageux peut être regardée comme un exemple de cette fièvre d'aventures et d'expériences que le progrès des sciences physiques avait développée chez certains hommes à la fin du siècle dernier. Pilâtre de Rozier était né à Metz en 1756. On l'avait d'abord destiné à la chirurgie, mais cette profession lui inspira

une grande répugnance ; il passa des salles de l'hôpital dans le laboratoire d'un pharmacien, où il reçut les premières notions des sciences physiques. Revenu dans sa famille, il ne put supporter la contrainte excessive dans laquelle son père le retenait, et il s'en alla un beau jour, en compagnie d'un de ses camarades, chercher fortune à Paris. Employé d'abord comme manipulateur dans une pharmacie, il s'attira bientôt l'affection d'un médecin qui le fit sortir de cette position inférieure. Grâce à son protecteur, il put suivre les leçons des professeurs les plus célèbres de la capitale, et bientôt il se trouva lui-même en état de faire des cours. Il démontra publiquement les faits découverts par Franklin, dans l'ordre des phénomènes électriques. Il acquit par là un certain relief dans le monde scientifique, et il put bientôt réunir assez de ressources pour monter un beau laboratoire de physique, dans lequel les savants trouvaient tous les appareils nécessaires à leurs travaux. Il obtint enfin la place d'intendant du cabinet d'histoire naturelle du comte de Provence.

Pilâtre de Rozier put alors donner carrière à son goût pour les expériences et à cette passion singulière qui le caractérisait, de faire sur lui-même les essais les plus dangereux. Rien ne pouvait l'arrêter ou l'effrayer. Dans ses expériences sur l'électricité atmosphérique, il s'est exposé cent fois à être foudroyé par le fluide électrique, qu'il soulevait presque sans précaution des nuages orageux. Il faillit souvent perdre la vie en respirant des gaz délétères. Un jour il remplit sa bouche de gaz hydrogène et il y mit le feu, ce qui lui fit sauter les deux joues. Il était dans toute l'exaltation de cette espèce de « furia » scientifique, lorsque survint la découverte des aérostats. On a vu avec quelle ardeur il se précipita dans cette carrière nouvelle, qui répondait si bien à tous les instincts de son esprit. Il eut, comme on le sait, la gloire

de s'élever le premier dans les airs, et dans toute la série des expériences qui suivirent, c'est toujours lui que l'on voit au premier rang, fidèle à l'appel du danger.

Comme il avait besoin d'aide pour construire son ballon, il s'adressa à un habitant de Boulogne, nommé Pierre Romain, ancien procureur au bailliage de Rouen. Pierre-Ange Romain, ou *Romain l'aîné*, avait un frère plus jeune que lui, qui s'occupait de physique, et sur lequel il comptait, avec raison, pour toutes les questions scientifiques relatives au futur voyage aérien. Il fabriqua à Paris, avec son frère, dans une salle du château des Tuileries, le ballon qui devait l'emporter, lui et Pilâtre.

Le public fut admis pendant quelques jours à le visiter, moyennant rétribution. Au mois de décembre 1784, l'aéromontgolfière fut envoyée à Boulogne, avec les substances

propres à la fabrication du gaz hydrogène, c'est-à-dire l'acide sulfurique et les copeaux de fer. Pilâtre et Romain arrivèrent à Boulogne le 21 décembre.

Leur arrivée ne fut pas accueillie dans cette ville par des témoignages encourageants. Déjà la malignité s'exerçait contre les aéronautes et contre leur ballon.

Les faveurs accordées par le ministre Calonne à Pilâtre de Rozier, faveurs qu'on exagérait beaucoup, avaient suscité ces

mauvaises dispositions contre l'aéronaute.

L'ascension fut annoncée pour le 1<sup>er</sup> janvier 1785, mais elle n'eut pas lieu à l'époque désignée. Bien plus, Pilâtre partit pour l'Angleterre, laissant Romain à Boulogne. Il se rendait à Douvres, où sans doute il voulait voir Blanchard, qui préparait en ce moment sa traversée de

la Manche en ballon.

Pilâtre était de retour à Boulogne le 4 janvier, et il ne paraissait pas songer à exécuter encore le voyage promis. Nous avons dit que c'est le 7 janvier que Blanchard, partant de Douvres dans son aérostat, exécuta heureusement la traversée de la Manche. Ainsi, Pilâtre de Rozier avait été devancé, et l'un de ses compatriotes avait exécuté à sa place l'entreprise dont il s'était solennellement chargé.

Il partit aussitôt pour Paris, où il arriva en même temps que son heureux rival. Il venait confier

ses craintes à M. de Calonne. Mais le ministre le reçut fort mal.

« Nous n'avons pas dépensé, lui dit-il, cent mille francs pour vous faire voyager avec l'aérostat sur la côte. Il faut utiliser la machine et passer le détroit. »

Pilâtre de Rozier repartit, la mort dans l'âme. Il revenait avec le cordon de Saint-Michel, et la promesse d'une pension de six mille livres; mais il ne pouvait se défendre des plus tristes pressentiments.



Fig. 30. — Aéro-montgolfière de Pilâtre de Rozier.

De retour à Boulogne le 21 janvier, il fit apporter, le lendemain, l'aéro-montgolfière, qu'il installa sur l'esplanade. L'appareil chimique nécessaire à la préparation du gaz hydrogène, et le gazomètre destiné à recueillir l'hydrogène, étaient placés sous des tentes, le long des remparts.

Mais les jours et les mois se passaient sans rien avancer. On attendait un vent favorable, et quand il s'élevait, le ballon n'était pas en état de partir. On rencontrait, à chaque instant, des difficultés nouvelles.

Un jour, la montgolfière fut en partie dévorée par une légion de rats; et c'est à peine si l'on parvint à les chasser, avec une meute de chiens et de chats, soutenus par des hommes qui battaient du tambour toute la nuit. Un autre jour, au moment même où Pilâtre et Romain se disposaient à partir, un ouragan de vent et de tempête se déclina subitement. Pilâtre, en dépit des éléments furieux, voulait accomplir son voyage, et les magistrats de Boulogne furent forcés d'intervenir pour empêcher son départ.

Cet ouragan avait déchiré la moitié de l'appareil, c'est-à-dire la montgolfière, qu'il fallut refaire en entier.

Cependant la pièce tant annoncée ne se jouait pas; depuis six mois on attendait en vain le lever du rideau. Aussi les vers satiriques et les brocards accablaient-ils, à Boulogne, le malheureux Pilâtre de Rozier. Tous les rimeurs se répandaient à l'envi contre lui, en épigrammes, en poèmes et en chansons sur tous les airs.

Dans tous ces couplets et satires, on faisait toujours allusion à une cause secrète qui retenait Pilâtre de Rozier attaché au rivage. On le disait amoureux d'une jeune et riche Anglaise, qui ne voulait absolument pas le laisser partir. L'amour avait mis une quenouille aux mains de cet Hercule des airs.

Cependant Pilâtre ne pouvait plus reculer. Il avait pris auprès du gouvernement et du public, des engagements qu'il ne pouvait fouler aux pieds sans déshonneur : il devait

compte à l'État de toutes les sommes que le ministre lui avait comptées. D'un autre côté, ses créanciers ne cessaient de le presser, et sous ce rapport, sa position n'était plus tenable. L'auteur de l'*Année historique de Boulogne* affirme que lorsque Pilâtre et Romain partirent pour le voyage aérien où ils devaient trouver la mort, ils étaient cités en justice, pour le lendemain, devant la sénéchaussée de Boulogne, en paiement d'un mémoire de trois cent quatre-vingt-trois livres quatorze sols, qu'ils devaient depuis trois mois.

Le 15 juin 1785, à 7 heures du matin, Pilâtre de Rozier et Romain se rendirent sur la côte de Boulogne, pour effectuer leur départ dans l'aéro-montgolfière. Trois ballons d'essai ayant fait connaître la direction du vent, un coup de canon annonça à la ville le moment de leur départ.

Le marquis de Maisonfort, officier supérieur, voulait absolument être du voyage. Il jeta dans le chapeau de Pilâtre, un rouleau de 200 louis et mit le pied dans la nacelle. Mais l'aéronaute le repoussa, en disant :

« Je ne puis vous emmener, car nous ne sommes sûrs ni du vent, ni de la machine; et nous ne voulons exposer que nous-mêmes. »

M. de Maisonfort demeura donc, heureusement pour sa personne, simple spectateur du départ, et c'est à lui que l'on doit la relation la plus exacte du drame qui s'accomplit sous ses yeux.

Les causes de la catastrophe qui coûta la vie aux deux aéronautes, sont restées enveloppées d'un certain mystère. M. de Maisonfort en a donné l'explication suivante.

La double machine, c'est-à-dire la montgolfière surmontée de l'aérostat à gaz hydrogène, s'éleva avec une assez grande rapidité, jusqu'à quatre cents mètres environ. Mais, à cette hauteur, on vit tout d'un coup l'aérostat à gaz hydrogène se dégonfler, et retomber presque aussitôt sur la montgol-

fière. Celle-ci tourna trois fois sur elle-même ; puis, entraînée par ce poids, elle s'abattit, avec une vitesse effrayante.

Voici, selon M. de Maisonfort, ce qui était arrivé. Peu de minutes après leur départ, les voyageurs furent assaillis par un vent contraire, qui les rejetait vers la terre. Il est probable alors que, pour descendre et chercher un courant d'air plus favorable qui les

sieurs tentatives de départ ; elle se déchira alors, après la soupape, sur une étendue de plusieurs mètres ; la soupape retomba dans l'intérieur du ballon, et celui-ci se trouva vide en quelques instants. Il n'y eut donc pas, comme on l'a dit souvent, inflammation du gaz au milieu de l'atmosphère ; on reconnut, après la chute, que le réchaud de la montgolfière n'avait pas été



Fig. 31. — Mort de Pilâtre de Rozier et de Romain, sur la côte de Boulogne, le 15 juin 1785.

ramenât à la mer, Pilâtre de Rozier tira la soupape de l'aérostat à gaz hydrogène. Mais la corde attachée à cette soupape était très longue : elle n'avait pas moins de 33 mètres, car elle allait de la nacelle placée au-dessous de la montgolfière jusqu'au sommet de l'aérostat. Aussi jouait-elle difficilement, et le frottement très rude qu'elle occasionna déchira d'abord l'enveloppe autour de la soupape. L'étoffe du ballon était fatiguée par le grand nombre d'essais préliminaires que l'on avait faits à Boulogne et par plu-

allumé. L'aérostat, dégonflé par la perte du gaz, retomba sur la montgolfière, et le poids de cette masse l'entraîna vers la terre.

« J'ai vu, distinctement, disait M. de Maisonfort, l'enveloppe de l'aérostat retomber sur la montgolfière. La machine entière m'a paru alors éprouver deux ou trois secousses, et la chute s'est déterminée de la manière la plus violente et la plus rapide. Les deux malheureux voyageurs sont tombés, et ils ont été trouvés fracassés dans

la galerie et aux mêmes places qu'ils occupaient à leur départ.

« Pilâtre de Rozier a été tué sur le coup, mais son infortuné compagnon a encore survécu dix minutes à cette chute affreuse : il n'a pu parler et n'a donné que de très légers signes de connaissance.

« J'ai vu, j'ai examiné la montgolfière, qui n'avait rien éprouvé de fâcheux, n'étant ni brûlée ni même déchirée ; le réchaud, encore au centre de la galerie, s'est trouvé fermé au moment de la chute. La machine pouvait être à environ mille sept cents pieds en l'air ; elle est tombée à cinq quarts de lieue de Boulogne et à trois cents pas des bords de la mer, vis-à-vis la tour de Croy. »

M. de Maisonfort courut vers l'endroit où l'aérostat venait de s'abattre. Les malheureux voyageurs n'avaient pas même dépassé le rivage, et étaient tombés près du bourg de Wimille. Par une triste ironie du hasard, ils vinrent expirer à l'endroit même où Blanchard était descendu, non loin de la colonne monumentale élevée à sa gloire.

La mort fit de Pilâtre de Rozier un héros. Les traits de la satire et de l'envie s'éteignirent devant ces deux victimes ; on ne

trouva plus que des larmes pour les pleurer. L'élegie remplaça l'épigramme, et ceux qui avaient rimé des chansons contre les deux aéronautes, rimèrent des épitaphes en leur honneur.

Deux monuments ont été élevés à Pilâtre et à Romain, l'un sur le lieu même de la

chute, l'autre dans le cimetière de Wimille, au-dessus de leur sépulture, au bord du chemin de Boulogne à Calais.

#### Ascensions diverses

La mort de ces premiers martyrs de la science aérostatique n'arrêta pas l'élan de leurs successeurs. En 1785, on vit, suivant l'expression d'un savant aéronaute, « le ciel se couvrir littéralement de ballons ». Toutes ces ascensions, qui n'ont plus pour elles l'at-

trait de la nouveauté, et qui ne répondent à aucune intention scientifique, n'offrent, pour la plupart, qu'un faible intérêt. Cependant, avant de suivre les aérostats dans une nouvelle période plus sérieuse de leur histoire, celle des applications militaires et scientifiques, nous rappellerons quelques-uns des voyages aériens qui ont eu, de 1785 à 1794, les plus brillants succès de curiosité.

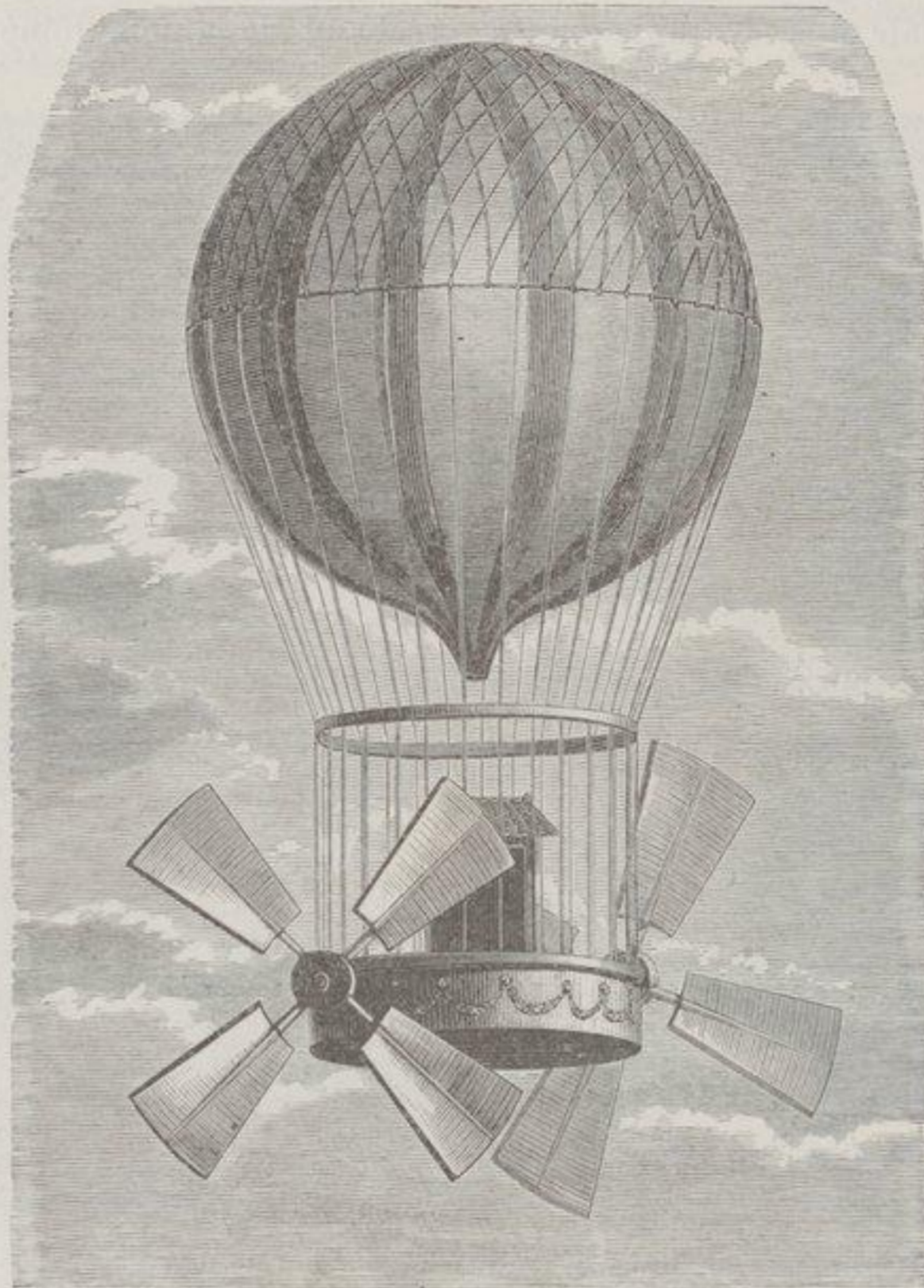


Fig. 32. — Le Comte d'Artois, aérostat construit par Alban et Vallet, au mois d'août 1785.

L'ascension du docteur Potain mérite d'être citée à ce titre. Il traversa en ballon le canal Saint-Georges, bras de mer qui sépare l'Angleterre de l'Irlande. Il avait perfectionné la machine hélicoïde de Blanchard et s'en servit, dit-on, avec quelque avantage.

L'Italien Lunardi exécuta, à Édimbourg, différentes ascensions. Harper fit connaître, à Birmingham, les ballons à gaz hydrogène; enfin Alban et Vallet construisirent, à Javel, près de Paris, un aérostat, qui fut nommé le *Comte d'Artois*.

Alban et Vallet étaient directeurs de l'usine de produits chimiques de Javel. Ils avaient tant de fois fabriqué et fourni du gaz hydrogène aux aéronautes, que l'envie leur prit d'effectuer eux-mêmes des ascensions. Ils construisirent un excellent aérostat (Fig. 32), pourvu de rames en forme d'ailes de moulin à vent, et se livrèrent à quelques essais pour se diriger dans l'air au moyen de cet appareil. Leurs expériences eurent lieu au mois d'août 1785.

C'est à cette époque que l'abbé Miollan éprouva au Luxembourg, en compagnie du sieur Janinet, un immense déboire, qui fut fort chansonné par la malignité parisienne.

L'abbé Miollan était un bon religieux qui était animé pour le progrès de l'aérostation d'un zèle plus ardent qu'éclairé. Il s'associa à un certain Janinet, pour construire une montgolfière de 33 mètres de

haut, sur 28 mètres de large.

Ce ballon, qui fut construit à l'Observatoire, par Janinet, était destiné à des expériences de physique. Le but des aéronautes était plus sérieux et plus désintéressé que ne le pensait le public.

Le dimanche 12 juillet 1785, une foule nombreuse se pressa dans les jardins du Luxembourg; jamais aucun aéronaute n'avait réuni une telle affluence au spectacle de son ascension. Mais, par suite de la mauvaise construction de la machine, ou par l'effet de manœuvres maladroites, le feu prit au ballon. La populace, furieuse et se croyant

jouée, renversa les barrières, mit en pièces le reste de la machine, et battit les pauvres aéronautes. On les accusa d'avoir mis volontairement le feu à la montgolfière, pour se dispenser de partir, et l'on se vengea d'eux par des chansons.

C'est vers cette époque que se répandit, à Paris, la mode des figures aérostatiques.



Fig. 33. — Montgolfière de l'abbé Miollan et de Janinet, construite en juillet 1785.

Dans les jardins publics, on vit s'élever, à la grande joie des spectateurs, des aérostats offrant la figure de divers personnages, le *Vendangeur aérostatique*, une *Nymphe*, un *Pégase*, etc.

Blanchard parcourait tous les coins de la France, donnant le spectacle de ses innombrables ascensions.

Après avoir épuisé la curiosité de son pays, il allait porter en Amérique ce genre de spectacle, encore inconnu des populations du Nouveau-Monde. Il s'éleva à Philadelphie, sous les yeux de Franklin.

Son rival Testu-Brissy marcha sur ses traces. Le ballon qu'il construisit (Fig. 34) était muni de rames, en forme de roue de bateau.

Sa première ascension, faite à Paris en 1785, présenta une circonstance assez curieuse. Il était descendu avec son ballon dans la plaine de Montmorency. Un grand nombre de curieux qui étaient accourus, l'empêchèrent de repartir et saisirent le ballon par les cordes qui descendaient à terre. Le propriétaire du champ où l'aérostat était tombé arriva avec d'autres paysans : il voulut lui faire payer le dégât, et l'on traîna son ballon par les cordes de sa nacelle.

« Ne pouvant leur résister de force, je

résolus alors, dit Testu-Brissy, de leur échapper par adresse. Je leur proposai de me conduire partout où ils voudraient, en me remorquant avec une corde. L'abandon que je fis de mes ailes brisées et devenues inutiles, persuada que je ne pouvais plus m'envoler ; vingt personnes se lièrent

à cette corde en la passant autour de leur corps ; le ballon s'éleva d'une vingtaine de pieds, et je fus ainsi trainé vers le village. Ce fut alors que je pesai mon lest, et, après avoir reconnu que j'avais encore beaucoup de légèreté spécifique, je coupai la corde et je pris congé de mes villageois, dont les exclamations d'étonnement me divertirent beaucoup, lorsque la corde par laquelle ils croyaient me retenir leur tomba sur le nez. »

C'est le même Testu-Brissy qui exécuta, plus tard, une

ascension équestre. Il s'éleva monté sur un cheval qu'aucun lien ne retenait au plateau de la nacelle. Dans cette curieuse ascension, Testu-Brissy put se convaincre que le sang des grands animaux s'extravase par leurs artères, et coule par les narines et les oreilles, à une hauteur à laquelle l'homme n'est nullement incommodé.



Fig. 34. — Aérostat de Testu-Brissy, construit en 1785.





## CHAPITRE II

### UTILISATION DES PREMIERS AÉROSTATS

EMPLOI DES AÉROSTATS AUX ARMÉES. — CRÉATION DE L'AÉROSTATION MILITAIRE. — SIÈGE DE MAUBEUGE. — TRANSPORT DE L'AÉROSTAT A CHARLEROI. — BATAILLE DE FLEURUS. — CRÉATION DE L'ÉCOLE AÉROSTATIQUE DE MEUDON. — SIÈGE DE MAYENCE. — CAMPAGNE DU RHIN. — EXPÉDITION D'ÉGYPTE. — FERMETURE DE L'ÉCOLE AÉROSTATIQUE. — L'AÉROSTATION MILITAIRE JUSQU'AU MILIEU DU XIX<sup>e</sup> SIÈCLE.

*Emploi des  
aérostats aux  
armées*

Jusqu'en 1794, les ascensions aérostatiques n'avaient encore servi qu'à satisfaire la curiosité publique. La montgolfière avait alors cédé définitivement la place à l'aérostat gonflé avec du gaz hydrogène. A cette époque, le gouvernement essaya de tirer parti des aérostats, en les appliquant dans les armées, aux reconnaissances extérieures. Cette idée si nouvelle, d'établir au sein de l'atmosphère, des postes d'observation, pour découvrir les dispositions et les ressources de l'ennemi, étonna beaucoup l'Europe, qui ne manqua pas d'y voir une révélation nouvelle du génie révolutionnaire de la France.

L'histoire est loin d'avoir consacré le souvenir de tous les résultats remarquables obtenus dans l'industrie et les arts, pendant la période de la Révolution française. Les événements politiques ont absorbé l'attention, et remplissent seuls nos annales; tout ce qui concerne les progrès des sciences et de l'industrie à cette époque a été trop souvent négligé. Aussi les documents relatifs à l'aérostation militaire sont-ils peu nombreux. On peut cependant s'en aider pour

préciser quelques faits qu'il serait regrettable de laisser dans l'oubli.

Dès les premiers temps de la Révolution française, plusieurs propositions avaient surgi, pour appliquer les aérostats aux opérations militaires. Mais comme il ne s'agissait que de ballons plus ou moins dirigeables, on avait fait peu d'attention à ces projets. Les aérostats furent employés, pour la première fois, à la guerre, pendant le siège de Condé, en 1793, par le commandant Chanal, qui chercha à faire passer, par ce moyen, des dépêches au général Dampierre. Par malheur, la tentative alla directement contre le but proposé, car le ballon, porteur des dépêches, au lieu de parvenir à notre général, tomba dans le camp ennemi, et fit ainsi connaître au prince de Cobourg la situation de la forteresse. On ne pouvait plus mal débiter.

Ce fut Guyton de Morveau, chimiste célèbre, lequel était alors représentant du peuple à la Convention nationale, qui eut le mérite de trouver l'emploi, vraiment pratique, des aérostats dans les armées. Il était familier avec l'aérostation, grâce aux nombreuses expériences qu'il avait exécutées à Dijon,

ainsi que nous l'avons dit, dans le chapitre précédent. Guyton de Morveau proposa de se servir d'aérostats retenus captifs au moyen de cordes, et dans lesquels des observateurs, placés comme en sentinelles perdues au haut des airs, observeraient les mouvements de l'ennemi. Rien n'était donc ici livré à l'imprévu ni aux dangereux caprices de l'air.

Guyton de Morveau, en sa qualité de représentant du peuple, faisait partie, avec Monge, Berthollet, Carnot et Fourcroy, d'une commission que le Comité de salut public avait instituée, pour appliquer aux intérêts de l'État les découvertes récentes de la science. Il proposa à cette commission d'employer les aérostats captifs, comme moyen d'observation dans les armées.

La proposition fut accueillie, et soumise au Comité de salut public, qui l'accepta, sous la seule réserve de ne pas se servir

d'acide sulfurique pour la préparation du gaz hydrogène. En effet, la préparation de l'acide sulfurique exigeait du soufre, et le soufre, nécessaire à la fabrication de la poudre, était, à cette époque, très rare et très recherché en France, en raison de la guerre extérieure.

Pour préparer du gaz hydrogène sans employer d'acide sulfurique, comme le voulait le Comité de salut public, il n'y avait qu'un moyen : c'était de décomposer l'eau par le fer porté au rouge.

Quand on dirige un courant de vapeur d'eau sur des fragments de fer portés au rouge, l'eau se décompose : son oxygène se

combine avec le fer pour former un oxyde, et son hydrogène, suivant l'expérience classique, se dégage à l'état de gaz.

Cette expérience, exécutée pour la première fois par Lavoisier, sur une très petite échelle, fut répétée en grand par Lavoisier et Guyton de Morveau. Elle prouva à nos deux chimistes que cette opération ne présenterait aucune difficulté ; qu'elle fournirait de grandes quantités d'hydrogène pur, et qu'on pourrait l'exécuter en tous lieux, au milieu d'un camp, comme dans un laboratoire, en plein air, comme dans un cabinet de physique.

Guyton de Morveau communiqua ce résultat au Comité de salut public, qui l'autorisa à faire les expériences en grand.

Ici, l'adjonction d'un opérateur spécial devenait nécessaire. Guyton de Morveau s'adressa à un de ses amis, nommé Coutelle, s'occupant

particulièrement de physique et de chimie et possédant, à Paris, un cabinet de physique, où se trouvaient réunis tous les appareils nécessaires aux expériences sur les gaz, sur la lumière et sur l'électricité.

Guyton de Morveau n'eut pas de peine à faire agréer Coutelle par le Comité de salut public. Ce dernier fut chargé des premiers essais à faire pour la production de l'hydrogène en grand, au moyen de la décomposition de l'eau.

Coutelle fut installé aux Tuileries, dans la salle des Maréchaux ; on lui donna un aérostat de 9 mètres de diamètre, et l'on mit à



Fig. 35. — Guyton de Morveau.

sa disposition tous les produits et tous les matériaux nécessaires.

Voici comment il procéda à la préparation du gaz. Il établit un grand fourneau, dans lequel il plaça un tuyau de fonte de 1 mètre de longueur et de 4 décimètres de diamètre, qu'il remplit de 50 kilogrammes de rognures de tôle et de copeaux de fer. Ce tuyau était terminé, à chacune de ses extrémités, par un tube de fer. L'un de ces tubes servait à amener le courant de vapeur d'eau, qui se décomposait au contact du métal porté à haute température; l'autre dirigeait dans le ballon le gaz hydrogène résultant de cette décomposition.

En raison de divers accidents, l'opération fut très longue : elle dura trois jours et trois nuits. Cependant elle réussit fort bien, en définitive, car on retira 170 mètres cubes de gaz. La commission fut satisfaite de ce résultat, et dès

le lendemain, Coutelle reçut l'ordre de partir pour la Belgique, et d'aller soumettre au général Jourdan la proposition d'appliquer les aérostats aux opérations de son armée.

Le général Jourdan venait de prendre le commandement des deux armées de la Moselle et de la Sambre, fortes de cent mille hommes, et qui, sous le nom d'*Armée de Sambre-et-Meuse*, envahissaient la Belgique.

Il accueillit avec empressement l'idée de faire servir les aérostats aux reconnaissances extérieures. Mais l'ennemi, d'un

moment à l'autre, pouvait attaquer, et le temps ne permettait pas d'entreprendre aucun essai avec l'aérostat. Coutelle revint à Paris pour y transmettre l'assentiment du général.

*Création de  
l'aérostation  
militaire*

Le Comité de salut public décida dès lors de continuer et d'étendre les expériences.

La République avait donc fondé l'institution toute nouvelle, de l'aérostation militaire. Coutelle, nommé *directeur des expériences aérostatiques*, fut établi dans le jardin du petit château de Meudon (*Maison nationale*). Il s'adjoignit alors lui-même le physicien Jacques Conté.

Jacques Conté était un des hommes les mieux doués par la nature, pour les travaux de la science et des arts, pour la théorie et pour la pratique usuelle. Il fut un des savants attachés à l'expédition

d'Égypte, et, plus tard, il fit sa fortune dans la fabrication des crayons qui portent son nom.

L'aérostation militaire était donc placée, dès son début, en très bonnes mains.

Coutelle et Jacques Conté construisirent un ballon de soie, capable d'enlever deux personnes, et disposèrent un nouveau fourneau dans lequel on plaça sept tuyaux de fonte. Ces tuyaux, longs de 3 mètres, sur 3 décimètres de diamètre, étaient remplis, chacun, de 200 kilogrammes de rognures de fer, que l'on foulait, à l'aide du *mouton*, pour les faire pénétrer dans le tube. Le gaz fut



Fig. 36. — Coutelle, commandant des aérostiers militaires des armées de la République.

ainsi obtenu facilement et avec abondance. Un litre d'eau fournissait un mètre cube de gaz hydrogène, et il ne fallait pas plus de douze à quinze heures pour remplir l'aérostat.

La grande difficulté était d'empêcher le gaz hydrogène de s'échapper à travers l'enveloppe de soie du ballon. En effet, s'il avait fallu dans les camps, au milieu des opérations d'une campagne, recommencer, tous les deux ou trois jours, la préparation du gaz hydrogène et le remplissage de l'aérostat, l'entreprise eût été impraticable. Il était donc de la plus haute importance de rendre l'étoffe de l'aérostat tout à fait imperméable à l'hydrogène. Mais personne encore n'avait pu arriver à un résultat satisfaisant sous ce rapport.

Ce problème, qui avait arrêté jusque-là tous les opérateurs, Coutelle et Conté le résolurent. Ils trouvèrent le moyen de rendre l'étoffe du ballon si complètement imperméable à l'hydrogène, qu'à l'armée de Sambre-et-Meuse, l'aérostat l'*Entreprenant* demeura deux mois entiers plein de gaz, et qu'il n'était pas rare, à l'école de Meudon, de conserver des aérostats pleins de gaz, pendant trois mois.

Tout étant ainsi parfaitement prévu et le matériel nécessaire étant réuni, Coutelle et Conté firent savoir au Comité de salut public, qu'ils étaient en mesure de soumettre à la Commission scientifique les expériences sur lesquelles devait être fondé l'art de l'aérostation militaire.

Coutelle procéda à ces expériences, en présence de Guyton de Morveau, de Monge et de Fourcroy. Il s'éleva, à diverses reprises, à une hauteur de 500 mètres, dans le ballon captif. Deux cordes étaient attachées à la circonférence du ballon, et retenues par dix hommes, placés à terre.

On constata, de cette manière, que l'on pouvait embrasser un espace fort étendu, et reconnaître très nettement les objets, soit à la vue simple, soit avec une lunette d'approche. On étudia, en même temps, les

moyens de transmettre les avis aux personnes restées à terre. Tous ces essais eurent un résultat satisfaisant.

On reconnut toutefois que, par les grands vents, il serait difficile de se livrer à des observations de ce genre, à cause des violentes oscillations et du balancement continu que le vent imprimait à l'appareil. Une seconde difficulté, plus grave encore, c'était de maintenir le ballon en équilibre à la même hauteur; des rafales de vent, parties des régions supérieures, le rabattaient souvent vers la terre. Aucun moyen efficace ne put être opposé à cette action fâcheuse, qui fut plus tard l'obstacle le plus sérieux à la pratique de l'aérostation militaire.

L'expérience ayant paru suffisamment concluante, le Comité de salut public décréta, quatre jours après, la formation d'une compagnie d'*aérostiers militaires*, dont le commandement fut confié à Coutelle, avec le titre de capitaine.

Le décret de la formation de la compagnie des *aérostiers militaires*, composait cette compagnie de vingt hommes seulement. Elle fut pourtant portée à trente. Tous les hommes de cette compagnie, la première qui eût encore été organisée en ce genre, étaient des ouvriers d'élite appartenant aux diverses professions : des charpentiers, des maçons, des mécaniciens, etc. Ils étaient assimilés, pour la solde, aux artilleurs, dont ils portaient l'uniforme, avec la légende *Aérostiers* sur les boutons. Deux caissons attelés étaient affectés au transport du matériel.

Un mois après le décret de formation de la *compagnie d'aérostiers*, le Comité de salut public donnait l'ordre de la mettre en mouvement, et de la diriger sur Maubeuge, que l'armée française venait de reprendre, et où elle était au moment de subir un nouveau siège.

Siège de Maubeuge Conformément à ce décret, Coutelle expédia sa compa-

gnie à Maubeuge, et il partit de son côté, en poste, emmenant son lieutenant. Maubeuge était déjà assiégée par les Autrichiens.

Arrivé à Maubeuge, son premier soin fut de chercher un emplacement, de construire

son fourneau pour la préparation du gaz, de faire les provisions de combustible nécessaires, et de tout disposer en attendant l'arrivée de l'aérostat et des équipages qu'il avait expédiés de Meudon. Il choisit les jardins du collège pour y établir ses appareils, préparer le gaz hydrogène et remplir l'aérostat,

qui avait reçu, nous l'avons dit, le nom d'*Entreprenant*.

Les premiers moments furent très difficiles. Il fallait tout créer, tout prévoir, et dans la rapidité d'une organisation improvisée, il y avait bien des lacunes, que le zèle de chacun parvenait cependant à faire disparaître.

Nous représentons (Fig. 38) l'appareil qui servit à préparer, dans le camp français, le gaz hydrogène nécessaire au remplissage du ballon *l'Entreprenant*. Contenue dans le vase C, l'eau arrive dans le tube de fonte

A; elle se transforme en vapeur, et pénètre dans le tube de fonte B, plein de rognures de fer. Là, elle se décompose, et l'hydrogène provenant de cette décomposition suit le tube BD, se lave dans l'eau de la cuve E, et pénètre finalement, au moyen du tube de cuir G, dans le ballon.

Peu de jours après, les équipages por-

teurs de tout le matériel des aérostats captifs étant arrivés, Coutelle put mettre en feu son fourneau et procéder à la préparation du gaz. C'était un spectacle étrange que ces opérations ainsi exécutées à ciel ouvert, au milieu d'un camp, au sein d'une ville assiégée, dans un cercle de quatre-vingt mille soldats. Tout fut bientôt pré-



Fig. 37. — Manœuvre des aérostats captifs employés dans les armées de la République. (D'après une ancienne gravure.)

paré, et l'on put commencer à se livrer à la reconnaissance des dispositions de l'ennemi. Alors, deux fois par jour, par l'ordre de Jourdan, et quelquefois avec le général lui-même, Coutelle s'élevait avec son ballon, pour observer les travaux des assiégeants, leurs positions, leurs mouvements et leurs forces.

La manœuvre de l'aérostat s'exécutait en silence. La correspondance avec les hommes

On trouvait chaque jour, des différences sensibles dans les forces des Autrichiens, ou dans les travaux exécutés pendant la nuit, et le général en chef tirait un grand parti de ce moyen nouveau d'observation.

L'ennemi, qui se voyait soumis à cette observation insolite, et qui se sentait surveillé sans jamais pouvoir rien dérober à la connaissance de nos troupes, était fort impressionné, et ne savait comment se

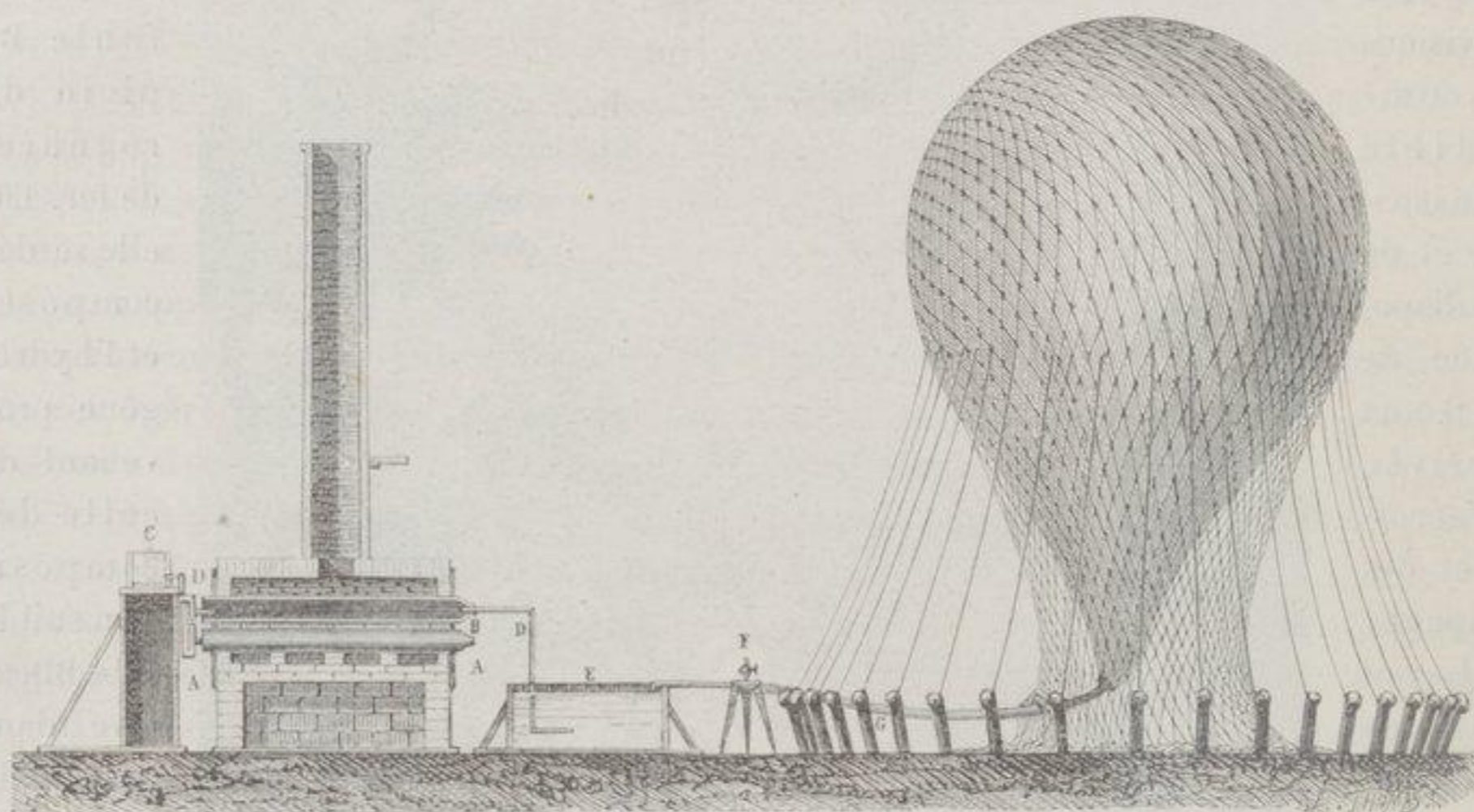


Fig. 38. — Appareil qui servit à préparer le gaz hydrogène, pour le remplissage de l'aérostat militaire l'Entreprenant. *à Moulvaux*

qui retenaient les cordes, se faisait au moyen de petits drapeaux blancs, rouges ou jaunes, de forme carrée ou triangulaire. Ces signaux servaient à indiquer aux conducteurs les mouvements à exécuter : *monter, descendre, avancer, aller à droite*, etc. Quant aux conducteurs, ils correspondaient avec le capitaine posté dans la nacelle, en étendant sur le sol des drapeaux semblables, de différentes couleurs. Ils avertissaient ainsi l'observateur d'avoir à s'élever, à descendre, etc. Enfin, pour transmettre au général en chef les notes résultant de ces observations, le commandant des aérostatiers jetait sur le sol de petits sacs de sable, surmontés d'une banderole, auxquels la note était attachée.

mettre à l'abri de cette surveillance active et indiscrète. On lit dans les *Mémoires sur Carnot* que quelques soldats autrichiens, qui n'avaient jamais vu de ballon, s'agenouillaient et se mettaient en prière à la vue de ce prodige.

Les Autrichiens essayèrent de détruire l'aérostat, à coups de canon. Ayant remarqué qu'il s'élevait tous les jours du même point, ils établirent pendant la nuit, dans un ravin, une pièce de canon, et au moment où l'aérostat s'élevait, le cinquième jour de ses opérations, la pièce embusquée tira sur lui. Le premier boulet passa par-dessus ; le second passa si près, que l'on crut le ballon percé ; un troisième boulet passa au-dessous. On tira encore deux coups, sans plus de

succès. Le signal de descendre fut alors donné par Coutelle, et exécuté en quelques instants. Le lendemain, la pièce autrichienne n'était plus en position. L'ennemi laissa l'aérostat continuer ses opérations, sans l'inquiéter autrement que par quelques coups de carabine, qui ne l'atteignaient, d'ailleurs pas, à la hauteur où il se trouvait.

*Transport de  
l'aérostat à  
Charleroi*

Cependant le général Jourdan se préparait à investir Charleroi. Il attachait une importance extrême à l'enlèvement de cette place qui devait ouvrir la route de Bruxelles. Coutelle reçut, à midi, l'ordre de se porter, avec son ballon, à Charleroi, éloigné de douze lieues du point où il se trouvait, pour y faire diverses reconnaissances. Le temps ne permettant pas de vider le ballon pour le remplir de nouveau sous les murs de la ville, Coutelle se décida à faire voyager son ballon tout gonflé.

Ce n'était pas une entreprise facile que de transporter ainsi l'aérostat gonflé de Maubeuge à Charleroi. Il fallait d'abord lui faire traverser une partie de Maubeuge, par-dessus les maisons. Il fallait ensuite le faire sortir de la ville; et là était le point périlleux. Maubeuge était entourée, en grande partie, par l'armée ennemie, qui l'avait enveloppée, d'un côté, de fossés et de tranchées ou de murs de bastion. Il fallait tromper la surveillance des assiégeants; et l'on comprend quelle tâche ce devait être de dérober à l'ennemi la vue d'une machine ronde, de 9 mètres de diamètre, élevée à 10 mètres au-dessus du sol.

C'est pourtant ce qui fut fait, et voici comment. On passa un jour et une nuit à attacher à l'équateur du filet de l'aérostat, seize cordes, d'une longueur suffisante. Seize hommes furent chargés de tenir chacun une de ces cordes. On franchit ainsi les jardins du collège, puis les rues, en maintenant le ballon par-dessus les toits; et l'on arriva

à l'une des portes, dans la partie de la ville laissée libre par l'ennemi.

A 2 heures du matin, on descendit le premier rempart. Des échelles étaient disposées pour descendre dans le premier fossé. La moitié des hommes descendit en allongeant les cordes, tandis que l'autre moitié attendait au bord du fossé. Quand la moitié des hommes eut remonté le fossé, à l'aide d'autres échelles disposées de l'autre côté, la seconde moitié prit le même chemin, descendit, puis remonta le fossé, au moyen des échelles; tout cela avec l'intention que l'aérostat ne dépassât que de très peu la crête du glacis, pour ne pas attirer l'attention des assiégeants, malgré l'obscurité de la nuit. Les trois enceintes qui environnaient la ville, furent successivement franchies de cette manière.

Le jour n'était pas encore levé, que déjà la troupe des aérostiers gagnaient, en silence, la route de Namur. Rien ne paraissait menacer sa sécurité. Seulement, au lever du soleil, le vent, qui commençait à souffler fortement, poussait l'aérostat contre les pommiers qui bordaient la route, ce qui obligea nos conducteurs à prendre à travers champs.

On était à la fin de juin, la chaleur s'annonçait étouffante et l'on comptait quinze heures de Maubeuge à Charleroi.

C'était un spectacle étrange que ces hommes, à demi nus, à cause de la chaleur, et tout noircis par la poussière de charbon répandue sur les routes, conduisant un énorme globe, suspendu au milieu de l'air. Les superstitieux habitants des Flandres, qui rencontraient cet équipage bizarre, s'enfuyaient de terreur, ou s'agenouillaient, saisis de mystérieuses craintes.

C'est au prix de tant de fatigues que la compagnie des aérostiers de Coutelle arriva, vers le soir, près de Charleroi. Elle reconnut bientôt l'armée campée aux environs.

On eut encore le temps de faire une reconnaissance à la fin de la journée. Cou-

telle monta en ballon, avec un officier supérieur, qui prit note de la situation et des forces de l'ennemi.

Le lendemain, une ascension plus sérieuse se fit dans la plaine de Jumet. Pendant la journée

suivante, Coutelle demeura en observation huit heures de suite, avec le général Morellet. La ville était si vivement pressée par les assiégeants, qu'elle était au moment de capituler, et le général, du haut de son observatoire aérien, s'assurait du véritable état de la place assiégée.

La capitulation fut signée le lendemain, et la garnison hollandaise retenue prisonnière.

A peine le général hollandais, commandant la place qui venait de se rendre, eut-il passé devant le front des troupes françaises, qu'on entendit retentir au loin, un coup de canon, bientôt suivi de plusieurs autres.

C'était l'armée autrichienne qui s'avan-

çait, mais trop tard, pour débloquer Charleroi.

« Messieurs, dit le général prisonnier, si j'avais entendu ce signal quelques heures plus tôt, vous ne seriez pas dans Charleroi. »

Il est certain que si la ville n'eût pas été prise ce jour-là, le sort de l'armée française eût été compromis. On peut attribuer cet heureux résultat aux services que rendit le ballon de Coutelle, qui, par ses excellentes observations, hâta le moment de notre victoire.



Fig. 39. — Transport du ballon l'Entrepreneur, de Maubeuge à Charleroi, par les aérostatiers de la compagnie de Coutelle. (D'après une ancienne gravure.)

Bataille de Fleurus

Cependant les Autrichiens s'avançaient toujours vers Charleroi, sous les ordres du prince de Cobourg, et une bataille était inévitable.

Elle s'engagea sur les hauteurs de Fleurus, et tourna à l'avantage de nos armes. L'aérostat l'Entrepreneur fut d'un grand secours pour le succès de cette belle journée, et le



général Jourdan n'hésita pas à proclamer l'importance des services qu'il en avait retirés. C'est sur la fin de la bataille que le ballon de Coutelle s'éleva, d'après l'ordre du général en chef. Il demeura huit heures en observation, transmettant sans relâche des notes sur le résultat des opérations de l'ennemi. Pendant la bataille, plusieurs coups

beuge, où il espérait trouver un nouvel aérostat, le *Céleste*, envoyé de l'école de Meudon. On ne l'avait pas encore expédié. Le commandant partit donc pour Paris, afin d'en hâter l'envoi; puis il retourna à l'armée.

Bientôt l'aérostat le *Céleste* fut envoyé de Meudon. Mais il avait été mal construit, et ne pouvait emporter qu'une seule personne.



Fig. 40. — Le ballon l'*Entreprenant* à la bataille de Fleurus.  
(D'après une gravure de l'époque.)

de carabine furent tirés sur lui sans l'atteindre.

Après la bataille de Fleurus, l'armée française ayant fait un mouvement en avant, la compagnie des aéroliers la suivit, continuant presque chaque jour ses reconnaissances aériennes.

On était près des hauteurs de Namur, lorsqu'un accident mit l'*Entreprenant* hors de service. Quelques-uns des porteurs ayant lâché la corde, l'aérostat fut poussé contre un arbre, qui le déchira du haut en bas. Coutelle retourna aussitôt à Mau-

Sa forme était cylindrique, ce qui le rendait d'une manœuvre très difficile. On l'essaya à Liège, sans aucun succès.

L'appareil fut donc renvoyé à Meudon, et l'on se servit de l'*Entreprenant*, qui avait été réparé.

Les aéroliers suivaient toujours les marches de l'armée. Après plusieurs reconnaissances, faites pour le service des généraux qui commandaient différents corps, les aéroliers passèrent la Meuse, en bateau, pour se diriger sur Bruxelles.

Arrivé à Borcette, près d'Aix-la-Chapelle,

ville où l'armée fit un assez long séjour, Coutelle créa un nouvel établissement où l'on répara et reconstruisit à nouveau le matériel endommagé.

*Création de l'École aérostatique de Meudon*

Pendant que ces événements se passaient à l'armée de Sambre-et-Meuse, le Comité de salut public s'occupait d'augmenter l'importance du corps des aérostiers.

Peu de temps après le départ de Coutelle pour Maubeuge, la Convention nationale avait décrété, le 5 messidor an II (23 juin 1794), la formation d'une seconde compagnie d'aérostiers, sorte de dépôt placé à Meudon, sous le commandement de Conté. Mais ce n'était là qu'une organisation provisoire destinée à préparer une institution plus sérieuse. En effet, le 10 brumaire an III (31 octobre 1795), le Comité de salut public créait l'*École nationale aérostatique de Meudon*, destinée à étudier les questions relatives à l'aérostation militaire, et à fournir à cette arme des officiers instruits.

L'*École nationale aérostatique de Meudon* était composée de 60 élèves, divisés en trois sections. Ils suivaient des cours de physique, de mécanique, de chimie et de géographie. Outre l'enseignement théorique, ils étaient exercés à la pratique de la manœuvre des ballons. Le dépôt des aérostiers et son matériel de réserve étaient installés à l'école de Meudon.

Conté, directeur de cette école, fit de nombreuses expériences sur les meilleures dispositions à donner aux aérostats militaires. On n'a point de détails sur ses expériences; on sait seulement que Conté étudia si bien la question des enveloppes, qu'il arriva à construire des ballons dans lesquels le gaz hydrogène se conservait, sans aucun renouvellement, pendant deux et même trois mois. Le procédé employé par Coutelle et Conté pour rendre imperméable

l'étoffe d'un aérostat à gaz hydrogène n'a jamais été dévoilé, et l'on a dû, dans la période actuelle d'aérostation, rechercher et trouver d'autres formules, probablement analogues.

Outre l'*Entreprenant*, qui opéra si bien à Maubeuge, à Charleroi, à Fleurus, à Liège, à Bruxelles, etc., avec l'armée de Sambre-et-Meuse et le *Céleste*, dont nous avons déjà parlé, Conté fit construire l'*Hercule* et l'*Intrépide*, qui furent envoyés plus tard aux armées du Rhin et de la Moselle avec la deuxième compagnie, dont il nous reste à parler. La seconde compagnie d'aérostiers installée à Meudon d'une manière provisoire, reçut une organisation définitive, par un arrêté du Comité de salut public en date du 23 mars 1795. Créée pour desservir un aérostat destiné à opérer en Allemagne, elle devait être composée du même nombre d'officiers, sous-officiers et aérostiers, que la première compagnie de l'armée de Sambre-et-Meuse.

Coutelle, que nous ayons laissé à Borcette, près d'Aix-la-Chapelle, fut rappelé à Paris. Il reçut le titre de *chef de bataillon, commandant le corps des aérostiers*, et fut chargé de procéder à l'organisation définitive des deux compagnies.

*Siège de Mayence*

La première compagnie conserva sa position à l'armée de Sambre-et-Meuse, sous la direction du capitaine Lhomond. La seconde fut dirigée vers l'Allemagne, sous la conduite du commandant Coutelle et du capitaine Delaunay. L'aérostat devait servir à éclairer le siège de Mayence, devant laquelle le général Lefebvre était arrêté depuis onze mois.

Il est difficile de se faire une juste idée de l'aspect que présentaient en ce moment les environs de Mayence. Tout avait été ravagé, ruiné, à six lieues à la ronde, par un siège de onze mois. Il fallait envoyer, à trois lieues du camp, des soldats, pour rapporter quelques sacs de pommes de terre.

C'est dans ces conditions que les officiers et les aérostiers de la seconde compagnie passèrent plus d'un mois, occupés chaque jour à des ascensions.

Les généraux et les officiers autrichiens admiraient cette manière de les observer, qu'ils appelaient « aussi hardie que savante ». Pendant un armistice, ils sortirent de Mayence, et vinrent assister à une ascension, qui fut fort belle. Coutelle et un officier du génie, placés dans la nacelle, planèrent pendant une heu-

pareille entreprise. » On a pu en dire autant de nos modernes aviateurs.

De l'estime singulière que les officiers autrichiens lui accordaient, le commandant Coutelle eut une preuve éclatante, dans

l'épisode émouvant et chevaleresque que nous allons raconter.

Le siège ayant repris son cours, Coutelle avait reçu l'ordre de faire une reconnaissance de l'état des fortifications de la ville, et il avait laissé élever son aérostat entre nos lignes et la place. Mais il faisait un vent terrible, et trois fois



Fig. 41. — Le commandant Coutelle au siège de Mayence.  
(D'après une gravure de l'époque.)

de suite, la bourrasque avait rabattu avec violence le ballon vers la terre. Chaque fois qu'il remontait, les 64 aérostiers qui le retenaient, 32 à chaque corde, étaient soulevés, et entraînés à une grande distance, au péril de leur vie. Déjà les barres de bois qui formaient le plancher de la nacelle, où Coutelle se tenait toujours assis, malgré

de suite, la bourrasque avait rabattu avec violence le ballon vers la terre. Chaque fois qu'il remontait, les 64 aérostiers qui le retenaient, 32 à chaque corde, étaient soulevés, et entraînés à une grande distance, au péril de leur vie. Déjà les barres de bois qui formaient le plancher de la nacelle, où Coutelle se tenait toujours assis, malgré

la tourmente, avaient volé en éclats, et il était menacé à chaque instant d'être lui-même écrasé contre le sol.

Les généraux autrichiens contemplaient des remparts de Mayence ce spectacle dramatique.

Tout à coup, cinq hommes sortent de la place, en déployant en l'air des mouchoirs blancs, signe des parlementaires. Les sentinelles françaises les accueillent, et on les conduit au commandant français.

« Général, disent-ils, nous vous demandons, en grâce, de faire descendre le brave officier qui monte l'aérostat. Il va périr par la bourrasque; et il ne faut pas qu'il soit victime d'un accident étranger à la guerre. Nous lui apportons, de la part du commandant de Mayence, l'autorisation d'entrer dans nos lignes, pour examiner en toute liberté l'intérieur de nos fortifications. »

Cette proposition est transmise à Coutelle, qui la refuse fièrement, et qui, dix minutes après, s'élève au-dessus de l'ennemi, superbe de résolution et d'audace.

Il est agréable de mettre en parallèle la courtoisie chevaleresque des Autrichiens et l'intrépide fierté de Coutelle.

*Campagne du Rhin* Au bout de quelque temps, Coutelle, malade de fièvres persistantes, dut laisser le commandement au capitaine Lhomond, et revenir à Paris.

L'aérostat, sans abri et fatigué par les intempéries de la saison, avait grand besoin d'être réparé. On assigna pour hivernage à la compagnie des aérostatiers, la petite ville de Frankenthal, sur le Rhin, située non loin de Manheim, où Pichegru avait son quartier général.

Après l'hiver, on recommença la campagne, mais un accident fortuit endommagea gravement l'*Entreprenant*, déjà bien usé par son long service.

Pendant la marche de l'armée, afin d'éviter l'entrée de Manheim, dont on n'eût pas traversé facilement les fortifications

avec le ballon tout rempli, on avait cru pouvoir le laisser hors de la ville, dans une enceinte formée au moyen de cordes et de piquets, et placée sous la garde d'une sentinelle. Le capitaine et le lieutenant des aérostatiers, qui venaient de recevoir l'ordre de se diriger vers les avant-postes, étaient occupés dans leur tente à régler le départ de la compagnie pour le lendemain, lorsqu'une explosion très forte retentit du côté de l'aérostat. La sentinelle crie : *Aux armes!* On accourt au bruit, et l'on trouve la sentinelle atteinte d'un coup de feu, et l'aérostat criblé de trous ou de déchirures, par une grêle de projectiles. Sans doute à la faveur de la nuit, et grâce à la proximité du fleuve, un Autrichien s'était approché de l'aérostat, avait fait feu contre lui d'une arme chargée à mitraille, ou lancé une grenade à main, et s'était enfui sans être aperçu, grâce à sa connaissance des localités.

Toutes les recherches et toutes les poursuites entreprises pour atteindre l'auteur du méfait, demeurèrent sans résultat. On dut se contenter de vider le ballon, pour s'assurer de la gravité des avaries qu'il avait reçues.

L'ordre arriva ensuite de le diriger sur Strasbourg, où un emplacement devait être désigné pour y établir un parc d'aérostation et de remplissage des aérostats. En effet, la compagnie fut établie à Molsheim, village situé à trois lieues de Strasbourg.

Ainsi se termina pour l'aérostat, la première partie de la campagne sur le Rhin.

Moreau ayant été nommé général en chef, en remplacement de Pichegru, la campagne fut reprise, et l'armée pénétra en Allemagne. L'aérostat suivit nos bataillons. Il traversa, à la suite de l'armée, Rastadt, puis Stuttgart, et s'arrêta à Donawert, où était le quartier général.

Le lendemain, à l'arrivée à Donawert, l'aérostat s'éleva pour reconnaître les principales forces de l'ennemi, qui garnissaient l'autre rive du Danube.

Deux jours après, le général Moreau, ayant fait franchir le fleuve à son armée, fit effectuer une autre ascension, puis la compagnie d'aérostiers partit pour Augsbourg.

Après un court séjour à Augsbourg, nos soldats durent battre en retraite. En effet, tandis que Moreau s'avavançait au cœur de l'Allemagne, pour opérer sa jonction avec l'armée d'Italie, le général Jourdan, qui devait le soutenir avec l'armée de Sambre-et-Meuse, avait été forcé de battre en retraite devant le prince Charles. Moreau, alors à Munich, se décida à opérer également sa retraite, et donna à son armée l'ordre de regagner Strasbourg.

Il aurait été imprudent de faire voyager l'aérostat tout gonflé, sur des chemins déjà infestés par quelques groupes de la cavalerie légère des Autrichiens. L'aérostat fut donc vidé, l'enveloppe chargée sur un fourgon; et la compagnie des aérostiers se réunit à un convoi d'artillerie, qui partait en ce moment. Le tout composait un effectif d'environ deux cents hommes.

Le petit détachement traversa ainsi Rastadt, inquiété par un corps de hussards autrichiens, qui le suivit pendant deux jours, mais sans oser l'attaquer. On arriva enfin sain et sauf, hommes et matériel, à Strasbourg, et de là à Molsheim, où était établi le parc de l'aérostat.

Là devaient finir les exploits de la seconde compagnie des aérostiers. On la laissa trois ans dans l'inaction. Elle était sous les ordres d'officiers braves et intelligents, sans doute, mais sans aucune influence pour faire apprécier l'utilité de leur arme spéciale. Coutelle n'était plus là, pour la soutenir auprès du gouvernement, et pour discuter les préventions du général commandant l'armée du Rhin, qui se montrait très hostile à l'emploi des ballons dans l'armée.

Ce général, c'était pourtant l'illustre Hoche, qui avait remplacé Jourdan. Ce dernier, qui avait apprécié par lui-même, à

la bataille de Fleurus, les avantages que l'on pouvait retirer des aérostats en campagne, avait toujours été partisan de leur emploi; mais Hoche, son successeur, ne voulut jamais s'en servir, ni même les essayer. Il laissa le matériel et les hommes se morfondre à Strasbourg. Il alla même jusqu'à demander le licenciement de ce corps, par une lettre au ministre de la guerre.

Le licenciement demandé par le général Hoche ne fut pas accordé; mais la compagnie ne sortit pas de son inaction, malgré les réclamations de ses chefs.

La fortune, qui avait souri, aux débuts, à l'aérostation militaire, ne cessait maintenant de lui être contraire. Nous venons de voir la fin languissante de la seconde compagnie d'aérostiers; le sort de la première compagnie fut plus triste encore.

Commandée par le capitaine Lhomond, elle fit plusieurs reconnaissances à Worms et à Manheim. A Ehrenbreistein, Lhomond fit une ascension magnifique, au milieu d'une pluie de bombes et de boulets. Mais les hauts faits de l'aérostation militaire devaient s'arrêter là. Pendant la bataille de Würtzbourg, livrée le 17 fructidor an IV, l'aérostat, demeuré longtemps en observation, fut endommagé au moment de la retraite précipitée de l'armée, et la compagnie fut forcée de se retirer dans la place, avec son matériel. Mais bientôt Würtzbourg fut prise, et la compagnie des aérostiers, avec tout son matériel, tomba au pouvoir de l'ennemi. Le capitaine Lhomond et le lieutenant Plazanet furent retenus prisonniers de guerre. Quelques mois plus tard, le traité de Léoben vint rendre la liberté aux prisonniers de Würtzbourg.

*Expédition d'Égypte* En ce moment se préparait, en grand mystère, l'expédition

d'Égypte. Conté avait obtenu de faire partie de la commission de savants qui accompagnait le premier consul. Il décida Bonaparte à emmener en Égypte la première

compagnie d'aérostiers, sortie récemment de Würzburg.

Cette compagnie fut donc dirigée sur Toulon. Elle partit de là pour l'Égypte, avec Coutelle, Conté et Plazanet, où elle débarqua heureusement, et fut, dès son arrivée, postée en avant des troupes.

Mais la fatalité poursuivait l'aérostation militaire. On avait laissé sur le bâtiment qui avait amené la compagnie d'aérostiers, le ballon, ainsi que tout le matériel pour la préparation du gaz. Ce bâtiment fut pris et coulé par les Anglais.

Ainsi privée de ses instruments, la compagnie d'aérostiers n'avait plus sa raison d'être. Les soldats furent répartis dans les régiments. Coutelle, attaché à l'armée comme chef de bataillon, s'en alla, presque seul, faire un voyage d'exploration dans la haute Égypte, et Conté mit à la disposition de l'armée son génie inventif qui lui permettait de se rendre utile en tout temps et partout.

L'aérostation militaire ne joua donc aucun rôle en Égypte. Tout se borna à lancer quelques montgolfières les jours de réjouissances publiques.

Une montgolfière tricolore de 15 mètres de diamètre, s'éleva au milieu d'une fête brillante qui fut donnée par Bonaparte, au Caire. Il y avait dans ce spectacle de quoi frapper l'imagination des Orientaux, et Bonaparte ne manqua pas de recourir à ce nouveau moyen d'étonner et de séduire les populations des bords du Nil. Mais on assure que les Musulmans se trouvèrent fort peu impressionnés par ce spectacle.

*Fermeture de l'École aérostatique*

L'aérostation militaire, reprise et encouragée, aurait certainement rendu des services pendant nos grandes guerres. L'école aérostatique de Meudon était toujours ouverte; Coutelle et Conté, ses directeurs, étaient encore pleins de zèle pour l'institution due à la République. Malheureusement, Bonaparte ne l'aimait pas. Dès son retour

d'Égypte, il licencia les compagnies d'aérostiers, donna à Coutelle et aux autres officiers des grades équivalents dans d'autres armes, fit fermer l'école aérostatique de Meudon, et vendre tous les ustensiles et appareils qui restaient dans l'établissement. L'aéronaute Robertson, que nous retrouverons plus loin, se rendit acquéreur du glorieux ballon de Fleurus.

Ainsi s'interrompit à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, l'aérostation militaire qui devait renaître plus tard, ainsi que nous le verrons au cours de ce volume, par l'emploi d'engins si variés.

Cependant les applications des aérostats à l'art militaire, ne furent pas complètement suspendues par l'arrêté du Premier Consul qui licenciait le corps des aérostiers militaires. Les ballons rendirent aux opérations des armées certains services, que nous allons rappeler.

En 1812, les Russes avaient formé le projet d'écraser l'armée française, à l'aide de projectiles explosibles, lancés du haut d'un aérostat. Le ballon fut construit à Moscou : il pouvait, dit-on, porter jusqu'à cinquante hommes. On voulait le faire flotter par-dessus le quartier général de l'armée française, que l'on aurait accablée, de cette hauteur, de projectiles incendiaires. On commença par faire des expériences avec des ballons de plus petites dimensions; mais elles réussirent très mal, ce qui décida à suspendre le travail commencé.

En 1815 Carnot, commandant Anvers assiégé, fit exécuter, en ballon, des reconnaissances militaires.

En 1826, le journal *le Spectateur militaire* publia un excellent article, dans lequel un ancien professeur de l'École militaire, Ferry, ramenait l'attention sur l'emploi des aérostats dans les armées, et manifestait la crainte de voir oublier, par la génération actuelle, les connaissances acquises à la science par les travaux des aérostiers de la République. Une notice biographique sur Coutelle, la description des manœuvres exécutées par les

anciens aérostiers, enfin une analyse du travail du général Meusnier, terminaient cet article, qui attira l'attention du gouvernement. Une commission fut nommée pour étudier la question, et en faire l'objet d'un rapport. Après de consciencieux travaux, cette commission

déposa son rapport, qui était favorable à la réorganisation du corps des aérostiers.

Cependant la proposition n'eut aucune suite. C'était peut-être par une réminiscence de ce projet, qu'au moment de la conquête d'Alger, on accorda à un aéronaute l'autorisation d'ac-

compagner l'armée d'expédition. Le ballon fut embarqué, mais il resta sur le navire. La caisse ne fut pas même déballée; on le rapporta à Paris, on le paya, et tout fut dit.

officiers d'artillerie autrichiens, on avait confectionné deux cents petits aérostats, chargés, chacun, d'une bombe de 24 à 30 livres garnie d'une mèche inflammable, destinée à faire éclater la bombe. On mettait le feu à la mèche au moment de laisser partir dans

les airs ces ballons incendiaires.

Ce genre d'attaque eut lieu, en effet, le 22 juin 1849, mais un vent contraire ramena les petits ballons vers le camp autrichien, de sorte que les bombes firent plus de mal aux assiégeants qu'aux assiégés.

En 1854, à l'arsenal de Vincennes, à

Paris, on essaya de lancer des projectiles du haut d'un ballon retenu captif. Ces expériences, furent, paraît-il, mal exécutées.

Pendant la guerre d'Amérique, on fit usage simultanément des aérostats et de la télégraphie électrique.

Au mois de septembre 1861, un aéronaute nommé La Mountain fournit d'importants



Fig. 42. — Les aérostats porteurs de bombes incendiaires lancées sur Venise par les Autrichiens, en 1849. (D'après une gravure de l'époque.)

compagner l'armée d'expédition. Le ballon fut embarqué, mais il resta sur le navire. La caisse ne fut pas même déballée; on le rapporta à Paris, on le paya, et tout fut dit.

Pendant le siège de Venise par les Autrichiens, en 1849, on fit usage de petits ballons, porteurs de bombes, qui devaient éclater sur la ville. Sur la proposition de deux

renseignements au général Mac Clellan. Ce ne fut pas en ballon captif, mais en ballon libre, que l'aéronaute américain fit son excursion aérienne. Parti du camp de l'Union, sur le Potomac, il passa par-dessus Washington retenu à terre par des cordes. Mais ne pouvant embrasser ainsi un espace suffisant, il coupa bravement la corde qui retenait son ballon captif, et s'éleva à la hauteur de 1.500 mètres. Il se trouva ainsi placé directement au-dessus des lignes ennemies, dont il put observer parfaitement la position, les mouvements et les forces. Ayant jeté une nouvelle quantité de lest, il s'éleva plus haut encore, et trouva un nouveau courant d'air, qui l'éloigna des lignes ennemies. Il opéra sa descente sans difficulté, à Mary-

land, d'où il transmit au général Mac Clellan le résultat de sa reconnaissance.

Un autre aéronaute américain, Allan de Rhode-Island, eut l'idée de faire communiquer par un fil électrique, l'observateur placé dans la nacelle, avec le corps d'armée pour lequel il faisait ces reconnaissances. Allan et le professeur Lowe, de Washington, exécutèrent plusieurs fois ces curieuses expériences, du haut d'un ballon captif.

Ces divers emplois des aérostats indiquaient que leur utilisation bien comprise dans les armées, pouvait rendre des services réels. Ce sont ces considérations qui conduisirent plus tard à la réorganisation du corps des aéroliers militaires.





### PREMIÈRES ASCENSIONS SCIENTIFIQUES

ASCENSIONS DE ROBERTSON. — ASCENSIONS DE BIOT ET GAY-LUSSAC. — ASCENSIONS DE BARRAL ET BIXIO. — ASCENSIONS DE WELSH ET GREEN. — ASCENSIONS DE GLAISHER ET COXWELL.

*Ascensions de Robertson* Un temps considérable s'était écoulé depuis l'invention des aérostats, et les sciences n'en avaient encore retiré aucun profit. Aussi l'enthousiasme qui avait d'abord accueilli cette découverte, avait-il fait place à une indifférence et à un découragement extrêmes. On fondait si peu d'espoir sur l'application des aérostats aux sciences physiques, que vingt ans se passèrent sans amener une seule tentative dans cette voie. Ce n'est, en effet, qu'en 1803, que s'accomplit la première ascension exécutée dans un but scientifique. Le physicien Robertson en fut le héros.

Flamand d'origine, Robertson passa à Liège, lieu de sa naissance, la première partie de sa jeunesse. Il se disposait à entrer dans les ordres, et s'occupait à Louvain des études relatives à sa profession future, lorsque les événements de la Révolution française le détournèrent de ce projet. Il vint à Paris, et se consacra à l'étude des sciences. Après avoir essayé inutilement de diverses carrières, excité par le succès de Blanchard, il embrassa la profession d'aéronaute. Ses connaissances assez étendues en physique, lui devinrent d'un grand secours dans cette carrière nouvelle; elles lui donnèrent les moyens d'exécuter la première ascension que

l'on ait faite dans un intérêt véritablement scientifique.

Le beau voyage que Robertson exécuta à Hambourg, le 18 juillet 1803, avec son compatriote Lhoest, fit beaucoup de bruit en Europe. Les aéronautes demeurèrent cinq heures et demie dans l'air, et descendirent à vingt-cinq lieues de leur point de départ. Ils s'élevèrent jusqu'à la hauteur de 7.400 mètres, et se livrèrent à différentes opérations de physique. Entre autres faits, ils crurent reconnaître qu'à une hauteur considérable dans l'atmosphère, les phénomènes du magnétisme terrestre perdent sensiblement de leur intensité, et qu'à cette élévation l'aiguille aimantée oscille avec plus de lenteur qu'à la surface de la terre.

Robertson a écrit à ce sujet un rapport assez étendu, adressé à l'Académie de Saint-Petersbourg et reproduit dans ses *Mémoires récréatifs, scientifiques et anecdotiques*.

En voici quelques intéressants extraits.

« Je partis, dit-il, à 9 heures du matin, accompagné de M. Lhoest, mon condisciple et compatriote français, établi à Hambourg; nous avions 140 livres de lest. Le baromètre marquait 28 pouces, le thermomètre de Réaumur 16°. Malgré un faible vent du nord-

ouest, l'aérostat monta si perpendiculairement et si haut, que dans toutes les rues chacun croyait l'avoir à son zénith. Pour accélérer notre élévation, je détachai un parachute de soie d'une forme parabolique, et ayant sur sa périphérie des cases dont le but était d'éviter les oscillations. L'animal qu'il soutenait, enfermé dans une corbeille, descendit avec une lenteur de deux pieds par seconde, et d'une manière presque uniforme. Dès l'instant où le baromètre commença à descendre, nous ménageâmes notre lest avec beaucoup de prudence, afin d'éprouver d'une manière moins sensible les différentes températures par lesquelles nous allions passer.

« A 10 heures 15 minutes, le baromètre était à 19 pouces et le thermomètre à 3 degrés au-dessus de zéro. Sentant arriver graduellement toutes les incommodités d'un air raréfié, nous commençâmes à disposer quelques expériences sur l'électricité atmosphérique... L'électricité des nuages que j'ai obtenue trois fois a toujours été vitrée.

« Nous fûmes souvent détournés dans ces différents essais par la surveillance qu'il fallait accorder à l'aérostat, dont le taffetas se distendait avec violence, quoique l'appendice fût ouvert ; le gaz en sortait en sifflant et devenait visible en passant dans une atmosphère plus froide ; nous fûmes même obligés, par crainte d'explosion, de donner deux issues au gaz hydrogène en ouvrant la soupape. Comme il restait encore beaucoup de lest, je proposai à mon compagnon de

monter encore : aussi zélé et plus robuste que moi, il m'en témoigna le plus grand désir, quoiqu'il se trouvât fort incommodé. Nous jetâmes du lest pendant quelque temps ; bientôt le baromètre indiqua un mouvement progressif ; enfin, le froid augmenta, et nous ne tardâmes pas à le voir descendre avec une extrême lenteur. Pendant les différents essais dont nous nous occupions, nous éprouvions une anxiété, un malaise général ; le

bourdonnement d'oreilles dont nous souffrions depuis longtemps augmentait d'autant plus que le baromètre dépassait les 13 pouces. La douleur que nous éprouvions avait quelque chose de semblable à celle que l'on ressent lorsqu'on plonge la tête dans l'eau. Nos poitrines paraissaient dilatées, manquaient de ressort ; mon pouls était précipité. Celui de M. Lhoest l'était moins ; il avait, ainsi que moi, les lèvres grosses, les yeux saignants ; toutes les vei-

nes étaient arrondies et se dessinaient en relief sur mes mains. Le sang se portait tellement à la tête, qu'il me fit remarquer que son chapeau lui paraissait trop étroit. Le froid augmenta d'une manière sensible ; le thermomètre descendit assez brusquement jusqu'à 2 degrés et vint se fixer à 5 degrés et demi au-dessous de la glace, tandis que le baromètre était à 12 pouces  $\frac{4}{100}$ . A peine me trouvai-je dans cette atmosphère, que le malaise augmenta ; j'étais dans une apathie morale et physique ; nous pouvions à peine nous défendre d'un assoupissement que nous redoutions comme



Fig. 43. — E. G. Robertson.

la mort. Me défiant de mes forces, et craignant que mon compagnon de voyage ne succombât au sommeil, j'avais attaché une corde à ma cuisse, ainsi qu'à la sienne; l'extrémité de cette corde passait dans nos mains. C'est dans cet état, peu propre à des expériences délicates, qu'il fallut commencer les observations que je me proposais. »

Ici Robertson donne le détail des expériences qu'il fit sur l'électricité et le magnétisme. A la hauteur qu'il occupait dans l'atmosphère, les phénomènes de l'électricité statique lui paraissaient sensiblement affaiblis; le verre, le soufre et la cire d'Espagne ne s'électrifaient que très faiblement par le frottement. La pile de Volta fonctionnait avec moins d'énergie qu'à la surface de la terre. En même temps, il crut reconnaître que les oscillations de l'aiguille aimantée diminuaient d'intensité, ce qui l'amena à admettre l'affaiblissement du magnétisme terrestre à mesure que l'on s'élève dans les hautes régions de l'air. Nous ne rapporterons pas ces expériences, car nous les trouverons bientôt réfutées ou expliquées par Biot.

En quittant l'Allemagne, Robertson se rendit en Russie. Le bruit de ses expériences sur le magnétisme terrestre décida l'Académie des Sciences de Saint-Petersbourg à les faire répéter par l'auteur lui-même. Avec le concours de cette Académie, Robertson, assisté d'un savant moscovite, Saccharoff, exécuta à Saint-Petersbourg une nouvelle ascension. Les expériences auxquelles ils se livrèrent ensemble confirmèrent son assertion relativement à l'affaiblissement de l'action magnétique de la terre.

*Ascension de  
Biot et Gay-  
Lussac*

Les résultats annoncés par Robertson et Saccharoff soulevèrent beaucoup d'objections parmi les savants de Paris. Dans une séance de l'Institut, Laplace proposa de faire vérifier, au moyen des aérostats, le fait annoncé par ces expérimentateurs, relativement à l'affaiblissement de la force magné-

tique de notre globe. Berthollet et plusieurs autres académiciens appuyèrent la demande de Laplace.

Cette proposition ne pouvait être faite dans des circonstances plus favorables, puisque Chaptal était alors ministre de l'intérieur. Aussi la décision fut-elle prise à l'instant même, et l'on désigna, pour exécuter l'ascension, Biot et Gay-Lussac, qui étaient les plus jeunes et les plus ardents professeurs de l'époque. Conté, l'ancien directeur de l'École aérostatique de Meudon, se chargea de construire et d'appareiller l'aérostat. Les dispositions qu'il prit pour rendre le voyage aussi sûr que commode, ne laissaient rien à désirer.

Aussi, le jour fixé pour l'ascension, les deux académiciens n'eurent-ils qu'à se rendre au jardin du Luxembourg, munis de leurs instruments.

Cependant, au moment du départ, il survint un accident qui nécessita l'ajournement du voyage. L'aérostat s'était trouvé plus tôt prêt que les aéronautes, et ceux-ci avaient cru pouvoir sans danger le faire attendre. Mais les piquets auxquels étaient fixées les cordes qui le retenaient étaient plantés sur un terrain récemment remué, et, par conséquent, peu solide; une pluie abondante tombée pendant la nuit l'avait détrempe, de sorte que les piquets ne purent résister longtemps à la force ascensionnelle de l'aérostat, qui s'élançant de terre se mit à parcourir une certaine distance. En arrivant au Luxembourg, Biot et Gay-Lussac furent tout surpris de voir le ballon en l'air, et un grand nombre de personnes occupées à ramener le fugitif. Heureusement on put saisir ses lières et on le ramena sur le sol. Il fallut néanmoins remettre l'ascension à un autre jour et choisir un endroit plus convenable.

On se décida pour le jardin du Conservatoire des Arts et Métiers, et c'est de là que Biot et Gay-Lussac partirent, le 20 août 1804, pour accomplir une ascension scientifique restée depuis fort célèbre.

Le but principal que se proposaient Biot et Gay-Lussac, c'était de rechercher si la propriété magnétique éprouve quelque diminution appréciable quand on s'éloigne de la terre. L'examen attentif auquel les deux savants soumirent, pendant presque toute la durée du voyage, les mouvements de l'aiguille aimantée, les amena à conclure que la propriété magnétique ne perd rien de son intensité, quand on s'élève dans les régions supérieures. A 4.000 mètres de hauteur, les oscillations de l'aiguille aimantée coïncidaient en nombre et en amplitude avec les oscillations reconnues à la surface de la terre. Ils expliquèrent l'erreur dans laquelle, selon eux, Robertson était tombé, par la difficulté que présente l'observation de l'aiguille magnétique au milieu des oscillations continuelles de l'aérostat. Ils constatèrent aussi, contrairement aux assertions de Robertson, que la pile de Volta et les appareils d'électricité statique fonctionnent aussi bien à une grande hauteur dans l'atmosphère, qu'à la surface du sol. L'électricité qu'ils recueillirent était négative, et sa quantité s'accroissait avec la hauteur. L'observation de l'hygromètre leur fit reconnaître que la sécheresse croissait également avec l'élévation. Enfin Biot et Gay-Lussac firent différentes observations thermométriques, mais elles ne furent point suffisantes pour amener à quelque conclusion rigoureuse relativement à la loi de décroissance de la température dans les régions élevées.

« Notre but principal, écrit Biot, était d'examiner si la propriété magnétique éprouve quelque diminution appréciable quand on s'éloigne de la terre. Saussure, d'après des expériences faites sur le *col du Géant*, à 3.435 mètres de hauteur, avait cru y reconnaître un affaiblissement très sensible et qu'il évaluait à  $\frac{1}{5}$ . Quelques physiciens avaient même annoncé que cette propriété se perd entièrement, quand on s'éloigne de la terre dans un aérostat. Ce fait étant lié de

près à la cause des phénomènes magnétiques, il importait à la physique qu'il fût éclairci et constaté; du moins, c'est ainsi qu'ont pensé plusieurs membres de l'Académie des Sciences, et l'illustre Saussure lui-même, qui recommande beaucoup cette observation sur laquelle il est revenu plusieurs fois dans ses voyages aux Alpes.

« Pour décider cette question, il ne faut qu'un appareil fort simple. Il suffit d'avoir une aiguille aimantée, suspendue à un fil de soie très fin. On détourne un peu l'aiguille de son méridien magnétique, et on la laisse osciller; plus les oscillations sont rapides, plus la source magnétique est considérable. C'est Borda qui a imaginé cette excellente méthode, et M. Coulomb a donné le moyen d'évaluer la force d'après le nombre des oscillations. Saussure a employé cet appareil dans son voyage sur le col du Géant. Nous en avons emporté un semblable dans notre aérostat.

« Outre cet appareil nous avons emporté une boussole ordinaire de déclinaison et deux boussoles d'inclinaison : la première pour observer la direction du méridien magnétique; la seconde pour connaître les variations d'inclinaison. Ces appareils étaient seulement destinés à nous indiquer des différences, s'il en était survenu qui fussent très considérables. Afin de n'avoir que des résultats comparables, nous avons placé tous ces instruments dans la nacelle, lorsque nous avons observé, à terre, les oscillations de la première aiguille. Du reste, il n'entra pas un morceau de fer dans la construction de notre nacelle, ni dans celle de notre aérostat. Les seuls objets de cette matière que nous emportâmes (un couteau, des ciseaux, deux canifs) furent descendus dans un panier au-dessous de la nacelle, à 8 ou 10 mètres de distance (vingt-cinq ou trente pieds), en sorte que leur influence ne pouvait être sensible en aucune manière.

« Outre cet objet principal, dans ce premier voyage, nous nous proposons aussi

d'observer l'électricité de l'air, ou plutôt la différence d'électricité des différentes couches atmosphériques. Pour cela, nous avons emporté des fils métalliques de diverses longueurs, depuis 20 jusqu'à 100 mètres (60 à 300 pieds). En suspendant ces fils à côté de notre nacelle, à l'extrémité d'une tige de verre, ils devaient nous mettre en communication avec les couches inférieures et nous permettre de puiser leur électricité. Quant à la nature de cette électricité, nous avions, pour la déterminer, un petit électrophore, chargé très faiblement, et dont la résine avait été frottée à terre avant le départ.

« Nous avons aussi projeté de rapporter de l'air puisé à une grande hauteur. Nous avons pour cela un ballon fermé, dans lequel on avait fait exactement le vide, en sorte qu'il suffisait de l'ouvrir pour le remplir d'air. On devine aisément que nous nous étions munis de baromètres, de thermomètres, d'électromètres et d'hygromètres. Nous avions avec nous des disques de métal pour répéter les expériences de Volta, ou l'électricité développée par le simple contact. Enfin, nous avons emporté divers animaux, comme des grenouilles, des oiseaux et des insectes.

« Nous partimes, du jardin du Conservatoire des Arts et Métiers, le 6 fructidor, à 10 heures du matin, en présence d'un petit nombre d'amis.

« Nous l'avouons, le premier moment où nous nous élevâmes ne fut pas consacré à nos expériences. Nous ne pûmes qu'admirer

la beauté du spectacle qui nous environnait. Notre ascension, lente et calculée, produisit sur nous cette impression de sécurité que l'on éprouve toujours quand on est abandonné à soi-même, avec des moyens sûrs. Nous entendions encore les encouragements qui nous étaient donnés, mais nous n'en avions pas besoin : nous étions parfaitement calmes et sans la plus légère inquiétude. Nous n'entrons dans ces détails que pour montrer que l'on peut accorder quelque confiance à nos observations.

« Nous arrivâmes bientôt dans les nuages. C'étaient comme de légers brouillards, qui ne nous causèrent qu'une faible sensation d'humidité. Notre ballon s'étant gonflé entièrement, nous ouvrîmes la soupape pour abandonner du gaz, et en même temps nous jetâmes du lest pour nous élever plus haut. Nous nous trouvâmes aussitôt au-dessus des nuages, et nous n'y rentrâmes qu'en descendant.

« Nous nous trouvions alors vers 2.000 mètres de hauteur. Nous voulûmes faire osciller notre aiguille, mais nous ne tardâmes pas à reconnaître que l'aérostât avait un mouvement de rotation très lent, qui faisait varier sans cesse la position de la nacelle par rapport à la direction de l'aiguille, et nous empêchait d'observer le point où les oscillations finissaient. Cependant la propriété magnétique n'était pas détruite; car, en approchant de l'aiguille un morceau de fer, l'attraction avait encore lieu. Ce mouvement de rotation devenait sensible quand on alignait les cordes de la nacelle sur quel-



Fig. 44. — Gay-Lussac.

que objet terrestre, ou sur les flancs des nuages, dont les contours nous offraient des différences très sensibles. De cette manière nous nous aperçûmes bientôt que nous ne répondions pas toujours au même point. Nous espérâmes que ce mouvement de rotation, déjà très peu rapide, s'arrêterait avec le temps, et nous permettrait de reprendre nos oscillations.

« En attendant, nous fîmes d'autres expériences; nous essayâmes le développement de l'électricité par le contact des métaux isolés; elle réussit comme à terre. Nous apprêtâmes une colonne électrique avec vingt disques de cuivre et autant de disques de zinc; nous obtînmes, comme à l'ordinaire, la saveur piquante. Tout cela était facile à prévoir, d'après la théorie de Volta, et puisque l'on sait d'ailleurs que l'action de la colonne électrique ne cesse pas dans le vide; mais il était si facile de vérifier ces faits, que nous avions cru devoir le faire. D'ailleurs tous ces objets pouvaient nous servir de lest au besoin. Nous étions alors à 2,724 mètres de hauteur, selon notre estime.

« Vers cette élévation, nous observâmes les animaux que nous avions emportés; ils ne paraissaient pas souffrir de la rareté de l'air; cependant le baromètre était à 20 pouces 8 lignes : ce qui donnait une hauteur de 2.622 mètres. Une abeille violette (*Apis violacea*), à qui nous avions donné la liberté, s'envola très vite et nous quitta en bourdonnant. Le thermomètre marquait 13° de la division centigrade (10°,4 Réaumur). Nous étions très surpris de ne pas éprouver de froid; au contraire, le soleil nous échauffait fortement; nous avions ôté les gants que nous avions mis d'abord, et qui ne nous ont été d'aucune utilité. Notre pouls était fort accéléré. Cependant notre respiration n'était nullement gênée, nous n'éprouvions aucun malaise, et notre situation nous semblait extrêmement agréable.

« Cependant nous tournions toujours, ce qui nous contrariait fort, parce que nous ne

pouvions pas observer les oscillations magnétiques tant que cet effet avait lieu. Mais en nous alignant, comme je l'ai dit, sur les objets terrestres, et sur les flancs des nuages, qui étaient bien au-dessous de nous, nous nous aperçûmes que nous ne tournions pas toujours dans le même sens; peu à peu le mouvement de rotation diminuait et se reproduisait en sens contraire. Nous comprîmes alors qu'il fallait saisir ce passage d'un des états à l'autre, parce que nous restions stationnaires dans l'intervalle. Nous profitâmes de cette remarque pour faire nos expériences. Mais comme cet état stationnaire ne durait que quelques instants, il n'était pas possible d'observer, de suite, vingt oscillations comme à terre; il fallait se contenter de cinq ou six au plus, en prenant bien garde de ne pas agiter la nacelle, car le plus léger mouvement, celui que produisait le gaz quand nous le laissions échapper, celui même de notre main quand nous écrivions, suffisait pour nous faire tourner. Avec toutes ces précautions, qui demandaient beaucoup de temps, d'essais et de soins, nous parvinmes à répéter dix fois l'expérience dans le cours du voyage, à diverses hauteurs.

« Toutes ces observations, faites dans une colonne de plus de 1.000 mètres de hauteur, s'accordent à donner 35 secondes pour la durée de cinq oscillations. Or, les expériences faites à terre donnent 35 secondes  $\frac{1}{4}$  pour cette durée. La petite différence d'un quart de seconde n'est pas appréciable, et dans tous les cas elle ne tend pas à indiquer une diminution.

« Il nous semble donc que ces résultats établissent avec quelque certitude la proposition suivante :

« *La propriété magnétique n'éprouve aucune diminution appréciable depuis la surface de la terre jusqu'à 4.000 mètres de hauteur : son action dans ces limites se manifeste constamment par les mêmes effets et suivant les mêmes lois.*

« Nous avons observé nos animaux à toutes les hauteurs; ils ne paraissaient souffrir en aucune manière. Pour nous, nous n'éprouvions aucun effet, si ce n'est cette accélération du pouls dont j'ai déjà parlé. A 3.400 mètres de hauteur, nous donnâmes la liberté à un petit oiseau que l'on nomme un *verdier*; il s'envola aussitôt, mais revint presque à l'instant se poser sur nos cordages; ensuite, prenant de nouveau son vol, il se précipita vers la terre, en décrivant une ligne tortueuse peu diffé-

à parcourir; puis il s'élança en voltigeant d'une manière inégale, en sorte qu'il semblait essayer ses ailes, mais après quelques battements il se borna à les étendre et s'abandonna tout à fait. Il commença à

descendre vers les nuages en décrivant de grands cercles, comme font les oiseaux de proie. Sa descente fut rapide, mais réglée; il entra bientôt dans les nuages, et nous l'aperçûmes encore au-dessous.

« Nous n'avions pas encore essayé l'électricité de l'air, parce que l'observation de la



Fig. 45. — Gay-Lussac et Biot font des expériences de physique à 4.000 mètres de hauteur. (D'après une gravure de l'époque.)

boussole, qui était la plus importante et qui exigeait que l'on saisisse des occasions favorables, avait absorbé presque toute notre attention; d'ailleurs nous avons toujours eu des nuages au-dessous de nous, et l'on sait que les nuages sont diversement électrisés. Nous n'avions pas alors les moyens nécessaires pour calculer leur distance d'après

— 77 —

la hauteur du baromètre, et nous ne savions pas jusqu'à quel point ils pourraient nous influencer. Cependant, pour essayer au moins notre appareil, nous tendîmes un fil métallique de 80 mètres (240 pieds) de longueur, et, après l'avoir isolé de nous, comme je l'ai dit plus haut, nous primes de l'électricité à son extrémité supérieure, et nous la portâmes à l'électromètre : elle se trouva résineuse. Nous répétâmes deux fois cette observation dans le même moment : la première en détruisant l'électricité atmosphérique par l'influence de l'électricité vitrée de l'électrophore; la seconde, en détruisant l'électricité vitrée tirée de l'électrophore, au moyen de l'électricité atmosphérique. C'est ainsi que nous pûmes nous assurer que cette dernière était résineuse.

« Cette expérience indique une électricité croissante avec les hauteurs, résultat conforme à ce que l'on avait conclu par la théorie, d'après les expériences de Volta et de Saussure. Mais maintenant que nous connaissons la bonté de notre appareil, nous espérons vérifier de nouveau ce fait par un plus grand nombre d'essais dans un autre voyage.

« Nos observations de thermomètre nous ont indiqué, au contraire, une température décroissant de bas en haut, ce qui est conforme aux résultats connus. Mais la différence a été beaucoup plus faible que nous ne l'aurions supposé; car, en nous élevant à 2.000 toises, c'est-à-dire bien au-dessus de la limite inférieure des neiges éternelles à cette latitude, nous n'avons pas éprouvé une température plus basse que 10°,5 au thermomètre centigrade; et, au même instant, la température de l'Observatoire, à Paris, était de 17°,5 centigrades.

« Un autre fait assez remarquable, qui nous est aussi donné par nos observations, c'est que l'hygromètre a constamment marché vers la sécheresse, à mesure que nous nous sommes élevés dans l'atmosphère, et, en descendant, il est graduelle-

ment revenu vers l'humidité. Lorsque nous partîmes, il marquait 80°.8 à la température de 16°,5 du thermomètre centigrade; et à 4.000 mètres de hauteur, quoique la température ne fût qu'à 10°,5, il ne marquait plus que 30°. L'air était donc beaucoup plus sec dans ces hautes régions qu'il ne l'est près de la surface de la terre.

« Pour nous élever à ces hauteurs, nous avions jeté presque tout notre lest : il nous en restait à peine quatre ou cinq livres. Nous avions donc atteint la hauteur à laquelle l'aérostat pouvait nous porter tous deux à la fois. Cependant, comme nous désirions vivement terminer tout à fait l'observation de la boussole, Gay-Lussac me proposa de s'élever seul à la hauteur de 6.000 mètres, afin de vérifier nos premiers résultats; nous devions déposer tous les instruments en arrivant à terre, et n'emporter dans la nacelle que le baromètre et la boussole. Lorsque nous eûmes pris ce parti, nous nous laissâmes descendre, en perdant aussi peu de gaz qu'il nous était possible. Nous observâmes le baromètre en entrant dans les nuages. Il nous donna 1.223 mètres pour leur élévation. Nous avons déjà remarqué qu'ils paraissaient tous de niveau, en sorte que cette observation indique pour cet instant leur hauteur commune. Lorsque nous arrivâmes à terre, il ne se trouva personne pour nous retenir, et nous fûmes obligés de perdre tout notre gaz pour nous arrêter. Si nous eussions pu prévoir ce contre-temps, nous ne nous serions pas pressés de descendre sitôt. Nous nous trouvâmes vers une heure et demie dans le département du Loiret, près du village de Méryville, à dix-huit lieues environ de Paris. »

Le voyage aérostatique exécuté par Biot et Gay-Lussac, avait laissé beaucoup de points à éclaircir; il fallait confirmer les premières observations, et les vérifier en s'élevant à une plus grande hauteur. Pour atteindre ce dernier but, avec l'aérostat



qui avait servi aux premières expériences, un seul observateur devait s'élever. Il fut décidé que Gay-Lussac exécuterait cette nouvelle ascension.

Dans ce second voyage, fait le 16 septembre 1804, Gay-Lussac confirma et étendit les résultats qu'il avait obtenus avec Biot, relativement à la permanence de l'action magnétique du globe. Il prit un assez grand nombre d'observations thermométriques et essaya de déterminer, avec leur aide, la loi de croissance de la température dans les hautes régions de l'air. L'observation de l'hygromètre n'amena à aucune conclusion satisfaisante.

Parvenu à la hauteur de 6.500 mètres, Gay-Lussac recueillit de l'air dans ces régions extrêmes, qu'aucun homme n'avait encore atteintes, avant lui. Il s'était muni d'un grand ballon de verre, fermé par un robinet de cuivre fixé sur une garniture du même métal.

Il avait fait le vide dans le ballon au moyen de la machine pneumatique, et l'avait emporté dans sa nacelle. En l'ouvrant à la hauteur maximum où il était parvenu, il remplit ce vase de l'air de ces régions.

L'analyse chimique de cet air faite le lendemain, prouva qu'il avait la même composition que l'air pris à la surface de la terre.

C'était là un résultat d'une importance fondamentale à cette époque. En effet, bien des personnes admettaient alors la présence du gaz hydrogène dans les hautes régions de l'air. Les observations de Biot et Gay-

Lussac dissipèrent cette erreur. On savait par les expériences de Berthollet et d'Humphry Davy, que l'air, sous toutes les latitudes, et pris à une faible hauteur au-dessus de la mer, présente partout la même composition. De Saussure, dans sa célèbre ascension au mont Blanc, avait rapporté de l'air atmosphérique, qu'il avait analysé, et qui s'était montré parfaitement identique, dans sa composition, avec l'air de la plaine. Mais le mont Blanc n'a que 4.810 mètres.

Il importait donc d'analyser de l'air recueilli dans une région plus élevée encore. Un aérostat donnait seul le moyen de pénétrer dans ces régions extrêmes. Tel fut précisément le résultat scientifique auquel conduisit l'ascension aérostatique de Gay-Lussac.

En terminant la relation de son beau voyage, Gay-Lussac exprimait le vœu que l'Académie lui donnât les moyens de continuer cette

série d'expériences intéressantes. Malheureusement on ne donna aucune suite à ce vœu. Après le voyage de Biot et Gay-Lussac, les seules ascensions effectuées dans l'intérêt exclusif des sciences se réduisent à une courte excursion aérienne faite en Amérique par de Humboldt, qui n'apprit rien de nouveau sur la physique du globe. Il faut franchir un intervalle de près de cinquante ans pour trouver des ascensions exécutées dans un intérêt purement scientifique, ascensions dont nous allons immédiatement nous occuper, car elles font, pour ainsi dire, suite aux ascen-



Fig. 46. — Biot.

sions de Gay-Lussac et Biot. Nous reprendrons après, selon l'ordre historique, la marche et le développement de l'aérostation.

*Ascensions de Barral et Bixio* Ce n'est qu'en 1850 que les physiciens, voulant étudier la constitution physique de l'atmosphère, s'engagèrent dans la voie tracée au commencement du XIX<sup>e</sup> siècle par Biot et Gay-Lussac.

Barral et Bixio donnèrent le signal de la reprise des expériences dans l'atmosphère, en concevant le projet de s'élever en ballon à une grande hauteur, pour étudier, avec des instruments perfectionnés, plusieurs phénomènes météorologiques encore imparfaitement observés.

L'ascension eut lieu devant l'Observatoire, le 29 juin 1850, à 10 heures et demie du matin. Le ballon était rempli d'hydrogène pur, préparé au moyen de la réaction de l'acide chlorhydrique sur le fer. Tous les instruments, baromètres, thermomètres, hygromètres, ballons destinés à recueillir de l'air, etc., étaient rangés, suspendus à un cercle, au-dessus de la nacelle où se placèrent les voyageurs.

Cependant, au moment de partir, on reconnut que plusieurs dispositions de l'appareil aérostatique étaient loin d'être convenables, et faisaient craindre pour l'expédition un dénouement fâcheux. Le ballon fourni était vieux et d'une étoffe usée, le filet trop étroit; les cordes qui supportaient la nacelle étaient trop courtes: aussi, au lieu de rester suspendue, comme à l'ordinaire, à quelques mètres au-dessus de l'aérostat, la nacelle se trouvait-elle presque en contact avec lui. Enfin, une pluie torrentielle vint à tomber; sous l'action des rafales, l'étoffe du ballon se déchira en plusieurs points, et l'on fut obligé de la raccommoder, à grand'peine et en toute hâte. Les conditions étaient donc de tout point défavorables, et la prudence commandait de différer le départ. Mais les

voyageurs ne voulurent rien entendre; l'ordre fut donné de lâcher les cordes, et le ballon, dont la force ascensionnelle n'avait pas même été mesurée, s'élança avec la rapidité d'une flèche. On le suivit d'un œil inquiet, jusqu'au moment où on le vit disparaître dans un nuage.

Ensevelis dans un brouillard obscur et épais, Barral et Bixio restèrent près d'un quart d'heure avant de revoir le jour. Sortant enfin de ce nuage, ils s'élançèrent vers le ciel, et n'eurent au-dessus de leurs têtes qu'une voûte bleue étincelante de lumière. Ils commencèrent alors leurs observations. La colonne du baromètre ne présentait que 45 centimètres, ce qui indiquait une élévation de 4.242 mètres au-dessus du niveau de la mer. Le thermomètre, qui à terre marquait 20 degrés, était tombé à 7 degrés.

Pendant qu'ils se livraient à ces premières observations, le baromètre continuait de baisser, et la vitesse d'ascension ne faisait que s'accroître. En effet, le ballon avait quitté la terre, saturé d'humidité; en arrivant dans la région supérieure aux nuages, dans un espace sec, raréfié, directement exposé aux rayons solaires, il se délestait spontanément par l'évaporation de l'humidité, et sa force ascensionnelle allait toujours croissant. Cependant les voyageurs, tout entiers au soin de leurs expériences, songeaient à peine à donner un regard à la machine qui les emportait, et ne s'apercevaient aucunement de l'allure dangereuse qu'elle commençait à prendre. La chaleur du soleil, agissant sur le gaz, le dilatait considérablement, et comme nos aéronautes inexpérimentés ne songeaient pas à ouvrir la soupape, pour lui donner issue, les parois du ballon, violemment distendues, faisaient effort comme pour éclater: Barral et Bixio ne pensaient qu'à relever les indications de leurs instruments.

Ils avaient déjà fait l'essai du *polarimètre* d'Arago; ils notèrent la hauteur du baromètre qui indiquait une élévation de 5.893 mètres. Enfin ils se disposaient à observer le

thermomètre, et comme l'instrument s'était chargé d'une légère couche de glace, l'un d'eux s'occupait à l'essuyer, pour reconnaître la hauteur de la colonne, lorsqu'il s'avisa par hasard de lever la tête...; il demeura stupéfait du spectacle qui s'offrit à lui. Le

ballon, gonflé outre mesure, était descendu jusque sur la nacelle, et la couvrait comme d'un immense manteau.

Que s'était-il donc passé? Un fait bien simple et bien facile à prévoir. La soupape n'ayant pas été ouverte, pour donner issue à l'excès du gaz dilaté par la chaleur solaire, le ballon s'était peu à peu enflé et distendu de toutes

parts. Comme le filet était trop petit, comme les cordes qui supportaient la nacelle étaient trop courtes, la ballon, en se distendant, commença par peser sur le cercle qui porte la nacelle; puis, son volume augmentant toujours, il avait fini par pénétrer dans ce cercle. En ce moment, il faisait hernie à travers sa circonférence, et cou-

vrait les expérimentateurs comme d'un vaste chapeau. En quelques minutes, tout mouvement leur devint impossible. Ils essayèrent de donner issue à l'excédent de gaz en faisant jouer la soupape; mais il était trop tard, la soupape était condamnée: sa corde,

pressée entre le cercle de suspension et la tumeur proéminente de l'aérostate ne transmettait plus l'action de la main.

Barral plongea son couteau dans les flancs de l'aérostate. Le gaz, s'échappant aussitôt, vint inonder la nacelle et l'envelopper d'une atmosphère irrespirable. Les aéronautes en furent

l'un et l'autre à demi asphyxiés, et se trouvèrent pris de vomissements abondants. En même temps, le ballon commença à descendre à toute vitesse. En revenant à eux ils aperçurent dans l'enveloppe du ballon une déchirure de plus d'un mètre et demi, provenant du coup de couteau, et par laquelle le gaz, s'échappant à grands flots, provoquait



Fig. 47. — Ascension de Barral et Bixio. Départ de l'Observatoire le 27 juillet 1850. (D'après une gravure de l'époque.)

leur chute précipitée. La rapidité de cette descente leur sauva la vie, car elle les débarrassa du gaz irrespirable qui se dégageait au-dessus de leurs têtes.

Dans cette situation, Barral et Bixio ne durent plus songer qu'à préserver leur existence. Il fallait, pour cela, amortir, en arrivant à terre, l'accélération de leur chute. Barral montra, dans cette manœuvre, toute l'habileté et tout le sang-froid d'un aéronaute consommé. Il rassemble son lest et tous les objets autres que les instruments qui chargent la nacelle, il mesure du regard la distance qui les sépare de la terre, et qui diminue avec une rapidité effrayante; dès qu'il se croit assez rapproché du sol, il jette la cargaison par-dessus bord : neuf sacs de sable, les couvertures de laine, les bottes fourrées, tout y passe, excepté les précieux instruments qu'il tient à honneur de rapporter intacts. La manœuvre réussit aussi bien que possible; le ballon tomba sans trop de violence au milieu d'une vigne du territoire de Lagny, dans le département de Seine-et-Marne.

Bixio sortit sain et sauf; Barral en fut quitte pour une égratignure et une contusion au visage. Cette périlleuse expédition n'avait duré que quarante-sept minutes, et la descente s'était effectuée en sept minutes.

Un voyage exécuté dans des conditions pareilles, ne pouvait rapporter à la Science un bien riche contingent. Cependant les deux physiciens reconnurent que la lumière des nuages n'est pas polarisée, ainsi que l'avait présumé Arago. Ils constatèrent que la décroissance de température s'était montrée à peu près semblable à celle que Gay-Lussac avait notée dans son ascension. Enfin on put déduire de leurs mesures barométriques, comparées à celles effectuées à l'Observatoire au même moment, que, dans la région où le ballon se déchira, les voyageurs étaient déjà parvenus à la hauteur de 5.200 mètres.

Le mauvais résultat de cette première tentative ne découragea pas les deux intré-

pides explorateurs. Un mois après, ils exécutaient une nouvelle ascension. Seulement, on sera peut-être surpris d'apprendre qu'en dépit des mauvais services que leur avait rendus leur aérostat, ils osèrent se confier encore à la même nacelle, suspendue au même ballon. Il était facile de prévoir que les accidents qui les avaient assaillis la première fois, se reproduiraient encore, et l'événement justifia ces craintes.

Cette seconde ascension eut lieu le 27 juillet 1850. Les aéronautes partirent de l'Observatoire, en présence d'Arago. On voyait disposés dans leur nacelle, deux baromètres à siphon gradués sur verre, et trois thermomètres dont les réservoirs présentaient des états de surface différents. L'un rayonnait par sa surface naturelle de verre; le second était recouvert de noir de fumée, et le troisième était protégé par une enveloppe d'argent poli; tous trois étaient destinés à être impressionnés directement par le rayonnement solaire. Un quatrième thermomètre, entouré de plusieurs enveloppes concentriques et espacées, était destiné à donner la température à l'ombre. Il y avait enfin deux autres thermomètres, dont la boule était entourée d'un linge mouillé. Les aéronautes emportaient des ballons vides, des tubes pleins de potasse caustique et de fragments de pierre ponce imbibée d'acide sulfurique, destinés à s'emparer de l'acide carbonique de l'air injecté par des corps de pompe d'une capacité connue, et qui devaient servir à déterminer la richesse de l'air pris à de grandes hauteurs.

Un thermomètre à *minima* et un baromètre à indications enregistrées automatiquement étaient enfermés dans des boîtes métalliques à jour, et protégés par un cachet qu'on ne devait briser qu'au retour. La plupart de ces instruments portaient des échelles arbitraires, afin de laisser les observateurs à l'abri de toute préoccupation de leur part, qui aurait pu réagir involontairement sur les résultats. Pour étudier la nature de la

lumière des espaces célestes, on emporta le petit *polariscope* d'Arago.

Entre 2.000 et 2.500 mètres, les aéronautes entrèrent dans un nuage d'au moins 5 kilomètres d'épaisseur; car, à 7.000 mètres ils n'en étaient pas encore sortis. Il se forma, à cette hauteur, une éclaircie qui laissait voir le bleu du ciel. La lumière, à cette hauteur, était fortement polarisée, tandis que la lumière transmise par les nuages ne l'était point. Le soleil se montrait alors faiblement à travers la brume congelée, et en même temps une seconde image apparut au-dessous de la nacelle, symétrique par rapport à l'image directe. C'était évidemment une image réfléchie.

Arrivés à 3.750 mètres, nos aéronautes lâchent du lest pour s'élever davantage. Les thermomètres marquaient déjà 0°. Mais, par suite de l'expansion du gaz à cette hauteur, le ballon se déchira. Cet accident ne les arrêta pas; ils jetèrent encore de leur lest.

A 6.000 mètres, on rencontra de petits glaçons, en forme d'aiguilles extrêmement fines, qui couvraient tous les objets. La présence de ces aiguilles de glace, à une telle hauteur, et en plein été, prouva la vérité de l'hypothèse qui sert à expliquer les *halos*, *parhélies*, etc.

A la hauteur de 7.004 mètres les attendait un phénomène météorologique si extraordinaire, qu'il valut à lui seul le voyage dans ces régions.

Le thermomètre s'abaissa sous leurs yeux à la température, extraordinaire, de — 39°, point voisin de la congélation du mercure.

On s'attendait si peu à cet abaissement de température, que les instruments étaient impuissants à l'accuser, leur graduation n'étant pas prolongée assez bas, et presque toutes les colonnes étaient rentrées dans les cuvettes. Deux degrés de moins encore et le mercure des thermomètres et du baromètre se congelait, en brisant tous les tubes.

Ce froid s'était fait sentir, d'ailleurs, très brusquement. C'est à partir seulement des 600 derniers mètres que la loi du décroissement de température fut ainsi troublée inopinément. Il est probable que le nuage que les observateurs traversaient, était le théâtre particulier de cette température anormale. Il est certain du moins qu'un froid rigoureux n'est point spécial à cette hauteur, car Gay-Lussac, en s'élevant, à 7.016 mètres, n'avait rencontré que — 9 degrés et demi. On voit, par la différence de ces résultats, combien il est difficile de procéder à



Fig. 48. — Barral.

des expériences de ce genre, et à quelles divergences contradictoires on peut s'attendre.

Ce froid extraordinaire congelait l'humidité du nuage en formant une multitude de petites aiguilles de glace aux arêtes vives et aux facettes polies. Ces aiguilles se montraient en telle abondance qu'elle tombaient comme un sable fin, et se déposaient sur le carnet des observateurs.

Les effets physiologiques ne présentèrent rien de particulier à nos observateurs. Barral et Bixio n'eurent ni douleurs d'oreilles, ni hémorragie, ni gêne de la respiration.

Par ce froid extraordinaire de  $-39^{\circ}$ , ils n'étaient pas fort à l'aise, assis dans une nacelle et n'étant pas prémunis contre un abaissement si considérable de la température<sup>1</sup>. Leurs doigts engourdis finirent par les fort mal servir, à tel point qu'un des thermomètres à rayonnement se brisa entre leurs mains. Au même moment ils perdirent, en voulant l'ouvrir, un des ballons vides qu'ils avaient emportés, dans l'intention d'y recueillir de l'air.

Cependant la déchirure de leur ballon devait les forcer à descendre assez promptement. Il fallut, bon gré, mal gré, regagner la terre. La chute fut même assez violente.

En touchant terre au hameau de Peux, dans l'arrondissement de Coulommiers (Seine-et-Marne), Bixio et Barral avaient complètement épuisé leur lest; ils avaient même jeté comme tel tout ce qui, hors les instruments, leur avait paru capable de soulager la nacelle.

Partis à 4 heures, ils arrivèrent à 5 heures 30 minutes, après avoir parcouru une distance de 69 kilomètres. La manœuvre dé-

1. Nous croyons intéressant de donner, à l'appui des observations si remarquables de Bixio et Barral, les résultats rapportés par un *ballon-sonde* lancé dans l'atmosphère de l'Observatoire du Puy-de-Dôme, le 7 juillet 1910 :

Altitude.	Température.	Humidité relative.
—	—	—
Mètres.	Degrés.	
370	11,8	70
500	12,1	68
1000	10,2	75
1500	5,1	92
2000	2,3	92
2500	3,7	55
3000	1,2	50
3500	— 0,9	40
4000	— 3,9	37
4500	— 7,0	37
5000	— 10,8	37
6000	— 14,5	33
7000	— 21,3	34
8000	— 28,9	36
9000	— 36,9	36
9430	— 41,2	36

La température minimum fut de  $-41^{\circ},4$  et se produisit, d'après les appareils enregistreurs, à 9.360 mètres d'altitude.

licate du débarquement s'effectua sans accident.

Il ne restait plus qu'à gagner le chemin de fer. Un accident aussi contrariant que vulgaire vint encore signaler cette partie du voyage, qu'il fallut faire en charrette. Le chemin était mauvais, le cheval s'abattit, et le choc entraîna la perte de deux instruments, d'un baromètre, et du seul ballon qui restât rempli d'air pour être soumis à l'analyse.

Arago assura devant l'Académie des Sciences, que la constatation de la présence d'un nuage composé de petits glaçons, ayant une température d'environ  $40^{\circ}$  au-dessous de zéro, en plein été, à une hauteur de 6.000 mètres au-dessus du sol de l'Europe, était la plus grande découverte que la météorologie eût encore enregistrée. Elle expliquait, selon lui, comment de petits glaçons peuvent devenir le noyau de grêlons d'un volume considérable, car on comprend, disait-il, comment ils peuvent condenser autour d'eux et amener à l'état solide, les vapeurs aqueuses contenues dans les couches atmosphériques dans lesquelles ils voyagent. Arago ajoute que la même observation fait connaître la vérité de l'hypothèse de Mariotte, qui attribuait à des cristaux de glace suspendus dans l'air les *halos*, les *parhélies*, et les *parasélènes*.

La présence de ce nuage si étendu et si froid, permit à Barral et Bixio d'expliquer le refroidissement subit auquel furent en proie, à cette époque, plusieurs régions de l'Europe qui se trouvaient dans la sphère de ces vapeurs glacées.

*Ascensions de Welsh et Green* En 1852, Welsh, accompagné de Green, exécuta quatre ascensions dans un but scientifique. Les hauteurs auxquelles il parvint, sont de 5.950, 6.096, 3.850 et 6.990 mètres. La plus basse température observée par Welsh, fut de  $24^{\circ}$  au-dessous de zéro.

Comme résultat général de ses observations, Welsh a trouvé que la température

de l'air décroît uniformément jusqu'à une certaine hauteur, laquelle varie d'un jour à l'autre; cette hauteur se maintient constante sur un espace de 600 à 900 mètres, après quoi la diminution reprend assez régulièrement. D'après les expériences de Welsh, la température atmosphérique décroît, en général, d'environ 1 degré centigrade pour 165 mètres d'élévation, sans toutefois que cette règle soit constante.

*Ascensions de Glaisher et Coxwell* En 1861, l'Association britannique pour l'avancement des sciences, réunit des fonds considérables, pour exécuter une série d'ascensions aérostatiques dans un but scientifique. Glaisher, le savant chef du Bureau météorologique de Greenwich, dont nous avons parlé dans l'Avant-propos de ce volume, se chargea d'effectuer lui-même ces hardis voyages d'exploration. Coxwell, aéronaute expérimenté, accompagna toujours Glaisher.

C'est au mois de juin 1861, que commencèrent leurs ascensions scientifiques. La plus grande hauteur à laquelle les aéronautes anglais soient parvenus, est d'après eux de 10.000 mètres. Dans cette ascension mémorable, qui eut lieu le 5 septembre 1862, le thermomètre descendit à 21 degrés au-dessous de zéro, vers 8 kilomètres d'élévation. A cette prodigieuse hauteur, le froid était si intense, que Coxwell perdit l'usage de ses mains. Il ne put ouvrir la soupape, pour redescendre, en donnant issue au gaz, qu'en tirant la corde avec ses dents. Depuis la hauteur de 8.850 mètres, Glaisher était déjà

sans connaissance, et bien peu s'en fallut qu'on ne trouvât les deux voyageurs morts, gelés dans l'atmosphère.

La marche des températures, dans les diverses ascensions de Glaisher, s'est montrée, d'ailleurs, fort irrégulière; le mercure s'est maintenu au même niveau pendant un certain temps, lorsqu'on traversait un courant d'air chaud, et a même monté quelquefois de plusieurs degrés pendant que le ballon s'élevait.

Ainsi, le 17 juillet 1862, la température resta à  $-3^{\circ}$  jusqu'à 4 kilomètres de hauteur; elle se maintint à  $+5^{\circ},6$  vers 6 kilomètres, et tomba ensuite rapidement jusqu'à  $-9^{\circ}$ , à 8 kilomètres de hauteur. Des irrégularités analogues furent observées les 18 août, 5 septembre, etc.

Glaisher a pu néanmoins, en prenant les moyennes d'un grand nombre d'observations, former un tableau qui donne la variation ordinaire de la

température atmosphérique avec l'élévation. Il résulte de ce tableau que la quantité dont il faut s'élever pour avoir un abaissement de 1 degré centigrade, augmente constamment avec la hauteur que l'on occupe dans l'atmosphère. Quand le ciel est couvert de nuages, le décroissement de la température, dans le premier kilomètre, est moindre que lorsque le temps est serein; ce qui se comprend facilement, si l'on réfléchit que les nuages jouent le rôle d'une sorte d'écran contre le rayonnement de la chaleur terrestre.

L'humidité diminue assez vite à mesure qu'on s'élève dans les hautes régions de

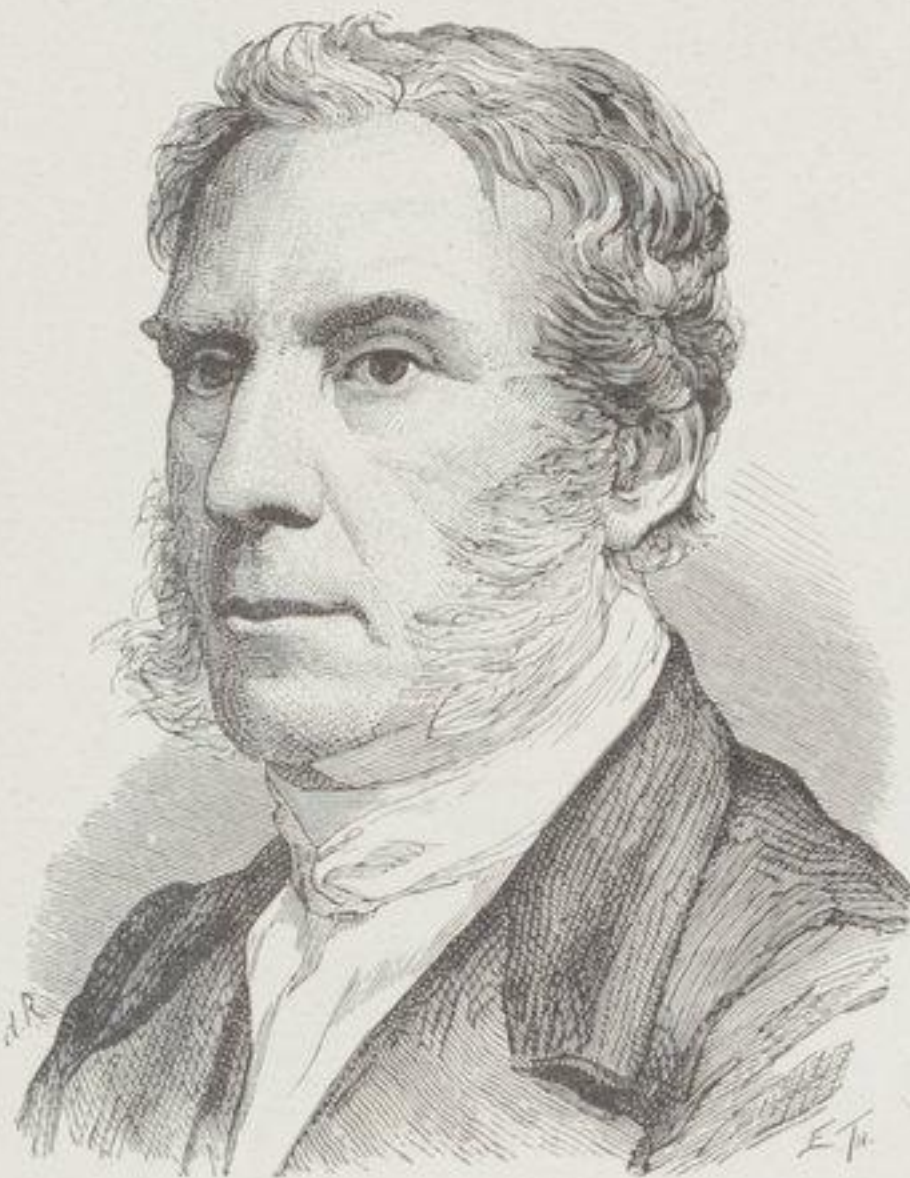


Fig. 49. — Glaisher.

l'air. A 6 ou 7 kilomètres de hauteur, elle n'est plus que les 12 ou 16 centièmes de ce qu'elle est quand l'air est saturé de vapeurs d'eau.

L'électricité de l'air est positive, elle diminue avec la hauteur, comme l'humidité; à 700 mètres, l'électroscope n'en accuse presque plus de traces.

Les expériences ozonométriques n'ont fourni aucun résultat décisif.

En ce qui concerne les observations physiologiques, on a trouvé, en général, que les mouvements du pouls sont accélérés; mais ce phénomène est

peu constant, et diffère d'une personne à l'autre. Les mains et les lèvres de Glaisher bleuirent plusieurs fois entre 6.000 et 7.000 mètres de hauteur.

Glaisher a fait, sur la propagation des sons, plusieurs expériences intéressantes. On entendait, à une hauteur de 3 kilomètres, l'aboiement d'un chien. Le sifflet

d'une locomotive fut perçu à la même hauteur; on l'entendit même un jour que l'atmosphère était extrêmement humide, à une hauteur de *six kilomètres et demi* dans l'air. C'est la plus grande hauteur à laquelle l'oreille ait pu percevoir des bruits partis de la surface terrestre.

Dans la même ascension exécutée à la fin du mois de juin 1862, Glaisher entendit le vent gémir sous lui, lorsqu'il se trouvait à 3 kilomètres d'élévation. Le 31 mars de la même année, le sourd murmure de Londres s'entendait encore à 2 kilomètres de hauteur. Un autre jour, au contraire, les cris

de plusieurs milliers de personnes n'étaient plus perceptibles au-dessus de 1.500 mètres.

Le 31 mars et le 18 avril 1863, Glaisher fit des observations très intéressantes sur le *spectroscope*, c'est-à-dire l'instrument d'optique qui permet d'examiner la nature de la lumière décomposée, et d'observer les raies obscures qui existent dans ce *spectre*.

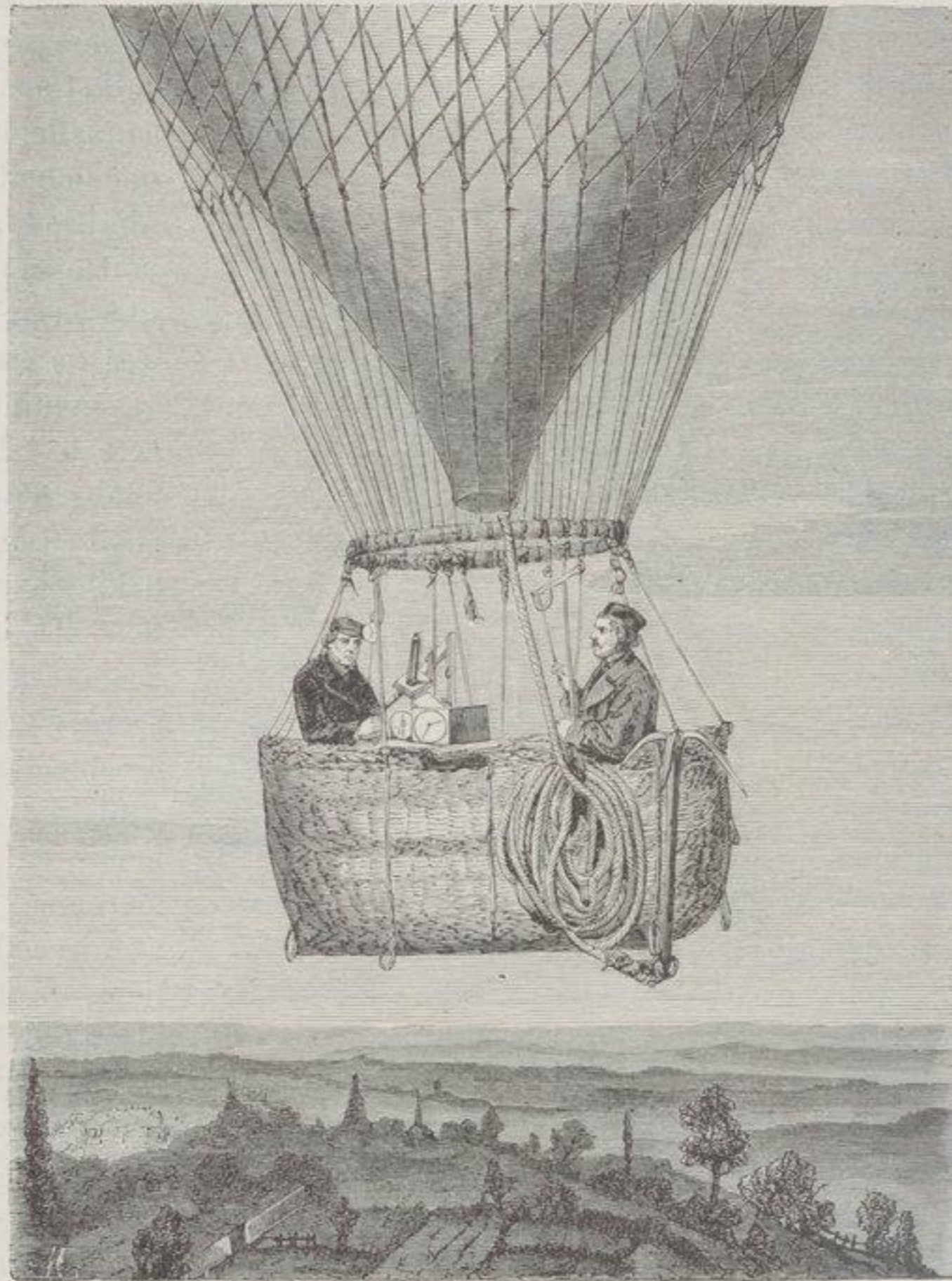


Fig. 50. — Glaisher et Coxwell procèdent, dans la nacelle de l'aérostat, à des observations météorologiques. (D'après une ancienne gravure.)



Le 31 mars 1863, Glaisher partait du palais de Sydenham, à 4 heures du soir, par une température de + 10 degrés.

Le but de cette ascension était l'étude des raies noires de Fraunhofer dans le spectre solaire et dans le spectre provenant de la lumière diffuse de l'atmosphère. Glaisher avait emporté avec lui un spectroscopie, composé d'un tube muni d'un prisme, d'un objectif et d'une lunette dirigée sur le prisme.

Comme on ne pouvait faire dans un aérostaut, des mesures micrométriques, on dut se borner à constater l'aspect du spectre à différentes hauteurs. On remarqua que le spectre se raccourcissait au fur et à mesure que l'aérostaut atteignait une plus grande hauteur.

A la hauteur de 6.400 mètres, il n'en restait plus qu'une petite nuance jaune. A 7.240 mètres, on ne vit plus rien. En descendant de nouveau à la hauteur de 4.800 mètres, où l'on arriva à 5 heures 43 minutes, après l'avoir atteinte pour la première fois une heure auparavant, on ne vit pas de spectre; Glaisher ouvrit la fente du spectroscopie, et il aperçut alors une faible trace de couleur. Ce dernier fait suggéra l'idée que le spectre se raccourcissait à mesure que le soleil se rapprochait de l'horizon, et que le jour baissait. On toucha terre à 6 heures et demie, juste au coucher du soleil.

Les observations de Glaisher ne résolvaient donc pas la question de savoir si la hauteur à laquelle on s'élève, influe beau-

coup sur la forme du spectre solaire. Une nouvelle ascension était indispensable : elle eut lieu le 18 avril 1863, à 1 heure de l'après-midi. Glaisher emporta le même appareil, et il le couvrit de drap noir pour éviter la lumière diffuse latérale.

A 2 heures et demie, on atteignit la plus grande hauteur, 7.250 mètres. A une altitude d'environ 6.000 mètres, Glaisher perdit toute trace du spectre en observant la région nord du ciel; le soleil n'était pas visible à

cause de la position du ballon. Il conçut alors des inquiétudes, croyant d'abord qu'il y avait quelque chose de dérangé dans le spectroscopie. Mais tout était en bon état. Il était évident que la lumière diffuse du ciel sans nuage est trop faible pour donner un spectre, excepté dans le voisinage du soleil. Quand le tournoiement du ballon permettait d'approcher le tube de l'astre radieux, le spectre reparaisait; enfin, un rayon direct de lumière solaire

frappa la fente du spectroscopie, et Glaisher vit immédiatement le spectre dans tout son éclat, depuis le rouge jusqu'au delà du violet. Il distinguait d'innombrables raies noires, beaucoup plus que lorsqu'il se trouvait au niveau du sol; tandis qu'on aurait dû s'attendre à voir s'effacer peu à peu un certain nombre de raies telluriques, dues à l'absorption de l'atmosphère terrestre.

Glaisher tira, de ce fait, la conclusion, qu'il n'y a pas de raies telluriques.

La descente de l'aérostaut fut très périlleuse. Coxwell, qui dirigeait ses regards vers la terre, s'aperçut tout à coup qu'on



Fig. 51. — Coxwell.

s'approchait de la côte de la Manche. Pour ne pas tomber à la mer, il résolut de redescendre à toute vitesse. On donna donc issue au gaz, et le ballon s'abattit avec une effrayante rapidité. Heureusement la nacelle était construite en forme de parachute, et l'on put ralentir la vitesse en jetant du lest. Néanmoins les trois derniers kilomètres furent franchis en quatre minutes seulement, et le choc fut si violent que la plupart des instruments furent brisés. On ne conserva que quelques ballons d'air recueilli dans les plus hautes régions. C'est à 2 heures 50 minutes que les aéronautes touchaient terre, près de la station de Newhaven.

Un résultat important des dernières ascensions scientifiques de Glaisher, c'est la détermination de la loi de décroissance des températures selon la hauteur. Les résultats que nous avons rapportés plus haut laissaient indécis le véritable chiffre de cette décroissance. Dans ces dernières observations Glaisher obtint des chiffres plus positifs. Selon lui, quand le ciel est serein, la température s'abaisse d'abord de 1 degré centigrade par 55 mètres; mais, vers 9 ou 10 kilomètres d'élévation, la décroissance se ralentit considérablement; elle n'est que de 1 degré pour 550 mètres.

Ainsi, ce rapport varie beaucoup, et l'on a eu tort de le supposer constant: (on avait admis jusqu'à un abaissement régulier de 1 degré par 165 mètres).

Dans son ascension du 31 mars 1863, Glaisher trouva la température de l'air à 18 degrés au-dessous de zéro, vers 7.250 mètres d'altitude.

Dans une ascension faite au mois de juillet suivant, il entra dans un nuage, à 600 mètres d'élévation. Il entendit, à 3 ki-

lomètres, une sorte de gémissement qui venait des régions inférieures et semblait annoncer un orage. A 3 kilomètres et demi, il rencontra une petite pluie. Il entra ensuite de nouveau dans les nuages. La température oscillait autour du point zéro; à 5.200 mètres, elle était montée à 2 degrés; vers 5.600 mètres, elle était tombée à — 5 degrés. Vers 6.800 mètres, elle atteignit son minimum: 8 degrés au-dessous de zéro. Le ciel, à cette hauteur, était couvert de *cirrus*, et il était d'un bleu pâle dans les éclaircies. On planait au-dessus des nuages, mais tout alentour on ne voyait qu'une immense mer de brouillards, sans formes nettement accusées.

Pendant la descente, de grosses gouttes d'eau tombaient sur le ballon, lorsqu'on était encore à 5 kilomètres du sol. Depuis 4 jusqu'à 3 kilomètres de la terre, on traversait une tourmente de neige. Seulement, au lieu de tomber, la neige semblait s'élever autour du ballon, qui descendait plus rapidement. On ne voyait guère de flocons neigeux, mais beaucoup de cristaux aciculaires, c'est-à-dire présentant la forme de petites aiguilles. La neige cessa à 3 kilomètres de hauteur; les couches inférieures de l'air offraient alors une teinte brune, extrêmement foncée et sombre. A 1.500 mètres, les aéronautes avaient épuisé leur lest, et le ballon tomba comme un corps inerte. Il arriva à terre en produisant un choc qui brisa plusieurs instruments.

Tel est le résumé des observations faites par le physicien anglais, pendant ses ascensions aérostatiques de 1863.

Elles fournirent sur plusieurs points de la physique du globe, des éclaircissements utiles.

## CHAPITRE IV

### ASCENSIONS DIVERSES

DRAMES AÉRIENS. — MADAME BLANCHARD. — ZAMBECCARI. — HARRIS.  
AUTRES DRAMES AÉRIENS.

Nous venons d'examiner, dans les deux précédents chapitres, l'utilisation des premiers aérostats au point de vue militaire et au point de vue scientifique. Mais l'aérostation, qui avait été mise, au début, sous le patronage des Académies et des savants, fut, petit à petit, délaissée par eux et considérée comme une sorte de métier. Un grand nombre d'aéronautes embrassèrent cette carrière périlleuse, mais lucrative. Sous le Directoire et le Consulat presque toutes les réjouissances publiques se terminaient par quelque ascension aérostatique, attraction qui, d'ailleurs, s'est continuée jusqu'à nos jours.

Nous ne rapportons pas en détail les différentes ascensions exécutées par

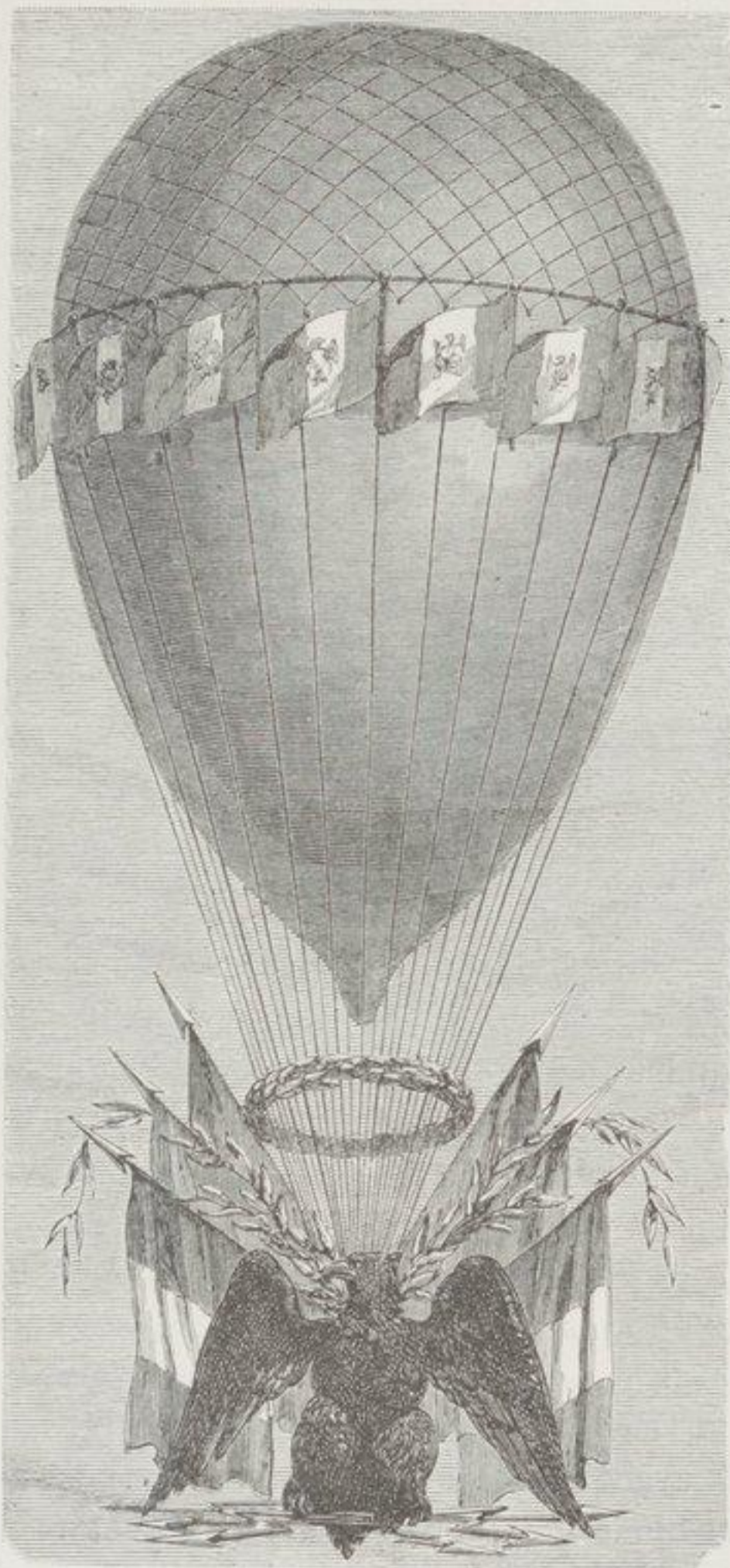


Fig. 52. — Le ballon lancé par Garnerin le jour du couronnement de l'empereur Napoléon I<sup>er</sup>.

signaler, au point de vue historique, ceux de ces événements qui ont marqué l'empreinte la plus vive dans les souvenirs du public.

Le 16 décembre 1803, à 11 heures du soir, à l'occasion du couronnement de Napoléon I<sup>er</sup>, un ballon de grandes dimensions, construit par Garnerin, s'éleva de la place Notre-Dame. Trois mille verres de couleur illuminaient ce globe qui était surmonté d'une couronne impériale richement dorée, et portant, tracée en lettres d'or sur sa circonférence, cette inscription : *Paris, 25 frimaire an XIII, couronnement de l'empereur Napoléon par Sa Sainteté Pie VII*. La colossale machine monta rapidement et

disparut bientôt au bruit des applaudissements de la population parisienne.

Le lendemain, à la pointe du jour, quelques habitants de Rome aperçurent un petit point lumineux brillant dans le ciel au-dessus de la coupole de Saint-Pierre. D'abord très peu visible, il grandit rapidement et laissa apercevoir enfin un globe radieux planant majestueusement au-dessus de la ville éternelle. Il resta quelque temps stationnaire, puis il s'éloigna et alla tomber dans la campagne romaine.

C'était le ballon lancé la veille du parvis Notre-Dame. Par le plus extraordinaire des hasards, le vent, qui soufflait, cette nuit-là, dans la direction de l'Italie, l'avait porté à Rome dans l'intervalle de quelques heures.

Le ballon recueilli fut suspendu à Rome, à la voûte du Vatican, où il demeura jusqu'en 1814.

*Drames aériens Madame Blanchard* Dans cette période d'exhibitions in-

dustrielles, l'aérostation a eu ses désastres aussi bien que ses triomphes, et nous ne pouvons nous dispenser de rappeler les faits principaux qui résument la nécrologie au début de cet art périlleux. L'événement qui, sous ce rapport, a le plus vivement impressionné le public, fut, sans contredit la mort de M<sup>me</sup> Blanchard.

M<sup>me</sup> Blanchard était la veuve de l'aéronaute de ce nom. Après avoir amassé une fortune considérable dans le cours de ses innombrables ascensions, Blanchard avait tout perdu, et était mort dans la misère.

Mais sa veuve fut mieux avisée : elle rétablit sa fortune en embrassant la carrière de son mari. Elle fit un très grand nombre de voyages aériens, et finit par acquérir une telle habitude de ces périlleux exercices, qu'il lui arrivait souvent de s'endormir pendant la nuit dans son étroite nacelle, et d'attendre ainsi le lever du jour, pour opérer sa descente.

En 1817, elle exécutait à Nantes sa cinquante-troisième ascension, lorsque, ayant voulu descendre dans la plaine, à quatre lieues de la ville, elle tomba au milieu d'un marais. Comme son ballon s'était accroché aux branches d'un arbre, elle y aurait péri, si l'on ne fût venu la dégager.

Le 16 juillet 1819, M<sup>me</sup> Blanchard s'éleva, au milieu d'une fête donnée au Tivoli de la rue Saint-Lazare; elle emportait avec elle un parachute muni d'une couronne de flammes de Bengale, afin de donner au public le spectacle d'un feu d'artifice des-

endant du milieu des airs. Elle tenait à la main une *lance à feu* pour allumer ses pièces. Un faux mouvement mit l'orifice du ballon en contact avec la lance à feu : le gaz hydrogène s'enflamma. Aussitôt une immense colonne de feu s'éleva au-dessus de la machine, et frappa d'effroi les nombreux spectateurs, réunis à Tivoli et dans le quartier Montmartre.

On vit alors distinctement M<sup>me</sup> Blanchard essayer d'éteindre l'incendie en comprimant l'orifice inférieur du ballon; puis, reconnaissant l'inutilité de ses efforts, elle



Fig. 53. — M<sup>me</sup> Blanchard.

s'assit dans la nacelle et attendit. Le gaz brûla pendant plusieurs minutes, sans communiquer le feu à l'enveloppe du ballon. La rapidité de la descente était très modérée, et il n'est pas douteux que, si le vent l'eût dirigée vers la campagne, madame Blanchard serait arrivée à terre sans accident. Malheureusement il n'en fut pas ainsi : le ballon vint s'abattre sur Paris; il tomba sur le toit d'une maison de la rue de Provence. La nacelle glissa sur la pente du toit, du côté de la rue.

« A moi! » cria madame Blanchard.

Ce furent ses dernières paroles. En glissant sur le toit, la nacelle rencontra un crampon de fer; elle s'arrêta brusquement et par suite de cette secousse, l'infortunée aéronaute fut précipitée hors de la nacelle, et tomba, la tête la première, sur le pavé. On la releva le crâne fracassé; le ballon, entièrement vide, pendait avec son filet,

du haut du toit, jusque dans la rue.

*Zambeccari* Un autre martyr de l'aérostation fut le comte François Zambeccari, noble habitant de Bologne, en Italie.

Zambeccari s'était consacré de bonne heure à l'étude des sciences.

Il avait imaginé de se servir d'une lampe à esprit-de-vin, dont il dirigeait à volonté la flamme pour faire monter ou descendre à son gré l'aérostât, une fois qu'il se trouvait en équilibre dans l'atmosphère.

La lampe à esprit-de-vin de

Zambeccari, de forme circulaire, était percée sur son pourtour de vingt-quatre trous garnis d'une mèche et surmontés de sortes d'éteignoirs, ou écrans, qui permettaient d'arrêter, à volonté, la combustion sur un des points de la lampe.

Nous n'avons pas besoin de faire remarquer l'imprudence évidente que présentait



Fig. 54. — Mort de M<sup>me</sup> Blanchard, le 16 juillet 1819, à Paris.  
(D'après une gravure de l'époque.)

ce système consistant à placer une lampe à esprit-de-vin allumée, dans le voisinage d'un gaz très inflammable.

En effet, pendant la première ascension que Zambeccari exécuta à Bologne, son aérostat vint heurter contre un arbre; la lampe se brisa par le choc, l'esprit-de-vin se répandit sur ses vêtements, et s'enflamma. Zambeccari fut couvert de feu, et c'est dans cette situation effrayante que les spectateurs le virent disparaître au delà des nuages. Il réussit, néanmoins, à arrêter les progrès de cet incendie, et redescendit, mais couvert de cruelles blessures.

En dépit de cet accident, Zambeccari persista dans son projet fatal.

Toutes ses dispositions étant prises, l'ascension dans laquelle il devait faire l'essai de son appareil, fut fixée aux premiers jours de septembre 1804. Des obstacles et des difficultés de tout genre vinrent contrarier les préparatifs de son voyage. Malgré le fâcheux état où se trouvait son ballon, à moitié détruit par le mauvais temps, il se décida à partir.

Zambeccari avait pris pour compagnons de voyage deux de ses compatriotes, Andreoli et Grassetti. Après avoir plané quelque temps, ils se trouvèrent tout à coup emportés avec une rapidité inconcevable vers les régions supérieures. Zambeccari, qui n'avait pris aucune nourriture depuis vingt-quatre heures, surpris par le froid excessif qui régnait à cette hauteur, s'évanouit dans la nacelle. Il en arriva autant à son compagnon Grassetti.

Andreoli, seul, resta éveillé, bien qu'il souffrit considérablement du froid. Il reconnut, en examinant le baromètre, que l'aérostat commençait à descendre avec une assez grande rapidité; il essaya alors de réveiller ses deux compagnons, et réussit, après de longs efforts, à les remettre sur pied.

Il était 2 heures du matin; les aéronautes avaient jeté, comme inutile, la lampe à esprit-de-vin.

L'aérostat continuait cependant à descendre lentement, à travers une couche épaisse de nuages blanchâtres. Ces nuages dépassés, Andreoli crut entendre dans le lointain le sourd mugissement des flots. En effet, ils tombaient dans l'Adriatique.

A 3 heures, les aéronautes reconnurent avec effroi qu'ils étaient à quelques mètres à peine au-dessus de la surface des flots. Zambeccari saisit un gros sac de lest; mais, au moment

de le jeter, la nacelle s'enfonça dans la mer, et ils se trouvèrent tous dans l'eau.

Aussitôt ils rejetèrent loin d'eux tout ce qui pouvait alléger la machine: toute la provision de lest, leurs instruments, et une partie de leurs vêtements. Déchargé d'un poids considérable, l'aérostat se releva tout d'un coup. Il remonta avec une telle rapidité, et il s'éleva à une si grande hauteur, que Zambeccari, pris de vomissements subits, perdit connaissance. Grassetti eut une hémorragie du nez, sa poitrine était oppressée et sa respiration presque impossible. Comme ils étaient trempés jusqu'aux os, au moment



Fig. 55. — Zambeccari.

où la machine les avait emportés, le froid les saisit, et leur corps se trouva en un instant couvert d'une couche de glace. Pendant une demi-heure, l'aérostat flotta dans ces régions aériennes et se trouva porté à une grande hauteur. Au bout de ce temps, il se mit à redescendre, et retomba dans la mer.

Les aéronautes se trouvaient à peu près au milieu de l'Adriatique, la nuit était obscure et les vagues fortement agitées. La nacelle était à demi enfoncée dans l'eau, et ils avaient la moitié du corps plongée dans la mer. Quelquefois les vagues les couvraient entièrement. Heureusement le ballon, encore à demi gonflé, les empêchait de s'enfoncer davantage. Mais l'aérostat, flottant sur les eaux, formait une sorte de voile où s'engouffrait le vent; pendant plusieurs heures ils se virent ainsi trainés et ballottés à la surface des flots.

Le jour parut enfin. Ils se trouvaient vis-à-vis de Pezzaro, à une lieue environ de la côte. Ils se flattaient d'y aborder, lorsqu'un vent de terre, qui se leva tout à coup, les repoussa vers la pleine mer. Il était grand jour et ils ne voyaient autour d'eux que le ciel et l'eau. Quelques navires se montraient par intervalles; mais du plus loin qu'ils apercevaient cette machine flottante et qui brillait sur l'eau, les matelots, saisis d'effroi, s'empresaient de s'éloigner.

Cependant un navigateur, plus instruit sans doute que les précédents, reconnaissant la machine pour un ballon, envoya en toute hâte sa chaloupe. Les matelots jetèrent un câble, les aéronautes l'attachèrent à la nacelle, et ils furent de cette manière hissés, à demi morts, sur le bâtiment. Débarassé de ce poids, le ballon fit effort pour remonter dans les airs; on essaya de le retenir; mais la chaloupe était fortement secouée; le danger devenait imminent et les matelots se hâtèrent de couper le câble. Aussitôt le globe s'éleva et se perdit dans les nues.

Zambeccari avait reçu à la main des

blessures si graves, qu'un chirurgien dut lui pratiquer l'amputation de trois doigts.

Après avoir couru de si terribles dangers, Zambeccari aurait dû renoncer à jamais à de semblables entreprises. Il n'en fut rien; car, à peine remis, il recommença ses ascensions. Comme sa fortune ne lui permettait pas d'entreprendre les dépenses nécessaires à la construction de ses ballons, et que ses compatriotes lui refusaient tout secours, il s'adressa au roi de Prusse, qui lui procura les moyens de poursuivre ses projets.

Le 21 septembre 1812, Zambeccari fit, à Bologne, une nouvelle expérience. Mais elle eut, cette fois, une issue fatale. Son ballon s'accrocha à un arbre, la lampe à esprit-de-vin, à laquelle il n'avait pas renoncé, mit le feu à la machine, et l'infortuné aéronaute fut précipité sur le sol à demi consumé.

*Harris* La mort de M<sup>me</sup> Blanchard et celle de Zambeccari ne sont pas les seules tristesses qui aient marqué les débuts de l'aérostation.

Harris, ancien officier de la marine anglaise, avait embrassé la carrière de l'aérostation, et il avait fait plusieurs ascensions publiques. Il fit lui-même construire un ballon, auquel il ajouta de prétendues améliorations, qui avaient sans doute été mal conçues. Le fait est qu'il perdit la vie dans les circonstances dramatiques que nous allons raconter.

Le 8 mai 1824, Harris partit du Wauxhall de Londres, accompagné d'une jeune femme qu'il aimait passionnément. Arrivé au plus haut de sa course, et voulant redescendre, il tira la corde qui aboutissait à la soupape, pour perdre une partie du gaz et descendre d'une manière lente et graduelle. Mais il y avait, sans doute, dans la soupape, quelque vice de construction, car une fois ouverte, elle ne put se refermer, et le gaz continua de s'échapper rapidement. Malgré tous ses efforts, Harris ne put parvenir à atteindre jusqu'à la soupape, et l'aérostat

se mit à descendre avec une rapidité effrayante.

Il commença par jeter tous les sacs de lest qu'il avait emportés, et tout ce qui était susceptible d'alléger l'aérostat. Mais le ballon ! tombait toujours avec une vitesse excessive. Il jeta jusqu'à ses vêtements; mais rien ne pouvait arrêter cette terrible chute, qui allait bientôt les briser tous les deux contre la terre.

Si le ballon n'eût porté qu'un voyageur, son salut était presque assuré. L'héroïsme de l'amour

inspira, en ce moment, à Harris, un sacrifice suprême. Il embrassa sa compagne, et sa précipita dans l'espace.

La jeune femme, terrifiée, le vit tourner dans le vide, et tomba évanouie dans la nacelle.

Allégé de ce poids, le ballon, bien qu'il perdit toujours son gaz, descendit assez lentement, et arriva à terre sans occasionner la

moindre secousse à la voyageuse, toujours évanouie dans la nacelle. Elle ne rouvrit les yeux qu'en se voyant entourée de paysans accourus pour lui porter secours. Le dévouement d'Harris venait de l'arracher à

une mort épouvantable.

Autres  
dramas  
aériens

La nécrologie de l'aérostation a encore à enregistrer les noms d'Olivari, mort à Orléans en 1802; de Mosment, qui périt à Lille en 1806; de Bittorf mort à Manheim, en 1812.

Olivari était parti le 25 novembre 1802, dans une simple

montgolfière de papier, fortifiée seulement par des bandes de toile. Une nacelle d'osier, suspendue au-dessous du réchaud, était remplie de boulettes de copeaux imprégnées de matières résineuses destinées à alimenter le foyer.

Cette provision de combustible placée dans la nacelle, fut malheureusement enflammée par quelques tisons tombés du

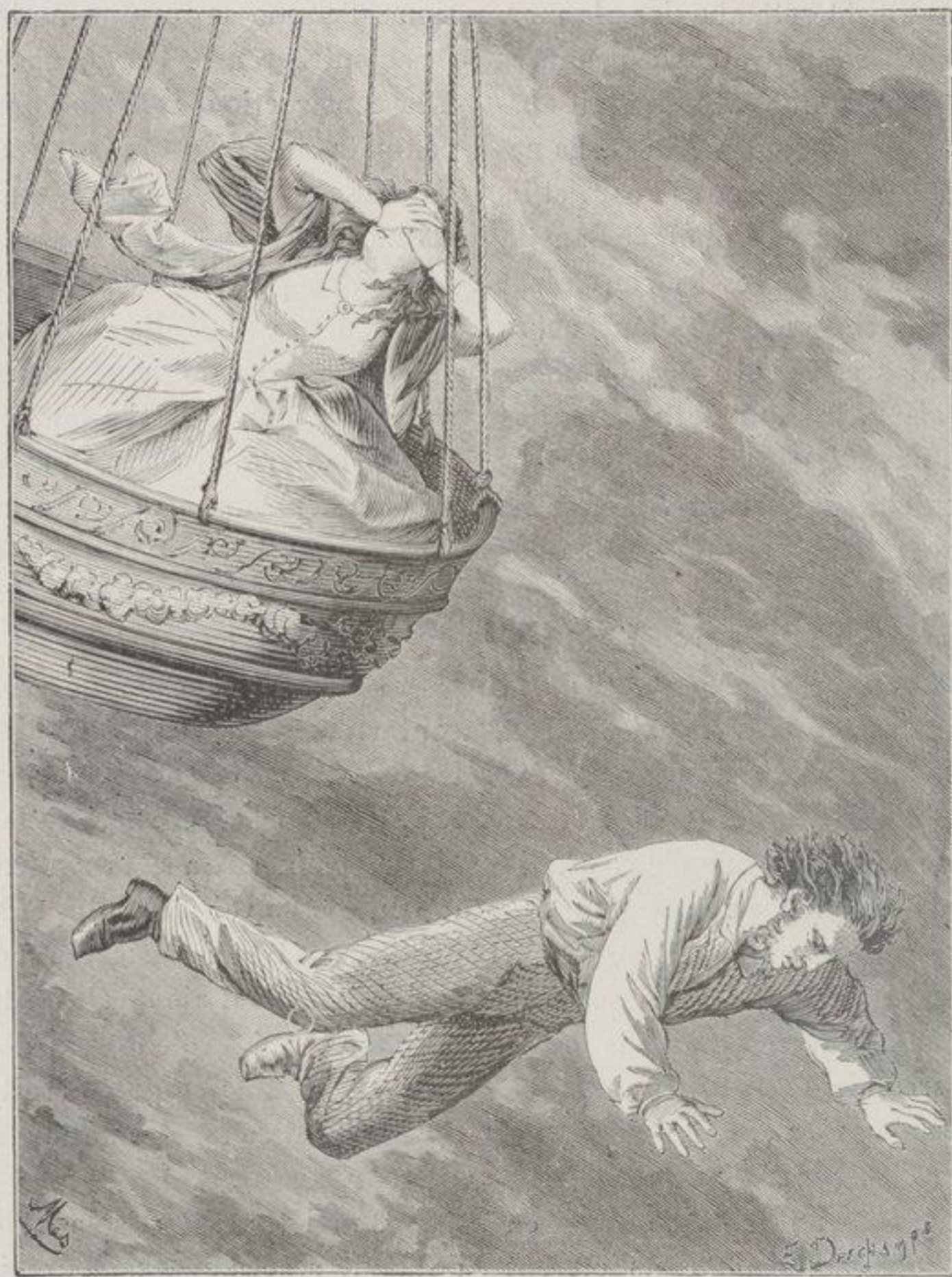


Fig. 56. — Mort d'Harris. (D'après une gravure de l'époque.)



réchaud. La nacelle prit feu, elle embrasa la montgolfière, et l'infortuné Olivari fut précipité dans l'espace, couvert de cruelles brûlures.

L'aéronaute Mosment avait coutume de s'élever debout, sur un plateau de bois, suspendu, en guise de nacelle, à son ballon de gaz hydrogène. Le 7 avril 1806, dans une ascension publique, il voulut lancer, du haut des airs, un chien attaché à un parachute. Les oscillations du ballon, subitement délesté de ce poids, ou bien encore la résistance de l'animal, qui se débattait dans le parachute, firent perdre l'équilibre à l'aéronaute, qui était placé debout sur son plateau. On le retrouva le lendemain, à moitié recouvert de sable dans un des fossés qui entourent la ville de Lille.

Comme Olivari, Bittorf périt, en Allemagne, dans une montgolfière. Malgré les dangers depuis longtemps reconnus à ce genre d'appareils, il ne faisait jamais usage que d'une montgolfière de papier, doublée de toile, de 16 mètres de diamètre, sur 20 mètres de hauteur. Il fit sa dernière expérience, à Manheim, le 7 juillet 1812.

Bittorf s'élevait à peine, lorsque la montgolfière prit feu; il fut précipité sur une des dernières maisons de la ville, et se tua sur le coup.

On peut ajouter à cette liste funèbre, le nom de l'aéronaute Émile Deschamps, qui, après avoir fait à Paris un grand nombre d'ascensions, périt à Nîmes, le 27 novembre 1853, par suite de la rupture subite de son ballon, occasionnée par la violence du vent.

Nous ne voudrions pas cependant que le récit de ces événements regrettables fit porter un jugement exagéré sur les dangers de l'aérostation. L'inexpérience, l'imprudence des aéronautes furent les principales causes

de ces malheurs, qui ont été amenés surtout par l'usage des montgolfières, dont l'emploi, dans les voyages aériens, offre tant de difficultés et de périls. Mais si l'on réfléchit au nombre considérable d'ascensions qui ont été effectuées, on n'aura pas de peine à admettre que la navigation de l'air n'offre guère plus de dangers que la navigation maritime. On évaluait à environ à quinze mille le nombre total d'ascensions effectuées jusqu'à l'année 1866. Sur ce nombre, on n'en compte pas plus de quinze, jusqu'à cette date, dans lesquelles les aéronautes aient trouvé la mort. Ces chiffres peuvent rassurer sur les périls qui accompagnent les ascensions aérostatiques. Seulement, il est certain que dans une ascension, le moindre oubli de certaines précautions peut entraîner les plus déplorables suites.

S'il fallait citer un exemple qui démontrât une fois de plus, combien la circonspection et la prudence sont des qualités indispensables dans ces exercices, il nous suffirait de rappeler la mort de l'aéronaute Georges Gale, qui produisit à Bordeaux, en 1850, une bien pénible sensation.

Georges Gale, ancien lieutenant de la marine royale d'Angleterre, s'était associé avec un de ses compatriotes, Cliffort, qui possédait un ballon magnifique, et ils se livraient ensemble à la pratique de l'aérostation. Tout Paris admira son adresse dans ses ascensions équestres, montant un cheval suspendu sous la nacelle. C'est en faisant une ascension de ce genre, qu'il périt, à Bordeaux, le 9 septembre 1850.

Georges Gale avait l'habitude, au moment de partir pour ses voyages aériens, de s'exciter par un abus de liqueurs alcooliques. La consommation avait été ce jour-là plus considérable que de coutume; son exaltation était telle que Cliffort en fut effrayé, et manifesta à son compatriote le désir de monter à sa place. Mais Gale repoussa sa proposition et s'élança dans les airs.

Le voyage, qui dura près d'une heure, fut cependant exempt de tout accident, et à 7 heures du soir, l'aéronaute descendait dans la commune de Cestas. Quelques paysans accoururent, saisirent l'aérostat, et dessanglèrent le cheval. Cependant le vent soufflait avec violence, et le ballon, délesté d'un poids considérable, faisait violemment effort pour se relever. Gale, resté dans la nacelle, indiquait aux paysans les manœuvres à exécuter pour le retenir. Par malheur, il parlait anglais, et cette circonstance, jointe à son exaltation et à son impatience naturelle, empêchait les paysans de bien exécuter ses indications. Une manœuvre mal comprise fit lâcher les cordes, et tout aussitôt le ballon, devenu libre, s'élança en ligne presque verticale, emportant l'aéronaute, qui, dans ce moment, debout dans la nacelle, fut renversé par le choc. On vit alors Gale, la tête inclinée hors de la nacelle et paraissant suffoqué.

Nul ne peut dire ce qui se passa ensuite. Seulement, à 11 heures du soir, le ballon, encore à demi gonflé, fut retrouvé au milieu d'une lande, au delà de la Croix-d'Hinx. L'appareil n'était nullement endommagé, et tous les agrès étaient à leur place; mais l'aéronaute n'y était plus, et toutes les recherches pour le retrouver près du ballon furent inutiles.

Le lendemain, à la pointe du jour, à une demi-lieue de cet endroit, un pâtre trouva un homme étendu sur la terre. Le croyant endormi, il s'avança pour l'appeler; mais il fut saisi d'horreur au spectacle qui s'offrit à lui. Le cadavre de l'infortuné aéronaute était couché sur la face, les bras brisés et ployés sous la poitrine. Le ventre était enfoncé, et les jambes fracturées en plusieurs endroits; la tête n'avait plus rien d'humain: elle avait été à moitié dévorée par des bêtes errantes.

La mort n'a cependant pas toujours été l'issue des événements dramatiques aux-

quels a donné lieu la pratique de l'aérostation. Nous placerons ici le récit de quelques-uns de ces épisodes, moins douloureux et tout aussi intéressants.

Arban, aéronaute français, avait plusieurs fois annoncé aux habitants de Trieste le spectacle d'une ascension; mais le mauvais temps l'avait empêché de mettre sa promesse à exécution. Cependant, le 8 septembre 1846, il se décida à accomplir le voyage.

Son aérostat fut gonflé avec du gaz hydrogène.

Malheureusement on n'avait préparé qu'une quantité insuffisante de gaz hydrogène; de sorte qu'au moment du départ, le ballon n'eut pas la force d'enlever la nacelle avec l'aéronaute et les objets qu'il devait emporter. L'ascension avait été annoncée pour 4 heures; il en était 6, et le ballon n'était pas parti. La foule s'impatientait; elle faisait entendre des murmures et des plaintes.

Arban s'imagine alors que son honneur est compromis, et que le public l'accusera, s'il n'effectue pas son ascension, d'avoir voulu le tromper. Il prend aussitôt la résolution, téméraire, de partir sans la nacelle, en se tenant suspendu aux frêles cordages du filet du ballon. Sous un prétexte, il éloigne le commissaire de police autrichien, qui se serait opposé à son départ, dans de telles conditions. Il fait également retirer sa femme, qui devait partir avec lui, comme elle l'avait déjà fait, non sans courage, à Vienne et à Milan. Ensuite il détache la nacelle du ballon, lie ensemble les cordes qui la supportaient, se met à cheval sur ces cordes, et ordonne de lâcher le ballon.

Se retenant de la main gauche au filet, le courageux Arban salue de la main droite la population de Trieste, stupéfaite de tant d'audace, et admirant, à ce moment, cet homme intrépide, ou plutôt cet homme de cœur, qui donnait sa vie pour ne pas manquer à sa parole.

On le suivit longtemps des yeux, puis on le perdit de vue dans les nuages. Seulement, le vent avait porté le ballon au-dessus de l'Adriatique. Aussitôt, un grand nombre de barques et de canots sortirent du port, suivant la direction qu'avait prise l'aérostaut. Mais la nuit arriva, et il fallut revenir, sans rapporter aucun renseignement

ballon, et le peu de gaz qu'il conservait encore, lui permettaient de s'y soutenir. Jusqu'à 11 heures du soir, l'infortuné aéronaute lutta, autant que ses forces le lui permirent, pour se défendre contre les vagues. Par intervalles, le ballon se relevait, et poussé par le vent, glissait à la surface de l'eau. Le malheureux Arban était

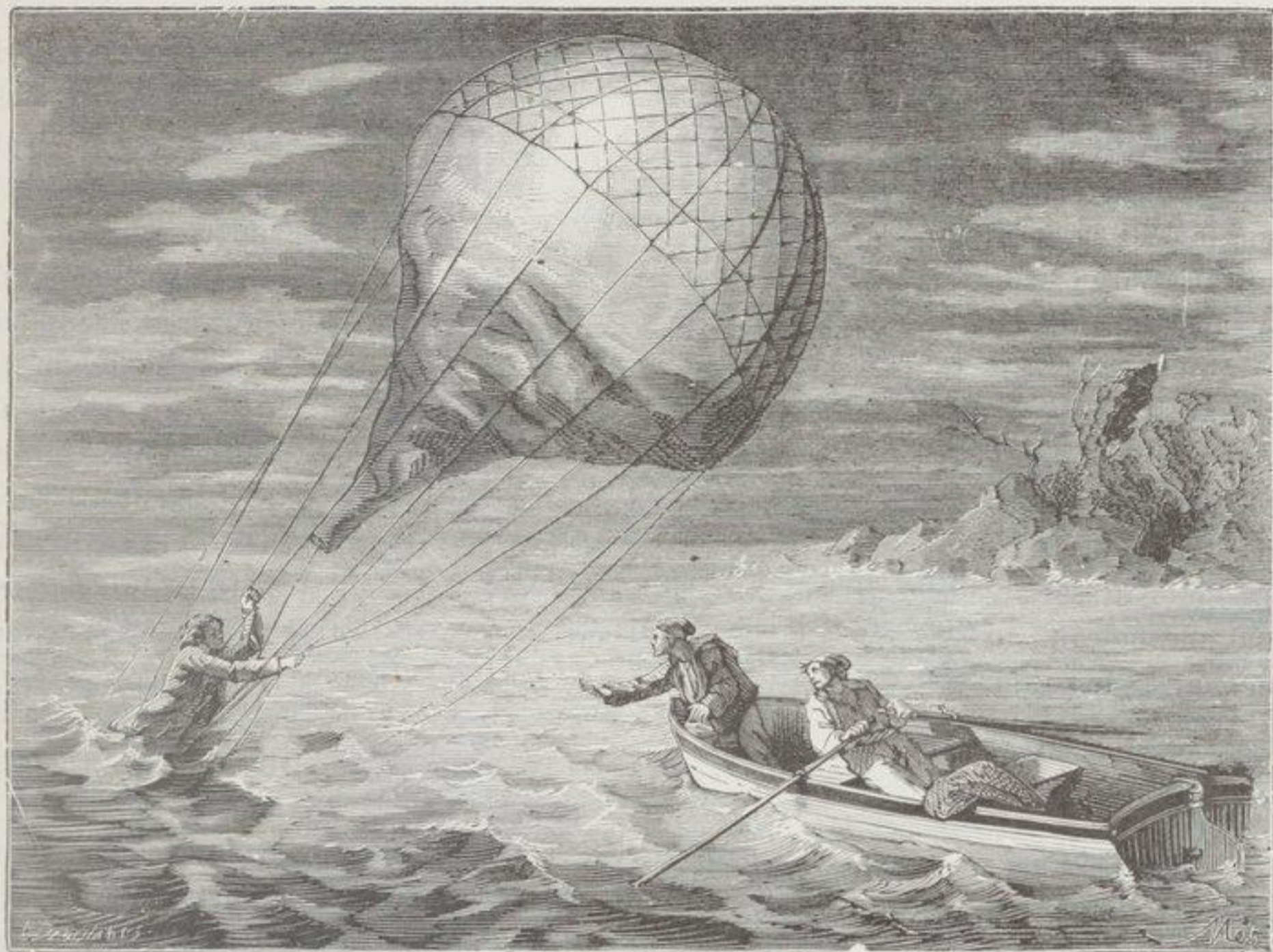


Fig. 57. — Arban après sa chute dans l'Adriatique, avec son aérostaut, est recueilli par deux pêcheurs italiens (D'après une gravure du temps.)

sur le sort du malheureux aéronaute. Sa femme, désespérée, passa toute la nuit à l'attendre, à l'extrémité du môle.

Voici comment se termina cette tragique aventure. Toujours accroché aux cordages de l'aérostaut, Arban flotta, pendant deux heures, au milieu des nuages, par-dessus l'Adriatique. Mais peu à peu le ballon se dégonfla et descendit lentement. A 8 heures du soir, il rasait la surface des flots; quelquefois même, il venait reposer sur l'eau. La masse d'étoffe légère qui composait le

ainsi constamment ballotté entre la vie et la mort. Il se trouvait à deux kilomètres de la côte d'Italie.

Cette lutte si tragique ne pouvait durer longtemps. Les forces du malheureux naufragé étaient à bout, quand il fut aperçu par deux pêcheurs. Ils firent force de rames pour arriver jusqu'à l'aéronaute, et le recueillirent dans leur barque.

Le lendemain, à 6 heures du matin, les deux pêcheurs entraînaient à Trieste, amenant dans leur barque l'aéronaute miraculeuse-



ment sauvé, ainsi que les débris de sa machine.

Pareil événement est arrivé, au mois de janvier 1867, à Marseille, à M<sup>me</sup> Poitevin, veuve de l'aéronaute de ce nom. Dans une ascension faite au Prado, le vent la poussa vers la mer. Au bout de deux heures, l'aérostat s'étant dégonflé, le ballon tombait dans la Méditerranée. Heureusement, un bateau à vapeur était sorti du port dès que l'on avait vu la direction dangereuse que prenait l'aérostat. On recueillit M<sup>me</sup> Poitevin sur le pont du bateau, au moment où le ballon allait entrer dans l'eau.

Les fastes de l'aérostation conservent le souvenir d'un événement très singulier qui se passa à Nantes, en 1845. Il s'agit encore d'un héros, mais d'un héros malgré lui.

Un aéronaute de profession, nommé Kirsch, exécutait une ascension dans la ville de Nantes, en présence d'une foule considérable, qui se pressait aux environs de la promenade de la Fosse. Le ballon était gonflé et prêt à partir, lorsqu'une des cordes qui le retenaient fixé à un mât vint à se rompre, et le ballon s'enleva trainant après lui la

nacelle, que l'on n'avait eu que le temps d'attacher par un seul bout. La nacelle se terminait par une ancre de fer, suspendue au bout d'une corde.

Voilà donc l'aérostat, qui, poussé par le vent, et élevé seulement d'une trentaine de mètres au-dessus du sol, est trainé sur la place, qu'il balaye, en laissant pendre du haut en bas, d'abord la nacelle, puis l'ancre qui la termine, et qui rase le sol.

En ce moment, un jeune garçon de douze ans, nommé Guérin, apprenti charron, était tranquillement assis, avec ses camarades au bord d'une fenêtre, paisible spectateur de l'ascension. L'ancre du ballon accroche le bas du pantalon de l'apprenti, le déchire jusqu'à la hanche, et les saisissant par la ceinture, fait perdre terre au malheureux jeune homme qu'elle entraîne dans les airs.

Ce fut à la consternation générale, que l'on vit l'aérostat

tenant le pauvre Guérin suspendu par la ceinture, s'élever à plus de 300 mètres de hauteur. Une catastrophe semblait inévitable. Mais par un hasard providentiel, l'événement n'eut point d'issue funeste.

Le jeune Guérin jetait des cris de désespoir. Il était déjà porté à une hauteur si grande, que la foule rassemblée sur la

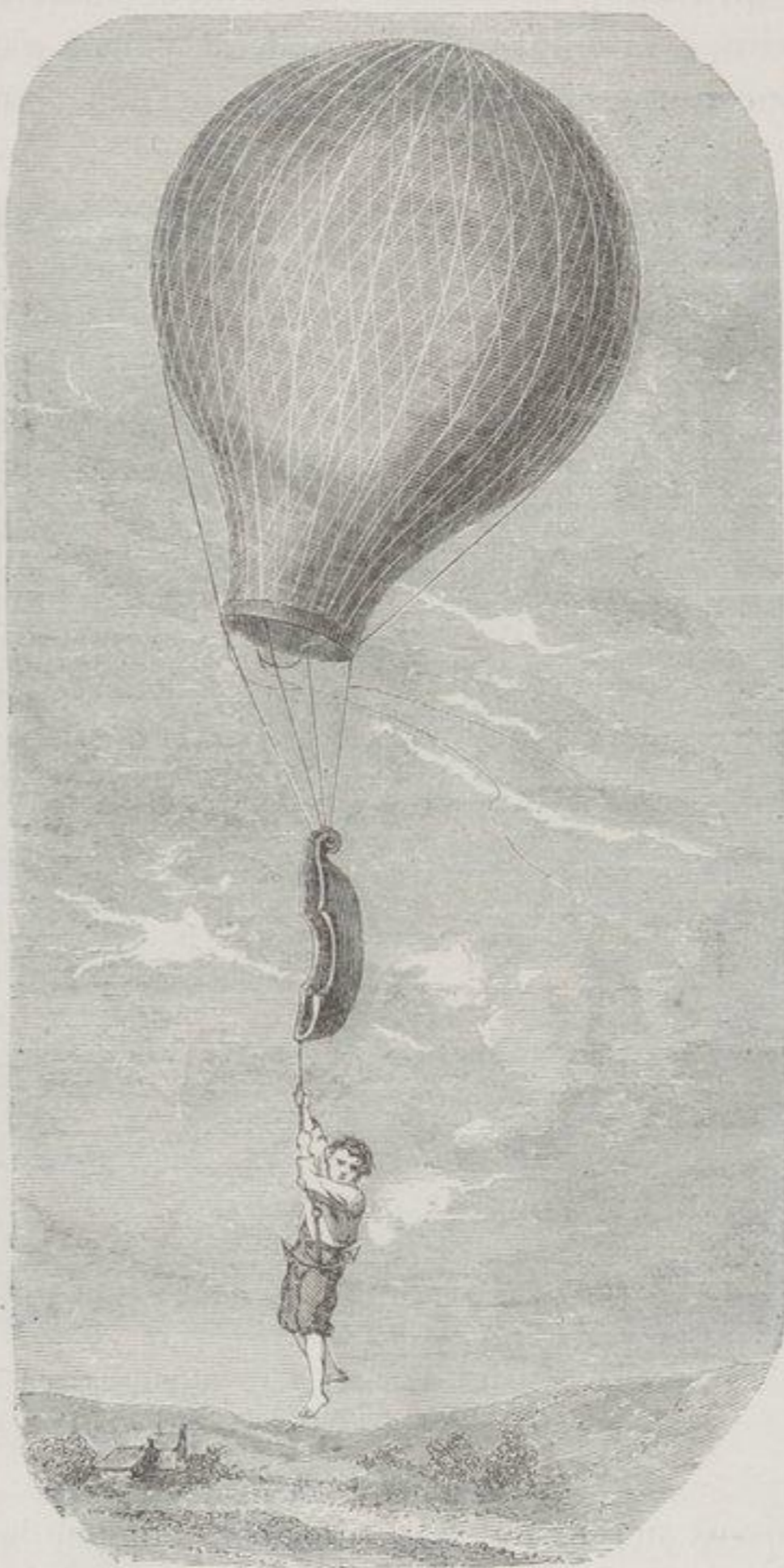


Fig. 58. — Le jeune Guérin, aéronaute malgré lui. (D'après une gravure de l'époque.)

place ne lui apparaissait que comme une troupe de fourmis, et les maisons pas plus grandes que le pouce. Il se voyait entraîné vers la Loire. Comme il sentait que son pantalon, dans lequel l'ancre était accrochée, allait céder et le précipiter sur la terre, il avait saisi des deux mains la corde qui soutenait l'ancre. C'est dans cette situation épouvantable qu'il fut promené, pendant un quart d'heure, dans l'espace.

Il s'aperçut heureusement alors que le ballon commençait à se dégonfler, lui promettant une délivrance prochaine. Le courage et l'espoir lui revinrent. Seulement, la corde de l'ancre à laquelle il était suspendu, tournait rapidement sur-elle-même ; de sorte que notre aéronaute malgré lui voyait les objets placés au-dessous de lui, exécuter une danse vertigineuse. Il descendait lentement aux environs d'une ferme située non loin de la ville. La frayeur le reprit, quand il approcha de la terre. Il se demandait comment il allait supporter la chute contre le sol. Un bruit de voix se fit entendre à peu de distance.

« Par ici, s'écriait l'enfant. Sauvez-moi ! je suis perdu ! »

— N'aie pas peur, tu es sauvé ! » lui répondent quelques personnes accourues à ses cris. Et sans même toucher le sol, il est reçu dans les bras de ses sauveteurs.

Un des plus célèbres aéronautes de l'Angleterre, Green, a vu la mort d'aussi près que le jeune Guérin, d'une façon tout aussi involontaire, mais dans des circonstances bien différentes.

De tous les aéronautes de profession, Green était assurément celui qui avait fait le plus d'ascensions : il en avait exécuté plus de mille. Cependant celle que nous allons raconter faillit être pour lui la dernière.

Green emmenait avec lui tout amateur qui voulait payer sa place. Il partit, un jour,

du Wauxhall de Londres, en compagnie d'un gentleman, qui avait dûment versé entre ses mains le prix du voyage. Commodément installé dans la nacelle, notre amateur semblait prendre le plus grand plaisir à cette excursion aérienne.

Tout à coup, le gentleman tire un couteau de sa poche, et, tranquillement, il se met en devoir de couper l'une des cordes qui soutiennent la nacelle.

Green s'était embarqué avec un fou.

Il saisit aussitôt la main de l'individu, s'empare du couteau, et le jette. Mais notre homme, tenace dans sa résolution, se dresse au bord de la nacelle, et s'apprête à faire dans le vide, un suprême plongeon.

Si notre fou eût exécuté son dessein, Green était perdu ; car le ballon, subitement délesté d'un grand poids, l'eût entraîné avec une rapidité effrayante, vers les plus hautes régions de l'air où il eût trouvé la mort. Sa présence d'esprit le tira de ce péril. Sans laisser paraître aucune émotion, il dit à son terrible compagnon de route :

« Vous voulez sauter, c'est bien ; je veux en faire autant, et comme vous, me précipiter dans l'espace. Mais nous sommes encore trop bas ; il faut nous élever plus haut afin de mieux jouir d'une aussi belle chute. Laissez-moi faire, je vais accélérer notre ascension. »

Aussitôt, Green saisit la corde de la soupape, et la tire, d'un effort désespéré. Au lieu de monter, l'aérostat se vide, et ils descendent à grande vitesse. Dans cet intervalle, les idées du gentleman avaient sans doute pris une tournure moins funèbre, car, arrivé en bas, il sauta de la nacelle, sans dire un mot, et comme si rien ne s'était passé.

Depuis ce jour, Green, avant de s'embarquer avec un inconnu, trouva prudent d'avoir avec lui quelques instants de sérieux entretien.



## PREMIERS GRANDS VOYAGES AÉRIENS

VOYAGE DE GREEN. — VOYAGE DE LA « VILLE DE PARIS ». — VOYAGE DU « GÉANT ».

*Voyage de Green* L'aéronaute Green, dont nous venons de raconter l'étrange aventure, est célèbre dans l'histoire de l'aérostation, non seulement par les mille ascensions qu'on lui attribue, mais parce qu'il fit, en 1836, le voyage aérien le plus long qui ait été exécuté jusqu'à ce moment. Il se transporta de Londres à Weilberg, dans le duché de Nassau, et passa toute une nuit perdu dans les airs.

L'aérostât qui servit à ce voyage mémorable était un des plus grands que l'on eût encore vus : son volume était de 2.500 mètres cubes. Parti de Londres, le 7 novembre 1836, Green avait deux compagnons de voyage. Ne sachant en quel pays le vent les porterait, ils s'étaient munis de passeports pour tous les États de l'Europe, et d'une bonne provision de vivres.

Le ballon s'éleva majestueusement à une heure et demie ; et entraîné par un vent faible du nord-ouest, il se dirigea au sud-est, sur les plaines du comté de Kent. A 4 heures, la mer se montra à nos voyageurs aériens, toute resplendissante des feux du soleil couchant.

Cependant le vent vint à changer presque subitement, et à tourner au nord ; de sorte que le ballon était poussé au-dessus de la mer du Nord, et cela à la tombée de la nuit. Green jugea prudent d'aller chercher un courant d'air d'une direction plus favora-

ble ; il jeta une partie de son lest, et s'éleva ainsi dans une région supérieure, où il trouva un courant atmosphérique, qui ramenant en arrière l'aérostât, le conduisit, en quelques minutes, au-dessus de Douvres. Toujours poussé par le vent, il s'engagea, par-dessus la mer, dans la direction du Pas-de-Calais.

Il était près de 5 heures de l'après-midi, lorsque les voyageurs aperçurent la première ligne des vagues se brisant sur la plage.

La nuit arriva bientôt et l'obscurité augmentant de plus en plus, ils flottèrent au sein de nuages épais, entourés de toutes parts de brouillards dont l'humide vapeur se condensait sur l'enveloppe de l'aérostât.

Au bout d'une heure, le détroit était franchi. Déjà le phare de Calais était visible, mais la nuit était si obscure que l'on ne pouvait obtenir quelque connaissance des pays que l'on traversait, que par le nombre de lumières apparaissant sur la terre. Le ballon faisait plus de quarante kilomètres à l'heure.

C'est ainsi que Green et ses compagnons, parcoururent une partie du continent du nord de l'Europe. Vers minuit, ils se trouvaient en Belgique, au-dessus de Liège.

Remplie d'usines et de hauts fourneaux, située au milieu d'un canton très peuplé, cette ville se montrait éblouissante de lumière.

Ils continuèrent, poussés par le vent,

leur course aérienne à travers les ténèbres.

Dans un aérostat, rien, pas même le plus léger balancement, ne trahit le mouvement; l'immobilité semble parfaite. Joignez à cela l'effet de l'obscurité et du silence, un froid de glace, car il gelaît à 10 degrés, l'ignorance absolue du lieu où l'on se trouvait, la crainte d'aller se briser contre quelque obstacle, comme une montagne ou le clocher d'une église, et vous comprendrez les préoccupations d'un voyage si aventureux.

Depuis plus de trois heures, les aéronautes se trouvaient dans cet état, flottant à une hauteur d'environ 4.000 mètres, lorsque, tout à coup, une explosion se fait entendre; la nacelle éprouve une forte secousse, la soie du ballon s'agite, et paraît tressaillir. Une seconde, une troisième explosion se succèdent, accompagnées chaque fois, d'un ébranlement de la nacelle, qui menace de les précipiter tous dans l'abîme. D'où provenait cet étrange mouvement? A la hauteur de 4.000 mètres à laquelle le ballon était porté, le gaz hydrogène de l'aérostat, placé dans un milieu excessivement raréfié, s'était extrêmement dilaté, comme il arrive toujours en pareille circonstance. L'étoffe du ballon, pressée par l'expansion du gaz intérieur, avait fait effort de toutes parts, et brisé une partie du filet, qui était rempli d'humidité et raidi par le froid. Telle était la cause des bruits qui avaient retenti au-dessus de leur tête, en secouant affreusement la nacelle. Heureusement, cette crise n'eut aucune suite fâcheuse; les voyageurs en furent quittes pour la peur.

Les premières lueurs du matin, si lentes à apparaître au mois de novembre, commencèrent enfin à se montrer, et les voyageurs purent reconnaître s'ils planaient sur la mer ou sur le continent. Au lieu de la mer, ils découvrirent un pays cultivé, traversé par un fleuve majestueux, dont la ligne sinueuse partageait le paysage, et allait se perdre aux courbes lointaines de l'horizon.

Ce fleuve était le Rhin.

Les voyageurs, voyant une plaine paraissant propice à l'atterrissage, se décidèrent à terminer là un voyage si accidenté. Green donna issue au gaz, jeta l'ancre au bas de la nacelle, et effectua sa descente sans accident. Il était 7 heures et demie du matin.

Alors apparurent les habitants du pays, qui jusque-là s'étaient tenus prudemment cachés dans les taillis, observant les manœuvres de cet étrange équipage. Ils s'empresèrent de venir prêter main-forte aux voyageurs, et leur apprirent dans quel lieu ils étaient descendus.

C'était le duché de Nassau, et la ville la plus voisine était Weilberg.

Ainsi se termina cette expédition nocturne, dans laquelle Green et ses compagnons parcoururent la plus grande étendue de pays que l'on eût encore franchie en ballon pour l'époque et passèrent au-dessus de cinq contrées de l'Europe : l'Angleterre, la France, la Belgique, la Prusse, le duché de Nassau, et une longue suite de villes.

*Voyage de l'aérostat « la Ville-de-Paris »*

Après le voyage de Green, celui qui fut effectué, en France, le 6 octobre 1850, par le ballon *la Ville-de-Paris*, dirigé par Eugène Godard et Louis Godard, et monté par six voyageurs qui allèrent descendre en Belgique, mérite d'être signalé.

Il partit à 5 heures et demie de l'Hippodrome de Paris, passa au-dessus de Montmorency, Luzarches et de la forêt de Chantilly. Ensuite, poussé par le vent, il traversa les départements de l'Oise et de la Somme, pour arriver en Belgique. Il descendit à 10 heures du soir à Gits, près d'Hooglède. Le voyage ne présenta d'ailleurs d'autre incident que la longueur de l'espace franchi.

*Voyages du « Géant »*

Tout le monde a certainement entendu parler des aventures de l'aérostat construit par Nadar,

et de son désastre survenu en 1863, dans les plaines du Hanovre. C'est par ce récit que nous terminerons l'histoire des plus célèbres ascensions effectuées avant l'année 1870.

Et d'abord, quelle a été l'origine de la construction du *Géant*? Ce ballon, le plus colossal des ballons, fut fait dans un but aéronautique tout spécial. Expliquons-nous.

Nadar (Félix Tournachon), photographe connu antérieurement par ses œuvres de littérature légère et par ses dessins, fut avant tout un homme d'imagination et d'action, ce qui le désignait pour être un des précurseurs les plus convaincus et les plus clairvoyants de l'aérostation. Nous lui trouvons plus d'un trait de ressemblance avec l'un des héros, l'une des victimes de l'aérostation : Pilâtre de Rozier.

Vers 1859, ce savant précurseur eut la pensée d'appliquer la photographie à l'aérostation. Il voulait réunir les ressources de l'aérostation et celles de la photographie; en d'autres termes, faire l'application de la photographie, non seulement à l'art militaire, mais aussi à l'art de lever les plans.

Ce fut dans une ascension faite par Louis Godard, à l'Hippodrome, que Nadar fit connaissance avec les ballons. Depuis ce temps, l'intrépide amateur accompagna bien souvent les deux frères Eugène et Jules Godard, dans leurs ascensions.

Ce sont ces premiers voyages faits dans le ballon de l'Hippodrome qui inspirèrent à

Nadar l'idée de la photographie aérostatique et militaire. Il pensa, qu'établi dans la nacelle d'un ballon captif, on pourrait tirer, tous les quarts d'heure, une épreuve photographique négative sur verre, que l'on ferait parvenir au quartier général, au moyen d'une boîte coulant jusqu'à terre, le long d'une petite corde, laquelle pourrait, au besoin, remonter des instructions. L'épreuve fixée et rendue positive, mise sous les yeux

du général en chef, lui donnerait les indications que réclamerait la tactique, en constatant, au fur et à mesure, chaque mouvement des bataillons ennemis.

Nadar prit un brevet pour la *photographie aérostatique*. Cependant les premiers essais auxquels il se livra, dans un ballon captif, ne furent pas entièrement satisfaisants, ce qui le détermina à refuser l'invitation qui lui fut faite, en 1859, d'apporter son concours à l'armée d'Italie.

Cependant Nadar avait d'autres projets en tête. Il cherchait le moyen de réaliser la direction des aérostats. Sollicité par des amis de prêter son concours à un projet d'appareil, nommé depuis *hélicoptère*, permettant de s'élever et de se diriger dans l'air par l'emploi d'une hélice, Nadar accepta.

Pour faire aboutir ce projet qui tendait, en somme, à la suppression des aérostats, et pour se procurer, comme il le disait, *le nerf de la guerre*, c'est-à-dire les sommes nécessaires pour construire le bateau aérien à hélice, Nadar se proposa de faire, en aérostation ordinaire, des ascensions publiques.



Fig. 59. — Nadar.



Il fit construire un aérostat qu'il nomma le *Géant*. Le *Géant* (Fig. 60) méritait bien son nom, car c'était un des plus grands aérostats qui aient été construits. Composé de deux enveloppes superposées en taffetas blanc, il ne cubait pas moins de 6.000 mètres. Sa hauteur totale était de 40 mètres et il fallut 7.000 mètres de soie pour le confectionner.

La nacelle, placée au-dessous de l'aérostat, était à deux étages, ou plutôt se composait d'une plateforme surmontant une sorte de cabine. Cette nacelle avait 4 mètres de hauteur sur 2<sup>m</sup>,30 de large. Elle était construite en branches de bois de frêne et d'osier, et pesait 1.200 kilogrammes.

La première ascension du *Géant* eut lieu au Champ-de-Mars, le 4 octobre 1863. Elle avait attiré une foule immense : plus de cent mille personnes entrèrent, ce jour-là, dans l'enceinte. Elle s'accomplit, d'ailleurs, de la manière la plus heureuse. Seulement, la durée du voyage fut extrêmement courte, car les aéronautes descen-

dirent à Meaux, à quelques lieues de Paris.

La seconde ascension eut lieu le 18 octobre. Ce voyage se termina par de très graves accidents. Après une excursion aérienne, qui avait été pleine de charmes pour les

voyageurs, et dans laquelle ils avaient franchi plus de cent cinquante lieues, un accident arrivé à la soupape, empêcha le ballon, arrivé près de terre, de se vider. Par malheur un vent furieux régnait à terre. Il emporta, de son souffle puissant la colossale machine, qui fut trainée à travers la campagne, heurtant avec une violence inouïe contre tous les obstacles qu'elle rencontrait devant elle. Pendant un quart d'heure, les malheureux voyageurs du *Géant*, emportés dans une course échevelée, virent cent fois la mort. Ce ne fut

que par un miracle qu'ils en sortirent vivants, mais tous blessés ou meurtris.

D'Arnoult, un des compagnons de route de Nadar a donné de ce voyage une relation dont voici quelques intéressants extraits :

« Le Rhin traversé, le *Géant* s'était trouvé

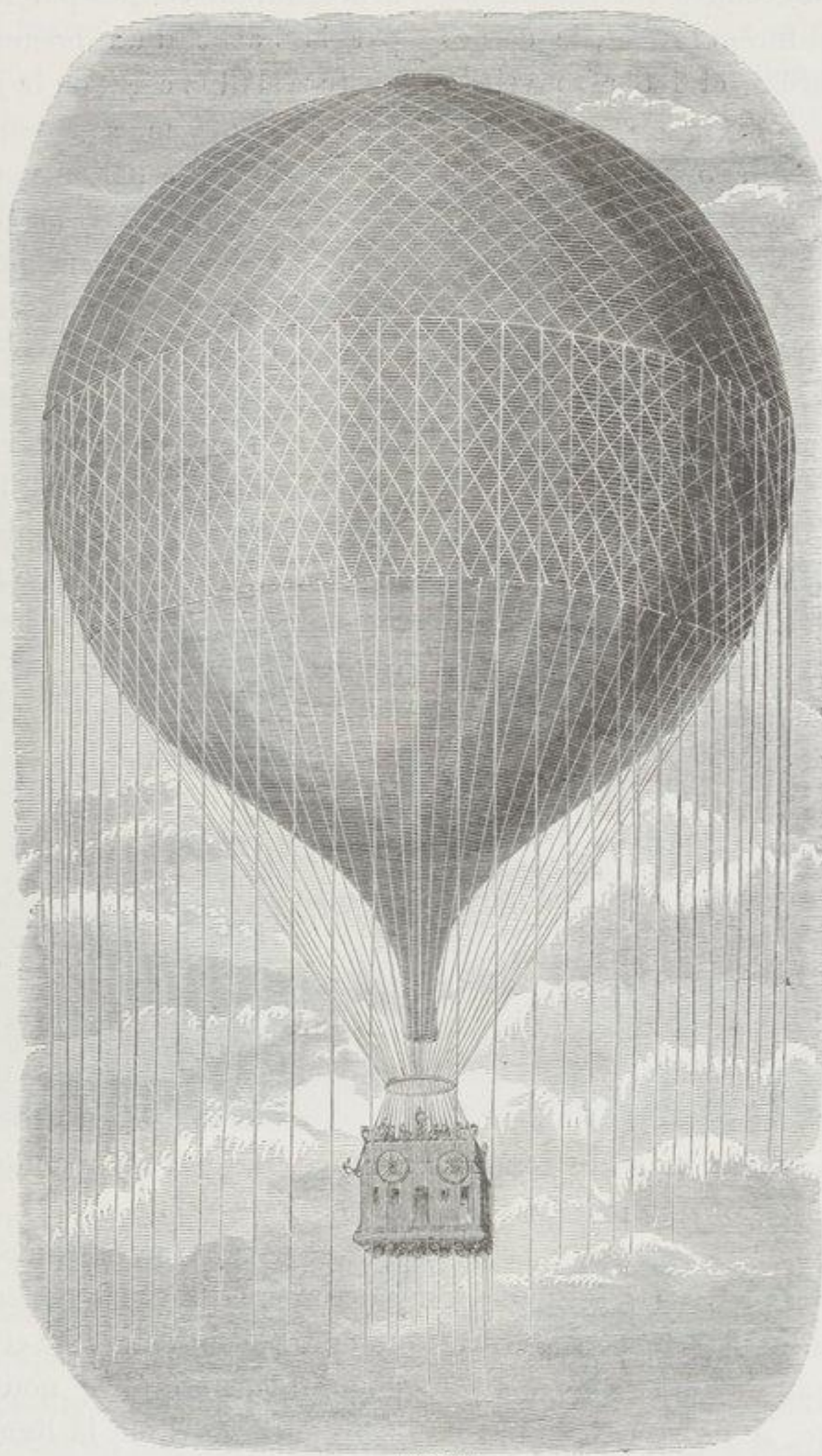


Fig. 60. — L'aérostat le *Géant* construit en 1863.

à un peu moins de sept lieues du Zuyderzée.

« D'après des calculs que tout porte à croire exacts, le *Géant* venait de parcourir trois cent soixante-dix lieues en seize heures et quelques minutes.

« Le projet de descendre fut résolu, les derniers sacs de lest furent rangés, les cordes et les ancras préparés, et Godard ouvrit la soupape.

— Le monstre se dégorge, dit Thirion!

« En effet, le ballon rendait son gaz avec un bruit énorme qui paraissait être le souffle de quelque animal gigantesque.

« Pendant cette réflexion de notre compagnon, nous descendions avec une rapidité de deux mètres par seconde.

— Aux cordes! aux cordes! tenez-vous bien! criaient les deux Godard, qui semblaient être tout à fait dans leur élément; gare au choc!

« Chacun s'était cramponné aux cordes qui retenaient la nacelle au cercle placé au-dessous du ballon. M<sup>me</sup> Nadar, vraiment magnifique de sang-froid, saisit de ses mains délicates deux grosses cordes. Nadar en fit autant, mais en embrassant sa femme de manière à la couvrir de son corps. J'étais à côté, vers le milieu de la claie servant de balcon, à genoux; j'étreignais également deux cordes. A côté de moi étaient Montgolfier, Thirion et Saint-Félix. Le ballon descendait à nous donner le vertige; nous arrivions, et l'air, si calme en haut, était, au ras du sol, agité par un grand vent.

— Nous jetons les ancras! crie Godard, nous touchons, tenez-vous bien.... Ah!...

« La nacelle venait de toucher terre avec une violence inouïe. Je ne sais comment il se fait que mes bras ne s'arrachèrent point.

« Après ce premier choc épouvantable, le ballon remonta; mais la soupape étant ouverte, il retomba, et nous eûmes une secousse, sinon plus terrible, au moins plus douloureuse que la première; le ballon remonta, il chassait sur les ancras; tout à coup nous crûmes être précipités à terre.

— Les amarres sont cassées! cria Godard. Le ballon donna de la tête comme un cerf-volant qui tombe. Ce fut horrible.

« Nous chassions avec une vitesse de dix lieues à l'heure vers Nienburg. Trois gros arbres furent coupés par la nacelle comme par la hache d'un bûcheron; une petite ancre restait encore; on la jeta, elle s'agrafa au toit d'une maison dont elle enleva la charpente. Si le ballon nous traînait sur la ville, nous étions mis en pièces; heureusement il s'éleva pour retomber 200 mètres plus loin avec les mêmes secousses pour la nacelle. Chacun de ces chocs nous disloquait les membres; pour comble de malheur, la corde de la soupape se détacha, et celle-ci se refermant, il nous fallut perdre l'espoir de voir le ballon se dégonfler.

« Il s'élevait à 25, 30, 40 mètres du sol avec des bruissements affreux, puis il retombait toujours avec les mêmes coups de tête. Tout ce qui se trouvait à portée de la nacelle était coupé, broyé, détruit. Un bouquet de petits arbres, une barrière se présentait au loin, « Gare! » criait-on, et le temps de pousser ce cri et celui de se pencher à droite ou à gauche, nous arrivions sur un obstacle, un craquement se faisait entendre; nous étions passés! Chaque minute amenait son danger, et quel danger!

« Sur notre passage, tout fuyait sous le coup d'une terreur panique, les hommes et les animaux.

Au sortir d'une tourbière, dont les écla-boussures faillirent étouffer Fernand Montgolfier, qui eut la bouche et les yeux remplis d'une boue noirâtre, nous aperçûmes, à 300 mètres environ, la ligne en talus assez élevé d'un chemin de fer. Un train arrivait sur lequel nous devions infailliblement nous heurter. Sans nul doute la locomotive aurait été précipitée au bas du talus; mais que serions-nous devenus?

« Nous poussâmes tous ensemble instinctivement un grand cri, un de ces cris surhumains qui fut certainement entendu, car le

convoi s'arrêta et rétrograda même un peu. — Gare! criâmes-nous. Le ballon fit un saut en l'air, il s'ensuivit une forte secousse, accompagnée d'un cliquetis de fer : c'étaient les fils du télégraphe qui venaient d'être arrachés. Nous éprouvâmes une seconde secousse, et nous fûmes portés sur les talus; cette secousse fut suivie d'une troisième, d'une quatrième, et notre nacelle, comme

« Le ballon, pendant ces pourparlers, continuait sa course effrayante. Jules se leva, se hissa aux cordages; une secousse le rejeta sur moi, brisé et les vêtements déchirés. Après quelques secondes de repos, il essaya de nouveau : vaine tentative! Une troisième fois Jules se redressa; à ce moment nous nous oubliâmes nous-mêmes pour ne plus voir que lui; une sorte d'électricité

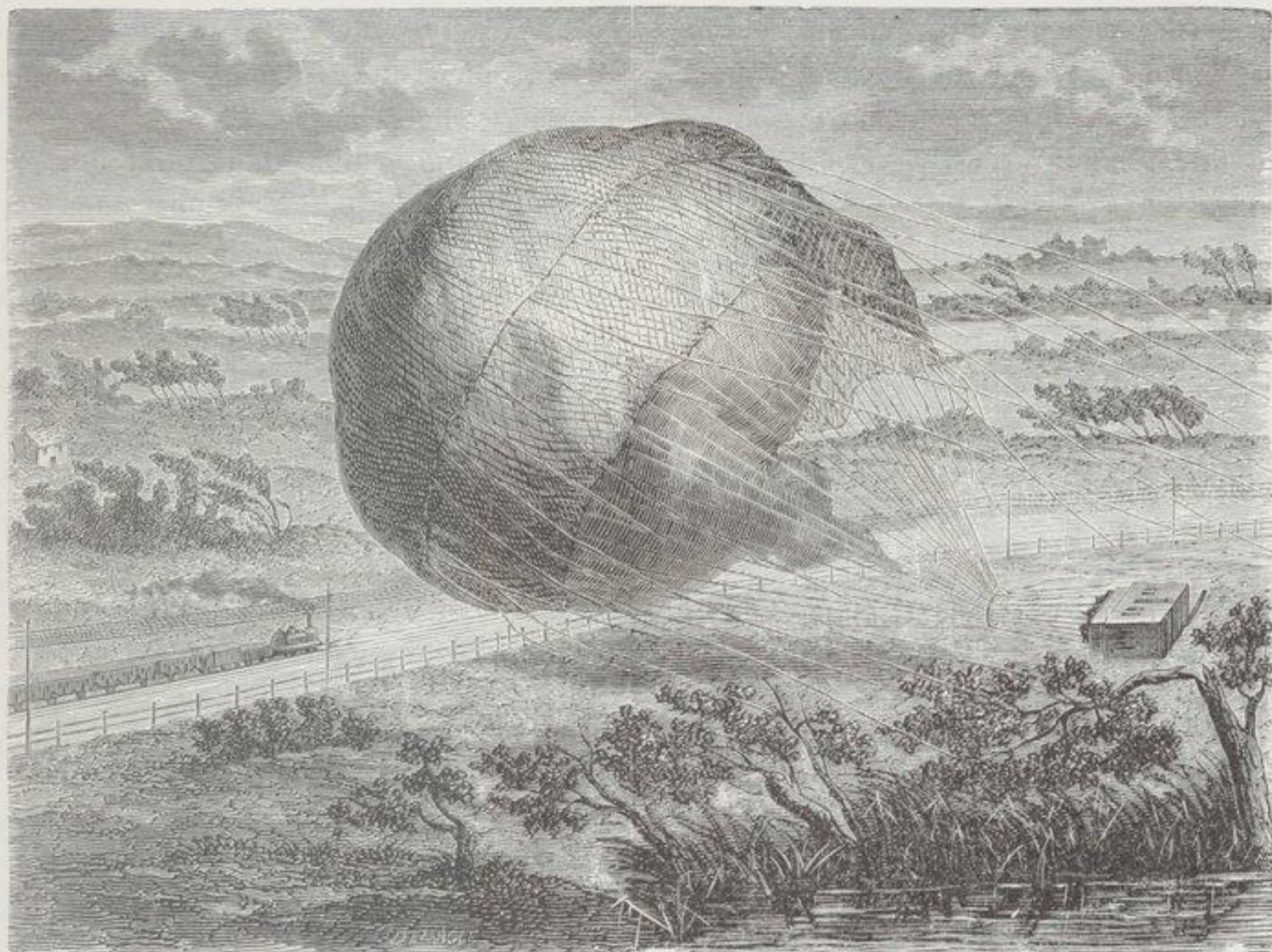


Fig. 61. — Catastrophe du *Géant*, dans les plaines du Hanovre. (Gravure du temps.)

un boulet de canon, coupant la barrière de charpente du chemin de fer, tombait dans un étang. Une des grosses cordes de la nacelle avait été coupée par un des fils télégraphiques aussi promptement et aussi facilement que l'aurait été un bout de fil à coudre. Nous l'avions échappé belle.

« Le ballon continuait toujours à s'enlever avec des bonds terribles. — Si l'on pouvait rouvrir la soupape! avaient dit les frères Godard. — Je vais essayer, dit l'un d'eux, Jules, qui se tenait accroupi comme moi, à ma droite.

sembla nous animer pour lui crier courage et soutenir ses forces; il en fallait alors de surhumaines.

« Nous rasions un grand champ de bruyère, le ballon courait vite, mais sans trop remuer. Jules monta sur mes épaules, puis sur ma tête, des mains il se cramponna au cercle auquel tenaient les cordes du filet; il fit un effort, bondit... le ballon aussi bondit de son côté. Dans la position où Jules était placé, il suffisait de la moindre torsion des cordes pour l'écarteler ou le décapiter. Je ne puis me rendre compte du

temps que nous restâmes ainsi en suspens. Le ballon se calma. Jules alors s'élança de nouveau sur le cercle où il s'arc-bouta des jambes; il put retrouver la corde de la soupape à laquelle il se pendit et qu'il nous jeta. Louis Godard et Thirion s'en emparèrent et, réunissant leurs efforts, purent l'attacher solidement à l'une des poignées d'angle de la plate-forme. Nous entendîmes le gaz s'échapper, le ballon s'affaissa sans rien perdre toutefois de sa vitesse horizontale; Yon monta à côté de Jules pour amarrer une autre corde à celle de la soupape dans le cas où la première viendrait à se rompre.

« Nous respirâmes un peu plus librement; mais ce moment de répit ne fut pas de longue durée, car les buissons et les petits arbres se multipliaient, et c'étaient autant d'obstacles mortels que nous avions en face de nous! Nous venions de subir encore de rudes assauts, en renversant une série de petites murailles dans les tourbières, quand tout à coup nous aperçûmes comme une apparition infernale, juste droit devant nous, à plusieurs centaines de mètres, une maison rouge, trop grosse sans doute pour espérer la renverser. Nous nous regardâmes et, stupéfaits, nous n'eûmes d'autre pensée que celle de nous demander de quelle manière nous serions écrasés contre ce mur de briques. Sans pouvoir l'expliquer, je crois pouvoir affirmer que l'idée de se soustraire à cet écrasement en sautant de la nacelle ne vint à aucun de nous.

« Nous allions cependant avec une vitesse effrayante; cent pas encore nous séparaient de cette maison, à proximité de laquelle se trouvait un gros arbre. Un bienheureux coup de vent fit subitement dévier le ballon vers la droite et sur l'arbre, qui brisa le coin où se tenait Louis Godard. Sa course reprit à travers des marais.

« Après quelques minutes pendant lesquelles nous remarquions avec satisfaction que le ballon se dégonflait, une voix s'écria :

Une forêt! Au même instant, d'horribles secousses produites par les nombreux petits arbres qui précèdent toute grande étendue de bois recommencèrent. Nous étions à bout de nos forces; nos bras si violemment tendus depuis un temps trop long et que j'évalue à plus de trente minutes, refusèrent de nous soutenir; les cordes nous déchiraient les mains; nous sentions peu à peu un affaissement complet envahir tout notre être physique. L'être moral tenait encore, bien qu'il fût déjà sous l'empire d'étranges hallucinations.

« Nous approchions de la forêt; un craquement épouvantable résonna dans l'air, suivi d'une secousse si forte, que je fus jeté en arrière dans la nacelle dont la trappe était ouverte. Je tombai à au milieu de toutes sortes d'objets; je me relevai, et ma tête dépassant l'ouverture de la cloison qui formait plafond, je crus apercevoir deux de mes compagnons étendus sur le sol. Une autre secousse me fit faire un haut-le-corps qui me fit sortir à demi de la maison. Je me cramponnai en m'élevant avec les bras; une troisième secousse me lança en l'air. Je fis deux ou trois tours sur moi-même, et je tombai lourdement la tête la première à terre, où je restai étendu sans connaissance.

« J'ignore entièrement comment mes compagnons sont sortis de la nacelle; eux-mêmes ne s'en rendent pas un compte bien exact. Thirion doit avoir été jeté de côté; Montgolfier, inanimé, coula sous la nacelle où il devait avoir le sort de Saint-Félix, tombé en même temps que lui; Yon et Jules ont dû être précipités de leur cercle dans une des grandes secousses qui m'ont jeté dehors. Les trois derniers tombés pourtant, sont Louis Godard, Nadar et sa femme, qu'un instant nous crûmes perdus.

« Je me relevai tout étourdi de ma chute, et je sanglai mon genou le plus abîmé avec un morceau de mouchoir. La nacelle était loin, je la vis bondir, puis disparaître dans

la forêt; j'entendis deux grands cris et ce fut tout. Le ballon, comme un géant, dépassait la tête des grands arbres; il oscillait, paraissant se débattre et vouloir courir encore. Plusieurs coups de feu partirent, vraisemblablement dirigés contre lui, car il se balança et tomba enfin en écrasant tout autour de lui. Le *Géant* était donc terrassé. Je pensai avec raison que Thirion était l'auteur des coups de feu qui venaient d'achever le monstre; déjà, dans la nacelle, il avait essayé de tirer, mais inutilement. — Un de sauvé! m'écriai-je. Au même instant, j'aperçus Jules et Yon qui se dirigeaient vers le bois. — Et de quatre! leur dis-je. Où sont les autres? Quels cadavres allons-nous trouver? A cent pas en avant du bois, un gémissement nous fit regarder à terre, un corps humain s'y trouvait couché dans la terre et les bruyères; un corps noir, lacéré, tellement méconnaissable, que je lui demandai qui il était: — Saint-Félix! répondit une voix brisée, presque éteinte. Oh! que je souffre! A boire, à boire! Une de nos cloches, dont le manche était brisé, se trouvait près de lui, je la ramassai, et, m'en servant comme d'un vase, j'allai la remplir d'eau à la rivière l'*Aller*, qui coulait à cinquante pas de là. Avec cette eau, je rafraîchis la bouche du malheureux, et y ajoutant quelque peu de teinture d'arnica, dont un flacon emporté par moi de Paris avait été miraculeusement préservé dans l'une de mes poches, je lui lavai le visage: sa figure n'avait plus rien d'humain; la peau du front, de la joue droite, du menton était enlevée.

« Son bras gauche cassé, avec la main presque entièrement dénudée, gisait à côté de lui, les vêtements en lambeaux laissaient, quand j'eus enlevé la tourbe et les terres qui les couvraient, la poitrine à l'état de plaie vive.

« Pendant que je me livrais à ces soins, Montgolfier et Louis Godard arrivèrent; Montgolfier, tout noir de tourbe, n'avait

aucune contusion sérieuse; Louis Godard avait la cuisse déchirée et les jambes ecchymosées, mais il ne faisait nulle attention à ses blessures et se préoccupait de ce qu'était devenue M<sup>me</sup> Nadar, qu'on ne retrouvait pas. Il m'apprit que Saint-Félix, en voulant sauter, avait été accroché sous la nacelle et trainé à plat ventre avec ce poids énorme sur lui pendant une courte distance. Je me dirigeai vers la rivière, où je bus de l'eau à pleines mains et me lavai le visage, car j'étais littéralement couvert de tourbe. Je me relevais, quand je vis sur l'autre rive se dresser la tête de Nadar: il était fort pâle et paraissait souffrir beaucoup.

« Pour aller jusqu'à Nadar, il fallait passer la rivière peu large, mais assez profonde en cet endroit. Je fis donc signe à quelques paysans qui nous entouraient de nous prêter assistance. J'avoue que, malgré une pantomime fort expressive, aucun de ces gens ne parut me comprendre. J'employai alors, vis-à-vis d'eux, un moyen que j'ai rarement vu échouer. Je tirai une pièce d'or de mon porte-monnaie, et je la leur montrai. O prodige de la compréhension humaine! A la vue de l'or, chaque paysan se précipita pour m'enlever et me faire passer la rivière sur son dos. Je choisissais le plus fort d'entre tous, je m'accrochai à ses épaules, et voilà mon homme qui met un pied, puis deux dans la rivière, puis tout le corps, et nous disparaissions dans un trou.

« On nous repêcha aussitôt, et comme toujours, on imagina le moyen de parer la catastrophe après qu'elle avait eu lieu. Les paysans ramassèrent une grande quantité de grosses branches que le ballon avait cassées et firent avec elles un pont volant assez solide pour que Montgolfier, Yon, et moi, puissions passer à pied sec sur l'autre rive. Une large allée tracée par la nacelle dans les arbres et les broussailles se présenta; nous la suivîmes pendant une centaine de pas.

« Là, au milieu d'un abatis prodigieux de branches d'arbres, se trouvaient la nacelle, couchée sur le côté, et le ballon affaissé à terre, presque dégonflé. Devant la nacelle, couchée sur les débris, M<sup>me</sup> Nadar, à laquelle les deux Godard et Thirion prodiguaient des soins. La malheureuse femme crachait le sang à pleine bouche et se plaignait d'une forte compression de la poitrine. Godard me dit qu'il l'avait trouvée gisante sous la nacelle; nous nous occupâmes de lui rafraîchir le visage et de la sécher, car ses vêtements étaient trempés d'eau.

« Après ces premiers soins, nous essayâmes de nous rendre compte de la manière dont elle avait été précipitée. Voici ce que nous avons supposé. Arrivée près de la rivière l'*Aller*, la nacelle subit une secousse qui dut jeter dans l'eau M<sup>me</sup> Nadar et son mari, et fit rouler ce dernier sur la rive, pendant que M<sup>me</sup> Nadar, accrochée par ses vêtements à la claie d'osier, dut être entraînée par la nacelle jusqu'au moment où celle-ci fut brusquement arrêtée par un amas de gros arbres.

Avec l'aide des paysans, j'arrachai deux des cloisons intérieures de notre maison d'osier, ce qui nous procura deux civières assez confortables pour transporter les deux blessés; au même instant, une longue charrette arriva pleine de paille. Nadar et sa femme y furent couchés et dirigés vers un endroit qui paraissait avoir été désigné d'avance aux paysans.

« Cet endroit, fort pittoresque, était un petit pavillon de chasse bâti en briques et en charpente, situé au milieu d'une rotonde qu'entouraient de gigantesques sapins. Les blessés avaient été couchés dans le pavillon par les ordres du Gouverneur du district; cet excellent homme, à la première rumeur qui se répandit de l'événement, était accouru avec sa femme qui parlait français, et des domestiques, pour organiser les premiers secours. »

Nous arrêterons ici le récit de cet émouvant voyage; nous dirons seulement qu'heureusement aucun des blessés ne succomba.

Le 26 septembre 1864, le *Géant* fit sa troisième ascension à Bruxelles, pour s'associer aux fêtes du 34<sup>e</sup> anniversaire de l'Indépendance belge.

Cette fois, en outre, on devait faire quelques observations scientifiques.

Mais la disproportion de l'ouverture de la soupape avec la capacité du *Géant*, qui avait été cause de la catastrophe du Hanovre, subsistait toujours. Rentré dans la légitime possession de son ballon, tout juste à temps pour l'ascension du 26 septembre, Nadar n'avait pas eu le loisir d'adapter une autre soupape. Il fallait donc songer à un expédient qui pût promettre aux voyageurs quelque sécurité.

Nadar eut l'idée d'adjoindre à l'aérostat une sorte de soupape de réserve ou *de miséricorde*. Il fit coudre solidement, sur la partie supérieure du ballon et en dehors, une corde légère, qui partait de l'équateur et remontait sur le cintre, jusqu'au sommet. Là, elle rentrait dans le ballon et retombait par l'ouverture de l'appendice, à côté de l'autre corde de soupape, à la portée de l'équipage. Au point où cette corde opérait sa rentrée dans le ballon, sous une pièce de soie superposée, une déchirure était, pour ainsi dire, amorcée. Qu'il y eût le moindre vent à la descente, et sans même demander à l'autre soupape son dérisoire secours, on se suspendrait à cette corde de salut, et le ballon, éventré par la déchirure, s'affaisserait sur place.

Beaucoup d'autres précautions furent prises pour cette nouvelle ascension.

Dans cet ensemble de nouvelles mesures, il ne faut pas oublier le *guide-rope*, c'est-à-dire la corde de sûreté que l'aéronaute prudent, lorsqu'il veut opérer sa descente, fait filer hors du bord, avant de donner le coup de soupape. Cette longue corde traîne à terre. Se chargeant de sable, d'eau, des

branches et des herbes qu'elle rencontre, elle agit sur le ballon en marche à la façon d'un frein. Elle prépare, ou amortit, en ralentissant la course du véhicule aérien, le coup trop violent de la prise des ancrés. Quelquefois même le *guide-rope*, qui fouaille et fait « queue de serpent » sur le sol, rencontre un arbre, autour duquel il s'entortille et qui le retient, arrêtant ainsi le ballon dans sa course.

Aussi Nadar eut-il soin d'emporter avec lui, à cet effet, un câble très solide, de 3 centimètres de diamètre et d'une longueur de 150 mètres. En outre, comme il avait trop éprouvé les inconvénients du point d'attache des cordes sur la nacelle, à laquelle elles transmettent toute la violence des coups d'amarrage, il fit attacher le *guide-rope* et les câbles des ancrés au cercle même,

point intermédiaire entre le double système des cordes de la nacelle et des cordes du filet. De cette manière, on pouvait espérer que les chocs seraient moins sensibles.

On avait même prévu le cas d'immersion involontaire. Aux matelas en caoutchouc soufflé, qui étaient déjà suffisants pour porter sur l'eau une douzaine de personnes, on ajouta quatre barriques vides, fixées aux quatre parois, et qui devaient contribuer à maintenir le niveau d'équilibre hors de l'eau. Des ceintures de sauvetage garan-

tissaient encore la préservation individuelle de chaque voyageur. En un mot, rien n'avait été omis pour parer aux événements.

Le *Géant* partit le 26 septembre 1864, à 6 heures du soir, du *Jardin zoologique* de Bruxelles, après quelques hésitations. Il emportait neuf personnes.

C'est au milieu des élans d'un véritable enthousiasme, que le *Géant* s'éleva, sous les yeux de la population bruxelloise. Il opéra heureusement sa descente, à 10 heures du soir, à Ypres (près de Nieuport), avant d'arriver à la mer, vers laquelle il était poussé par le vent d'est.

Cette circonstance ne permit pas d'effectuer les observations scientifiques projetées.

Les résultats financiers des ascensions du *Géant*

furent loin de répondre aux espérances que Nadar avait fondées sur eux pour établir son *plus lourd que l'air*, et lors de l'Exposition universelle de Paris de 1867, il céda la propriété du *Géant* à une Compagnie qui organisa des ascensions dont le point de départ fut l'Esplanade des Invalides.

A l'occasion de cette même Exposition, un autre ballon, l'*Impérial*, monté par Eugène Godard, effectuait également des ascensions en partant de l'Hippodrome.



Fig. 62. — Eugène Godard.



## AÉROSTATS DU SIÈGE DE PARIS

On ne pouvait supposer, lors des ascensions publiques que nous venons de citer, effectuées pendant l'Exposition universelle de Paris de 1867, que trois années plus tard, ces aérostats qui s'enlevaient alors aux cris joyeux de la foule, deviendraient le seul moyen de communication entre la capitale investie et le restant du territoire français.

En 1870, en effet, les habitants de Paris, étroitement bloqués par les Allemands, dans leur enceinte de pierre, et privés de tout moyen de sortie par les routes de terre ou d'eau, n'eurent, pendant de longs mois, d'autre moyen de communiquer avec le reste de la France, que la voie de l'air. Mais il aurait fallu pouvoir diriger à son gré les globes aérostatiques, pour les lancer hors de la ville assiégée, et les faire revenir ensuite, par la même voie, à leur point de départ.

On se flatta, pendant les premières semaines du siège, que le ballon dirigeable allait surgir, et donner le moyen d'arracher la garnison et les habitants de la capitale à leur désastreux isolement.

Mais malgré les nombreux projets soumis à l'examen de l'Académie des Sciences et des Comités scientifiques établis dans les arrondissements de Paris par le Gouvernement de la Défense nationale, on dut renoncer à l'espoir de faire partir de Paris des ballons dirigeables, et on dut se borner à organiser les départs d'aérostats libres, que l'on lançait

quand le vent était favorable. Montés par un homme déterminé, les aérostats s'en allaient au hasard, tombant tantôt dans les lignes prussiennes, tantôt dans des localités sûres, d'autres fois, hélas! allant se perdre dans la mer.

Nous allons donner une rapide énumération des principales ascensions qui eurent lieu pendant le siège de Paris, jusqu'à l'armistice du 28 janvier 1871, et qui font partie à la fois de l'histoire des aérostats et de notre histoire nationale.

C'est à la gare d'Orléans que fut établi, sous la direction d'Eugène Godard, le premier atelier pour la construction des ballons. La gare du chemin de fer du Nord servit bientôt au même travail, sous la direction de Yon et Camille d'Artois. Pendant le siège, toutes les gares de chemins de fer étaient nécessairement vides. Ces immenses espaces reçurent les ouvriers chargés de la construction des ballons, et servirent de magasins pour ces énormes globes de soie, au fur et à mesure de leur fabrication.

C'est de la place Saint-Pierre, à Montmartre, un des points les plus élevés de la capitale, que partit, le 23 septembre 1870, le premier aérostat parisien, qui n'était, d'ailleurs, qu'un petit ballon, vieux et usé, le *Neptune*, appartenant à un aéronaute de profession, Duruof. Nadar s'était efforcé de réparer ce petit ballon, qui était tout percé de trous, et perdait le gaz par



mille déchirures. Cependant Duruof n'hésita pas à se confier à ce dangereux engin.

En présence du Directeur des postes, et de quelques délégués du Gouvernement de la Défense nationale, Duruof embarque dans sa frêle nacelle 125 kilogrammes de dépêches du Gouvernement, ainsi que quelques lettres de particuliers; et c'est au milieu d'une indicible émotion que les as-

geons voyageurs, et le but de son voyage, c'était d'expérimenter le retour des pigeons au colombier natal.

Le soir même, les trois pigeons revenaient à Paris, apportant au Directeur des postes une dépêche de l'aéronaute parti le matin. Il avait atterri dans le département de l'Oise, à Vernouillet.

La poste aux pigeons était créée.

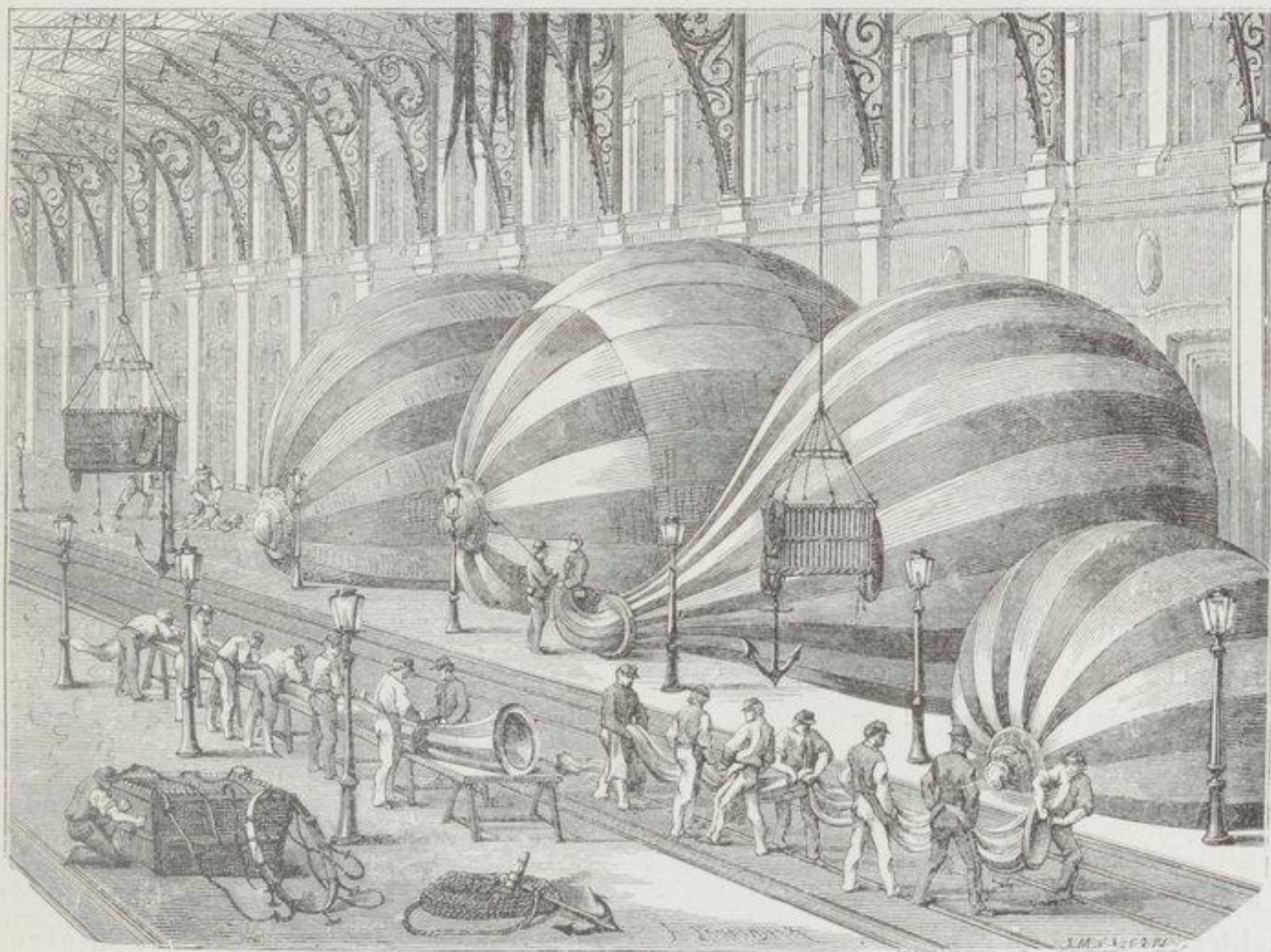


Fig. 63. — Atelier de construction des ballons, à la gare d'Orléans. (D'après une gravure du temps.)

sistants voient le *Neptune* se perdre dans les nues.

Le lendemain, à onze heures du matin, le *Neptune* effectuait heureusement sa descente près d'Évreux.

La poste aérienne était créée.

Deux jours après, le 25 septembre, un ballon, appartenant à Eugène Godard, la *Ville de Florence*, partait, à onze heures du matin, du boulevard d'Italie, monté par un aéronaute de profession et un passager.

La *Ville de Florence* emportait trois pi-

Louis Godard partit, le 29 septembre, de l'usine à gaz de la Villette, avec un passager. D'après un bizarre agencement, dont il avait pris l'habitude dans ses ascensions publiques, Louis Godard avait attaché ensemble, par une traverse horizontale, deux ballons, de petites dimensions. En cet équipage, il passa au-dessus de Montmartre, et tomba aux environs de Mantes.

Henri Giffard, le célèbre ingénieur dont nous examinerons ultérieurement les beaux travaux aérostatiques, possédait un petit bal-

lon, le *Céleste*. On le gonfla, à l'usine à gaz de Vaugirard, et il partit, le 30 septembre, à neuf heures du matin, emportant Gaston Tissandier, le savant aéronaute.

Le *Céleste* passa par-dessus Versailles, où il fut salué par une fusillade prussienne, et tomba, à onze heures du matin, aux environs de Dreux.

L'apparition des premiers ballons dans les départements avoisinant Paris excita un grand enthousiasme. Les aéronautes, porteurs de dépêches et de lettres, étaient accueillis avec des larmes de joie par les familles, qui recevaient, par la voie des airs, des nouvelles de ceux qui leur étaient chers. Quand un ballon touchait terre, les habitants des localités voisines se précipitaient en foule vers l'aérostat, et des centaines de bras se dressaient pour amortir sa chute.

D'un autre côté, les Allemands voyaient avec colère que le blocus qu'ils avaient si savamment organisé autour de la capitale pouvait être forcé. Ils regardaient, non sans inquiétude, les hardis messagers qui passaient par-dessus leur tête, et ils essayaient en vain de tirer en l'air quelques coups de fusil, dont les balles retombaient inertes,

dans leur camp, et dont se jouaient les aéronautes.

Le fonctionnement certain et facile de la *poste aérienne* avait été démontré par les quatre premiers voyages exécutés dans le premier mois du siège, avec un matériel dans le plus piteux état; mais cette insuf-

fisance même de l'appareillage faisait comprendre qu'avec de bons aérostats on pouvait compter sur le succès de la *poste aérienne*. Aussi le Gouvernement s'empressa-t-il de fournir les fonds nécessaires pour la fabrication de ballons bien conditionnés. L'atelier de la gare d'Orléans, et celui de la gare du Nord reçurent des commandes de ballons, de la capacité de 2.000 mètres cubes, qui furent confectionnés en quelques jours. Des marins et

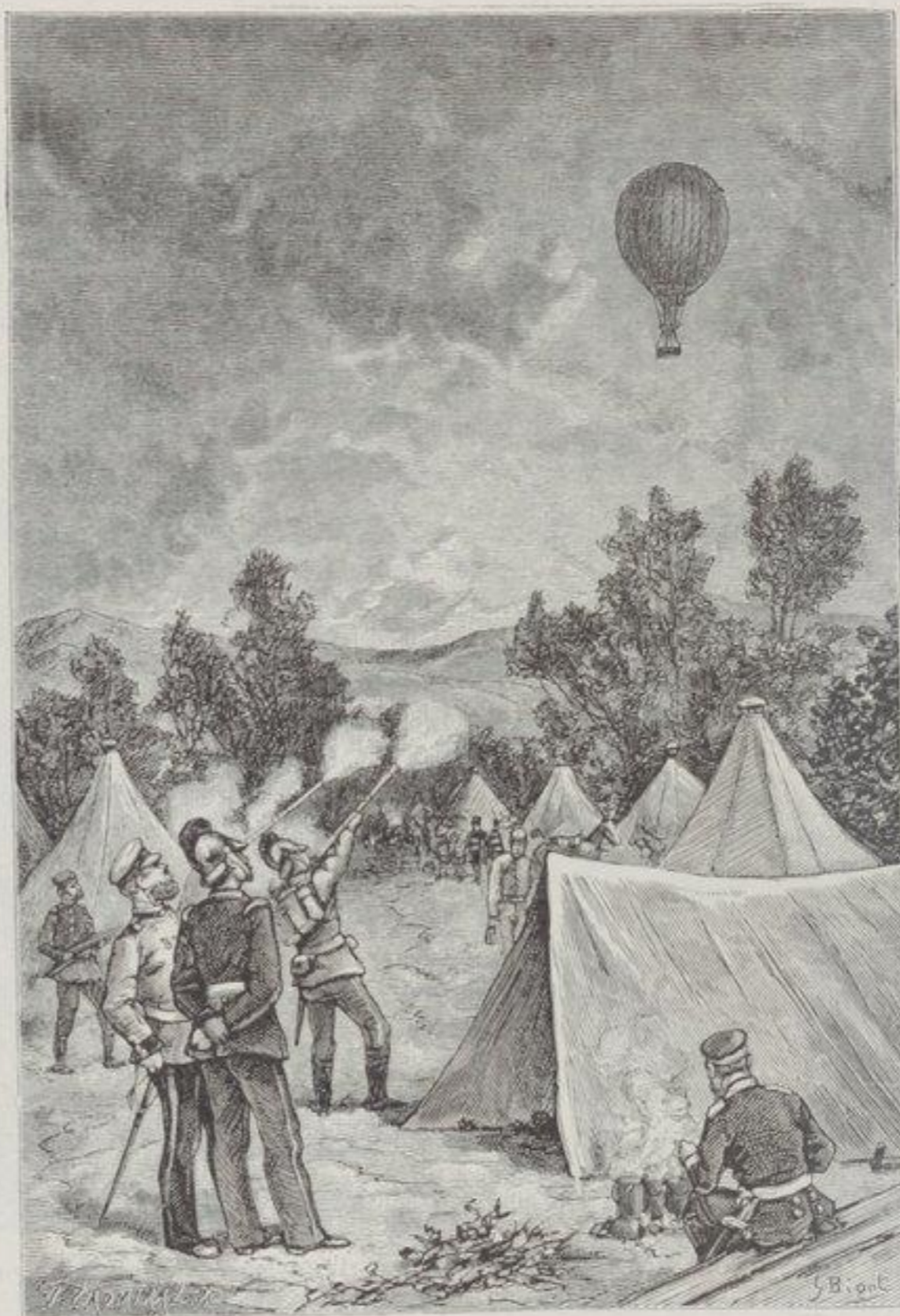


Fig. 61. — Un aérostat du siège de Paris, passant au-dessus d'un camp allemand.

des cordiers étaient les travailleurs attachés aux ateliers aérostatiques des gares d'Orléans et du Nord.

C'est le 7 octobre que commença la série des ascensions avec des ballons neufs.

La première devait laisser un grand souvenir dans l'histoire de la guerre franco-allemande. C'est, en effet, le 7 octobre 1870, que Gambetta, Ministre de l'intérieur, quitta Paris, en ballon, pour

aller organiser en province la défense nationale.

Dès le matin, de nombreuses estafettes étaient échangées entre le ministère et la place Saint-Pierre, à Montmartre, où devait s'effectuer le départ du ballon, l'*Armand-Barbès*, emportant Gambetta.

A deux heures, Gambetta, accompagné de Spuller, s'élevait vers le ciel. L'*Armand-Barbès* avait, d'ailleurs, un compagnon de route: c'était le *Georges-Sand*, monté par deux citoyens américains, qui avaient voulu voyager de conserve avec lui.

Le *Georges-Sand* toucha terre sans avaries notables; mais il en fut autrement de l'*Armand-Barbès*.

Conduit par un aéronaute de profession, le ballon qui enlevait Gambetta et Spuller s'abattit dans un bois que des soldats prussiens venaient de quitter peu d'instants auparavant. S'il fût parti de Paris un quart d'heure plus tôt, le jeune tribun aurait été pris par les soldats de Guillaume, et probablement fusillé. Du reste, le ballon s'était un moment tellement rapproché du sol que des balles

allemandes avaient sifflé autour de la nacelle.

On s'empessa de jeter du lest, pour quitter ce dangereux point d'atterrissage; mais le ballon ne put monter, et partit horizontalement, à travers les arbres d'une forêt, dont les

branches déchiraient son tissu fragile, et meurtrissaient cruellement les trois voyageurs. Heureusement, ils finirent par s'accrocher à un arbre, et le ballon s'arrêta, jetant pêle-mêle sur le sol, les voyageurs tout meurtris. La forêt n'était pas occupée par les Allemands. Gambetta et Spuller purent donc gagner, sans autre accident, la ville de Tours, but de leur voyage.

Quelques instants après, un pigeon lancé par les aéronautes, qui ve-

naient de prendre terre, rentra à Paris, et apprit au gouvernement l'arrivée de Gambetta dans la ville de Tours.

Après les six premiers ballons sortis de la capitale, onze autres franchirent, sans obstacles, les lignes ennemies, du 12 au 27 octobre.

Le 12 octobre, le *Washington* partait,

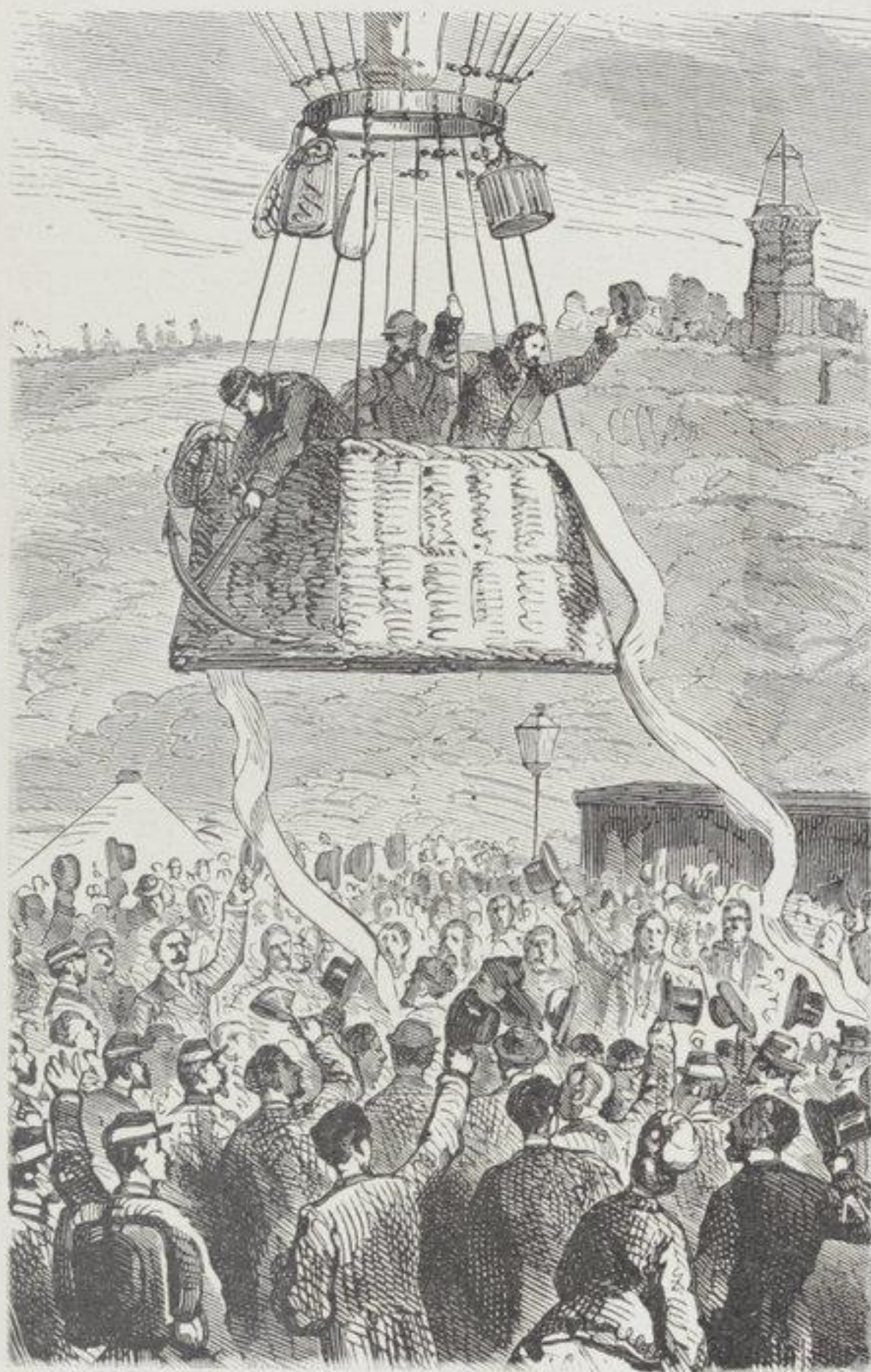


Fig. 65. — Départ de Gambetta dans un ballon-poste.  
(D'après une gravure du temps.)

enlevant MM. Van Roosebeke, propriétaire de pigeons, et Lefebvre, consul de Vienne.

Le *Louis-Blanc*, conduit par M. Farcot, accompagné de M. Tracelet, propriétaire de pigeons, quittait Paris le même jour. Le premier de ces aérostats descendit près de Cambrai; le second toucha terre dans le Hainaut, en Belgique.

Le 14 octobre eut lieu le départ de deux aérostats. Le premier, le *Cavaignac*, conduit par Godard père, emportait M. de Kératry et deux voyageurs; le second, le *Jean-Bart*, monté par M. Albert Tissandier, avait pour passagers MM. Ranc et Ferrand.

Le 16 octobre, le *Jules-Favre* s'élevait, à 7 heures 20 minutes du matin, de la gare d'Orléans, suivi, à 9 heures 50 minutes, du *Lafayette*.

Le 18 octobre, le *Victor-Hugo* partait du jardin des Tuileries, à 11 heures 45 minutes.

Le 19 octobre, avait lieu le départ de la *République-Universelle*; le 22 octobre, l'ascension du *Garibaldi*; le 25 octobre, le départ du *Montgolfier*; enfin, le 27 octobre, celui du *Vauban*.

Jusqu'au 27 octobre, la poste aérienne fonctionna très régulièrement. On avait adopté un modèle uniforme de ballons, qui était économique et d'un aspect assez élégant. Leur volume était d'un peu plus de 2.000 mètres cubes.

On en fabriqua, dans toute la durée du

siège, 54, qui coûtèrent 4.000 francs chacun.

Trois millions de lettres, du poids de 4 grammes, représentant une recette de neuf cent mille francs, furent transportés par les *ballons-poste*.

Le 27 octobre 1870, le jour sinistre où

Bazaine capitulait à Metz, le ballon la *Bretagne* s'élevait, à midi, de l'usine à gaz de la Villette, emportant MM. Vœrth, Hudin et Manceau, sous la conduite d'un aéroplane, M. Cuzon.

Depuis deux heures il planait dans l'air, quand l'aéroplane tira la corde de la soupape, pour atterrir. Par une fatale erreur, ayant mal reconnu le pays, il tombait en plein camp prussien! Une vive fusillade l'accueillit, et l'un des passagers, M. Vœrth, confiant dans sa nationalité d'Anglais, sauta à terre, et parlementa avec les soldats allemands. Mais le ballon, ainsi subite-

ment allégé, à l'improviste, s'élança dans l'air avec une rapidité vertigineuse. Les aéroplane demeurés dans la nacelle lâchèrent du gaz, redescendirent, et la *Bretagne* toucha encore la terre. MM. Hudin et Cuzon sautèrent ensemble sur le sol, et M. Manceau, demeuré seul, est aussitôt emporté à une très grande hauteur. Le froid le saisit, le sang lui sort des oreilles. Il parvint, néanmoins, à tirer la corde de la soupape: l'aéroplane descend aux environs de Metz. M. Manceau s'élança de la

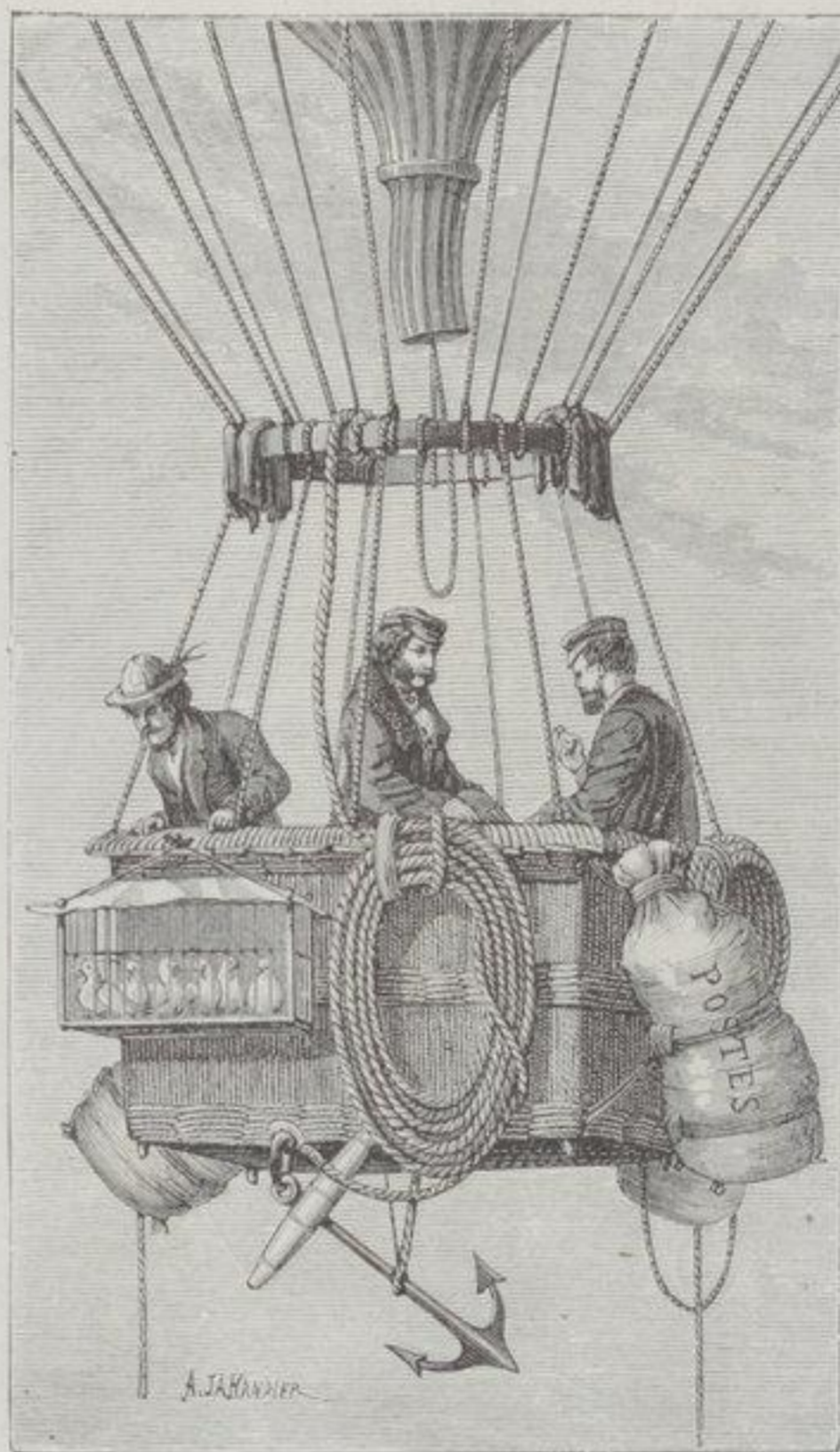


Fig. 66. — Nacelle d'un ballon-poste.

nacelle; mais il a mal calculé sa hauteur, il tombe de quelques mètres, et se casse la jambe.

Le lendemain, des uhlans s'emparent du voyageur. Malgré sa fracture, on le fait

atterrissait près de Chartres, entre les mains des ennemis.

Le 12, du même mois, le *Daguerre*, descendait à Ferrières, au milieu d'un bataillon prussien, qui s'empara de l'aérostat.

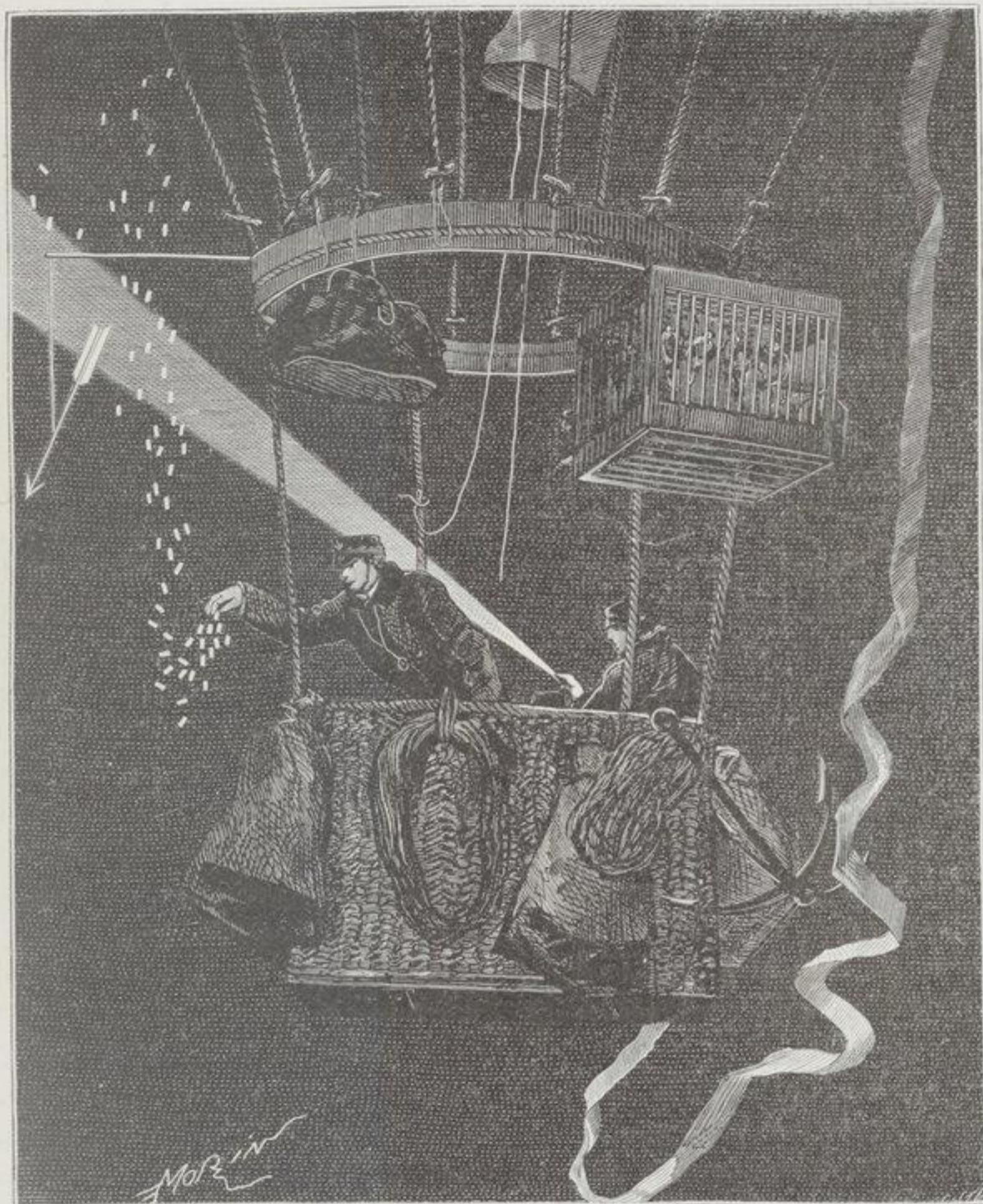


Fig. 67. — Une ascension nocturne pendant le siège de Paris.

marcher à coups de crosse; on le conduit à Mayence, où on le jette dans un cachot, et l'héroïque aéronaute fut sur le point d'être fusillé.

Le 29 octobre et le 2 novembre, les ballons le *Colonel-Charras* et le *Fulton* faisaient un heureux voyage, de Paris en province; mais le 4 novembre, le *Galilée*,

Au même moment, le *Niepce*, échappait miraculeusement à la capture.

Plus tard, dans le courant du mois de décembre, la *Ville-de-Paris*, et le *Général-Chanzy*, tombaient en Allemagne. Le premier fut fait prisonnier à Wertzburg, en Prusse; le second à Battenberg, en Bavière. Les voyageurs eurent à subir des mauvais

traitements et une pénible captivité; mais ils ne furent pas fusillés.

La prise du *Galilée* et la catastrophe du *Daguerre* avaient répandu l'alarme dans Paris. L'Administration des postes crut avoir trouvé le moyen d'éviter de semblables désastres, en faisant partir les ballons de nuit.

Mais pour se rendre compte de sa position au milieu des ténèbres, il fallait emporter un fanal assez puissant. Celui dont se servaient quelques aéronautes était une lampe à pétrole, munie d'un réflecteur : la lampe et le réflecteur étaient renfermés dans une boîte, et le faisceau lumineux s'élançait par une ouverture pratiquée à la paroi de la boîte.

Un moyen dont se servaient également les aéronautes du Siège, pendant les ascensions nocturnes, pour reconnaître la direction qu'ils suivaient, c'était de confier à l'air de petits morceaux de papier blanc, qui s'envolaient selon le vent.

Une flèche en papier suspendue à un bras horizontal fixé sur une tige de bois verticale leur servait également à se renseigner sur la direction du vent.

Mais tous ces moyens étaient bien précaires, et un départ effectué la nuit exposait à de grands dangers.

La suite ne le démontra que trop, et nous allons avoir à raconter une triste série de naufrages aériens.

Le 18 novembre, le ballon le *Général-Uhrich*, partait, à 11 heures 15 minutes du soir, de la gare du Nord. La nuit, noire et sombre, donnait un aspect fantastique au globe aérien, qui bondit dans l'espace, au milieu de l'émotion générale des assistants. L'aérostat flotta toute la nuit dans l'obscurité, et chose singulière après ce long voyage, il descendit dans le département de Seine-et-Oise, à Luzarches. Il est probable que, ballotté par des contre-courants, il suivit, à différentes altitudes, des directions opposées, qui ne lui permirent pas de s'éloigner davantage de Paris.

Six jours après, MM. Rolier et Bézier s'élevaient, à minuit, de la gare du Nord. Ils allaient entreprendre, à leur insu, une des plus étonnantes ascensions que les annales aérostatiques aient jamais comptées; leur voyage se termina en Norvège après la traversée du nord de la France de la Hollande et de la mer du Nord.

C'était le 23 novembre 1870; Paris, assiégé depuis soixante-sept jours, comptait sur la grande sortie du général Ducrot, qui devait, croyait-on, le dégager, avec le concours de l'armée de province. Tout semblait préparé à cet effet. Le général Ducrot voulait expédier au général d'Aurelle de Paladines, commandant en chef de l'armée d'Orléans, forte de 200.000 hommes, l'annonce de cette sortie, fixée au 30 novembre, et lui demander de faire avancer ses troupes vers Paris, pour concerter les deux attaques. Il donna l'ordre, à 6 heures du soir, de tenir un ballon prêt à partir, pendant la nuit, avec les dépêches du gouvernement et celles des particuliers. D'après la direction du vent et la rapidité de la marche des nuages, on pensait que le ballon, ne devant parcourir que 12 à 15 kilomètres à l'heure, descendrait, le lendemain, aux environs de Dunkerque ou d'Hazebrouck.

Son voyage, on va le voir, devait avoir une tout autre durée.

Le ballon, la *Ville de Florence*, monté par un ingénieur civil, M. Rolier, et un franc-tireur, M. Léon Bézier, partit, à minuit, emportant six pigeons messagers, cinq sacs, qui pesaient 300 kilogrammes et contenaient environ 100.000 lettres, un paquet de dépêches du gouvernement, pour la commission de la Défense Nationale à Tours et pour le général d'Aurelle de Paladines à Orléans, et une dépêche privée, adressée à Gambetta.

La *Ville de Florence* s'éleva rapidement jusqu'à 800 mètres, hauteur à laquelle elle se maintint longtemps. On jeta du lest, pour monter plus haut, et le sable lancé de

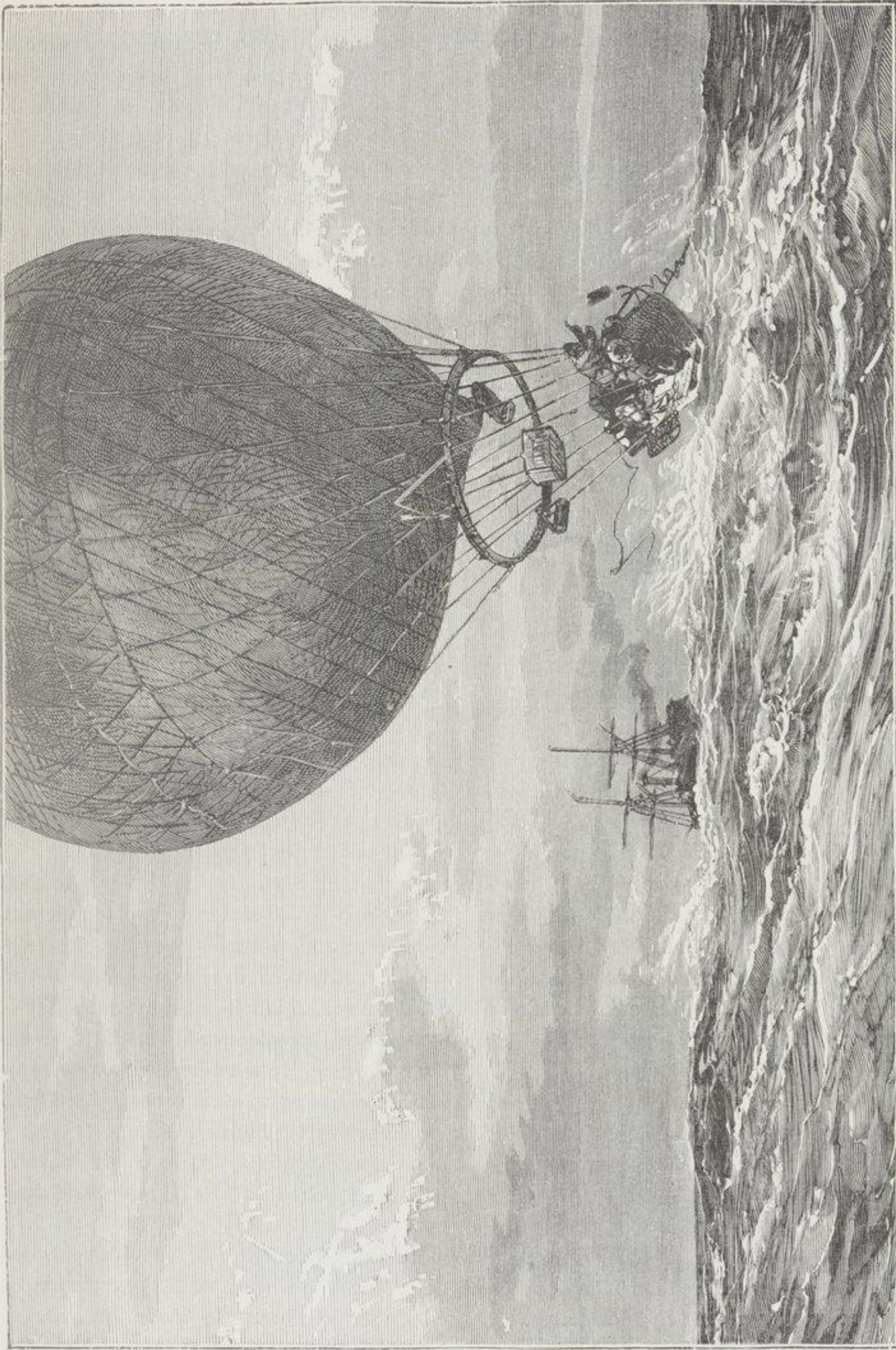


Fig. 68. — Le ballon la *Ville de Florence* sur la mer. (Gravure de l'époque.)

la nacelle tomba sans doute dans un camp prussien, car plusieurs détonations de mousqueterie se firent entendre aussitôt.

On atteignit ainsi la hauteur de 2.700 mètres.

Vers 3 heures et demie du matin, les voyageurs aériens commencèrent à entendre un bruit sourd uniforme et prolongé.

Rolier résolut de faire descendre l'aérostat, pour s'assurer de la cause de ce bruit, dont la persistance et la monotonie commençaient à l'inquiéter.

Quand le ballon se fut abaissé, un brouillard intense vint l'envelopper. Au lever du jour, ce brouillard se dissipa, et laissa apparaître au-dessous de la nacelle un fond noir, assez mal défini, que l'on considéra d'abord comme une forêt, mais sur lequel on distingua bientôt des petites taches blanches et mobiles.

Et Rolier reconnut avec épouvante, que le gouffre obscur au-dessus duquel il planait depuis trois heures était la mer.

C'était, en effet, sur la mer du Nord que planaient les malheureux aéronautes. Les taches mobiles étaient le résultat du mouvement des vagues.

Il était alors 6 heures du matin.

Au lever du soleil, le brouillard s'était dissipé; ce qui leur permettait de mieux embrasser la grandeur du péril.

Les rayons du soleil qui venaient frapper le ballon dilataient fortement le gaz, et le faisaient sortir en partie par l'orifice inférieur de l'appendice.

Poussé par un vent assez fort, l'aérostat rasait la surface des flots.

Il était ainsi entraîné depuis une heure au-dessus des vagues, quand un navire se montra à l'horizon, paraissant s'avancer dans sa direction. Mais il y avait encore entre le navire et les malheureux naufragés une distance de 500 mètres.

Une violente secousse vint les arracher à leur préoccupation. La nacelle n'était plus

qu'à 4 ou 5 mètres des vagues : ils allaient être engloutis.

Rolier s'empresse de jeter deux sacs de lest; mais le ballon reste immobile, le vent le tourmente furieusement, et incline la nacelle vers les flots : ils vont périr!

S'élançant alors vers les sacs de dépêches suspendus au bord extérieur de la nacelle, Rolier coupe la corde qui retenait un des plus gros; déchargé subitement d'un poids de 125 kilogrammes, le ballon la *Ville de Florence* part avec une telle vitesse que dix minutes après, il flottait à 4.500 ou 5.000 mètres de hauteur.

Disons, en passant, que ce sac de dépêches fut aperçu par l'équipage du navire que les naufragés avaient reconnu, au loin. Il fut repêché et envoyé en France par le capitaine.

Cependant, l'excessive expansion du gaz dans ces hautes régions menaçait de faire éclater l'enveloppe de soie du ballon. Rolier ouvrit largement l'orifice de l'appendice, pour laisser au gaz un écoulement plus facile.

L'aérostat cessa alors de monter. Le vent le poussait horizontalement, dans la direction de l'est, dans une zone de brouillards et de nuages, tellement épaisse qu'on ne voyait absolument rien autour de soi.

Le ballon continuant à perdre du gaz, Rolier sort de la nacelle, et se tenant aux cordages du filet, il saisit à deux mains l'appendice, et le tord, de façon à empêcher la fuite du gaz. Selon la tension ou l'aplatissement de l'enveloppe, il serrait ou relâchait l'orifice, de manière à se maintenir à la même hauteur; et il conserva pendant une heure cette pénible position.

Harassé de fatigue et le corps meurtri par les cordages du filet, il redescend dans la nacelle.

Le froid est si vif que les vêtements des deux voyageurs sont raidis par la glace, et qu'ils s'enlèvent le givre du visage. Leurs cheveux et leur barbe sont blancs et hérissés de petits glaçons.



L'aérostat descendait au milieu du brouil- tendait au-dessous un mugissement sinistre.

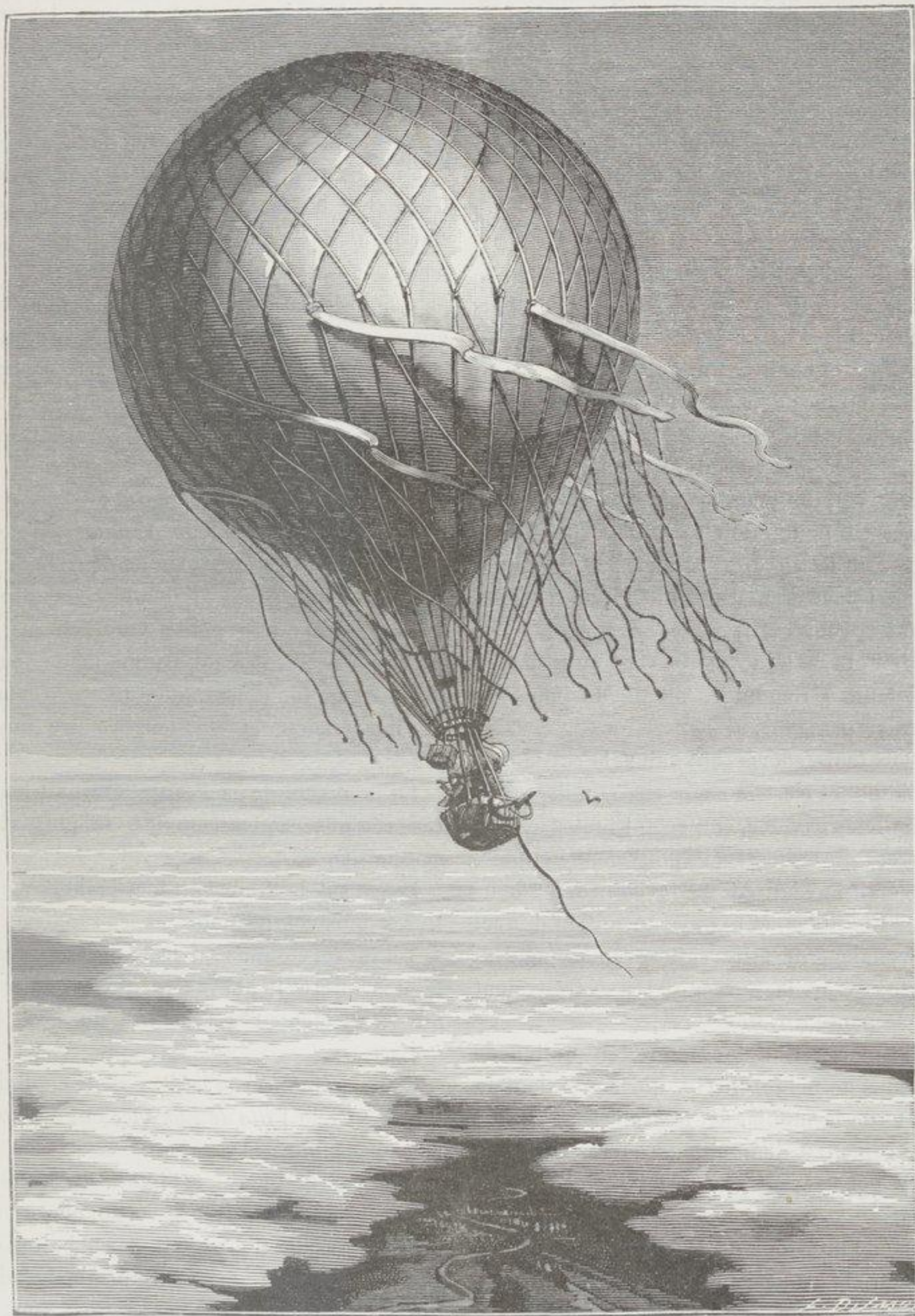


Fig. 69. — L'aéronaute Prince sur la mer du Nord. (*Gravure du temps.*)

lard qui ne les avait pas quittés; l'on en- Mais bientôt, ce bruit cessa, et le compa-

gnon du courageux Rolier lui signale une tache noire au-dessous de la nacelle, qui, peu à peu, s'éclaircit et devint verte.

C'était une forêt de sapins qu'ils avaient sous les pieds.

On comprend quelle dut être la joie des deux voyageurs flottant depuis deux jours entre le ciel et l'eau, au milieu des brouillards et des glaçons, avec une fin terrible en perspective.

« Détachez l'ancre, et lancez-la par-dessous, » crie Rolier à son compagnon. Mais Bezier, blessé à la main, ne peut exécuter l'ordre, et le ballon frappe rudement le sol, puis s'enfonce dans la neige.

Rolier saute hors de la nacelle, mais Bezier ne peut le suivre, et il est traîné sur le sol, tout embarrassé dans les cordages. Il peut enfin se laisser tomber à terre, et le choc est amorti par la neige. Il se relève à moitié étourdi, et rassemblant ses forces, il essaye, avec Rolier, de retenir le ballon, que le vent entraîne, et qui tend à remonter, allégé du poids du dernier passager.

Mais leurs efforts sont vains, la corde leur échappe, et c'est le cœur serré qu'ils voient le ballon s'envoler, emportant toutes les ressources sur lesquelles ils pouvaient compter.

C'était le vendredi 25 novembre, à 2 heures 20 minutes, et le pays au milieu duquel ils venaient de faire cette dramatique descente, c'était la Norvège! Ils se trouvaient sur la pente du *Mont Lick*.

Ils marchèrent longtemps au milieu de champs de neige durcie, qui couvraient la pente de la montagne, et arrivèrent enfin à une cabane à demi enfouée dans la neige; ils y pénétrèrent par le toit, grâce à une lucarne.

Dans l'intérieur de la chaumière, qui devait être la propriété de chasseurs de la montagne, ils trouvèrent un abri tranquille, et purent passer la nuit, bien défendus du froid, après avoir pris quelque nourriture, grâce à des provisions qu'ils furent assez

heureux pour trouver dans cette habitation solitaire.

Le lendemain, au lever du jour, les propriétaires de cette maison rustique arrivèrent, pour s'y établir.

C'était une famille de paysans aisés, qui se préparaient à aller chasser dans la montagne. Ils accueillirent avec la plus grande cordialité les malheureux Français, et leur prodiguèrent leurs soins avec le plus touchant empressement.

Quand ils furent remis de leur fatigue par un repos suffisant, leurs hôtes les conduisirent, à petites journées, jusqu'à la capitale de la Norvège, Christiania, distante de cent lieues de la montagne du *Lick*, où ils avaient atterri.

Sur leur passage, les habitants des villages qu'ils traversaient, connaissant leur nationalité et les causes de leur présence en Norvège, leur faisaient le plus chaleureux accueil. Dans une petite ville, on les fit passer sous un arc de triomphe de feuillage, et la foule les entourait, ne cessant de les féliciter et de leur rendre hommage.

Le nom seul de la France éveillait, dans ces régions septentrionales, la plus vive sympathie.

Le consul de France à Christiania recueillit ses deux compatriotes, et les rapatria.

Tel fut cet étonnant et dramatique voyage, le plus long et le plus accidenté de tous ceux qui se rattachent à l'histoire du siège de Paris.

En ce qui concerne le siège de la capitale, la perte de la *Ville de Florence* eut des conséquences funestes.

Le général Ducrot comptait sur l'armée d'Orléans pour appuyer sa sortie, et comme, nous l'avons dit, il envoyait, par le ballon de Rolier, l'ordre au général d'Aurelle de Paladines de faire avancer ses troupes vers la capitale, au reçu de sa dépêche. Celle-ci n'étant pas parvenue, le général d'Aurelle ne donna pas l'ordre du départ. Dès lors, les

événements prirent la tournure douloureuse que chacun sait.

Le mois de décembre fut fertile en naufrages aériens. Le 24 novembre, à une heure du matin, M. Buffet partit de la gare d'Orléans, dans le ballon l'*Archimède*. Il suivit la même direction que Rolier, mais il aperçut la mer au nord de la Hollande, et fut assez heureux pour toucher terre sur le rivage, près de la ville de Castebie.

Le 30 du même mois, une fin lugubre attendait le *Jacquard*, qui quitta Paris à 11 heures du soir monté par un matelot, du nom de Prince. Ce brave aérostier était seul dans la nacelle. Homme de résolution et d'énergie, il s'était offert comme aéronaute, malgré son inexpérience des voyages aériens.

Lorsqu'il partit, il s'écria, avec enthousiasme : « Je veux faire un voyage immense. On parlera de mon ascension ! »

Il s'éleva lentement, par une nuit noire...

Le lendemain un navire anglais aperçut un ballon sur la mer, en vue de Plymouth, mais il le perdit de vue et nul autre ne le signala depuis.

Le jour même de ce sinistre, MM. Martin et Ducauroyeux étaient également poussés vers l'Océan Atlantique. Partis de Paris, à minuit, dans le *Jules-Favre*, ils aperçurent

la mer, au lever du jour. Par un hasard providentiel, le vent les poussa au-dessus de la petite île de Belle-Isle-en-Mer, où ils tombèrent, avec une rapidité effrayante. Forcés de subir un trainage prolongé, ils furent blessés et contusionnés, mais leur vie fut sauvée.

Enfin, le 27 janvier, au moment de l'armistice qui devait mettre fin à la guerre de 1870, l'aéronaute Lacaze terminait la liste, déjà trop longue, des sinistres aériens. Il s'éleva à 3 heures du matin, dans le ballon *le Richard-Wallace*, passa près de terre, en vue de Niort; mais au lieu de descendre il jeta du lest et repartit dans les hautes régions de l'air. Continuant son trajet il traverse, à 200 mètres de haut, la ville de La Rochelle. Tout le monde croit que le ballon va descendre à terre, mais il continue sa route, et les assistants attirés sur le rivage le voient avec effroi se perdre dans les profondeurs de l'océan.

Le malheureux Lacaze y trouva son tombeau.

Lacaze était le soixante-troisième aéronaute sorti de Paris en ballon pendant le siège. Le lendemain, le soixante-quatrième et dernier aéronaute, montant le ballon *le Général-Cambronne*, allait porter à la France la nouvelle de l'armistice. C'était la fin de tant d'héroïques sacrifices.

## CHAPITRE VII

### PARACHUTES

EXPÉRIENCES DE LENORMAND. — GARNERIN ET DROUET.  
DESCENTES EN PARACHUTES.

Nous venons de donner, dans les chapitres précédents, l'histoire des aérostats depuis leur invention jusqu'à la guerre franco-allemande de 1870-71.

On a vu les transformations successives subies par ces machines aériennes et les premières applications qui en furent faites en vue d'opérations militaires et scientifiques, pour des exhibitions publiques et pour la défense du Territoire.

Nous avons, en outre, fait le récit des premiers grands voyages aériens dont certains furent, on l'a vu, fort émouvants, ainsi que des drames les plus poignants de la navigation aérienne par l'aérostat libre.

L'histoire des aérostats ne s'arrête pas là. Il s'en faut. Mais il nous a semblé qu'avant de narrer les prouesses aérostatiques dont un grand nombre d'entre nous ont pu être les témoins, il ne serait pas sans intérêt de

connaître l'aérostat dans ses détails, son équipement et les principes de sa navigation dans l'espace.

Cependant, avant d'aborder ces chapitres,

il convient de dire quelques mots d'un accessoire des aérostats qui fut, autrefois, fort en faveur et qui est lié à leur histoire. Nous voulons parler du *parachute*.

Nous avons dit que c'est à son retour de l'expédition d'Égypte, en 1799, que Bonaparte fit fermer l'école aérostatique de Meudon, et qu'il licencia les deux compagnies d'aérostatiers. Au moment où Bonaparte, certainement mal inspiré dans cette circonstance, arrêtait

brusquement les progrès de l'une des plus intéressantes applications de l'aéronautique, un homme audacieux ajoutait à cet art nouveau un glorieux fleuron, et frappait singulièrement l'imagination des masses, par une invention des plus sais-



Fig. 70. — Jacques Garnerin.

santes. Jacques Garnerin donnait, en effet, aux Parisiens, avec le *parachute*, le spectacle émouvant d'un homme se précipitant dans l'espace de 500 mètres de hauteur, sans autre protection qu'un frêle parasol de soie, retenu par quelques cordes.

L'invention du parachute a été certainement la conséquence des tentatives si nombreuses qui avaient été faites pendant le siècle précédent, pour arriver à réaliser le vol aérien.

*Expériences de Lenormand*

Le physicien qui, à l'origine, conçut et

mit en pratique le premier parachute, est Sébastien Lenormand, qui devint, plus tard, professeur de technologie au Conservatoire des Arts et Métiers de Paris. C'est à Montpellier qu'il en fit, en 1783, la première expérience.

Voici sur quels principes physiques est fondé le parachute.

On sait que tous les corps, quelles que

soient leur nature et leur forme, tombent dans le vide avec la même vitesse. On fait souvent, dans les cours de physique, une expérience qui démontre clairement ce fait. Dans un tube de verre, de trois à quatre

mètres de longueur, fermé à ses deux extrémités, on place divers corps, de poids très différents, tels que du plomb, du papier, des barbes de plumes etc., ensuite on fait le vide dans ce tube, à l'aide de la machine pneumatique. Lorsque le tube est parfaitement privé d'air, on le retourne

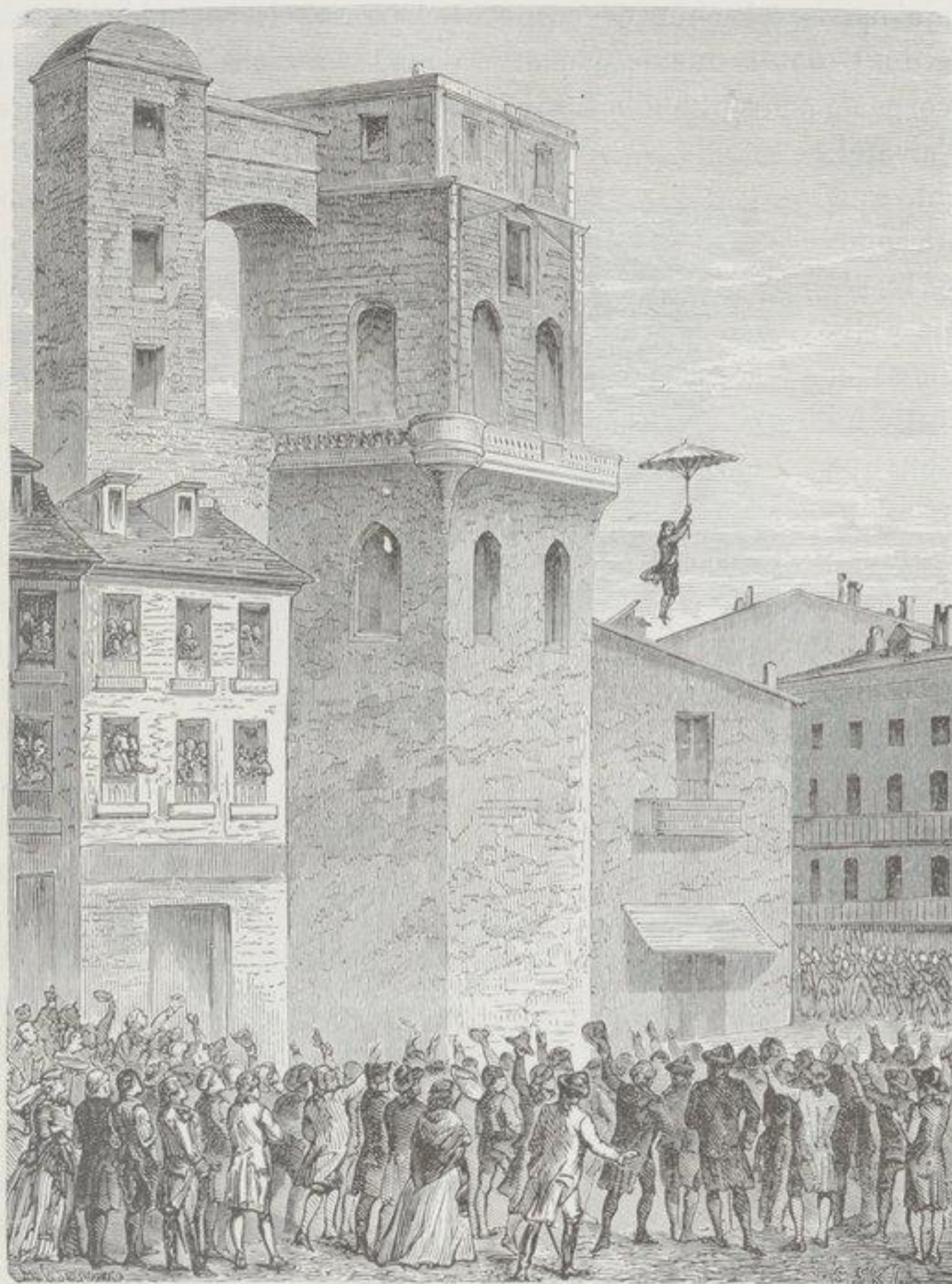


Fig. 71. — Expériences de Lenormand. (D'après une gravure du temps.)

brusquement, de manière à le placer dans la verticale. On voit alors tous les corps, tombant dans l'intérieur du tube, venir, au même instant, en frapper le fond.

Ainsi, dans un espace vide, tous les corps tombent avec la même vitesse; quand l'action de la pesanteur n'est combattue par aucune résistance qui puisse contrarier ses effets, elle s'exerce avec la même éner-

gie sur tous les corps, quels que soient leur forme et leur poids. Dans le vide, un obus ne tomberait pas plus vite qu'une plume.

Les choses se passent autrement dans l'atmosphère. La cause de cette différence est due à l'air, qui oppose à la chute des corps une résistance dont tout le monde connaît les effets. Les corps ne peuvent tomber, sans déplacer de l'air, et, par conséquent, sans perdre de leur mouvement. Aussi la résistance de l'air croît-elle avec la vitesse, et l'on exprime cette loi en physique, lorsque l'on dit que la résistance de l'air croît comme le *carré de la vitesse* du mobile : c'est-à-dire que, par exemple, pour une vitesse double, la résistance de l'air est quatre fois plus forte. Il résulte de là que si une masse pesante vient à tomber d'une grande hauteur, la résistance de l'air devient suffisante, pour rendre uniforme le mouvement accéléré, lequel est, comme on le sait, particulier à la chute des corps.

La résistance de l'air croît aussi avec la surface du corps qui tombe. Ainsi, en donnant à la surface d'un corps tombant au milieu de l'air, un développement suffisant, on peut ralentir à son gré la rapidité de sa chute.

C'est sur ces principes qu'est fondée la construction de l'appareil connu sous le nom de *parachute*. Pour donner plus de sécurité aux ascensions, on avait eu l'idée de suspendre au-dessous des aérostats, un de ces instru-

ments, destiné à devenir, dans les cas périlleux, un moyen de sauvetage. Si, par un événement quelconque, le ballon n'offre plus les garanties suffisantes de sécurité, l'aéronaute, se plaçant dans la petite nacelle du parachute, coupe la corde qui le retient. Débarrassé de ce poids, l'aérostat s'élance dans les régions supérieures, le parachute se développe, et ramène à terre la nacelle, par une chute douce et modérée.

Telle est la conception élémentaire du parachute.

C'est en 1783, avons-nous dit, que Lenormand fit sa première expérience.

Lenormand avait lu dans quelques relations de voyage, que dans certains pays, des esclaves, pour amuser leur roi, se laissent tomber, d'une assez grande hauteur, munis d'un parasol, sans se faire de mal, parce qu'ils sont retenus par la couche d'air comprimée par le parasol. Il lui vint à l'esprit de répéter lui-même cette expérience, et le 26

novembre 1783, il se laissa aller de la hauteur d'un premier étage, tenant de chaque main un parasol de soixante centimètres de diamètre environ. Les extrémités des baleines de ces parasols étaient rattachées au manche par des ficelles, afin que la colonne d'air ne les fit pas rebrousser en arrière. La chute lui parut insensible.

En faisant cette expérience, Lenormand fut aperçu par un curieux, qui en rendit compte à l'abbé Bertholon, alors professeur de physique à Montpellier. Ce dernier ayant

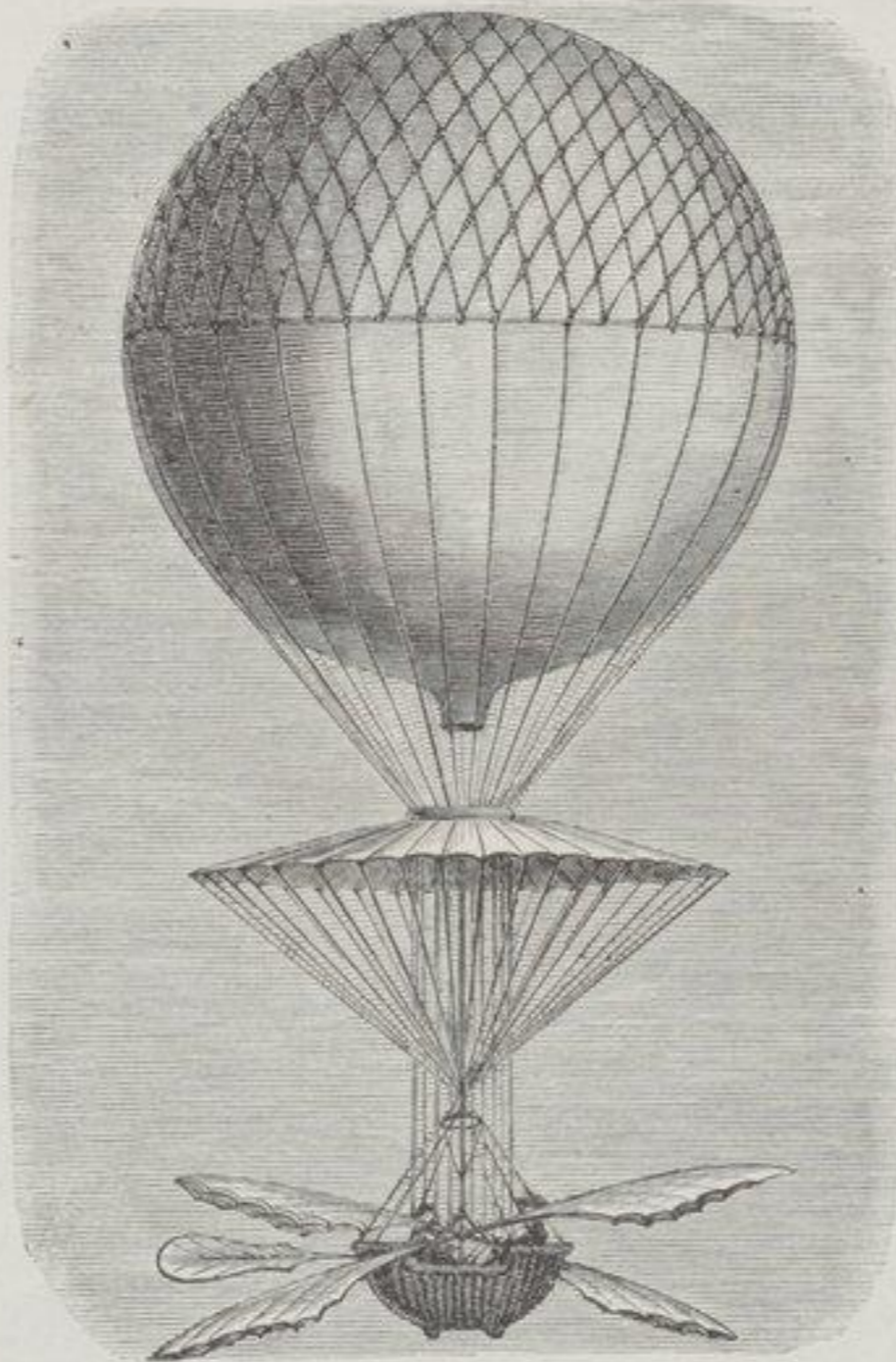


Fig. 72. — Bateau volant de Blanchard.

demandé à Lenormand quelques explications à ce sujet, Lenormand lui offrit de répéter devant lui l'expérience, en faisant tomber de cette manière différents animaux, du haut de la tour de l'Observatoire de Montpellier.

Ils firent ensemble ce nouvel essai. Lenormand disposa un parasol de soixante centimètres, comme il l'avait fait la première fois, et il attacha au bout du manche divers animaux dont la grosseur et le poids étaient proportionnés au diamètre du parasol. Les animaux touchèrent terre, sans éprouver la moindre secousse.

« D'après cette expérience, dit Lenormand, je calculai la grandeur du parasol capable de garantir d'une chute, et je trouvai qu'un diamètre de quatre mètres environ suffisait, en supposant que l'homme et le parachute n'excèdent pas le poids de cent kilos; et qu'avec ce parachute, un homme peut se laisser tomber de la hauteur des nuages sans risquer de se faire du mal. »

Ce fut pendant la tenue des états du Languedoc, c'est-à-dire vers la fin de décembre 1783, que Lenormand fit cette expérience. Il se laissa aller du haut de la tour de l'Observatoire de Montpellier, armé de son parachute. Montgolfier, qui était alors à Montpellier, fut témoin de cette expérience et il approuva beaucoup le nom de *parachute* que Lenormand donna à cet appareil.

Peu de temps après, Blanchard, dans ses ascensions publiques, répétait sous les yeux des Parisiens, et comme sujet de divertissement, l'expérience que Lenormand avait exécutée à Montpellier. Il avait même, lors de son ascension dont nous avons parlé, qui eut lieu le 2 mars 1784, dans un ballon à gaz hydrogène, fait exécuter d'avance des gravures semblables à celle de la figure 72 représentant l'aérostat muni d'un *bateau volant* et d'un parachute. Le *bateau volant*, endommagé avant le départ, ne fut d'aucune utilité et le parachute ne servit pas.

Blanchard, dans ses expériences de para-

chute, attachait à un vaste parasol divers animaux qu'il lançait du haut de son ballon, et qui arrivaient à terre sans le moindre mal. Mais, bien que ces expériences eussent toujours réussi, Blanchard n'eut jamais la pensée de rechercher si le parachute développé et agrandi, pourrait devenir pour l'aéronaute un moyen de sauvetage.

Cette pensée audacieuse s'offrit à l'esprit de deux prisonniers. Voici comment.

*Garnerin et Drouet.* Jacques Garnerin, qui devint plus tard l'émule et le rival heureux de Blanchard, avait été témoin, à Paris, des expériences que ce dernier exécutait avec différents animaux qu'il faisait descendre en parachute, du haut de son ballon. Envoyé en 1793 à l'armée du Nord, comme commissaire de la Convention nationale, Garnerin fut fait prisonnier, dans un combat d'avant-postes à Marchiennes. Pendant la longue captivité qu'il subit, en Hongrie, dans les prisons de Bude, l'expérience de Lenormand lui revint en mémoire, et il résolut de la mettre à profit pour recouvrer sa liberté. Mais il ne put réussir à cacher les préparatifs de sa fuite; on s'empara des pièces qu'il commençait à disposer, et il dut renoncer à mettre son projet à exécution.

Un autre prisonnier poussa plus loin la tentative. Ce fut Drouet, le maître de poste de Sainte-Menehould, qui avait arrêté Louis XVI, pendant sa fuite, à Varennes.

Drouet avait été nommé, par le département de la Marne, membre de la Convention. En 1793, il fut envoyé, comme commissaire, à l'armée du Nord. Il fut fait prisonnier par les Autrichiens à Maubeuge, lesquels l'emmenèrent à Bruxelles, puis à Luxembourg. Lorsque les « Alliés » abandonnèrent les Pays-Bas, en 1794, ils transportèrent Drouet à la forteresse de Spielberg, en Moravie.

C'est là, qu'inspiré par le souvenir des petits parachutes qu'il avait vu jeter par Blanchard au Champ-de-Mars, il essaya de s'échapper, à l'aide d'un moyen semblable.

Il fabriqua avec les rideaux de son lit, une sorte de vaste parasol, et réussit à cacher son travail aux soldats qui le gardaient. La nuit étant venue, il se laissa aller du haut de la citadelle. Mais il se cassa le pied en tombant, et fut ramené dans sa prison.

d'où il ne sortit qu'un an après, pour être échangé, avec quelques autres représentants du peuple, contre la fille de Louis XVI.

Rendu à la liberté en 1797, Jacques Garnerin en profita pour mettre à exécution le projet qu'il avait conçu dans les prisons de Bude. Il voulut reconnaître si le parachute avec

les dimensions et la forme qu'il avait calculées, ne pourrait pas être utile, comme moyen de sauvetage, dans les voyages aérostatiques. Il exécuta cette courageuse expérience, le 22 octobre 1797.

A 5 heures du soir, Jacques Garnerin s'éleva du parc de Monceaux. La petite nacelle dans laquelle il s'était placé, était surmon-

tée d'un parachute replié, suspendu lui-même à l'aérostat. L'affluence des curieux était considérable; un morne silence régnait dans la foule; l'intérêt et l'inquiétude étaient peints sur tous les visages. Lorsqu'il eut dépassé la hauteur de 1.000 mètres, on le

vit couper la corde qui rattachait le parachute à son ballon. Ce dernier se dégonfla et tomba, tandis que la nacelle et le parachute étaient précipités vers le sol, avec une dangereuse vitesse.

L'instrument s'étant développé, la vitesse de la chute fut très amoindrie. Mais la nacelle éprouvait des oscillations

énormes, qui résultaient de ce que l'air accumulé au-dessous du parachute, et ne rencontrant pas d'issue, s'échappait tantôt par un bord, tantôt par un autre, et provoquait des oscillations et des secousses inquiétantes. Un cri d'épouvante s'échappa du milieu de la foule; plusieurs femmes s'évanouirent.

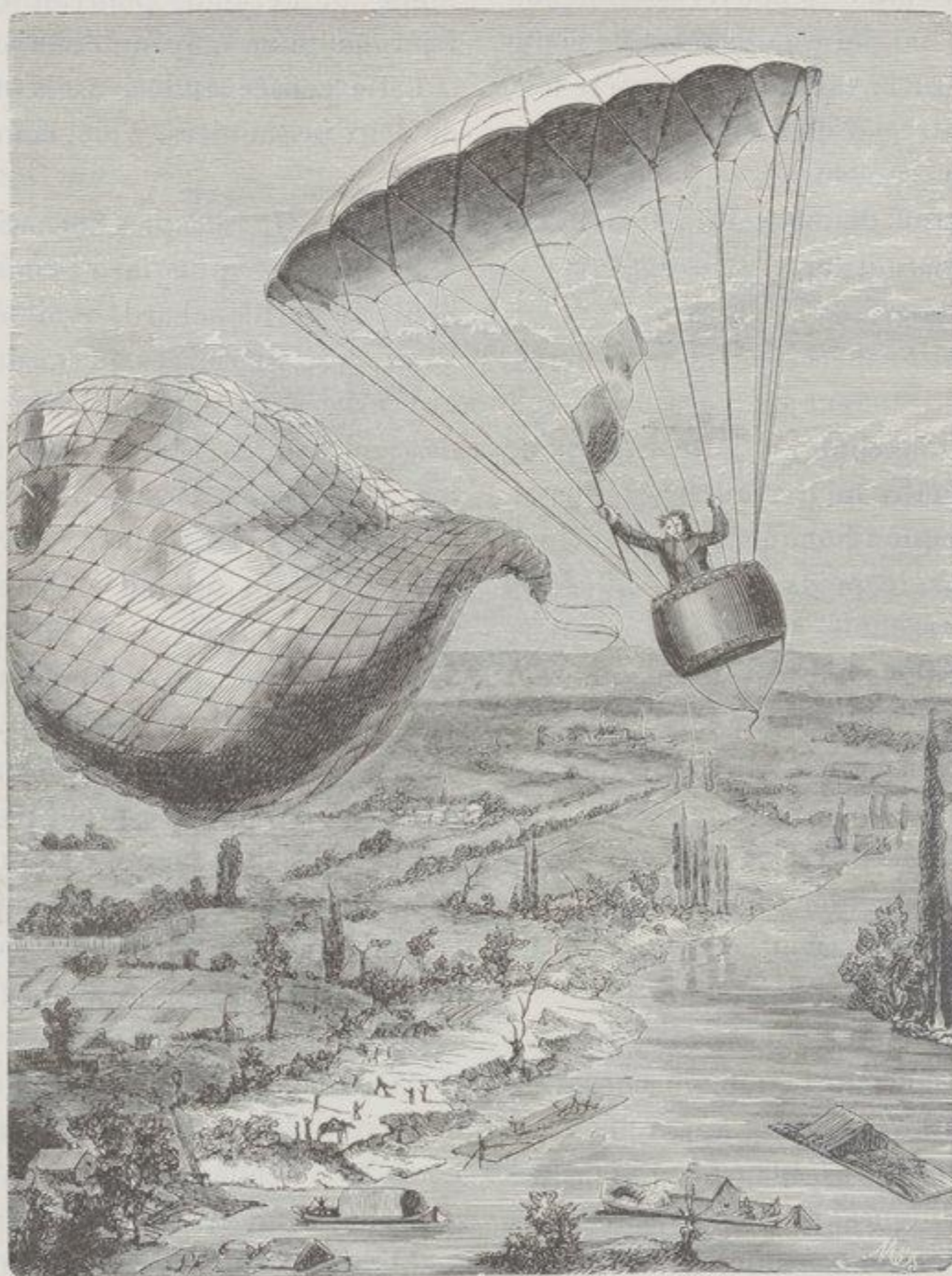


Fig. 73. — Descente de Jacques Garnerin en parachute le 22 octobre 1797. (D'après une gravure de l'époque.)



Heureusement, on n'eut à déplorer aucun accident fâcheux. Arrivée à terre, la nacelle heurta fortement le sol, mais ce choc n'eut point d'issue funeste. Garnerin monta aussitôt à cheval, et s'empressa de revenir au parc de Monceaux, pour rassurer ses amis et recevoir les félicitations que méritait son courage. L'astronome Lalande s'empressa d'aller annoncer ce succès à l'Institut, qui se trouvait assemblé, et la nouvelle y fut reçue avec un intérêt extrême.

Dès sa seconde ascension, Garnerin apporta au parachute un perfectionnement indispensable, qui lui donna toutes les conditions nécessaires de sécurité. Il pratiqua au sommet, une ouverture circulaire, surmontée d'un tuyau de 1 mètre de hauteur. L'air accumulé dans la concavité du parachute, s'échappait par cet orifice. De cette manière, sans nuire aucunement à l'effet de l'appareil, on évitait les oscillations qui avaient fait courir à Garnerin un si grand danger.

Les descentes en parachute se multiplièrent à cette époque. Ce spectacle ex-

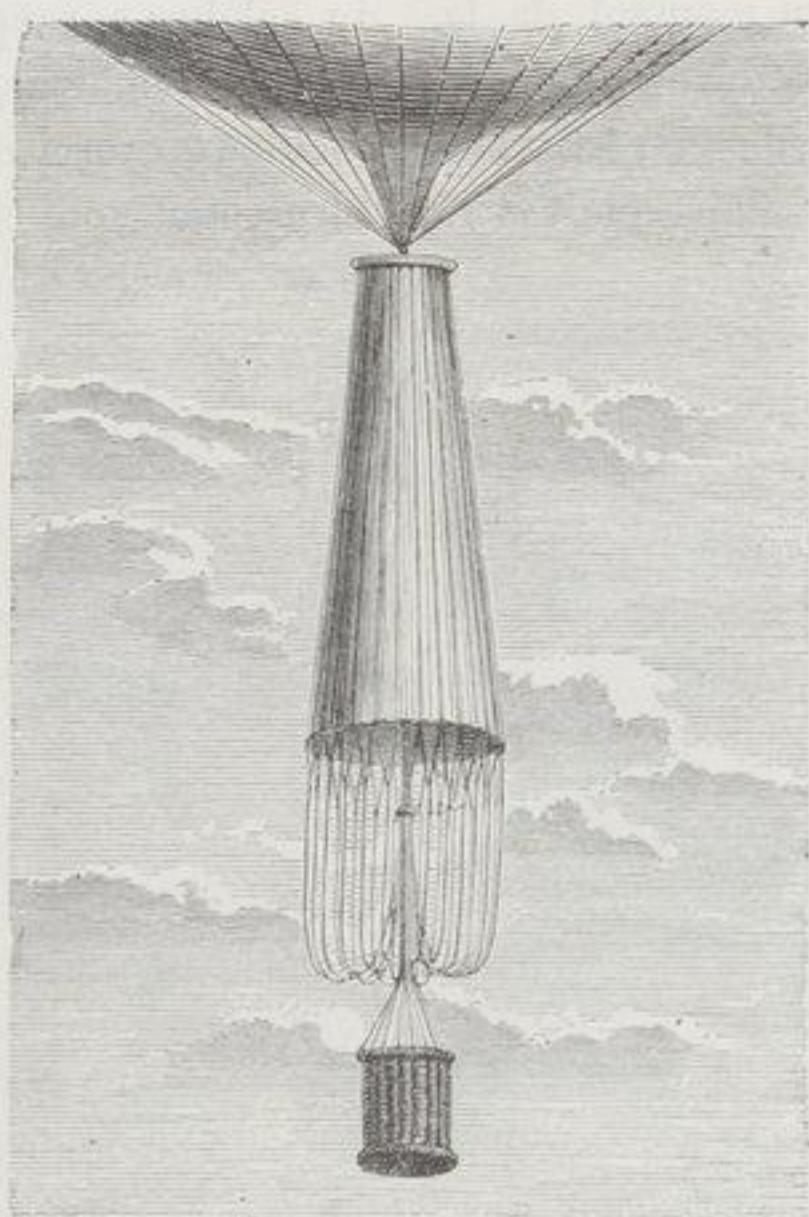


Fig. 74. — Parachute fermé. — Ascension.

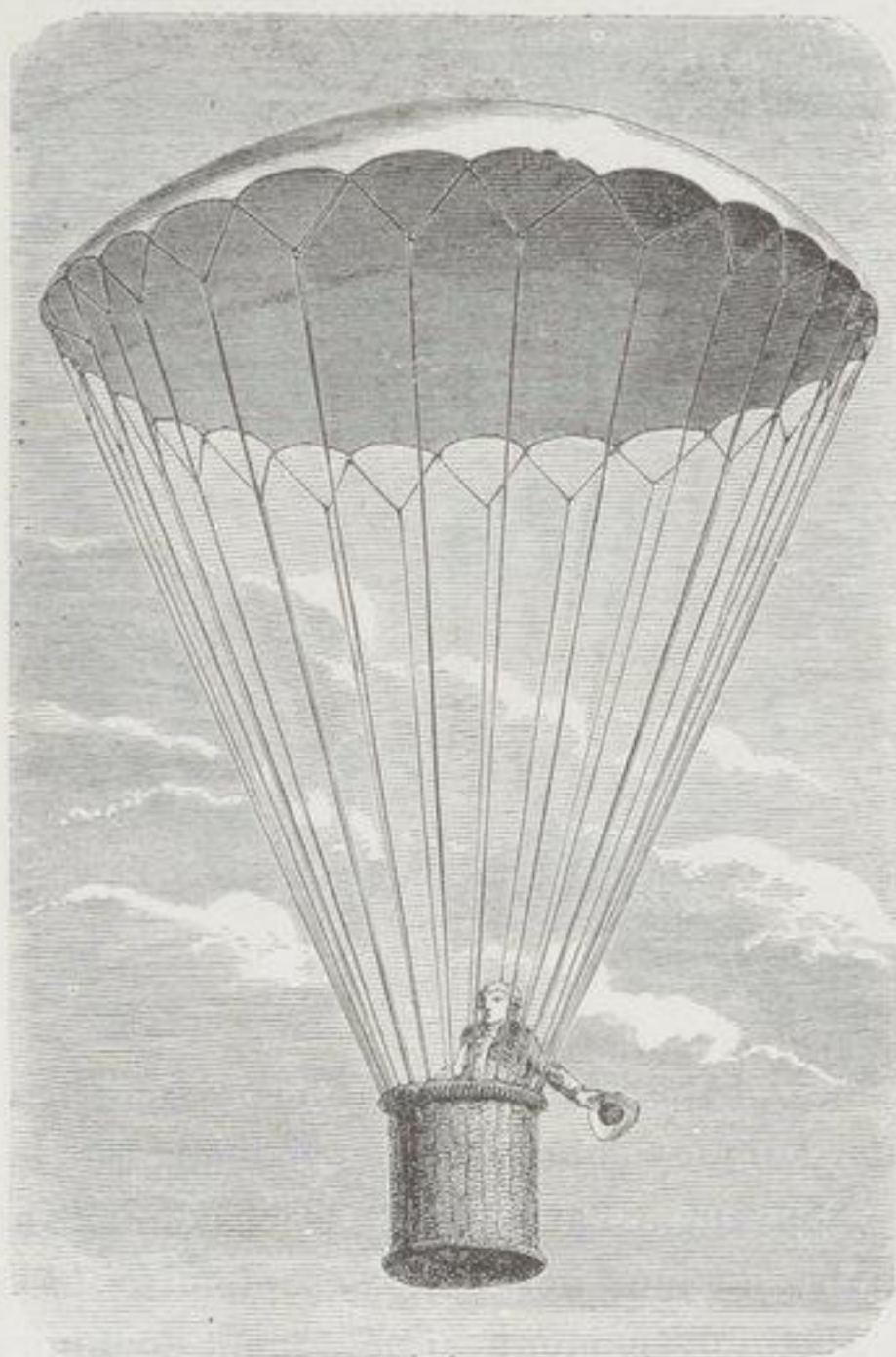


Fig. 75. — Parachute ouvert. — Descente.

traordinaire attirait toujours une foule considérable au Champ-de-Mars, où Garnerin l'exécutait. Les journaux racontaient chacune de ces représentations émouvantes, et des vaudevilles de circonstance les transportaient au théâtre.

Le parachute dont se servait Garnerin, et qui fut employé pendant longtemps après, était une sorte de vaste parasol, de cinq mètres de rayon, formé de trente-six fuseaux de taffetas, cousus ensemble, et réunis, au sommet, à une rondelle de bois. Quatre cordes, partant de cette rondelle, soutenaient la nacelle ou plutôt la corbeille d'osier, dans laquelle se plaçait l'aéronaute. Trente-six petites cordes, fixées aux bords du parasol, venaient s'attacher à cette corbeille; elles étaient destinées à empêcher le parasol de se retrousser par l'effort de l'air. La distance de la corbeille au sommet de l'appareil était d'environ dix mètres.

Lors de l'ascension, l'appareil était fermé, mais seulement aux trois quarts environ; un cercle de bois léger de 1<sup>m</sup>,50 de rayon, concentrique

au parachute, le maintenait un peu ouvert, de manière à favoriser, au moment de la descente, l'ouverture et le développement de la machine, par l'effet de la résistance de l'air. Une ouverture circulaire était pratiquée au sommet de la concavité.

La figure 74 représente le parachute au moment où l'aérostat s'élève. La figure 75 montre ce même parachute déployé, lorsque l'aéronaute ayant coupé la corde qui le suspendait au ballon, il s'est ouvert, par le seul effet de la résistance de l'air.

Le parachute, qui avait été inventé par Garnerin pour offrir à l'aéronaute un moyen de sauvetage, n'a cependant jamais répondu à cette intention. On ne connaît pas un seul cas dans lequel cet appareil ait servi à terminer une ascension périlleuse. Il n'a donc jamais servi qu'à donner au public le spectacle émouvant d'un homme se précipitant dans l'espace à une grande hauteur. C'est ainsi que Jacques Garnerin, Éliisa Garnerin, M<sup>me</sup> Blanchard, et plus tard, en 1850, Poitevin et Godard, leurs courageux émules, ont montré souvent à Paris, le spectacle toujours admiré de leur descente au milieu des airs. Aucun événement fâcheux n'a signalé ces belles et coura-

geuses expériences. Éliisa Garnerin, nièce du célèbre aéronaute de ce nom, se faisait surtout remarquer par son ardeur à ce périlleux exercice. Tout Paris admirait son adresse et son courage.

Dans une seule occasion une descente en parachute eut une issue funeste, mais on ne doit l'attribuer qu'à l'imprévoyance et à l'ignorance de l'opérateur : nous voulons parler de la mort de Cocking.

Cocking était un amateur anglais qui s'était mis en tête de créer un nouveau parachute, et voici la disposition qu'il avait imaginée. Le parachute employé par les aéronautes est, nous l'avons dit, un véritable parasol, dont la concavité regarde la terre; en tombant, il pèse sur l'air atmosphérique, et s'appuie dès lors sur un support résistant. Cocking prenait le contre-pied de cette disposition; il renversait le parasol dont la concavité regardait le ciel. C'était une disposition peu propice à

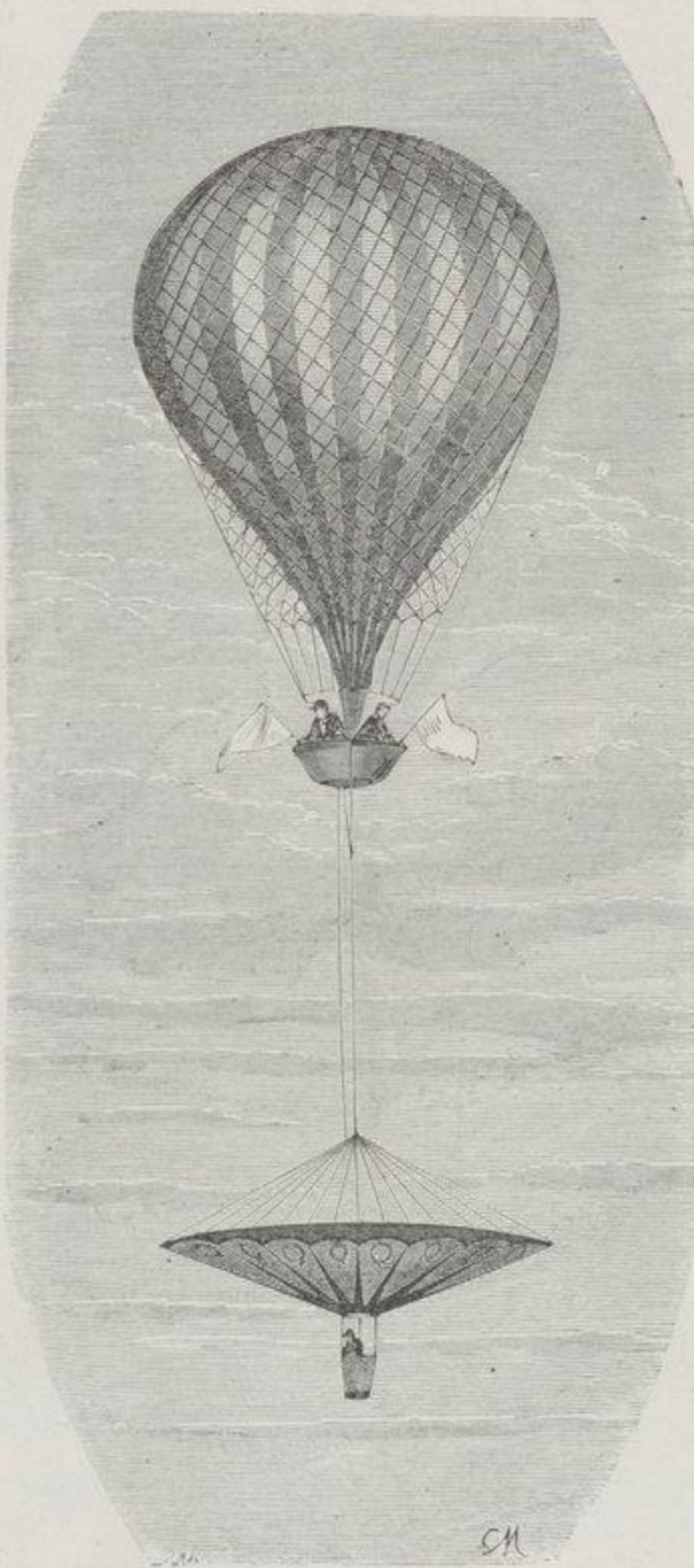


Fig. 76. — Parachute de Cocking.

retarder la chute.

L'événement ne le prouva que trop. Dans une ascension faite au Wauxhall de Londres le 27 septembre 1836, Green s'était embarqué, tenant Cocking et son déplorable appareil suspendus, par une corde, à la nacelle

de son ballon. Parvenu à une hauteur de 1.200 mètres, Green coupa la corde, et il dut considérer avec terreur la chute épouvantable du malheureux qu'il venait de lancer dans l'éternité.

En une minute et demie, l'aéronaute fut précipité à terre, d'où on le releva inanimé. Il était venu se briser près d'une auberge, à Lee, à quelques kilomètres de Londres.

On raconte que Cocking était prêt de renoncer à son entreprise, lorsque quelques paroles indirectes de désapprobation, le déterminèrent à braver le danger qui l'attendait. Le directeur du Wauxhall l'avait presque dissuadé de son entreprise, lorsqu'un des assistants s'écria :

« A quoi bon ces réflexions ! Cocking s'est tellement avancé auprès du public, qu'il vaudrait mieux, pour lui, mourir que de reculer ! »

Ce fut l'arrêt de mort du malheureux aéronaute, lequel se décida aussitôt à partir.

L'histoire est un perpétuel « recommencement ». Combien d'aéronautes et d'aviateurs auront dû leur perte à cette impatience d'un public avide d'un spectacle

qu'on lui a promis et que la plus élémentaire prudence conseillait d'ajourner !

Les parachutes, assez délaissés pendant un temps fort long, sont redevenus d'actualité.

La préoccupation d'assurer d'une manière efficace la protection des aviateurs contre les chutes possibles, ont conduit un ingénieur aéronaute, M. Gaston Hervieu, à proposer un parachute qui serait fixé au châssis de l'aéroplane.

Des essais ont été effectués le 18 septembre 1910 avec un aéroplane de modèle réduit, devant les délégués de la Conférence internationale des ligues aériennes.

Cet aéroplane avait, fixé à son châssis, un parachute, supportant un poids de 20 kilogrammes.

Pendant la chute de l'aéroplane, le parachute se détacha automatiquement, s'ouvrit après une descente de 10 mètres et descendit à la vitesse relativement faible de 4 mètres par seconde.

Des essais plus importants doivent être effectués du haut de la tour Eiffel. Nous y reviendrons quand nous traiterons des aéroplanes.



## OCÉAN AÉRIEN

ATMOSPHÈRE. — AIR ATMOSPHÉRIQUE.

PHÉNOMÈNES ATMOSPHÉRIQUES.

EAU ATMOSPHÉRIQUE : Nuages. — Brouillards. — Neige. — Grêle.

VENTS. — ANEMOMÈTRE. — GIROUILLE ET ANÉMOSCOPE.

DÉPRESSION ATMOSPHÉRIQUE — CYCLONES ET ANTICYCLONES. — ZONES DE VENTS.

TEMPÉRATURE DE L'AIR. — PHÉNOMÈNES ÉLECTRIQUES.

*Atmosphère* Avant de nous enlever dans l'espace avec les aérostats libres que nous allons maintenant examiner, il convient de connaître auparavant cet *espace*, et de quoi se compose cette mer aérienne ou plutôt cet *océan aérien*, ainsi qu'on l'a si justement nommé, sur lequel nos aérostats libres, puis nos aérostats dirigeables et enfin nos *plus lourd que l'air*, nos avions, vont naviguer, ayant parfois à lutter, comme les vaisseaux sur l'océan liquide, contre les bourrasques et les courants, les orages et les brouillards. Cet espace, cet océan aérien qu'on désigne assez souvent, un peu improprement d'ailleurs, sous le nom d'*air*, est ce que l'on appelle l'*atmosphère*.

L'*atmosphère*, ou couche gazeuse qui enveloppe la Terre, constitue donc l'océan aérien, dont le fond est formé par la surface même de la terre et dont le niveau supérieur n'a pu être encore atteint. La profondeur de cet océan, ou autrement dit la hauteur de la couche gazeuse formant l'*atmosphère*, est en effet indéterminée, car les chiffres donnés par divers savants comme valeur de cette hauteur varient de 50 à 800 kilomètres.

A la différence de l'océan liquide, pour lequel la navigation s'effectue à la surface supérieure, si on en excepte les bateaux sous-marins relativement peu nombreux, dans l'océan aérien, la navigation s'effectue au milieu même de la couche gazeuse qui le constitue et à des hauteurs différentes, suivant l'état d'équilibre des corps qui y sont plongés.

L'*atmosphère* se compose non seulement d'air, mais encore de vapeur d'eau, d'acide carbonique, etc... Il convient de dire, cependant, que l'air est l'élément essentiel, les autres gaz n'entrant dans sa composition que dans des proportions fort réduites.

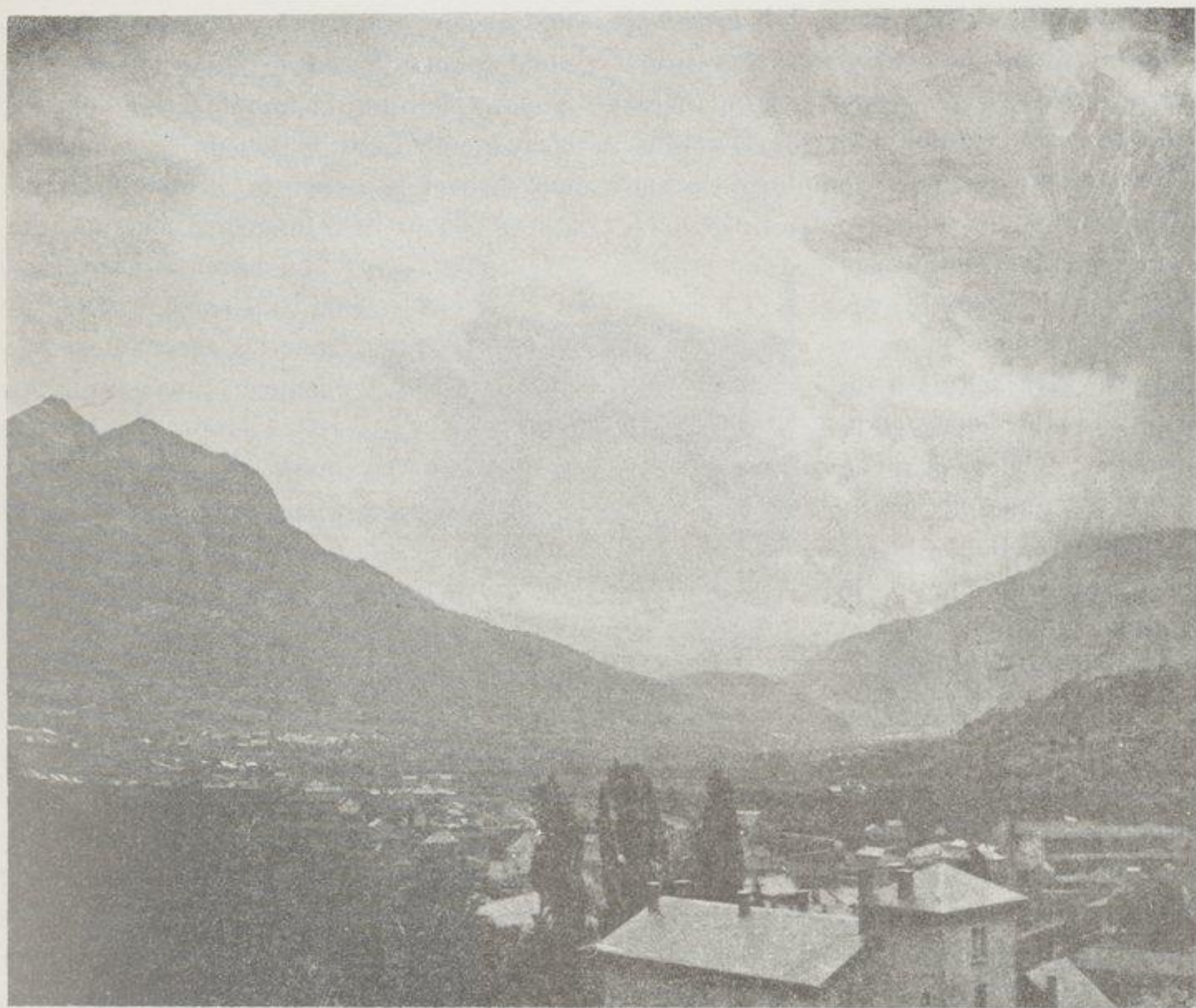
*Air atmosphérique* L'*air atmosphérique*, nom sous lequel on le désigne couramment, est constitué lui-même, on le sait, par un mélange d'oxygène, dans la proportion de 23 %, d'azote dans la proportion de 76,5 %. Le restant, soit 0,50 % est formé par quelques autres gaz qui n'entrent, on le voit, dans la composition de l'air que dans des proportions infimes.

L'*air atmosphérique* est pesant. Un litre de cet air pèse 1 gr. 293 lorsqu'il est à la

température de 0 degré et à la pression atmosphérique au niveau du sol. Nous verrons, par la suite, l'influence de la valeur de la température et de la pression sur le poids de l'air.

Ce poids n'est pas considérable : 1 kilog. 293 par mètre cube, et, cependant, la pres-

de variations atmosphériques qui correspondent à des phénomènes précédant le beau temps ou la tempête, cette pression change de valeur et devient plus élevée dans le premier cas et moins élevée dans le second. La hauteur de mercure faisant équilibre à ces nouvelles pressions est donc soit



Cliché Véroscope Richard.

Fig. 77. — Nuages au-dessus de Briançon.

sion exercée par la colonne d'air atmosphérique sur la surface de la terre équilibre une colonne de mercure de 76 centimètres de hauteur. C'est cette condition qui a permis d'établir le *baromètre*, instrument qui sert à indiquer et à mesurer les diverses pressions de l'air.

Cette pression relevée à la surface de la terre devrait être constante et équilibrer à chaque instant la colonne de mercure de 76 centimètres de hauteur; mais par suite

plus grande, soit plus faible. Ce sont ces propriétés qui ont permis d'appliquer le baromètre à la détermination du « temps probable »; mais, dans la réalité, cet instrument est, en principe, un appareil servant à mesurer la pression de l'air atmosphérique, ce qui permet de l'appliquer également à la mesure des altitudes dans l'atmosphère.

L'air, en effet, à la différence de l'eau, est compressible, et c'est encore un des caractéristiques

tères spéciaux qui distinguent l'océan aérien de l'océan liquide.

Donc l'air, qui est un gaz, est compressible et, en sa qualité de gaz, la variation de son volume par rapport à la pression qu'il supporte suit la *loi de Mariotte*, loi qui n'est pas, en théorie, rigoureusement exacte, mais qui est applicable à la généralité des cas ordinaires. D'après cette loi, *le volume d'une masse gazeuse varie en raison inverse de la pression qu'elle supporte*, ce qui revient à dire que si le volume d'une masse gazeuse, d'un mètre cube, par exemple, est soumis à une pression supposée égale à 1 kilogramme par centimètre carré, le volume de cette même masse gazeuse sera réduit à un demi-mètre cube si la pression devient égale à 2 kilogrammes par centimètre carré. Donc, quand la pression augmente, le volume diminue et, inversement, quand la pression diminue, le volume augmente.

C'est ainsi que cela se produit pour l'air atmosphérique. La pression de cet air au niveau du sol, ou *pression atmosphérique*, est sa pression maximum naturelle due à l'action exercée sur lui par une colonne d'air ayant comme hauteur la hauteur même de l'atmosphère.

Il est donc évident qu'au fur et à mesure qu'on s'élève au-dessus de la surface du sol, la colonne d'air atmosphérique pressant encore au-dessus diminuera de hauteur et, par conséquent, les pressions successives de l'air prises à des altitudes différentes seront de plus en plus faibles à mesure que l'altitude croîtra. C'est pour cela que le baromètre peut servir à connaître la hauteur à laquelle on se trouve au-dessus du sol par la mesure de la pression. Plus on est haut,

plus la pression baisse et plus la colonne de mercure équilibrant cette pression diminue de hauteur. Il en résulte aussi que, dans les récits des ascensions, nous trouvons, le plus souvent, la constatation de la montée ou de la descente des aérostats indiquée par l'observation de la descente ou de la montée de la colonne de mercure du baromètre. On remarquera que ces changements se manifestent dans des sens opposés, c'est-à-dire que la montée de l'aérostat correspond à une baisse de la colonne de mercure et sa descente à une hausse de cette même colonne.

Le baromètre est donc un instrument précieux pour les aéronautes; c'est même un appareil qui leur est indispensable pour qu'ils puissent connaître, approximativement, à chaque instant, la hauteur qu'ils ont atteinte dans l'atmosphère. Cette hauteur est, dans les baromètres spéciaux établis pour les aéronautes, indiquée directement par une graduation particu-

lière tracée sur les appareils en face de celle qui détermine les valeurs des pressions, ce qui permet de lire immédiatement le chiffre représentant l'altitude atteinte. Dans le baromètre altimétrique à cadran (Fig. 78) construit par J. Richard, la graduation, établie par le colonel Goulier, est rendue proportionnelle aux différentes altitudes, ce qui facilite la lecture. Le cadran comporte deux séries de graduations faites l'une sur une couronne fixe, l'autre sur un disque pouvant pivoter à l'intérieur de cette couronne et autour de son centre.

La graduation fixe indique les valeurs de la pression atmosphérique; la graduation mobile marque la valeur de l'altitude. Une aiguille se déplace devant les deux gradua-

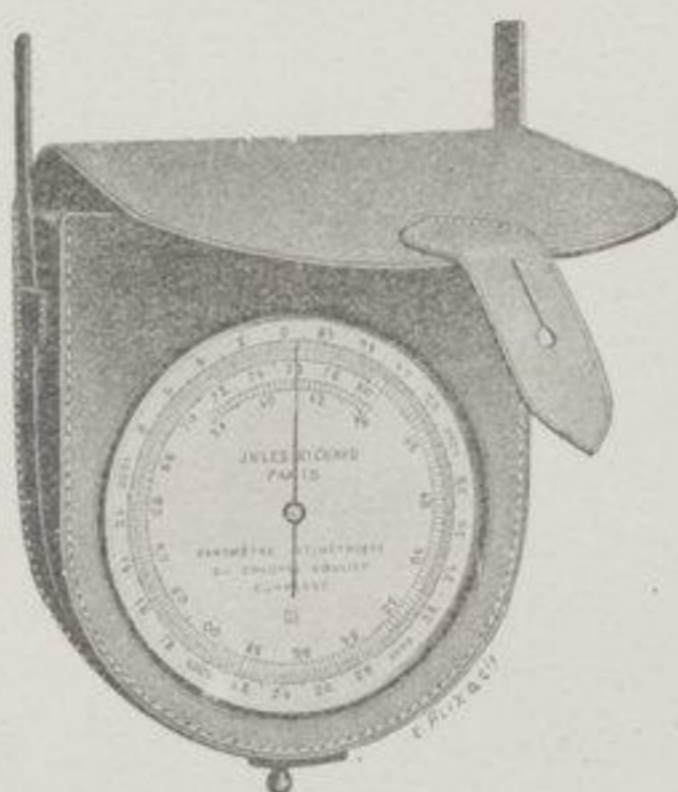


Fig. 78. — Baromètre altimétrique de Goulier-Richard.

tions en suivant les variations du baromètre. Lorsqu'on veut s'élever dans l'atmosphère, on fait, en partant, coïncider le zéro de la graduation mobile, en faisant tourner le disque qui la porte, avec l'aiguille indiquant la pression barométrique à ce moment. A mesure que l'on monte, la pression baisse et l'aiguille se déplace devant les graduations en indiquant à la fois, et directement, les pressions successives atteintes et les hauteurs correspondantes auxquelles on s'est élevé. On construit aussi, à l'usage des aviateurs, des baromètres qui, scellés et placés à l'abri de toute autre influence que celle de la pression de l'air, indiquent à ceux-ci la hauteur de l'appareil dans l'atmosphère et marquent l'élévation maximum à laquelle ils sont parvenus, ce qui permet, après leur atterrissage, de contrôler la hauteur atteinte. C'est à l'aide d'un de ces instruments que l'on a pu annoncer officiellement que l'héroïque et infortuné aviateur Chavez, mort le 27 septembre 1910, après avoir effectué en aéroplane la difficile traversée des Alpes, avait battu quelque temps auparavant le record de l'altitude du « plus lourd que l'air » en atteignant une hauteur de 2.652 mètres, hauteur d'ailleurs dépassée depuis, ainsi que nous le verrons plus loin.

En réalité, le baromètre ainsi établi n'indique, comme nous l'avons dit, qu'une altitude approximative, car pour calculer l'altitude rigoureusement exacte il conviendrait d'appliquer une formule établie par Laplace dans laquelle il est tenu compte des différences résultant à la fois des variations de la température et de la *latitude* de lieu. On sait que la *latitude* d'un point est la distance de ce point à l'équateur.

Ainsi donc, en résumé, la pression de l'air atmosphérique diminue de valeur à mesure qu'on s'élève au-dessus du niveau du sol, et une masse d'air ayant un certain volume à la surface de la terre occupe un volume de plus en plus grand, d'après la loi de

Mariotte, au fur et à mesure que la pression diminue, c'est-à-dire au fur et à mesure qu'on s'élève dans l'atmosphère.

A une certaine hauteur, pour laquelle la pression ayant diminué de moitié, par exemple, n'équilibrera qu'une colonne de mercure de 38 centimètres, un mètre cube d'air pris à la surface de la terre et supportant toute la pression atmosphérique, acquerra un volume double, soit deux mètres cubes à cette hauteur de pression moitié moindre. C'est à une altitude de 5.500 mètres environ que ces conditions se réalisent et il en résulte qu'un mètre cube d'air ne pèse à cette hauteur que 646<sup>gr</sup>,5 c'est-à-dire la moitié du poids qu'il possède au niveau du sol.

On voit que l'air se *raréfie* à mesure que l'altitude augmente et que sa pression diminue. Ceci explique la difficulté qu'éprouvent les aéronautes à respirer dans les hautes régions de l'atmosphère, les troubles physiologiques qu'ils ressentent dans cet air raréfié, et les dangers graves qu'ils courent à s'y maintenir, dangers qui furent mortels pour quelques-uns d'entre eux.

D'autre part, la diminution de pression et de densité de l'air influence l'état d'équilibre de l'aérostat dans l'atmosphère à mesure qu'il s'élève et fait varier l'expansion du gaz contenu dans son enveloppe. Ce gaz, en effet, se dilate et, en augmentant de volume, tendrait à déchirer l'enveloppe qui l'emprisonne s'il ne trouvait une issue par le clapet ou l'*appendice* de l'aérostat. L'excès de gaz s'échappe ainsi et, de ce fait, la *force ascensionnelle* de l'aérostat ne se trouve plus la même que celle qu'il possédait en quittant la terre. Nous examinerons plus loin en détail, les conditions à réaliser pour maintenir, malgré cela, un aérostat en équilibre dans les airs pendant une durée de temps la plus longue possible.

De ce fait qu'à 5.500 mètres de hauteur la pression de l'air a diminué de moitié, il ne s'ensuit pas qu'à une hauteur deux fois plus

grande, soit 11.000 mètres, la pression doit être réduite à zéro. Ce serait faire, en opérant ainsi, à la fois un calcul trop rapide et trop simple, qui donnerait une détermination vraiment trop facile de la hauteur de l'atmosphère.

En effet, si à 5.500 mètres la pression de l'air atmosphérique est devenue égale à la moitié de la pression s'exerçant au niveau du sol, à 11.000 mètres, toujours d'après la loi de Mariotte, la pression sera moitié moins grande qu'à 5.500 mètres et sera donc égale au quart de la pression initiale.

Il en sera donc toujours ainsi à mesure qu'on s'élèvera et la pression diminuera d'une partie de la pression qui reste, de sorte qu'à une altitude quelconque correspondra une pression d'air provenant de la colonne atmosphérique placée au-dessus, colonne ayant pour hauteur la distance séparant la couche supérieure de l'atmosphère du point considéré.

On voit que la variation de la pression de l'air n'est pas directement proportionnelle à la variation de l'altitude.

En résumé donc, l'air a un poids et est compressible : de là résulte sa raréfaction de plus en plus grande à mesure qu'on atteint les couches élevées.

Il était nécessaire de rappeler tout d'abord ces propriétés de l'air atmosphérique ; elles nous permettront ultérieurement de déterminer les conditions d'équilibre des aérostats dans l'atmosphère.

*Phénomènes atmosphériques* L'atmosphère est, en outre, le siège de phénomènes particuliers qui intéressent au plus haut point la navigation aérienne et qu'il est, pour cela, nécessaire d'examiner. Certains de ces phénomènes proviennent de l'eau en suspension dans l'atmosphère et des divers changements d'état que cette eau peut prendre suivant les conditions thermiques, hygrométriques, et même élec-

triques. D'autres sont caractérisés par les vents, la variation de la température de l'air, les dépressions.

Il faut enfin compter avec les phénomènes électriques.

*Eau atmosphérique* L'eau atmosphérique peut prendre successivement les trois états : gazeux, liquide et solide.

A l'état gazeux, c'est de la vapeur d'eau qui est invisible et qui, lorsqu'elle se condense, donne naissance aux nuages et aux brouillards qui, eux, sont visibles et forment, au sein de l'atmosphère, des sortes d'écrans susceptibles d'être fort gênants pour la navigation aérienne. Lorsque la vapeur d'eau a atteint un certain degré de condensation dans les nuages ou les brouillards, elle se transforme en pluie et cette eau liquide, formée d'une très grande quantité de gouttelettes sur lesquelles s'exerce l'action de la pesanteur, tombe sur la surface de la terre.

Si la température de l'air s'abaisse au-dessous de zéro degré, l'eau liquide change encore une fois d'état et prend la forme solide : c'est la glace, et suivant les conditions dans lesquelles se produit la congélation de l'eau, elle donne naissance à la neige, à la grêle, à la gelée blanche, au verglas.

Examinons, parmi ces états différents de l'eau, les formes sous lesquelles elle se présente le plus souvent dans l'atmosphère.

*Nuages* Les nuages, nous l'avons dit, sont formés par la condensation de la vapeur d'eau et deviennent visibles lorsque cette condensation atteint un certain degré.

La condensation de la vapeur d'eau dans l'atmosphère peut être produite par des causes diverses, parmi lesquelles une des principales est l'évaporation de grandes quantités d'eau due à l'action du soleil.

Elle se produit souvent, aussi, par suite du refroidissement successif des couches d'air à mesure qu'elles sont plus élevées. La



vapeur d'eau provenant de l'évaporation qui se produit au niveau du sol se répand dans l'atmosphère et, en vertu de sa faible densité, gagne les couches élevées. Au moment où elle se produit, cette vapeur est, ainsi que nous l'avons dit, invisible. Au fur et à mesure qu'elle s'élève, elle ren

première fois, une température plus froide, elle se condense à nouveau pour former des nuages qui se trouveront dans l'atmosphère à une altitude plus grande que les premiers nuages formés.

La condensation de la vapeur d'eau répandue dans l'atmosphère peut aussi se

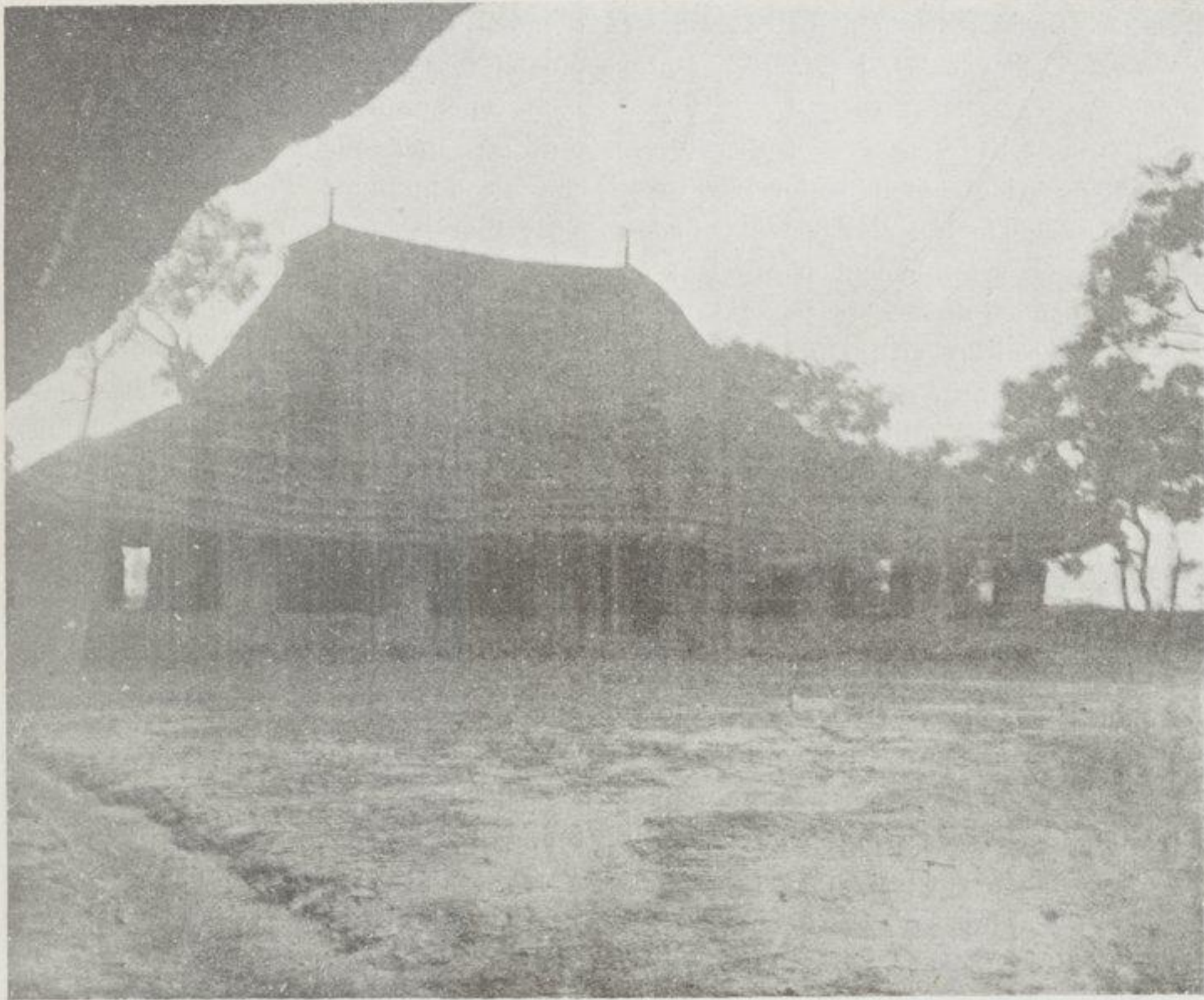


Fig. 79. — Pluie torrentielle. — Côte d'Ivoire.

Cliché Verascope Richard.

contre des couches d'air dont la température est de plus en plus basse. La vapeur d'eau se condense et commence à former des nuages qui peuvent soit grossir, par l'arrivée de nouvelle vapeur d'eau, soit être eux-mêmes dissipés, c'est-à-dire que l'eau qu'ils contiennent en suspension peut être évaporée par l'action de la chaleur du soleil.

Cette nouvelle vapeur peut ainsi s'élever davantage, et en rencontrant, à une hauteur, par conséquent plus considérable que la

produire par suite de la différence de température de divers courants d'air qui s'y rencontrent. Les vents, en effet, peuvent apporter dans une certaine masse d'air chaud, par exemple, une autre quantité d'air plus froid; il se produit alors une condensation de la vapeur d'eau contenue dans l'air qui peut être suffisante pour former des nuages. On comprend donc l'influence que la direction du vent peut exercer sur la production des nuages et des brumes,

et c'est par des observations répétées que les marins et les paysans arrivent à prévoir, presque à coup sûr, suivant l'aspect de l'atmosphère et la direction des vents, le temps probable qu'il fera.

Les nuages se présentent sous des aspects multiples qui résultent de leurs conditions de formation et de leur hauteur dans l'atmosphère. On les a divisés en quatre groupes : les *cirrus*, les *cumulus*, les *stratus*, et les *nimbus*.

Les *cirrus* sont les nuages les plus élevés. La hauteur à laquelle ils se forment varie de 8.500 à 9.000 mètres. Ils affectent la forme de filaments sensiblement parallèles; ce sont des bandes nuageuses laissant entre elles un espace libre, ce qui indique évidemment que la quantité de vapeur d'eau, condensée à une telle altitude, n'est pas très considérable et ne peut constituer une grande masse nuageuse compacte.

En raison de l'abaissement de la température à l'altitude élevée où se forment les *cirrus*, la vapeur d'eau condensée se transforme en fines aiguilles de glace que les aéronautes qui s'élèvent à de grandes hauteurs rencontrent, en traversant des nuages même distants de 6.000 à 7.000 mètres du sol, ainsi que cela s'est produit lors de quelques ascensions parmi celles dont nous avons précédemment fait le récit.

C'est la présence de ces aiguilles de glace qui donne lieu aux phénomènes désignés sous le nom de *parhélie* et de *halo*, phénomènes lumineux produits dans l'atmosphère par la réflexion de la lumière sur les aiguilles de glace qui s'y trouvent en suspension.

Les *cumulus* sont des nuages à formes arrondies à leur partie supérieure. Ces parties arrondies en boules ont une couleur blanche très vive, de sorte que ces nuages peuvent être assez justement comparés à des flocons cotonneux. La partie inférieure des nuages, cependant, apparaît grise ou noirâtre.

Les *cumulus*, qui se maintiennent généralement entre 1.400 et 2.000 mètres, s'amoncellent et ont l'air de rouler les uns sur les autres à certaines heures de la journée, surtout pendant la saison chaude. Il n'est pas rare de voir ces nuages disparaître sans donner lieu à de la pluie, car la chaleur solaire peut évaporer la vapeur d'eau qu'ils contiennent, laquelle s'élève dans des régions plus élevées de l'atmosphère.

Si, cependant, cette vapeur, en s'élevant, rencontre une couche d'air atmosphérique chargée d'humidité, l'évaporation ne peut s'effectuer jusqu'à complète disparition du nuage; alors le *cumulus* persiste et généralement finit par se résoudre en pluie.

Les nuages appelés *stratus* forment de longues bandes à environ 800 à 900 mètres de hauteur dans l'atmosphère. Ils sont précédés, le plus souvent, de bandes isolées qui se déplacent avec une certaine vitesse sous l'action du vent, action qui ne se fait pas sentir, à ce moment, au niveau du sol. Il se produit alors une dépression barométrique et les nuages se rapprochent et forment les *stratus*. Quand les *stratus* rencontrent une couche d'air froid, ils peuvent se transformer en *nimbus* qui se résolvent en pluie.

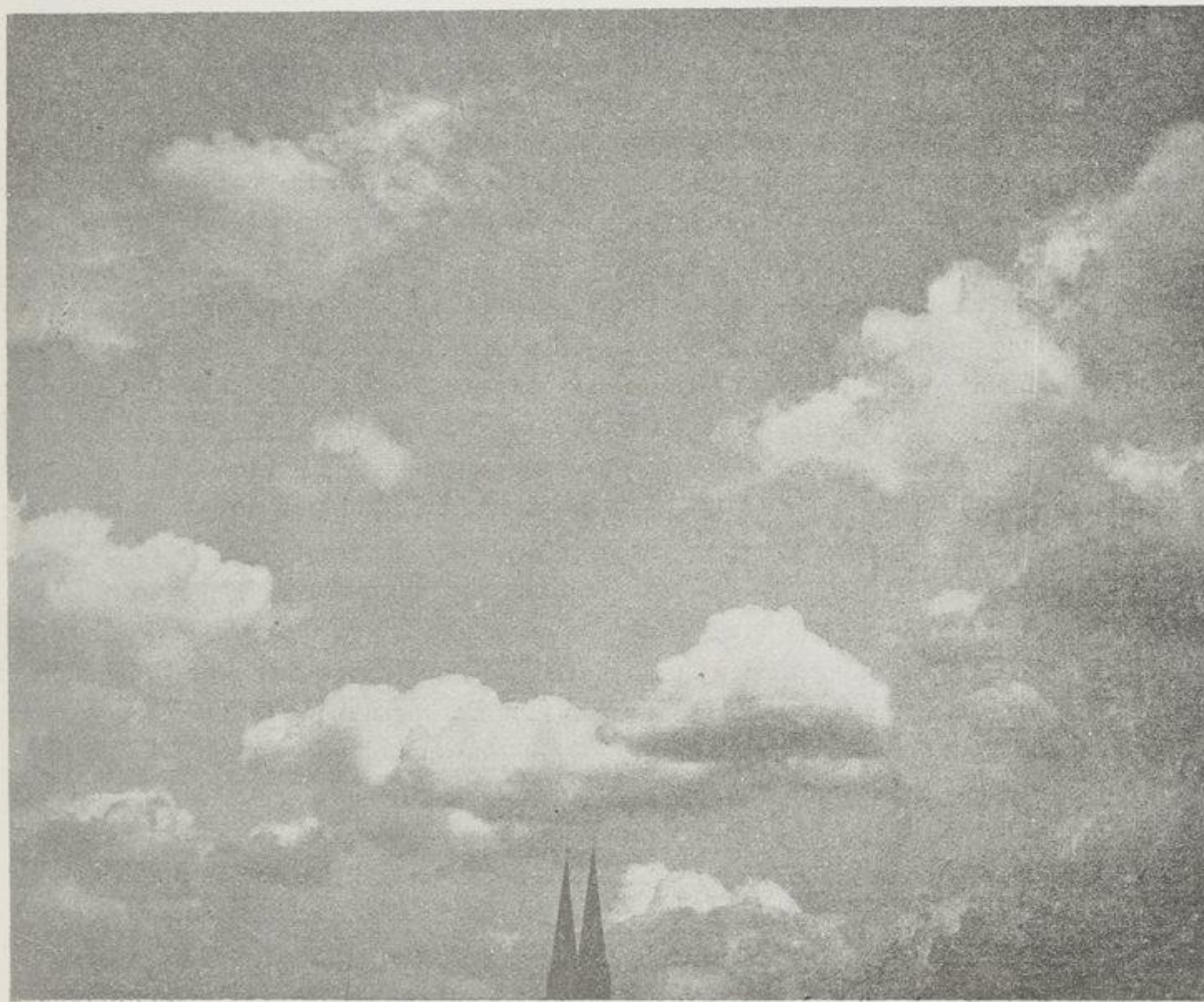
Les *nimbus*, en effet, sont, par excellence, les nuages présageant la pluie, ou, dans la froide saison, la neige. Ils atteignent 1.500 mètres de hauteur, ont une couleur gris-noir et forment dans l'atmosphère une masse nuageuse de grande épaisseur et de grande étendue.

Entre les quatre catégories principales de nuages que nous venons d'examiner s'intercalent d'autres nuages pouvant participer à la fois de plusieurs des catégories précédentes, leurs particularités s'associant ainsi dans de certaines proportions. C'est ainsi qu'on trouve les *cirro-cumulus*, les *cumulo-nimbus*, etc., ces derniers indiquant généralement des probabilités de pluie, d'orage.

*Brouillards* Lorsque la vapeur d'eau atmosphérique se condense tout près de la surface de la terre, elle donne naissance aux *brouillards*. Les brouillards restent assez souvent en contact avec le sol. Ils ont une couleur et même une odeur caractéristiques, qui proviennent de

la vapeur d'eau ainsi produite, rencontrant immédiatement au-dessus du sol les couches d'air plus froides, se condense au voisinage de la surface de la terre et forme le *brouillard*.

Lorsque le contraire se produit, c'est-à-dire quand la terre est plus froide que les



Giuseppe Verascope Richard.

Fig. 80. — Cumulus.

ce que la vapeur d'eau condensée qui les constitue est chargée des innombrables poussières qui sont constamment en suspension dans l'atmosphère au voisinage du niveau du sol.

La formation des brouillards résulte de plusieurs causes. Lorsque le sol est, par exemple, imprégné d'humidité et que sa température est supérieure à celle de l'air ambiant, l'eau contenue dans le sol s'évapore sous l'influence de sa température et

couches d'air qui l'entourent, la vapeur d'eau contenue dans l'air se condense par suite de la basse température de la terre et de son contact avec elle, et elle se dépose sous forme de gouttelettes sur le sol et sur les plantes de faible hauteur, peu éloignées du niveau du sol, par conséquent : c'est la *rosée*, phénomène bien différent du brouillard.

Les brouillards peuvent encore se produire lorsque l'air, se trouvant chargé d'hu-

midité, c'est-à-dire contenant une grande quantité de vapeur d'eau, subit l'influence d'un refroidissement soudain. La vapeur se condense alors sous forme de brouillard. Ce cas est très fréquent aux environs des cours d'eau et des étangs. Les couches d'air en contact avec ces surfaces liquides ayant parfois de grandes étendues, se saturent d'humidité, et les brouillards se forment au-dessus d'elles. Il n'est pas rare, en effet, de voir s'étendre au-dessus des fleuves une longue traînée de brouillards qui en suivent tous les contours; certaines villes placées au confluent de rivières sont quelquefois envahies par des brouillards intenses fort gênants pour la circulation.

Sur la surface de la mer les brouillards peuvent également, pour la même raison, occuper une très grande étendue et rendent la navigation très dangereuse.

Au point de vue de la navigation aérienne, les brouillards se tenant généralement au ras du sol, ne constituent pas, à proprement parler, une gêne au cours de la navigation elle-même; mais ils empêchent l'orientation en cachant la surface du sol et les points de repère qui s'y trouvent: ils peuvent rendre, dans le cas d'une descente forcée, l'opération de l'atterrissage fort difficile et même périlleuse.

*Neige* Les nuages et les brouillards peuvent donner naissance, lorsque la condensation de l'eau atteint un certain degré, à la *pluie*. C'est de l'eau qui tombe en gouttelettes séparées sur la surface de la terre.

Cette eau, ainsi revenue à son état normal, c'est-à-dire liquide, peut cependant reprendre, avant de toucher le sol, l'état solide lorsque les conditions atmosphériques s'y prêtent, et tomber sur la terre sous forme de *neige* ou de *grêle*.

La neige est de l'eau congelée sous forme de flocons cotonneux, légers, et d'une couleur blanche très pure. Elle peut se pro-

duire lorsqu'un nuage, déjà formé, nous le savons, par de la vapeur d'eau condensée, rencontre un couche d'air dont la température est inférieure à zéro degré. L'eau du nuage, au lieu de se déverser sur la terre en gouttelettes liquides, se congèle, et la neige tombe en flocons blancs.

La neige peut encore être produite par l'arrivée, dans une masse d'air chaud saturée d'humidité, d'un courant d'air très froid. La vapeur d'eau contenue dans l'air chaud humide se condense immédiatement sous l'action de l'air froid et se solidifie sous forme de neige lorsque la température de cet air froid est inférieure à zéro degré.

Parfois la neige, en tombant, rencontre entre le point où elle se forme et le niveau du sol, des couches d'air dont la température est supérieure à zéro degré. L'eau solidifiée sous forme de neige tend, en traversant ces couches d'air chaud, à redevenir liquide et, suivant l'épaisseur que possèdent ces couches, la neige se transforme en pluie ou ne se liquéfie qu'en partie. Dans ce dernier cas, elle tombe sous forme de pluie mêlée de neige.

Lorsque la neige se forme dans une atmosphère où ne souffle aucun vent, elle est constituée par un grand nombre de cristaux de forme hexagonale, ou semblables à des étoiles à branches ramifiées. Quand l'atmosphère n'est pas calme, les vents projettent les uns sur les autres ces cristaux neigeux, les agglomère, et c'est ce qui constitue les flocons de neige, dont le volume est plus ou moins considérable suivant les conditions atmosphériques dans lesquelles ils se sont formés.

Sous l'action de la chaleur solaire, la neige fond. Cependant, il peut se faire que la quantité de neige accumulée soit telle que l'action du soleil ne puisse pas la liquéfier tout entière. Il se forme alors à la surface du sol une couche de glace sur laquelle se répand l'eau provenant de la fonte des couches supérieures de neige; cette eau

se congèle à son tour, et la croûte glacée conserve perpétuellement son même aspect. Ce sont les *neiges éternelles* qui recouvrent les hautes cimes des montagnes. La hauteur à laquelle se forment ces couches neigeuses qui ne fondent jamais complètement, varie suivant les latitudes.

Elle est constituée par une grande quantité de *grêlons*, sortes de grains blancs et durs formés par un noyau de neige enveloppé par des couches successives de glace et de neige. Ces grêlons ont des dimensions variables; certains peuvent atteindre la grosseur d'un œuf de poule.



Cliché Véroscope Richard.

Fig. 81. — Chute de neige à Turin.

Dans les massifs des Alpes, on les rencontre à partir de 2.700 mètres environ; dans les régions avoisinant les pôles, elles se forment au niveau même de la mer, tandis qu'aux environs de l'équateur, on ne les trouve qu'à partir de 5.000 mètres d'altitude.

*Grêle* La grêle est également de l'eau condensée dans l'atmosphère, qui se congèle sous une forme et dans des conditions toutes spéciales.

La grêle tombe généralement en été, lorsque la température est élevée et que l'atmosphère est troublée par des vents soufflant avec violence. Certains météorologistes attribuent la formation des grêlons à un mouvement de rotation communiqué par les tourbillons aériens aux aiguilles de glace se trouvant dans les cirrus. Ces aiguilles, animées d'un mouvement de giration rapide, forment, en traversant des nuages orageux inférieurs, le noyau du grêlon, qui

augmente de grosseur jusqu'au moment où son poids provoque sa chute sur le sol.

*Vents* Avec les nuages et les brouillards, et même à un degré supérieur, les vents constituent des phénomènes atmosphériques intéressant au plus haut point la navigation aérienne.

Le vent est produit par le déplacement de l'air atmosphérique. Ce déplacement s'effectue d'une manière plus ou moins rapide et suivant certaines directions qui dépendent, ainsi que nous allons l'examiner, de la variation de la valeur de la pression atmosphérique en des points du globe éloignés les uns des autres.

La vitesse du vent s'indique généralement en mètres parcourus par ce vent pendant l'espace d'une seconde.

On peut également connaître la vitesse du vent en mesurant la pression que ce vent exerce sur une surface de dimensions déterminées. La pression ainsi exercée est proportionnelle au carré de la vitesse.

*Anémomètre* La vitesse et la pression du vent peuvent être mesurées par des instruments nommés *anémomètres*. Les anémomètres sont donc de deux sortes : ceux qui mesurent la vitesse et que l'on nomme *anémomètres de rotation*, et ceux de l'autre catégorie appelés *anémomètres de pression*.

Les anémomètres de vitesse sont généralement constitués par un moulinet portant des palettes ou ailes plus ou moins inclinées et sur lesquelles l'action du vent s'exerce. Le moulinet tourne alors autour de son axe avec une vitesse proportionnelle à la vitesse du vent qui agit sur lui. On utilise le mouvement de rotation de

l'arbre pour actionner un rouage compteur de tours disposé pour que son aiguille indique directement, en se déplaçant devant un cadran gradué, la vitesse du vent qui provoque son déplacement.

L'anémomètre représenté par la figure 82 est un appareil portatif, construit par les ateliers J. Richard, à Paris.

Il se compose d'un moulinet en aluminium et de deux rouages, dont l'un indique le nombre de secondes et dont l'autre est un compteur totalisateur.

L'arbre du moulinet engrène, par l'intermédiaire d'une vis sans fin, avec une petite roue dont l'axe se prolonge vers le bas de l'appareil pour actionner les deux rouages.

On peut ainsi lire à la fois sur les cadrans qui y sont disposés, d'une part le nombre de mètres parcourus par le vent et, d'autre part, le nombre de secondes mises à les parcourir.

On en déduit facilement la vitesse du vent en mètres par seconde.

Dans l'anémomètre de pression, le vent exerce son action sur une plaque de dimensions déterminées, faite en métal, en bois et même en carton. Les

positions successives occupées par cette plaque correspondent aux diverses vitesses du vent qui agit sur elle, vitesse qui est indiquée sur un cadran spécial.

On construit aussi des *anémomètres enregistreurs* établis de façon à obtenir, sur une bande de papier qui se déroule, la trace d'une courbe qui représente les variations de la vitesse du vent pendant un temps déterminé.

*Girouette et anémoscope* La direction du vent est indiquée par des instruments nommés *girouettes*. Tout le monde connaît

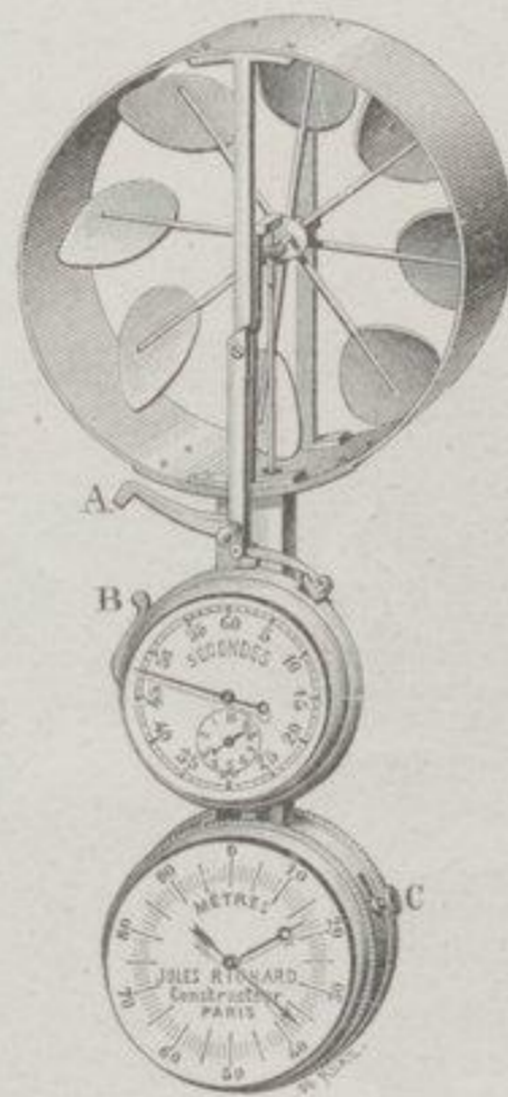


Fig. 82. — Anémomètre Jules Richard.

les girouettes, que l'on voit installées sur tous les édifices élevés et même sur un grand nombre de toits de maisons particulières. Un axe vertical fixe porte un croisillon horizontal composé de deux branches, dont chaque extrémité correspond à un *point cardinal*. Autour de l'axe vertical

transmis à un mécanisme qui enregistre automatiquement cette direction. On peut ainsi, à l'aspect de la courbe enregistrée, en déduire immédiatement les changements survenus dans la direction des vents, pendant un temps donné. L'appareil servant à indiquer la direction du vent, et communément



Cliché Vérascope Richard.

Fig. 83. — Dunes de sable formées par le vent dans le sud oranais, *Erg*.

peut tourner une palette affectant des formes diverses, qui se place, sous l'action du vent, dans la direction d'où vient ce vent. En repérant la position occupée par cette palette mobile par rapport au croisillon fixe donnant les deux directions principales *nord-sud, est-ouest*, ou réciproquement, on peut apprécier, avec assez de précision, la direction du vent.

La girouette peut être établie pour que le mouvement de rotation de la palette soit

appelé *girouette*, se nomme un *anémoscope*.

On a établi des *anémoscopes électriques* permettant de transmettre automatiquement, en se servant de courants électriques, les directions du vent correspondant aux huit divisions principales de la *rose des vents*. L'anémoscope, ou girouette, recevant l'action du vent, intercale, par suite de son mouvement de rotation, des résistances de valeurs variables dans une ligne électrique, de sorte que le courant de cette ligne a une

intensité variable. L'instrument qui est placé à l'observatoire, lequel est relié à l'anémoscope par la ligne électrique pour enregistrer ces variations d'intensité de courant, indique, à chaque instant, par la position de son aiguille mobile, le sens de la direction du vent qui agit sur la girouette.

La direction du vent est désignée par la direction d'où il arrive. Ainsi lorsque, par exemple, le vent souffle du sud, au lieu de dire que le vent a une direction sud-nord, on dit simplement, vent du sud.

La vitesse que possèdent les vents et leur direction exercent une influence considérable sur la répartition, à la surface du globe, des températures variables de l'air atmosphérique et de la chute des pluies.

Le déplacement de l'air constituant le vent s'effectue généralement dans le sens horizontal. Ce déplacement, ou vitesse du vent, est plus rapide à des altitudes élevées qu'au niveau du sol, et plus grand en hiver qu'en été.

Les météorologistes et les marins ont donné à l'état atmosphérique, suivant la vitesse des vents, une appellation particulière qui indique immédiatement la valeur du déplacement de l'air.

Ainsi, lorsque le vent se meut à une vitesse variant de 0 à 1 mètre par seconde, on dit que c'est le *calme*. L'appellation *presque calme* correspond à une vitesse du vent de 1 à 2 mètres par seconde; la *légère brise*, à une vitesse de 2 à 4 mètres; la *petite brise*, de 4 à 6; la *jolie brise*, de 6 à 8; la *bonne brise*, de 8 à 10; le *bon frais*, de 10 à 12; le *grand frais*, de 12 à 14; le *petit coup de vent*, de 14 à 16; le *coup de vent*, de 16 à 20; le *fort coup de vent*, de 20 à 25; la *tempête*, de 25 à 30. L'*ouragan* correspond à une vitesse du vent de plus de 30 mètres par seconde, ce qui représente une vitesse de 108 kilomètres à l'heure.

Dépression  
atmosphé-  
rique

Les vents sont produits par des *appels* d'air dirigés vers certains points de la surface de la terre. En ces points où règne une température plus élevée que celle des points avoisinants, l'air plus échauffé s'élève plus rapidement dans l'atmosphère et provoque, à la surface de la terre, une diminution de pression plus considérable. L'air avoisinant tend à se porter, naturellement, vers le point de faible pression, et c'est ce déplacement de l'air qui produit le *vent*. La vitesse du vent est donc d'autant plus considérable que la différence entre la basse pression et la haute pression est elle-même plus grande.

Les points du globe où la *dépression atmosphérique* se manifeste, constituent des sortes de *centres d'appel* vers lesquels se déplacent les masses d'air avoisinantes.

Les dépressions atmosphériques sont indiquées et mesurées par le baromètre.

Cette différence dans la valeur de la pression atmosphérique ne provient pas, cette fois, de la variation de l'altitude du lieu, ainsi que nous l'avons dit précédemment. L'altitude du point considéré, en effet, ne varie pas. Le baromètre mesure donc bien, dans ce cas, non une hauteur, mais une valeur de pression atmosphérique et, à ce titre, cet instrument permet de déterminer l'état atmosphérique probable. Lorsque la pression est faible, c'est l'indice de la production de vents, provenant des régions à hautes pressions, qui, suivant leur direction, peuvent amener avec eux des nuages et provoquer la pluie.

Cyclones et  
anticyclones

Le déplacement de l'air entre les régions à hautes pressions et les régions à basses pressions devrait, semble-t-il, s'effectuer en droite ligne entre ces divers points. Ce serait, en effet, ainsi que cela se produirait, si l'atmosphère était immobile. Mais, par suite du mouvement de rotation du globe terrestre, et de son enveloppe atmosphérique, les courants d'air



sont détournés de leur route directe et participent, dans une certaine mesure, au mouvement de rotation de notre planète. Il résulte de cela qu'au lieu d'aboutir au centre même d'appel ou *centre de dépression* atmosphérique, ils n'arrivent qu'à une certaine distance de ces points, et les vents

On appelle couramment *cyclones* ces mouvements *giratoires* du vent autour du point de *plus faible pression*.

Si l'on considère maintenant le point où règne la plus haute pression atmosphérique, il est évident, d'après ce que nous venons de dire, que c'est de ce point que partent les



Cliché Véroscope Richard.

Fig. 84. — Tornade en Sénégambie.

produits prennent, autour de ce centre d'appel, un mouvement de giration dont le sens est différent suivant l'hémisphère dans lequel ils prennent naissance. Dans l'hémisphère nord, le sens de giration est dirigé dans le sens inverse du mouvement des aiguilles d'une montre; dans l'hémisphère sud, la giration s'effectue dans le même sens que le mouvement des aiguilles d'une montre.

*vents* pour aboutir, dans n'importe quelles directions, aux points de pressions plus faibles. L'influence de la rotation de la terre s'exerce aussi sur ces courants et provoque un mouvement de giration des vents autour du centre de haute pression. Ce mouvement a une direction inverse, pour chaque hémisphère, de la direction du mouvement *cyclonal*, c'est-à-dire qu'il se produit dans le sens du mouvement des aiguilles

d'une montre pour l'hémisphère boréal et en sens contraire pour l'hémisphère austral.

On a donné à ces mouvements giratoires du vent autour du *centre de haute pression* le nom d'*anticyclones*.

En résumé, on peut dire que le *cyclone* est le mouvement tourbillonnaire du vent autour du centre de dépression duquel il se rapproche de plus en plus, tandis que l'*anticyclone* est le mouvement giratoire du vent autour du centre de plus haute pression duquel il tend de plus en plus à s'éloigner.

Il est facile de conclure que, dans le premier cas, les troubles atmosphériques sont plus probables et, surtout, plus redoutables que dans le second cas.

Il convient, cependant, de ne donner au nom de cyclone que la signification qui lui a été attribuée par les météorologistes et que nous venons de définir. Les tourbillons impétueux des vents soufflant en tempête, qui détruisent tout sur leur passage, quoique communément appelés cyclones, sont plus spécialement désignés sous le nom de *tornades* ou même de *trombes*.

*Zones de vents* Les vents qui soufflent sur les diverses régions de la surface du globe n'ont pas tous la même violence ni la même régularité. Ils sont caractérisés, suivant les régions, par des propriétés particulières qui ont permis de diviser la surface de la terre en plusieurs zones de vents. En partant de l'équateur et en se dirigeant vers les deux pôles de la terre, on trouve d'abord la *zone équatoriale*; la *zone intertropicale* de l'hémisphère nord et celle de l'hémisphère sud; la *zone tempérée* située également dans chacun des deux hémisphères.

Dans la zone équatoriale qui est située, comme son nom l'indique, aux environs immédiats de l'équateur, la température est très élevée. De ce fait, il se produit des cou-

rants d'air dirigés du nord et du sud vers l'équateur; mais, par suite du mouvement de rotation de la terre, ces courants sont déviés dans la direction de l'est: ce sont les vents *alizés*, qui conservent constamment une grande régularité.

La zone intertropicale est limitée par les tropiques. Les tropiques sont des parallèles terrestres passant par les points où se manifestent les *solstices*, c'est-à-dire les temps où en été et en hiver, le soleil paraît rester immobile par rapport à l'équateur, étant arrivé à son maximum de course dans un certain sens et recommençant sa course en sens inverse.

Les tropiques sont distants de l'équateur de 23 degrés 28 minutes. Le *tropique du Cancer* est situé dans l'hémisphère boréal et le *tropique du Capricorne* est situé dans l'hémisphère austral.

Dans la zone intertropicale se trouvent des continents et des océans. Lorsque la température des continents est plus élevée que celle des mers qui les baignent, ce qui se produit en été, les centres de dépressions se produisent sur les terres et les vents se dirigent des mers vers les terres. C'est ce que l'on nomme la *mousson d'été*, qui provoque généralement des pluies, car l'air atmosphérique qui se déplace ainsi, se charge de vapeur d'eau par son passage au-dessus de la grande étendue liquide, et cette vapeur se condense et forme des nuages.

Quand, au contraire, les continents sont plus froids que la mer, ce qui se produit en hiver, le sens du vent est inverse; les dépressions se produisent sur la mer et la *mousson d'hiver* est dirigée de la terre vers la mer.

Dans l'Océan Indien, la mousson souffle pendant six mois dans la direction sud-ouest et pendant les six autres mois dans la direction nord-est.

Pendant la période où la mousson change de direction, des tempêtes et cyclones sont à craindre, et sont particulièrement

dangereux dans l'Océan Indien. Ce sont les *typhons* ou cyclones tropicaux qui provoquent trop souvent des catastrophes en mer et quelquefois aussi, sur terre, dans les innombrables îles semées dans cet océan.

Dans la *zone tempérée*, des centres de dépression se forment sur les océans Atlantique et Pacifique, et les vents aboutissent à ces centres de dépression en tourbillons.

sol. Ceci se produit surtout dans le Sahara, dans le Sud-Oranais. Certaines régions de ce désert sont formées par des dunes de sable, ainsi que le représente la figure 83, qui sont produites en grande partie par le vent.

Le vent soulève les grains de quartz constituant le sable du désert, les entraîne et les rassemble en monticules de formes particu-



Fig. 85. — Eclairs entre des nuages.

Cliché Verascope Richard.

Dans l'hémisphère nord, ces centres se déplacent, par suite du mouvement de rotation de la terre, de l'ouest vers l'est.

Dans l'hémisphère sud, les centres de dépression se déplacent peu, étant donnée la grande étendue de la surface des mers. Les vents qui s'y forment conservent ainsi une direction sensiblement uniforme pendant toute l'année et soufflent constamment de l'est vers l'ouest.

Le vent donne lieu, parfois, par son action répétée sur des terrains de constitution spéciale, à de curieuses configurations du

lières. Ce sont des dunes de sable dont la hauteur, atteignant à peine 200 mètres, est très variable.

Les dunes sont en pente relativement douce du côté de l'arrivée du vent; leur inclinaison est plus forte du côté opposé. La ligne de faite du monticule ainsi constitué est généralement une arête ayant une forme recourbée.

La région du Sahara algérien dans laquelle se trouvent ces dunes de sables est appelée *Erg*. Cette région est même divisée en deux parties : l'Erg occidental et l'Erg

oriental. Elle occupe environ le 1/9 de la surface du désert du Sahara.

On se rend compte, d'après ce qui précède, qu'en organisant un service international d'observations permettant de connaître, pour les principaux points du globe, la valeur de la pression atmosphérique, on puisse, en concentrant ces observations, déterminer, pour un point quelconque du globe, l'état probable de l'atmosphère, en se basant sur la direction et l'intensité des vents provoqués par ces variations de pression.

Ce service international qui a été créé, fonctionne régulièrement et permet de donner un pronostic, exact dans ses grandes lignes, sur le temps probable qu'il fera.

*Température de l'air* La température de l'air joue donc, dans l'atmosphère, un rôle très important. Cette température se mesure au moyen de l'instrument appelé *thermomètre*. Il convient pour effectuer cette mesure, de mettre l'instrument à l'abri de toutes les influences autres que celles de l'air dont on veut connaître la température, qui pourraient s'exercer sur lui : celle directe du soleil par exemple.

La température de l'air varie, dans un même lieu, pour diverses raisons. Cette variation est sensible entre la température de l'air prise pendant le jour et celle prise pendant la nuit.

Généralement, la température atteint son degré le plus bas le matin, au lever du soleil ; sa valeur augmente progressivement et atteint son degré maximum vers le milieu de l'après-midi, pour diminuer ensuite jusqu'au matin. Cela ne se produit ainsi, en principe, que dans un air calme et par un temps clair, l'atmosphère étant débarrassée de nuages.

Lorsqu'il y a des nuages, en effet, la température est fort irrégulière et se trouve très influencée par la chute des pluies. Le temps *se rafraîchit*, dit-on couramment : c'est la température qui baisse.

Les vents ont également une action prépondérante sur la température. Les vents arrivant du nord ou de l'est provoquent dans nos régions un abaissement de la température. Ceux qui proviennent de l'ouest et du sud déterminent, assez souvent, une hausse.

La température de l'air varie, on le sait, suivant les saisons. Toutes ces variations se rapportent à la couche d'air avoisinant un même point de la surface de la terre ; mais la température de l'air varie aussi suivant l'altitude, et nous avons précédemment vu, dans le récit des diverses ascensions scientifiques, que cette température s'abaisse au fur et à mesure qu'on s'élève dans l'atmosphère.

*Phénomènes électriques* Parmi les phénomènes atmosphériques, les phénomènes électriques, tout en ayant une moindre importance apparente que ceux que nous venons d'examiner, peuvent néanmoins, parfois, constituer une gêne et même un danger pour la navigation aérienne.

L'électricité atmosphérique augmente de *potentiel* avec l'altitude. Les expériences de Volta et de Saussure permirent de le constater et la confirmation en fut donnée lors de l'ascension de Biot et Gay-Lussac, dont nous avons reproduit, précédemment, l'intéressant récit.

Il y a donc de l'électricité dans l'atmosphère, même lorsque le temps est clair et qu'il n'y a pas un nuage en l'air.

Lorsque les nuages se forment, ils se chargent, sous l'influence du potentiel atmosphérique, d'électricité sur toute leur surface et, par cela même, contribuent à modifier les conditions de navigabilité aérienne.

Les nuages sont parfois poussés par les vents dans des directions telles qu'ils se rapprochent ou tendent même à se rencontrer. Si ces nuages sont chargés d'électricité, il peut se produire entre eux

lorsqu'ils sont suffisamment rapprochés, une décharge électrique : c'est l'éclair, (Fig. 85) accompagné du roulement du tonnerre.

laisser un aérostat, gonflé avec du gaz très inflammable, naviguer entre les nuages chargés d'électricité, ou dans la zone orageuse dans laquelle peuvent prendre



Circle Verascope Richard.

Fig. 86. — Éclairs entre des nuages et la terre.

Cette décharge peut également se produire entre les nuages et la terre, lorsque ceux-ci sont assez bas (Fig. 86).

L'éclair n'est autre chose, en somme, qu'une grande étincelle électrique, et il est aisé de concevoir qu'il est imprudent de

naissance des éclairs.

C'est pour cela que les aéronautes évitent autant que possible de séjourner dans ces zones orageuses et que, lorsqu'ils s'y trouvent portés, ils manœuvrent pour pouvoir en sortir le plus rapidement possible.



## AÉROSTATS LIBRES

FORCE ASCENSIONNELLE. — GAZ LÉGERS : Hydrogène. — Gaz d'éclairage. — VARIATIONS DE LA FORCE ASCENSIONNELLE. — ÉQUILIBRE DES AÉROSTATS. — ORGANES DES AÉROSTATS. — SOUPAPES. — ENGIN DIVERS SPÉCIAUX. — CONFECTION DES ENVELOPPES. — GONFLEMENT. — CONDUITE D'UNE ASCENSION.

Nous connaissons, dans ses grandes lignes, la constitution de l'océan aérien et nous savons quels écueils les vaisseaux spéciaux qui y naviguent risquent d'y rencontrer. Nous allons nous occuper, maintenant, de ces divers vaisseaux en suivant, dans notre examen, l'ordre historique, c'est-à-dire en commençant par les *aérostats libres* et *captifs*, les premiers créés, et en continuant par les *aérostats dirigeables* puis par les navires aériens *plus lourds que l'air*.

*Aérostats libres* Un *aérostat libre* est un appareil, une *machine*, ainsi qu'on l'appelait primitivement, qui peut s'élever, se maintenir en équilibre dans l'atmosphère et y flotter librement, sans être retenu au sol par un lien quelconque et ne comportant aucun appareil pouvant assurer sa direction.

L'aérostat est essentiellement constitué par une enveloppe étanche pouvant contenir un volume plus ou moins important de gaz. Si la densité du tissu constituant l'enveloppe était tout au plus égale à celle de l'air atmosphérique dans lequel est plongé l'aérostat, et si cet aérostat ne comportait pas d'autres organes plus lourds que l'air, il flotterait au sein de l'atmosphère, en vertu du principe d'Archimède.

On sait, en effet, que, d'après ce principe, *tout corps plongé dans un fluide éprouve une poussée de bas en haut égale au poids du fluide qu'il déplace*.

*Force ascensionnelle* Mais le poids de l'aérostat, de ses organes, et des aéronautes, étant considérablement supérieur au poids de l'air déplacé, l'aérostat ne pourrait quitter le sol s'il n'était gonflé avec un gaz, de densité bien inférieure à celle de l'air atmosphérique, de sorte que le poids total de l'aérostat : enveloppe, cargaison et gaz, doit être plus faible que le poids de l'air déplacé.

On comprend donc que plus un aérostat non gonflé sera lourd, c'est-à-dire plus il devra emporter d'aéronautes, d'instruments divers d'observation, d'organes de manœuvre, etc..., plus il conviendra d'augmenter la quantité de *gaz léger* qui assurera sa *sustentation*. L'enveloppe aura donc un volume plus considérable pour pouvoir emprisonner une plus grande quantité de ce gaz.

La différence entre le poids total de l'aérostat et le poids de l'air déplacé, laquelle provoque le déplacement vertical de l'aérostat dans l'atmosphère, a reçu le nom de *force ascensionnelle*.

La force ascensionnelle peut varier pour des raisons diverses que nous examinerons plus loin. Lorsque la force ascensionnelle est nulle, l'aérostat se trouve en équilibre dans l'atmosphère et ne se déplace pas verticalement, ni vers le haut, ni vers le bas.

Lorsque la force ascensionnelle a une valeur positive, l'aérostat s'élève, par l'action de cette force, jusqu'à une altitude pour laquelle le poids de l'aérostat devient égal au poids de l'air déplacé, lequel, ainsi qu'on le sait, diminue de poids à mesure que l'altitude augmente. La force ascensionnelle se trouve ainsi réduite à zéro, et l'aérostat se maintient en équilibre dans l'espace. Si, à ce moment, la force ascensionnelle diminue pour une raison quelconque, une perte de gaz, par exemple, l'équilibre est rompu et l'aérostat descend. On dit alors que la force ascensionnelle a une valeur négative.

Si, d'autre part, on allège l'aérostat, supposé en équilibre, d'un certain poids, en lançant par-dessus le bord de la nacelle du sable, par exemple, qui constitue le lest, l'équilibre est également détruit, mais la force ascensionnelle a, dans ce cas, augmenté d'une valeur égale au poids lancé dans l'espace et dont s'est allégé l'aérostat; elle est devenue positive et l'aérostat s'élève de nouveau dans l'atmosphère.

*Gaz légers* On a évidemment tout intérêt, pour diminuer le volume de gaz de l'aérostat et, par conséquent, celui de l'enveloppe qui le renferme, à employer le gaz le plus léger possible. Il convient, en tous cas, de n'utiliser que les gaz dont les densités sont plus faibles que celle de l'air atmosphérique. Ce sont les gaz appelés *légers*.

On peut, cependant, sans faire usage de gaz spéciaux, donner à un aérostat une force ascensionnelle suffisante pour qu'il s'élève dans l'atmosphère. C'est le procédé primitif qu'employèrent les frères Montgolfier

pour lancer leur *montgolfière* dans les airs. Il consiste à échauffer l'air atmosphérique qui remplit l'enveloppe de l'aérostat. Sous l'action de la chaleur cet air intérieur diminue de densité et la force ascensionnelle augmente.

Nous avons vu, au commencement de ce livre, que cette force ascensionnelle pouvait être assez importante pour enlever des aéronautes, puisque le premier voyage aérien fut effectué par l'intrépide Pilâtre de Rozier accompagné par le marquis d'Arlandes dans une *montgolfière*, c'est-à-dire dans un aérostat à air chaud. Le nom de montgolfière, en effet, est plus spécialement appliqué aux aérostats empruntant à l'air chaud leur force ascensionnelle.

Les gaz plus légers que l'air ne sont pas nombreux. On en compte onze, parmi lesquels les plus connus, par ordre de densité décroissante, sont : l'azote, l'oxyde de carbone, l'acétylène, la vapeur d'eau, l'ammoniaque et l'hydrogène.

Sur ces onze gaz, cinq, dont l'azote, l'oxyde de carbone et l'acétylène, ont une densité trop voisine de celle de l'air pour pouvoir être avantageusement employés. Ces gaz nécessiteraient un volume d'enveloppe trop considérable pour ne donner qu'une force ascensionnelle relativement minime.

Les autres gaz légers ne peuvent, en grande partie, être utilisés, parce que certains constitueraient un danger pour les aéronautes exposés à les respirer; d'autres détérioreraient trop rapidement les enveloppes des aérostats. A peu près seul, l'hydrogène, qui est le plus léger de tous ces gaz, donne satisfaction, encore qu'il offre le grave inconvénient d'être très inflammable. Il existe bien un autre gaz un peu moins léger que l'hydrogène et qui a sur lui le grand avantage de n'être pas combustible : c'est l'hélium; mais la difficulté d'obtenir ce gaz en quantité suffisante, en vue de son application aux aérostats, n'a pas

permis, jusqu'à ce jour, de l'utiliser pour remplacer l'hydrogène.

*Hydrogène* Ce gaz est environ quatorze fois et demie plus léger que l'air atmosphérique; il avait reçu, lors des premières études qui avaient été faites sur lui, le nom d'*air inflammable*. On peut l'obtenir industriellement, non pas parfaitement pur, mais suffisamment, cependant, pour que, par son mélange avec les autres produits, sa densité ne s'en trouve pas sensiblement diminuée, ce qui est la condition la plus essentielle au point de vue de son utilisation pour les aérostats.

Nous examinerons ultérieurement, en détail, la façon de produire industriellement l'hydrogène destiné aux aérostats. Rappelons simplement ici le procédé employé par Charles, procédé dont nous avons parlé, qui consistait à obtenir de l'hydrogène destiné au premier aérostat à gaz, en faisant réagir l'acide sulfurique sur de la tournure ou de la limaille de fer. Il se formait du sulfate de fer qui se dissolvait dans un volume d'eau approprié, l'hydrogène produit se dégageait et servait à gonfler l'aérostat.

On peut également, dans ce procédé, remplacer le fer par du zinc pour produire l'hydrogène.

Nous avons vu aussi que les aérostats de la première République obtenaient l'hydrogène nécessaire au remplissage de leur ballon captif en décomposant l'eau par l'action de barres de fer portées au rouge.

En principe, la production d'hydrogène peut être effectuée en décomposant l'eau en ses deux éléments : oxygène et hydrogène. L'oxygène se trouve absorbé par les corps spéciaux qui sont employés pour servir de réactifs, comme la plupart des métaux, par exemple, et l'hydrogène se dégage et peut être utilisé.

*Gaz d'éclairage* Les aérostats libres sont, pourtant, d'une façon géné-

rale, gonflés avec du *gaz d'éclairage*. Or ce gaz est plus lourd que l'hydrogène. Il faut donc, pour obtenir une force ascensionnelle déterminée de l'aérostat, lui donner un volume plus considérable que celui qui serait nécessaire si on le gonflait avec de l'hydrogène. Cela n'est pas à proprement parler un inconvénient pour les aérostats libres; car ces appareils n'ont pas à lutter dans l'atmosphère contre les vents; bien au contraire, ce sont les vents qui provoquent leur cheminement dans les airs. D'autre part, le gaz d'éclairage est produit en grande quantité et économiquement; on le trouve à peu près partout, de sorte que le gonflement d'un aérostat ne nécessite aucune installation particulière compliquée, pour la production du gaz. Pour ces raisons, les aérostats libres sont presque toujours gonflés avec du gaz d'éclairage malgré le plus grand volume qu'on est, de ce fait, obligé de leur donner.

Il n'en saurait être de même pour les aérostats destinés à résister au vent, à lutter contre lui, au lieu de l'utiliser comme aide. Dans ce cas, qui est celui des aérostats captifs et des aérostats dirigeables, il faut, autant que possible, diminuer la surface de l'enveloppe qui donne prise au vent, et, pour cela, il convient d'obtenir la force ascensionnelle nécessaire avec le moindre volume de gaz. L'hydrogène étant le plus léger de tous les gaz est évidemment celui qui doit être employé.

Le gaz d'éclairage est un mélange de plusieurs gaz. L'hydrogène entre dans ce mélange dans une proportion d'environ 50 %, c'est-à-dire pour la moitié; l'autre moitié est constituée par environ 35 % de *formène*, le reste étant formé par d'autres gaz, tels que l'oxyde de carbone et l'azote.

Le *formène* est un des onze gaz légers. Sa densité dépasse légèrement la moitié de celle de l'air. C'est un gaz qu'on ne peut employer seul, étant donné son prix de revient relativement élevé. D'autre part, nous



savons que l'azote et l'oxyde de carbone ont des densités voisines de celles de l'air.

On peut alors se rendre compte que le gaz d'éclairage, par suite de sa composition, constitue un gaz dont la densité n'atteint pas la moitié de celle de l'air et qu'on peut ainsi utiliser pour gonfler les aérostats.

Le gaz d'éclairage s'obtient, on le sait, en distillant la houille en vase clos. La composition de ce gaz peut varier suivant la qualité de houille employée et sa densité peut, de la sorte, être également variable. En outre, pour une même qualité de houille, la composition du gaz est différente suivant qu'il est pris au commencement ou à la fin de la distillation.

Dès le début de cette opération, en effet, les gaz les plus volatils se dégagent de la cornue et le gaz ainsi obtenu a une densité moindre, parce qu'il n'est pas alourdi par les divers carbures qui se produisent vers la fin de la distillation. Le premier gaz convient donc bien pour le gonflement des aérostats. En revanche, il convient moins que le gaz obtenu à la fin de l'opération en vue de l'éclairage, de sorte que l'on peut avantageusement concilier, dans une usine à gaz alimentant un parc d'aérostats et fournissant l'éclairage, les deux conditions précédentes.

*Variations de la force ascensionnelle*

La force ascensionnelle d'un aérostat peut varier pour de multiples raisons.

Si l'on fait varier le poids total de l'aérostat, il est évident que la force ascensionnelle varie également; elle augmente si le poids total de l'aérostat diminue: c'est ce qui se produit lorsqu'on jette du *lest*, elle diminue lorsque le poids de l'aérostat augmente: c'est ce qui a lieu à mesure que l'on charge l'aérostat, avant son départ, de sacs de sable représentant le *lest*, pour ne lui laisser qu'une force ascensionnelle convenable au départ. Cela peut aussi se produire lorsque l'aérostat est dans les airs si l'enveloppe se charge de pluie ou d'humidité en traversant

des nuages et des brouillards. L'aérostat s'alourdit et il s'élève moins rapidement.

En dehors de la question du *lest*, grâce auquel l'aéronaute peut régler, dans une certaine mesure, la force ascensionnelle de l'aérostat, cette force ascensionnelle peut varier pour d'autres raisons, indépendantes de la volonté de l'aéronaute, et avec lesquelles il est cependant obligé de compter.

La pression barométrique, l'altitude, la température, l'humidité de l'air, et même la latitude sont des causes diverses qui influent sur la valeur de la force ascensionnelle.

Analysons chacune de ces causes et voyons les effets qu'elles produisent.

Nous savons que la pression atmosphérique enregistrée par la hauteur de la colonne de mercure du baromètre peut varier, soit par suite de phénomènes météorologiques, en un même lieu, soit par suite d'une différence d'altitude.

La pression barométrique représente par suite une pression atmosphérique correspondante.

Pour une certaine valeur de cette pression, il s'établit, entre l'air et le gaz contenu dans un aérostat, un état d'équilibre déterminé.

Si la pression atmosphérique change de valeur, cette variation se fait aussi bien sentir sur le gaz que contient l'aérostat que sur l'air extérieur.

Si la pression diminue, il en résulte que les poids respectifs de l'air et du gaz diminuent également d'une façon proportionnelle et que, par conséquent, leur différence diminue aussi.

Or cette différence représente précisément la force ascensionnelle du gaz de l'aérostat. Celle-ci diminuera donc dans le cas de la dépression. Si, au contraire, la pression augmente, la force ascensionnelle augmentera également.

Il peut ainsi se produire ce fait que, en dehors de toutes les autres causes, un aé-

rostat ne puisse se maintenir en équilibre dans l'atmosphère, et cela par suite de la variation de la pression atmosphérique provoquée par des phénomènes purement météorologiques. Il s'abaissera ou s'élèvera suivant que la pression diminuera ou augmentera.

La pression atmosphérique varie aussi avec l'altitude. Nous avons expliqué précédemment les raisons de cette variation et nous savons que plus on s'élève dans l'atmosphère, plus la valeur de la pression atmosphérique diminue. Si donc un aérostat possédant une force ascensionnelle déterminée quand il quitte le niveau du sol, s'élève dans l'atmosphère, plus il monte, plus sa force ascensionnelle diminue puisque la pression devient plus faible, et à une certaine altitude cette force ascensionnelle pourra se trouver complètement annulée. L'aérostat cessera de s'élever et se maintiendra en équilibre. Il faudra, à ce moment, diminuer son poids total en jetant du lest si on veut atteindre une altitude plus élevée.

La variation de la température influence la valeur de la force ascensionnelle d'un aérostat, car une élévation de température provoque une augmentation de volume, une dilatation du gaz contenu dans l'aérostat et, inversement, un abaissement de la température produit une diminution de volume de ce même gaz.

Si la variation de la température agit en même temps sur le gaz de l'aérostat et sur l'air extérieur, la force ascensionnelle diminue lorsque la température augmente, car l'air et le gaz se dilatent et diminuent de poids, l'effet étant comparable à celui qui se produit pour une élévation d'altitude, cas que nous venons d'examiner. Quand la température s'abaisse en influençant également l'air et le gaz, le volume de chacun des gaz diminue, mais la force ascensionnelle augmente par suite de la diminution de volume, de sorte que la force ascensionnelle totale ne varie pas.

Généralement, les températures de l'air et

du gaz d'un aérostat ne sont pas les mêmes. Elles varient par suite des conditions atmosphériques qui influencent différemment l'air et le gaz. Celui-ci, enfermé dans une enveloppe pouvant être exposée à l'action des rayons du soleil, peut s'échauffer plus rapidement que l'air extérieur et, pendant l'excursion de l'aérostat, le gaz se refroidit moins vite que l'air, grâce à la protection de l'enveloppe qui empêche le rayonnement.

Dans ce cas, lorsque le gaz renfermé dans l'enveloppe de l'aérostat possède une température plus élevée que celle de l'air atmosphérique, la force ascensionnelle augmente.

Le gaz, en effet, sous l'action de la chaleur se dilate et diminue de poids pour un volume déterminé; l'aérostat se trouve allégé et son allègement augmente de valeur avec l'accroissement de sa température intérieure, à condition que la température de l'air ne varie pas.

Lorsque l'élévation de la température se produit à l'intérieur d'un aérostat déjà complètement rempli de gaz, le volume de gaz augmentant, une certaine quantité de ce gaz sort par l'*appendice* de l'enveloppe, l'aérostat restant, néanmoins, complètement rempli.

Le gaz ainsi évacué possède un certain poids dont a été diminué le poids total de l'aérostat, de sorte que, plus le gaz contenu dans l'aérostat a un *poids spécifique* considérable, plus l'allègement sera grand. On sait que le *poids spécifique* d'un gaz est le poids de l'unité de volume de ce gaz.

Donc, plus le gaz remplissant un aérostat est lourd, plus la force ascensionnelle de l'aérostat augmente sous l'effet de l'élévation de la température. De deux aérostats ayant le même volume gonflés l'un avec de l'hydrogène, l'autre avec du gaz d'éclairage qui est plus lourd que l'hydrogène, et subissant une même élévation de température, le premier aérostat, gonflé avec du gaz plus léger, aura une variation de force ascensionnelle moindre que le second.

On peut donc dire que les variations de la force ascensionnelle des aérostats sont proportionnelles aux différences de température entre le gaz qu'ils contiennent et l'air atmosphérique, et aux poids spécifiques de ces gaz.

Lorsque la température du gaz remplissant un aérostat s'abaisse et devient inférieure à celle de l'air atmosphérique, le volume du gaz diminue dans l'enveloppe, et de ce fait, l'aérostat perd de sa force ascensionnelle, car le volume d'air déplacé se trouve ainsi diminué et son poids plus réduit.

Si un aérostat non complètement rempli de gaz est soumis à une élévation de température n'affectant pas l'air extérieur, le gaz contenu dans son enveloppe se dilate, mais au lieu de sortir de cette enveloppe comme dans le cas d'un aérostat plein, son volume augmente et tend l'enveloppe qui, auparavant, était nécessairement flasque à sa partie inférieure. L'aérostat a ainsi, en réalité, augmenté de volume; le volume d'air déplacé est, par conséquent, plus grand et son poids plus considérable; la force ascensionnelle de l'aérostat a donc augmenté.

On voit que les variations de la « force ascensionnelle » dues à l'influence de la température peuvent être importantes, ce qui explique que l'aéronaute s'en préoccupe plus particulièrement.

L'influence de l'humidité de l'air sur la force ascensionnelle des aérostats s'explique aisément.

Lorsqu'en effet l'air atmosphérique et le gaz contenu dans un aérostat sont chargés d'humidité, autrement dit de vapeur d'eau, comme cette vapeur d'eau est plus légère que l'air et plus lourde que le gaz de l'aérostat, que ce gaz soit de l'hydrogène ou du gaz d'éclairage, il en résulte que l'air diminue de poids pour un même volume déplacé par l'aérostat et que, d'autre part, le gaz contenu dans l'enveloppe s'alourdit, à volume égal. Ces deux conditions concou-

rent à diminuer la valeur de la force ascensionnelle de l'aérostat, et cette diminution sera d'autant plus sensible que le gaz aura une plus grande légèreté, car la différence entre la densité de ce gaz et celle de la vapeur d'eau sera plus considérable.

La variation de la force ascensionnelle due à la *latitude* du lieu est de peu d'importance. Elle dépend de la différence, en divers lieux de la Terre, de l'*accélération* due à la *pesanteur*, que l'on nomme *gravité*. La « gravité » augmente de valeur en allant de l'équateur vers le pôle, mais cette augmentation est très faible et elle influence dans des proportions fort minimes le poids de l'air atmosphérique, celui du gaz de l'aérostat et, par conséquent, leur différence, ou force ascensionnelle.

Telles sont les diverses raisons pouvant réduire ou augmenter la force ascensionnelle des aérostats. Cette force ascensionnelle dépend, nous l'avons vu, de la force ascensionnelle des divers gaz avec lesquels on les gonfle. Ces gaz se réduisent, en somme, à deux : l'hydrogène et le gaz d'éclairage. D'autre part, l'hydrogène employé est rarement absolument pur, car l'hydrogène produit industriellement contient, en général, un peu de vapeur d'eau qui diminue sa force ascensionnelle par rapport à celle de l'hydrogène pur.

Les forces ascensionnelles de ces divers gaz sont d'environ 1.100 grammes pour un mètre cube d'hydrogène pur, 1.000 grammes pour un mètre cube d'hydrogène industriel et 700 grammes pour un mètre cube de gaz d'éclairage.

*Équilibre des aérostats* Les valeurs et les variations de la force ascensionnelle d'un aérostat déterminent son équilibre dans l'atmosphère.

On comprend, en effet, qu'un aérostat rempli d'un gaz léger qui lui donne sa force ascensionnelle, puisse arriver à une hauteur

telle dans l'espace, que le poids du volume d'air atmosphérique, de plus en plus raréfié, qu'il déplace, équilibre le poids total de l'aérostat. A ce moment, l'aérostat est en équilibre dans l'atmosphère. Mais si, dans cet état, sa force ascensionnelle vient à varier pour une des raisons que nous avons analysées plus haut, l'équilibre est rompu et l'aérostat se déplace dans le sens vertical : il monte ou il descend.

C'est ce qui se produit pour un aérostat supposé plein de gaz et possédant à sa partie inférieure une ouverture par laquelle celui-ci peut s'échapper par suite de sa dilatation.

Quand la force ascensionnelle augmente, l'aérostat s'élève. Il traverse ainsi, de nouveau, des couches d'air de moins en moins lourd et lorsque la différence des nouveaux poids de gaz et d'air est égale à zéro, la force ascensionnelle est nulle et l'aérostat se trouve dans une nouvelle zone d'équilibre.

Si un aérostat plein descend, sa force ascensionnelle se trouvant supposée diminuée, comme l'enveloppe qui contient le gaz n'est pas indéformable, — elle est, en effet, imperméable mais souple, — il en résulte qu'à mesure que l'aérostat descend et que la pression atmosphérique augmente, le volume de gaz qui remplissait l'enveloppe diminue sous l'action de la plus grande pression de l'air extérieur et proportionnellement à cette pression, et son poids spécifique augmente. L'enveloppe devient flasque et le volume d'air déplacé par l'aérostat est moindre; de sorte que quoique l'air ait un poids spécifique plus considérable, comme le volume de cet air déplacé est plus faible, la force ascensionnelle ne varie pas et l'aérostat continue à descendre, l'enveloppe devenant de plus en plus flasque par suite de la compression du gaz intérieur.

Si aucune des causes précédentes de variation de la force ascensionnelle ne vient

alléger l'aérostat, celui-ci continuera à descendre jusqu'à terre.

Donc, lorsqu'un aérostat est complètement gonflé, il peut atteindre en s'élevant une zone pour laquelle il se maintiendra dans un état d'équilibre stable, tandis qu'il n'en pourra être de même s'il descend.

On dit alors que cet aérostat plein, possédant un orifice ouvert à sa partie inférieure, a une *stabilité unilatérale*, c'est-à-dire dans un seul sens.

Il en est tout autrement lorsque l'aérostat n'est pas complètement gonflé. Si nous supposons un semblable aérostat dont l'enveloppe est, par conséquent, flasque, placé à une certaine hauteur dans l'atmosphère et que, pour une cause quelconque, il monte, le gaz qu'il contient se dilatera; le volume de l'enveloppe augmentera et le volume d'air déplacé sera également augmenté d'une quantité d'autant plus grande que la pression sera plus faible. Mais, comme d'autre part, le poids spécifique de cet air diminue aussi en sens inverse de la pression, il en résulte que la force ascensionnelle ne sera nullement modifiée et l'aérostat continuera à s'élever par l'effet de son allègement jusqu'au moment où son enveloppe sera complètement remplie. A ce moment, l'excédent de gaz dilaté pourra s'échapper par l'orifice inférieur et il pourra alors, comme nous venons de l'expliquer, s'établir un état d'équilibre pour l'aérostat lorsque la raréfaction de l'air atmosphérique aura atteint un degré suffisant.

Le même aérostat à enveloppe flasque, subissant un alourdissement, se comporte comme l'aérostat que nous avons examiné dans le cas précédent. Il continue à descendre jusqu'au sol si une autre cause indépendante de la pression atmosphérique ne vient modifier sa force ascensionnelle.

On dit que l'aérostat incomplètement gonflé est *instable dans les deux sens*. Il n'acquiert sa *stabilité* dans le sens de la montée que lorsqu'il se trouve complètement gonflé.

*Organes des aérostats* Examinons, maintenant, de quelle façon est constitué un *aérostat libre*, c'est-à-dire un aérostat qui n'est retenu au sol par aucun lien et qui navigue librement dans l'espace sans l'aide d'un mécanisme susceptible de s'opposer à l'action des vents et d'assurer sa direction.

*Enveloppe* (Fig. 87.) La partie essentielle d'un aérostat est l'*enveloppe*, sorte de *ballon* destiné à renfermer le gaz léger qui lui donnera sa force ascensionnelle. On appelle couramment *ballons*, les aérostats. Ce nom, qui est très employé, est, en réalité, impropre, car il ne désigne que l'enveloppe gonflée avec du gaz, ce qui constitue, en effet, un véritable ballon. Mais lorsque ce ballon est muni de tous ses agrès, et des divers organes nécessaires pour effectuer une ascension, l'ensemble de l'appareil est désigné sous le nom d'*aérostat*.

L'enveloppe A est constituée par des morceaux d'étoffe découpés suivant une certaine forme et cousus les uns aux autres. Nous verrons plus loin de quelle façon on découpe ces morceaux, et comment on confectionne l'enveloppe. Disons, pour le moment, que l'enveloppe doit être imperméable afin que le gaz qu'elle contient ne puisse s'échapper que par les orifices ménagés dans ce but sur cette enveloppe.

L'enveloppe est faite en soie, en percale, en étoffe caoutchoutée, etc. La soie est solide et légère, mais son prix de revient est élevé, de sorte qu'on emploie généralement les autres étoffes pour constituer l'enveloppe.

A sa partie inférieure, l'enveloppe porte un orifice faisant communiquer l'intérieur du ballon avec un tuyau cylindrique souple B fixé sur l'enveloppe autour de cet orifice. Ce tuyau est appelé *manche d'appendice*, ou, assez couramment, *appendice*, et sa jonction à l'enveloppe s'effectue par l'intermédiaire du *cercle d'appendice* C.

L'appendice est utilisé pour introduire dans le ballon le gaz servant au gonflement.

Le conduit provenant de l'usine à gaz d'éclairage ou de l'appareil producteur d'hydrogène, suivant le gaz employé pour le gonflement, est branché sur la manche d'appendice, et l'enveloppe peut ainsi, comme nous le verrons plus loin, se développer et s'arrondir librement au fur et à mesure que le gaz est introduit.

La manche d'appendice doit être assez longue pour permettre de remplir complètement le ballon. En outre, on peut aussi la remplir elle-même de gaz, de sorte que si, par exemple, en s'élevant dans les airs, le gaz intérieur de l'aérostat subit un certain refroidissement, la diminution de volume qui peut en résulter provoque d'abord l'écoulement du gaz de la manche dans l'enveloppe. Celle-ci peut ainsi conserver sa forme malgré le refroidissement, la contraction du gaz ayant simplement eu pour effet de vider la manche d'appendice et de la rendre flasque.

Les appendices doivent être disposés pour empêcher toute rentrée d'air dans l'aérostat.

Si l'air pénétrait, en effet, dans l'enveloppe, il remplacerait un certain volume de gaz léger et la force ascensionnelle de l'aérostat s'en trouverait réduite.

Comme la manche d'appendice est généralement confectionnée en toile imperméable et souple, lorsque le gaz qu'elle contient passe dans l'enveloppe, la pression de l'air extérieur, exerçant son action tout autour de la manche, plaque ses parois les unes contre les autres, ce qui a pour résultat de fermer automatiquement, pour ainsi dire, l'orifice inférieur du ballon. Cependant, la fermeture ainsi réalisée ne constitue pas une protection suffisamment efficace contre toute pénétration d'air à l'intérieur de l'enveloppe.

Dans les aérostats libres on se contente assez souvent de ce dispositif, mais dans le cas d'un aérostat dirigeable ou d'un aérostat captif gonflés avec de l'hydrogène, et qu'il est d'un grand intérêt de maintenir

constamment remplis de gaz, on dispose sur l'orifice de l'enveloppe des clapets automatiques. Ces clapets sont maintenus appliqués sur leur siège par des ressorts auxquels s'ajoute la pression de l'air extérieur qui pourrait tendre à pénétrer dans le ballon. L'orifice se trouve ainsi hermétiquement fermé, et toute communication de l'intérieur du ballon avec l'extérieur est rendue impossible.

Si, cependant, par suite d'une élévation de température du gaz, ou, par suite d'une grande altitude, ce gaz se dilate et si sa pression augmente au point de devenir dangereuse et de risquer de faire éclater l'enveloppe, le clapet doit, en se soulevant de l'intérieur vers l'extérieur sous l'action de cette pression, pouvoir donner passage au gaz en excès qui s'échappe ainsi dans l'atmosphère. Les ressorts qui maintiennent le clapet sur son siège sont établis et tarés pour permettre cette manœuvre à partir d'une certaine valeur de la pression que l'on se fixe comme pression maximum. Lorsque, par suite de l'écoulement vers l'extérieur du gaz en excès, la pression est redevenue normale dans le ballon, le clapet est, de nouveau, maintenu appliqué sur son siège par les ressorts.

A la partie supérieure de l'enveloppe est disposée la soupape D. C'est un organe qui permet de laisser échapper à volonté une partie du gaz contenu dans le ballon. Placée au sommet du dôme formé par l'enveloppe, elle est protégée contre le soleil et la pluie par une sorte de chapeau qui la surmonte.

L'ouverture de la soupape s'effectue à la main par l'intermédiaire d'une corde E. Cette corde, reliée d'une part au mécanisme de la soupape, que nous allons examiner plus loin, et aboutissant, d'autre part, à la nacelle V, est tirée par l'aéronaute lorsqu'il veut laisser échapper du gaz. Lorsque l'action sur la corde cesse, la soupape se referme automatiquement, interceptant

toute communication, à la partie supérieure de l'aérostat, entre le ballon et l'atmosphère.

La corde de la soupape traverse donc intérieurement toute l'enveloppe de haut en bas et sort par la manche d'appendice B. Elle est enfermée, à son extrémité inférieure, dans un petit sac H placé à la portée de la main de l'aéronaute.

La soupape est un organe d'une utilité primordiale. Elle permet, par sa manœuvre, combinée avec le jet de *lest*, de faire varier l'altitude de l'aérostat et de chercher ainsi des courants aériens propices à la navigation. Elle peut faire office de soupape de sûreté lorsque la dilatation du gaz devient excessive et risque d'endommager l'enveloppe. La soupape ouverte à ce moment, permet à l'excès de gaz de s'échapper et de rétablir à l'intérieur du ballon une pression normale. Elle permet, enfin, à l'aéronaute d'effectuer sa descente lorsqu'il se trouve au-dessus d'un terrain propice à l'atterrissage ou, dans le voisinage de la mer, avant d'arriver au-dessus des flots. L'orifice découvert par la manœuvre de la soupape doit être approprié au volume de gaz contenu dans l'aérostat, de façon que la perte de gaz qui en résulte exerce une action sensible et relativement rapide sur l'équilibre de cet aérostat.

Il est aussi de toute importance, que la manœuvre du mécanisme s'effectue d'une manière irréprochable, pour que l'on puisse compter sur le concours efficace de la soupape lorsqu'il devient nécessaire d'y faire appel. Nous avons d'ailleurs vu, précédemment, dans l'historique des aérostats, que de graves accidents ont pu se produire soit du fait d'une manœuvre défectueuse de la soupape de l'aérostat, soit par suite d'une mauvaise disposition de cet organe, ou encore de l'exiguïté de son orifice, ce qui fut une des causes de la catastrophe de l'aérostat *Le Géant* dont nous avons donné l'émouvant récit.

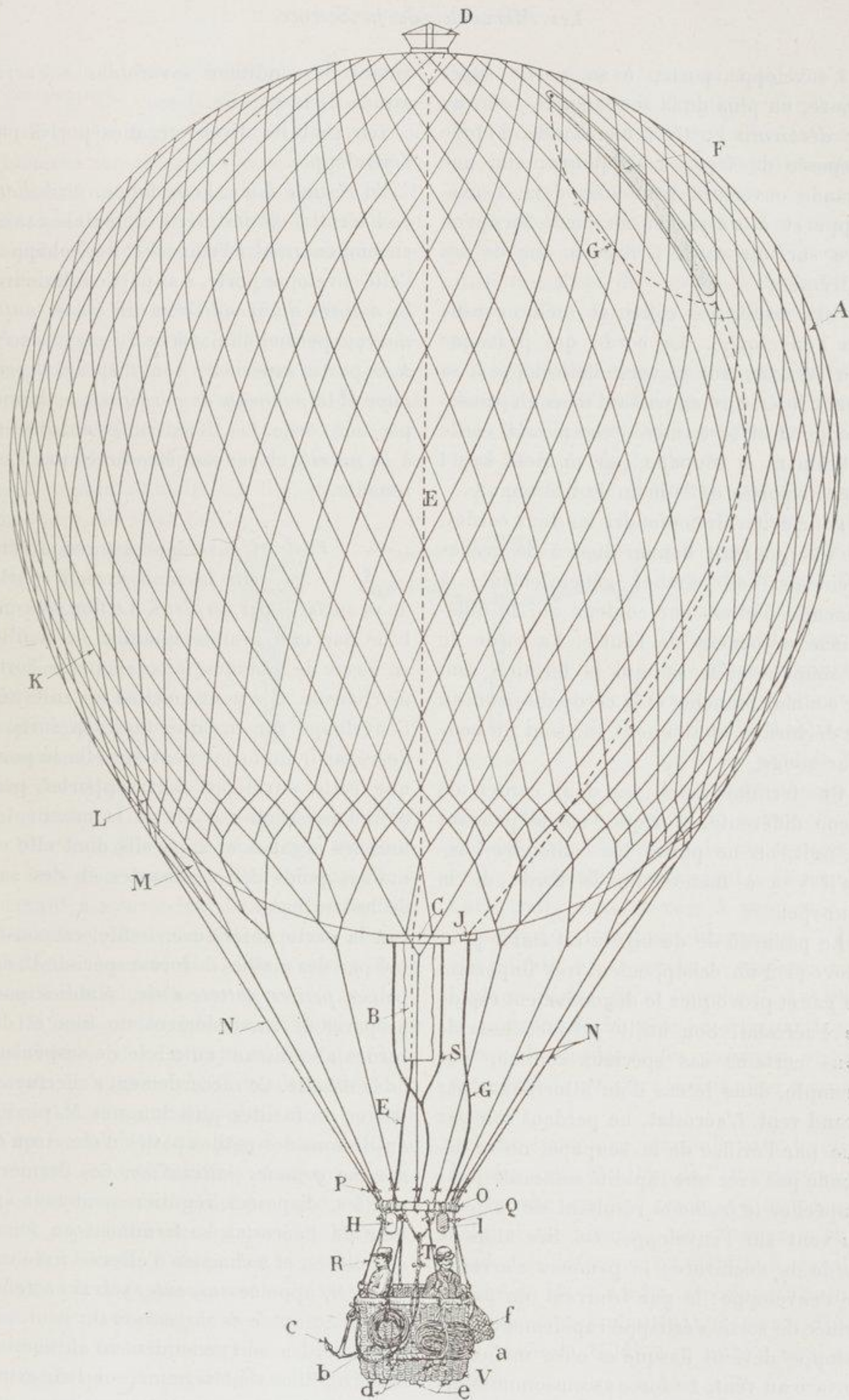


Fig. 87. — Aérostat libre. — Vue schématique.

L'enveloppe porte, à sa partie supérieure, en plus de la soupape, le *panneau de déchirure* F. C'est une bande d'étoffe disposée de façon à s'appliquer sur une grande ouverture pratiquée dans l'enveloppe et à s'arracher aisément lorsqu'on tire sur une corde G fixée à une de ses extrémités.

Cette bande est collée et même cousue sur l'enveloppe. La corde qui provoque son arrachement traverse l'enveloppe à sa partie inférieure en passant dans un presse-étoupe J et se termine, comme la corde actionnant la soupape, par un petit sac I placé à portée de la main de l'aéronaute.

Pour éviter de confondre les deux cordes, ce qui pourrait donner lieu à de graves accidents, on donne, généralement, à chacune d'elles, une couleur qui la différencie nettement de l'autre. La corde de la soupape et le sac qui la termine sont de couleur blanche, et la corde du panneau de déchirure et son petit sac sont de couleur rouge.

On termine aussi les deux cordes de façon différente, afin que, même pendant la nuit, on ne puisse les confondre lorsqu'il y a à manœuvrer la corde de la soupape.

Le panneau de déchirure est établi pour provoquer un échappement très important de gaz et provoquer le dégonflement rapide de l'aérostat. Son utilité est incontestable dans certains cas spéciaux comme, par exemple, dans le cas d'un atterrissage par grand vent. L'aérostat, ne perdant son gaz que par l'orifice de la soupape, ne se dégonfle pas avec une rapidité suffisante pour empêcher le *traînage* résultant de la prise du vent sur l'enveloppe. On tire alors la corde de déchirure; le panneau s'arrache de l'enveloppe; le gaz trouvant un grand orifice de sortie s'échappe rapidement, l'enveloppe devient flasque et offre moins de surface au vent. La force ascensionnelle diminue, en outre, très vivement. Ce sont

autant de conditions favorables à l'arrêt rapide de la nacelle.

Tels sont les divers organes portés par l'enveloppe.

En résumé donc, l'enveloppe, ou *ballon*, de l'aérostat est destinée à contenir le gaz et, en temps normal, à l'empêcher de s'échapper. Cette enveloppe porte, à sa partie inférieure, la *manche d'appendice* ou un *clapet automatique* permettant la sortie du gaz en excès. A sa partie supérieure sont disposés la *soupape* et le *panneau de déchirure*, actionnés par une corde. Les deux cordes aboutissent à la *nacelle* et peuvent être tirées par l'aéronaute.

*Filet* L'enveloppe est recouverte, sur la plus grande partie de sa surface, par un *filet* K. Le filet est constitué par une grande quantité de mailles en forme de losanges, faites en petite corde de chanvre. Il a pour fonction, en enserrant l'enveloppe sur presque toute sa surface, de répartir uniformément sur elle le poids que cette enveloppe doit supporter pendant l'ascension : poids de la nacelle, de tous les organes et appareils dont elle est munie, poids des aéronautes et des sacs de lest enlevés.

A la partie inférieure, le filet est constitué par des mailles de forme spéciale L, appelées *petites pattes d'oie*, établies pour préparer le raccordement du filet et des cordes aboutissant au cercle de suspension de la nacelle. Ce raccordement s'effectue au moyen de mailles plus longues M, placées au-dessous des petites pattes d'oie et qu'on nomme *grandes pattes d'oie*. Ces dernières mailles, disposées régulièrement tout autour de l'aérostat, se terminent en forme de pointes, et à chacune d'elles est fixée une corde N, appelée *suspente*, servant à relier le filet au *cercle de suspension* O.

Ces cordes sont généralement au nombre de seize. Elles sont terminées à leur extrémité inférieure par un œillet.



*Cercle de suspension* Pour assurer la liaison du cercle de suspension O avec le filet, seize bouts de corde sont fixés solidement sur ce cercle, et à l'extrémité de chacun d'eux est assujéti un bout de buis P de forme particulière, renflé au milieu et terminé par deux extrémités saillantes et arrondies.

Ce sont les *cabillots* (Fig. 88-89) que l'on engage dans les œillets terminant les suspentes et qui se trouvent ainsi placés transversalement par rapport à la direction verticale des cordes.

Le cercle de suspension se trouve, de la sorte, rendu solidaire du filet par l'intermédiaire des seize cabillots P engagés dans les œillets des seize suspentes.

Comme le grément de l'aérostat comporte d'autres cabillots de plus importantes dimensions, ceux-ci, qui ont des dimensions plus réduites, sont nommés *petits cabillots*.

Le cercle de suspension est une couronne en bois placée entre le filet et la nacelle et servant à assurer leur liaison. Nous venons d'examiner de quelle façon cette liaison s'effectue avec le filet. Elle s'opère d'une manière semblable avec la nacelle.

Un nombre de cordes moitié moindre que celui des cordes d'attache au filet, pend du cercle de suspension. Ces huit cordes d'un diamètre plus grand que les autres, portent, à leur extrémité, un *grand cabillot* Q, et les huit grands cabillots viennent chacun s'engager dans un œillet pratiqué à l'extrémité supérieure de chacune des huit cordes R destinées à supporter la nacelle V.

On voit donc que le cercle de suspension est bien un organe de liaison entre la nacelle et le filet. Il permet de séparer facilement la nacelle de l'aérostat, ce qui facilite la manœuvre pendant le gonflement. Il per-

met, en outre, en resserrant le filet à sa partie inférieure, de l'appliquer sur la plus grande surface possible du ballon et d'obtenir ainsi une bonne répartition des efforts que l'enveloppe doit supporter.

Au cercle de suspension est encore attachée, en deux points, une corde T, formant ainsi une sorte de fourche, à laquelle est fixé un bout de corde T terminée par un cabillot.

A ce cabillot est accrochée, par l'intermédiaire d'un œillet unique, une double corde dont l'une *a* constitue le *guide-rope* et l'autre *b* est la corde de l'*ancrer* *c*.

Le guide-rope et l'ancrer sont des *engins d'arrêt*, c'est-à-dire que c'est par leur intermédiaire que l'aérostat, au moment de l'atterrissage, est arrêté dans sa course à ras du sol et est retenu immobile. Il en résulte qu'il se produit forcément des chocs pen-

dant cette manœuvre. C'est pour cela que la corde de l'ancrer et le guide-rope ne sont pas attachés directement à la nacelle, qui aurait, dans ce cas, à supporter ces chocs pouvant devenir dangereux. L'attache est faite sur le cercle de suspension par l'intermédiaire de la fourche T. Les chocs se trouvent de la sorte amortis par la souplesse des cordes et les passagers se trouvant dans la nacelle courent ainsi moins de risques.

Pour éviter que, par suite des tractions brusques exercées, lors de l'atterrissage, par la fourche sur le cercle de suspension, celui-ci ne vienne à se détériorer et ne tende à se déformer, on établit un croisillon formé de deux cordes croisées s'attachant chacune aux extrémités d'un même diamètre du cercle. Celui-ci se trouve ainsi consolidé.

Afin de faciliter l'atterrissage, on fixe aussi

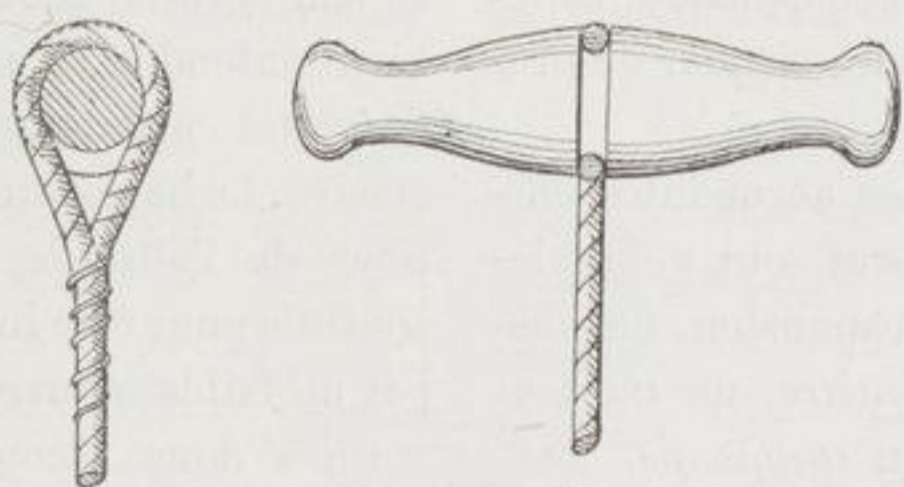


Fig. 88-89. — Cabillots.

au cercle C de raccord de la manche d'appendice, une double corde S formant un seul brin à sa partie inférieure; ce brin est attaché au cercle de suspension lorsqu'on est sur le point d'atterrir. Ce dispositif a pour but d'empêcher la partie inférieure de l'enveloppe, laquelle devient de plus en plus flasque au fur et à mesure que le gaz s'échappe, de se replier vers la partie supérieure du ballon sous l'action du vent et de constituer ainsi une sorte de cuvette dans laquelle le vent pourrait s'engouffrer, ce qui tendrait à soulever et à trainer l'aérostat.

La partie inférieure de l'enveloppe demeurant liée au cercle de suspension, celle-ci se vide normalement sans risquer de provoquer des à-coups.

Les instruments que les aéronautes emportent à bord de l'aérostat sont généralement fixés au cercle de suspension. Ces instruments sont : un *baromètre*, un *thermomètre*, un *hygromètre*, un *statoscope*.

Le baromètre, qui, ainsi que nous l'avons dit, sert, en enregistrant la valeur de la pression atmosphérique, à indiquer l'altitude à laquelle se trouve l'aérostat, peut être un appareil à cadran semblable à celui que nous avons décrit (Fig. 78). Dans ce cas, il est placé dans un écrin que l'aéronaute porte sur lui. Lorsque le baromètre comporte un mécanisme enregistreur, il est suspendu verticalement au cercle de suspension. On construit, cependant, des baromètres enregistreurs de poche.

Le thermomètre, on le sait, donne à chaque instant la température de l'air atmosphérique, et il est utile à consulter pour effectuer les manœuvres appropriées.

L'hygromètre sert à indiquer le degré d'humidité de la couche d'air traversée, ce qui a également, on le comprend, son importance au point de vue de l'état d'équilibre de l'aérostat.

Il convient aussi de connaître, lorsqu'on se trouve en aérostat libre, au sein de l'at-

mosphère, le sens du déplacement vertical de cet aérostat, c'est-à-dire de savoir à tout moment s'il s'élève ou s'il s'abaisse. Il semble bien à première vue que cette détermination puisse se faire aisément. Cependant, lorsque l'aérostat est à une certaine altitude, les points de repère auxquels on pourrait se reporter pour contrôler le mouvement ascensionnel ou descendant n'existent pas. Tout au plus peut-on apprécier le mouvement relatif de l'aérostat par rapport aux nuages avoisinants, mais comme ces nuages ont leur mouvement propre qu'il n'est pas possible de connaître, on voit qu'il est fort difficile pour l'aéronaute, de savoir si son aérostat monte ou descend lorsque, bien entendu, le mouvement vertical de l'aérostat n'acquiert pas une vitesse excessive. Le baromètre indique bien les variations de l'altitude, mais il n'est pas assez sensible pour être instantanément influencé par un faible mouvement vertical.

On a donc recours, pour apprécier ce mouvement vertical, à quelques procédés simples, parmi lesquels le lancement dans l'air des feuilles de papier est assez employé.

Une feuille de papier étant très légère descend lentement. On a déterminé qu'une feuille de papier à cigarette, par exemple, descend avec une vitesse d'environ 50 centimètres par seconde. Si donc, de la nacelle d'un aérostat on lance dans l'espace des feuilles semblables, on pourra, suivant la position relative que ces feuilles conserveront par rapport à la nacelle, apprécier, assez exactement, le mouvement de l'aérostat dans les deux sens. Si, en effet, la nacelle se maintient sensiblement pendant un certain temps à la même hauteur que les feuilles de papier à cigarette, c'est que l'aérostat descend, comme elles, à raison de 50 centimètres par seconde. Si la feuille descend par rapport à la nacelle, on apprécie la distance qu'elle parcourt pendant un temps donné et on en déduit suivant le

chiffre obtenu, soit que l'aérostat descend avec une vitesse inférieure à 50 centimètres par seconde, soit qu'il est en équilibre dans l'atmosphère, c'est-à-dire qu'il ne possède aucun mouvement vertical, soit qu'il monte lorsque la distance entre la nacelle et le papier lancé devient supérieure à 50 centimètres dans l'espace d'une seconde.

Par contre, si de la nacelle de l'aérostat on voit les feuilles de papier à cigarette voltiger au-dessus d'elle, c'est que la descente de cet aérostat s'effectue avec une vitesse évidemment supérieure à 50 centimètres par seconde.

Le procédé de lancement de corps légers donne des résultats assez satisfaisants lorsque l'atmosphère est calme, mais lorsque l'atmosphère est agitée par les vents, les remous d'air peuvent s'opposer à la descente normale des feuilles de papier ou peuvent aussi l'accélérer. L'indication, dans ce cas, est évidemment faussée et on ne peut fonder sur elle aucune appréciation rigoureuse.

C'est pour remédier à cet inconvénient, qui peut être sérieux, qu'on a établi un appareil donnant automatiquement, par l'indication de son aiguille, le sens et la valeur du mouvement vertical de l'aérostat.

*Statoscope* (Fig. 90.) Cet appareil, appelé *statoscope*, est construit par les ateliers J. Richard, à Paris. Il est constitué par une capacité de petit volume munie d'un orifice par lequel elle peut communiquer avec l'atmosphère. Cet orifice peut, à la volonté de l'aéronaute, être ouvert ou obturé. Une des parois de la capacité est formée par une membrane qui peut fléchir sous l'action de la pression atmosphérique. Le mouvement que prend cette membrane se transmet, en s'amplifiant, à une aiguille qui se déplace devant quelques divisions racées sur le cadran de l'appareil.

Lorsque l'orifice de la capacité est découvert, l'air pénètre dans cette capacité, et une pression de même valeur s'exerce sur la membrane, à la fois sur sa surface intérieure et sur sa surface extérieure. La membrane se trouve ainsi dans un état d'équilibre pour lequel l'aiguille occupe la partie médiane sur le cadran et marque zéro.

Lorsque l'aéronaute veut, dans l'atmosphère, connaître dans quel sens s'effectue le mouvement vertical de l'aérostat, il obture, par une manœuvre simple, l'orifice de la capacité.

Cette capacité reste ainsi remplie d'air dont la pression conserve une même valeur.

Si l'aérostat s'élève, l'air atmosphérique se raréfie, la pression de cet air diminue et son action sur la surface extérieure de la membrane s'exerce avec moins de vigueur. La membrane fléchit de l'intérieur vers l'extérieur. L'aiguille répète ce mouvement, dévie, et se place devant une division indiquant que l'aérostat s'élève. On comprend que la flexion de la membrane devenant de plus en

plus grande à mesure que la différence de la pression intérieure de l'appareil et de la pression atmosphérique augmente, l'aiguille dévie de plus en plus à mesure que l'on s'élève.

Inversement, si l'aérostat descend, la membrane est actionnée de l'extérieur vers l'intérieur, et l'aiguille dévie dans l'autre sens par rapport au zéro placé au milieu du cadran.

Lorsque l'aérostat reste à la même hauteur, les pressions se font équilibre sur les deux faces de la membrane et l'aiguille reste placée en face du zéro. Comme cet appareil est très sensible, il suffit de provoquer la fermeture de l'orifice et d'examiner la position de l'aiguille pour savoir, à chaque instant, si l'aérostat est en équilibre, s'il s'élève, ou s'il s'abaisse.



Fig. 90. — Statoscope Richard.

On ne maintient pas d'une façon permanente l'orifice de la capacité fermée, car la membrane soumise, sur ses deux faces, à une trop grande différence de pression, pourrait se détériorer. On n'effectue la manœuvre d'obturation de l'orifice, qui consiste à presser un tube de caoutchouc, qu'au moment où il est nécessaire de connaître le sens du mouvement vertical de l'aérostat.

Lorsqu'il s'agit d'une ascension pouvant atteindre de très hautes altitudes, il est prudent d'emporter de l'oxygène, que l'on emmagasine dans des récipients suspendus généralement au cercle de suspension. Un tuyau de

caoutchouc partant du récipient à oxygène conduit ce gaz jusqu'à la bouche de l'aéronaute, après avoir traversé un flacon laveur. Quand l'aérostat atteint une altitude à laquelle la raréfaction de l'air risque d'occasionner des troubles physiologiques graves chez l'aéronaute, celui-ci respire

de l'oxygène au moyen du tuyau de caoutchouc, ce qui lui permet de se maintenir sans danger à des altitudes élevées.

On a même établi un appareil respiratoire constitué par une sorte de masque protecteur, qui, s'appliquant sur le nez et sur la bouche de l'aéronaute, lui permet de puiser, dans un récipient spécial, l'oxygène nécessaire à sa respiration normale, laquelle ne pourrait s'effectuer correctement avec l'air atmosphérique ambiant pour les hautes altitudes.

*Nacelle*

(Fig. 92-93.) La nacelle V suspendue au cercle de suspension, ainsi que nous l'avons dit, par les

cordes R, sert à recevoir les aéronautes et quelques organes de manœuvre. C'est une sorte de panier, de forme généralement rectangulaire, constitué par un travail de vannerie fait en osier et rotin. La nacelle a une certaine hauteur, pour que l'aéronaute puisse s'y tenir debout sans danger.

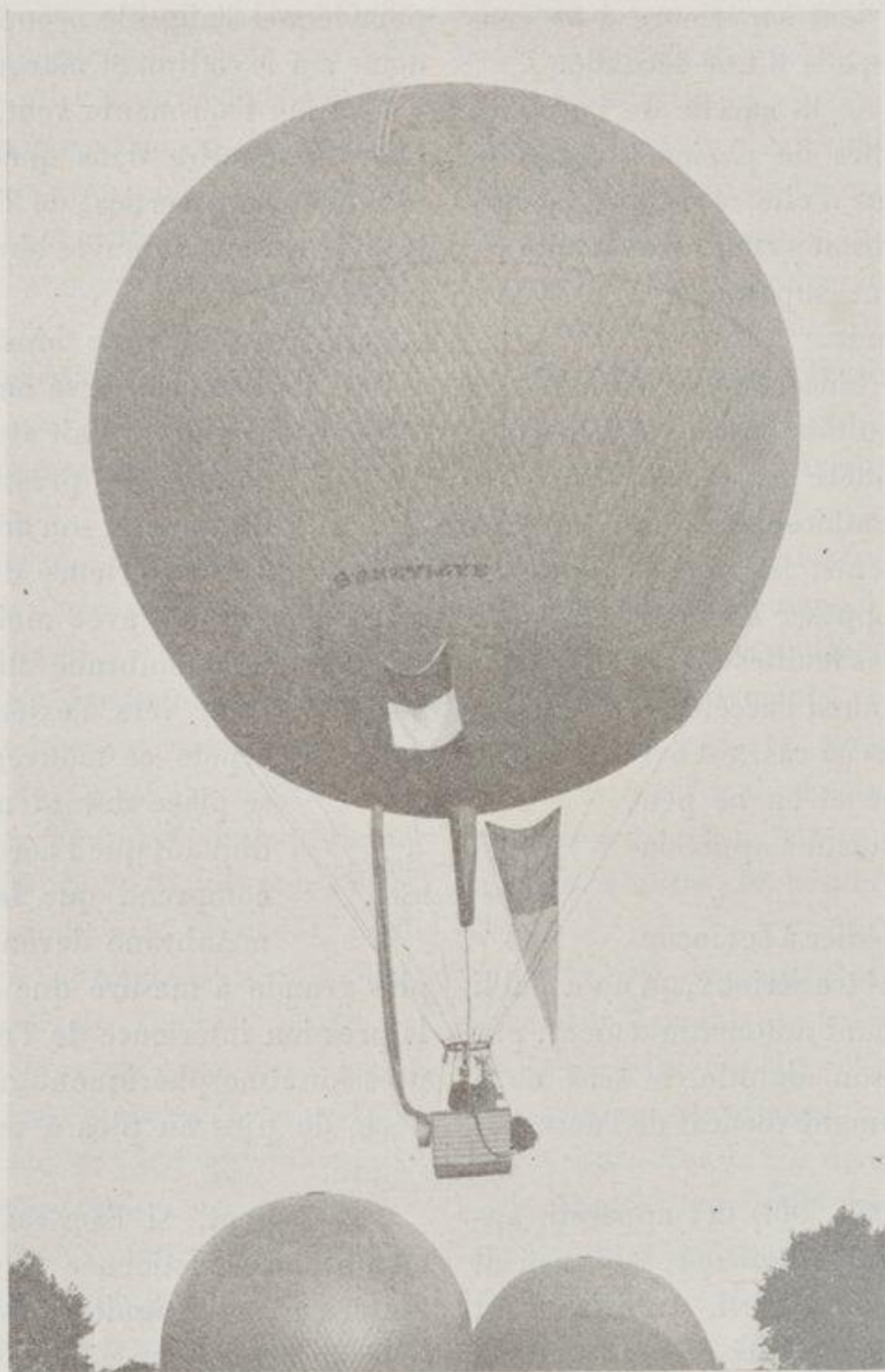


Photo Véroscopie Richard.

Fig. 91. — Départ d'un aérostat.

Les cordes de suspension de la nacelle, terminées à leur partie supérieure par une boucle dans laquelle s'engage un gros cabillot Q, sont généralement au nombre de huit; mais il est évident qu'on peut en disposer un nombre quelconque suivant la forme de la nacelle et le poids à enlever. Ces cordes sont prises dans les parois verticales de la nacelle et disposées dans ces parois pendant le travail même de confection de cette nacelle lors du tressage de l'osier. Elles sont, de cette façon, solidement assujetties et font, pour ainsi dire, corps avec la nacelle.

Chacune des cordes, emprisonnée d'abord dans une des parois verticales de la nacelle, traverse, sans solution de continuité, le fond de cette nacelle dans lequel elle se trouve prise également dans les mailles d'osier tressé, et remonte au milieu de l'épaisseur de la cloison verticale opposée. Il s'ensuit que les huit cordes de sus-

pension de la nacelle constituent, en réalité, deux à deux, les extrémités d'une même corde prise, sur une partie de sa longueur, dans les cloisons et le fond de la nacelle, et se réduisent, en somme, à quatre.

Ces quatre cordes traversent le fond de la nacelle, deux dans le sens de la longueur et deux dans le sens de la largeur. Elles forment ainsi un réseau qui a pour but de consolider le plancher où se tiennent les passagers et d'assurer leur sécurité. Ce plancher est assez souvent formé de traverses ou de planches.

A la partie supérieure de la nacelle, le pourtour, ou *bordage*, est rendu rigide et

indéformable. Il est constitué par une sorte de bourrelet formé assez souvent par des tubes métalliques emprisonnés dans les tresses d'osier. On aménage dans les nacelles des sièges appuyés contre les parois transversales et formant la partie supérieure de *caissons* ou *soutes*

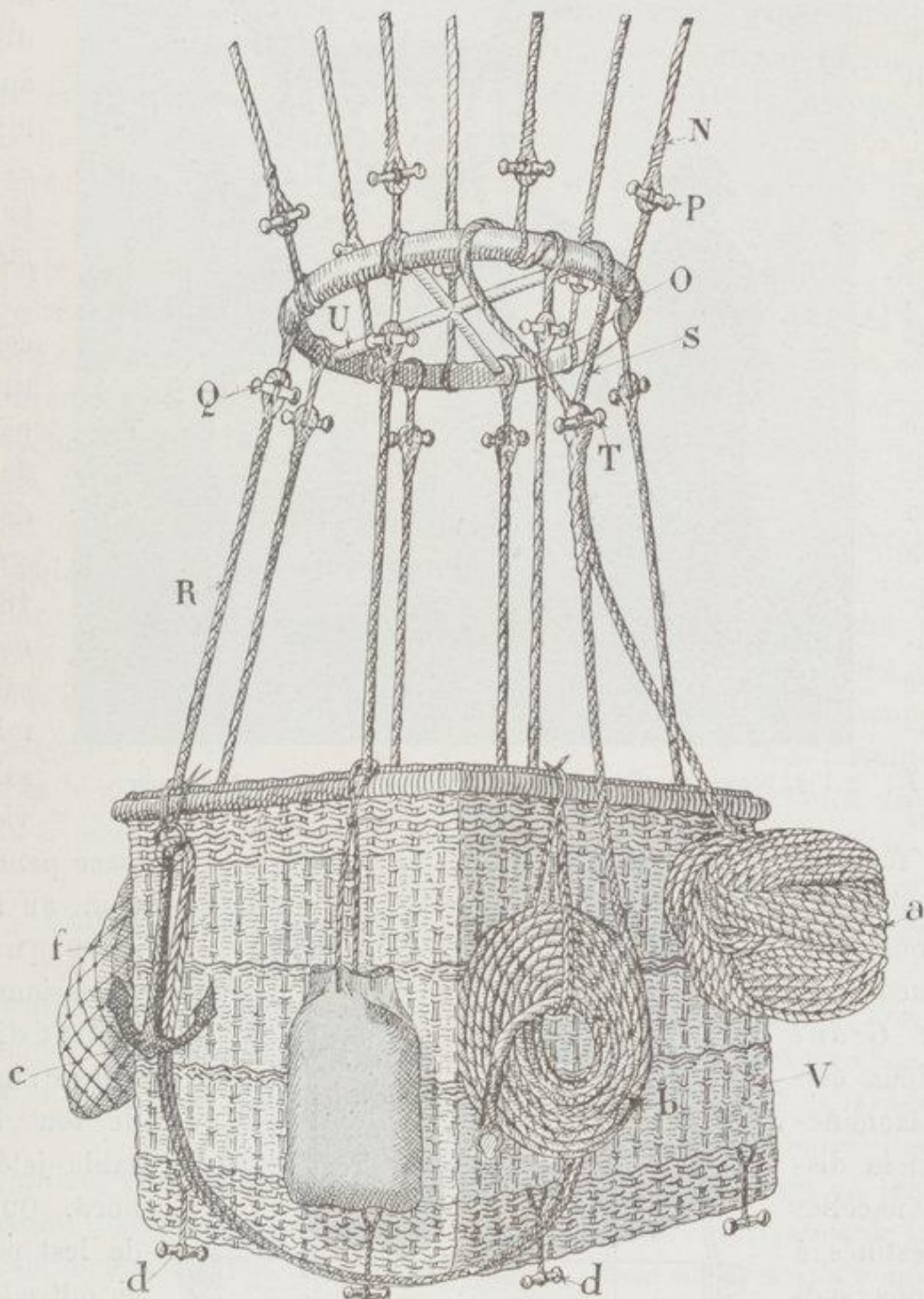


Fig. 92. — Vue schématique d'une nacelle.

pouvant servir d'abri à divers objets emportés.

A l'intérieur de la nacelle on tend parfois une toile spéciale formant garniture et comportant des poches dans lesquelles on peut déposer quelques accessoires, cartes, lunettes, etc.

La nacelle peut être aménagée de façon particulière lorsque l'aérostat est destiné à effectuer une longue ascension. On y installe des couchettes formant soutes où on place les provisions. Nous avons vu que la nacelle de l'aérostat *Le Géant* comportait deux étages, et nous examinerons plus loin la disposition des nacelles d'aérostats destinés à des expéditions spéciales.

La nacelle est munie de talons *e* formés par des traverses fixées contre le fond et, par l'intermédiaire desquelles la nacelle repose sur le sol.

On adapte égale-

ment, sur les cloisons verticales, des poignées *d* (Fig. 92) qui permettent de déplacer aisément la nacelle soit pour la manœuvre de départ, soit après l'atterrissage pour aider à son transport en chemin de fer.

Dans la nacelle on place une grande partie des sacs de lest. Ce sont des sacs pesant généralement 18 kilogrammes remplis de sable fin tamisé. C'est ce sable qui est vidé dans l'es-

pace pendant l'ascension, au fur et à mesure que la force ascensionnelle de l'aérostat diminue. On allège ainsi l'aérostat de tout le poids de sable jeté par-dessus bord. Quelques sacs de lest peuvent être, en outre, suspendus à la nacelle, extérieurement. Dans ce cas, les sacs sont attachés à des boucles formées par de courtes cordes prises dans le travail de vannerie.

A l'extérieur de la nacelle sont également



Fig. 93. — Nacelle du ballon *Le Condor*. (Ateliers Lachambre.)

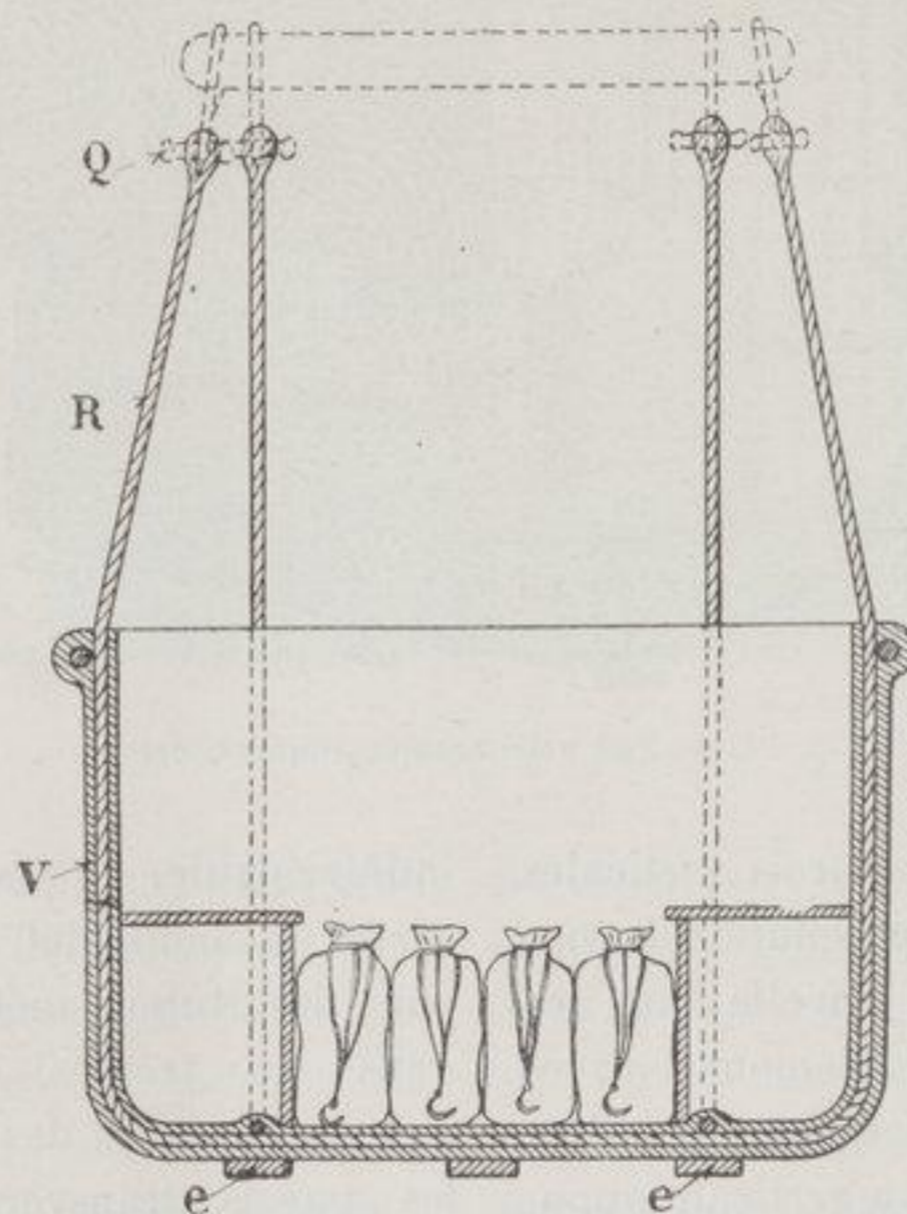


Fig. 94. — Coupe d'une nacelle.

suspendus les engins d'arrêt : l'ancre c, le guide-rope a, et un sac à ballon f, sac qui, ainsi que son nom l'indique, sert à enfermer l'enveloppe de l'aérostat lorsque celui-ci a atterri et a été dégonflé.

*Engins d'arrêt* Nous avons dit que ces engins étaient rendus solidaires du cercle de suspension O de l'aérostat par la fourche S; mais cette liaison n'est effective et directe que lorsque l'aérostat navigue au ras du sol et que ces engins traînent à terre. Pendant la navigation normale, la corde de l'ancre et le guide-rope sont enroulés, posés extérieurement le long d'une paroi verticale de la nacelle et retenus à celle-ci par une cordelette qu'il est très facile de défaire pour les laisser dérouler. On effectue cette manœuvre lorsque l'on veut atterrir ou naviguer près du sol en se servant du guide-rope. L'ancre et le guide-rope traînent alors à terre.

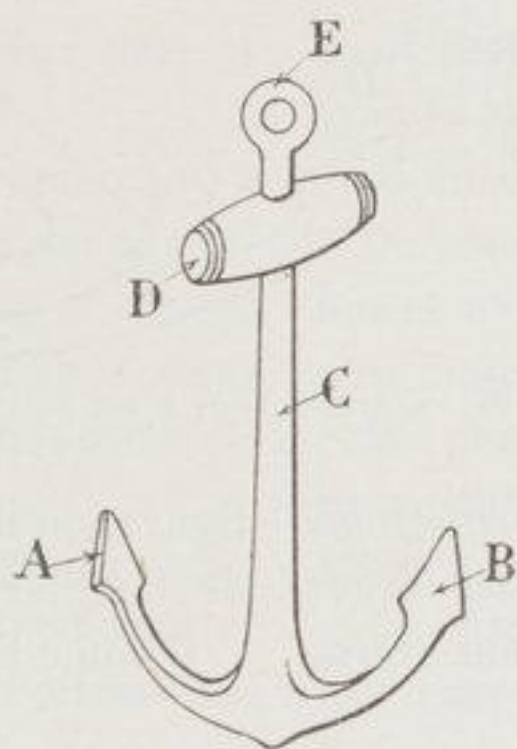


Fig. 95. — Ancre primitive.

*Ancre* L'ancre est un engin d'arrêt de l'aérostat qui a été d'abord très employé et qui l'est moins actuellement, depuis l'utilisation rationnelle du guide-rope et l'usage du panneau de déchirure.

L'ancre primitive, placée à bord de la nacelle d'un aérostat pour faciliter son atterrissage, était l'ancre marine (Fig. 95). Cette ancre comporte deux branches A et B terminées chacune par une pointe. Ces branches se trouvent placées dans le prolongement l'une de l'autre et la tige de l'ancre C, nommée *verge*, disposée dans une direction perpendiculaire aux branches, porte, à son extrémité supérieure, une traverse D, appelée *jas*. Le *jas* sert, en s'appuyant sur le sol, à faciliter l'accrochage de l'ancre.

Le *jas* de l'ancre qui peut être en fer, était

généralement fait en bois dans les premières ancres d'aérostat. L'extrémité de la verge est munie d'un anneau E auquel on attache la corde de l'ancre.

Ces ancres ainsi constituées ne donnaient pas toute satisfaction. Elles avaient une *mauvaise prise*, parce qu'elles pouvaient facilement se coucher pendant le trainage et, d'autre part, le *jas* en bois se détériorait aisément.

C'est pour ces raisons qu'on a établi d'autres ancres de modèles divers répondant mieux aux conditions de leur emploi.

C'est d'abord le *grappin ordinaire* qui se compose d'une tige en fer portant à une de ses extrémités un anneau servant à fixer la corde qui le retient à la nacelle. De l'autre extrémité de la tige partent quatre branches ayant deux à deux des directions perpendiculaires. Chacune des branches est terminée par une pointe. Cette disposition permet à l'ancre ou grappin de reposer sur deux pointes et

d'avoir une action plus efficace au point de vue de l'arrêt de l'aérostat.

L'ingénieur aéronaute Yon a constitué une ancre à six pointes (Fig. 96).

Ces pointes A, B, C, D, terminent de courtes branches réunies entre elles et solidaires de la verge E, en bout de laquelle est disposé l'anneau F de fixation de la corde. Cette ancre, posée sur le sol, s'y appuie toujours par deux pointes, ce qui facilite son accrochage. De plus, les branches latérales peuvent également aider à cet accrochage en se déplaçant par côté, à une faible hauteur au-dessus du sol.

Une autre ancre, établie par Hervé (Fig. 97), comporte huit pattes. Cette ancre est, pour ainsi dire, formée, par trois ancres A B à deux branches, réunies par une branche transversale C D portant elle-même, à

chacune de ses extrémités, une pointe. Ces deux pointes sont, de la sorte, placées en bout de petites branches latérales, et l'ancre, reposant sur le sol par trois pointes, peut en outre s'accrocher sur le côté par les branches latérales.

On a construit d'autres ancres de formes

et prendre, lorsqu'il touche le sol, une position quelconque par rapport au cadre qui le précède ou à celui qui le suit. On conçoit que, de cette façon, les divers crochets solidaires des divers cadres puissent prendre aisément, en appuyant sur le sol, des positions différentes appropriées à la con-

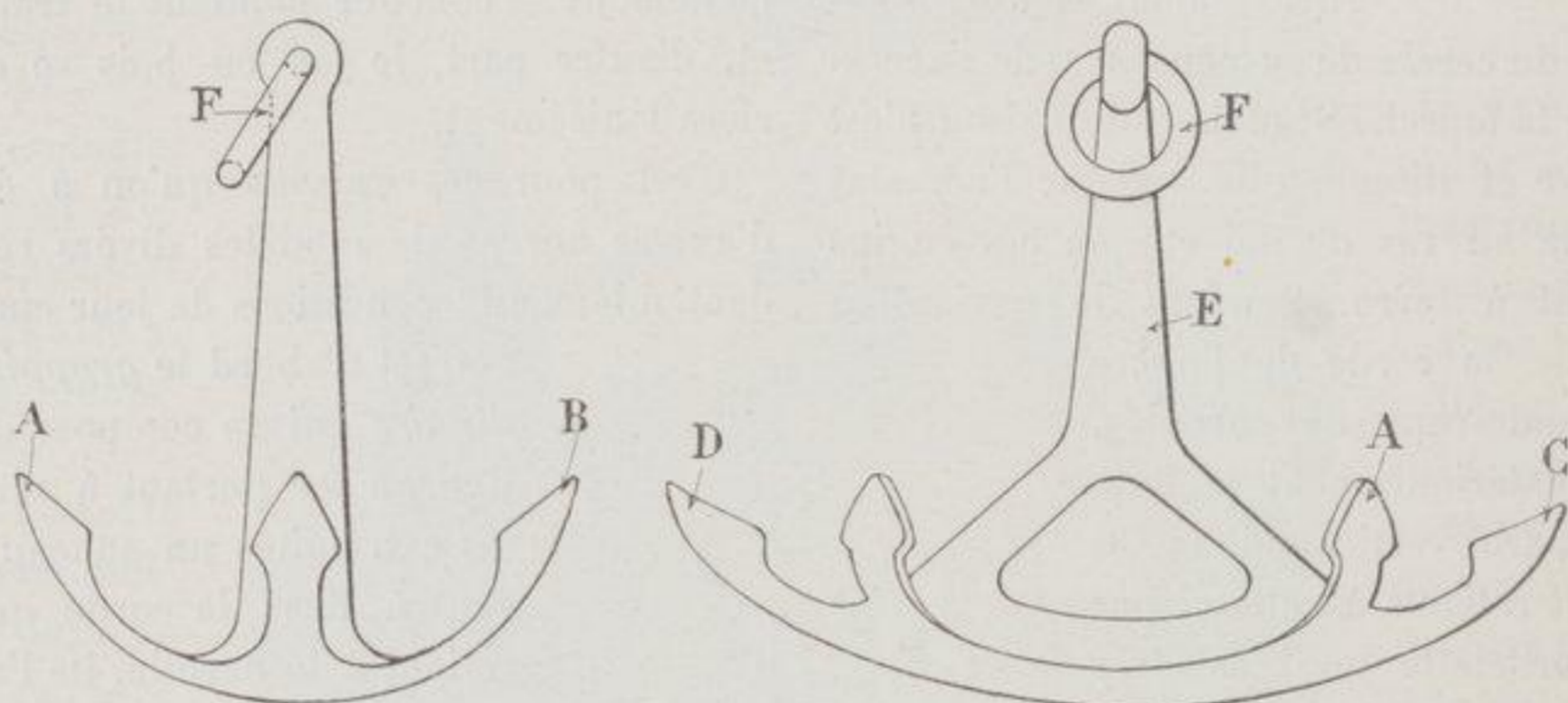


Fig. 96. — Ancre Yon, à six pointes.

diverses; celle de la *Société de constructions aéronautiques Astra*, est faite en fer forgé; elle comporte un double jas et son accrochage s'effectue convenablement sur tous les terrains.

L'ancre articulée Renard est une des plus efficaces et des plus curieuses.

Cette ancre (Fig. 98), dénommée *ancre-herse*, nom justifié par sa forme, est com-

posée d'une série de cadres A C D B, portant, à chacun des angles, un double crochet. Les branches verticales A B de ce cadre sont rigides et chacune d'elles constitue une ancre formée de deux doubles crochets. Les branches horizontales A C du cadre servent d'axe d'articulation, de sorte que chacun des cadres peut pivoter autour d'un de ces axes

figuration du terrain, ce qui a pour objet de faciliter l'accrochage.

Comme l'ancre développée a une certaine longueur, un nombre de grappins de plus en plus considérable traîne sur le sol au fur et à mesure que l'aérostat s'en rapproche, et l'accrochage devient de plus en plus efficace.

Pendant l'ascension, l'ancre est repliée grâce

aux axes d'articulation, et suspendue à la nacelle par l'intermédiaire d'une corde attachée à l'extrémité d'un double câble E formant fourche.

Tous les types d'ancres d'aérostats que nous venons d'examiner s'appliquent à l'arrêt d'un aérostat sur la terre ferme.

On a songé également à créer des engins

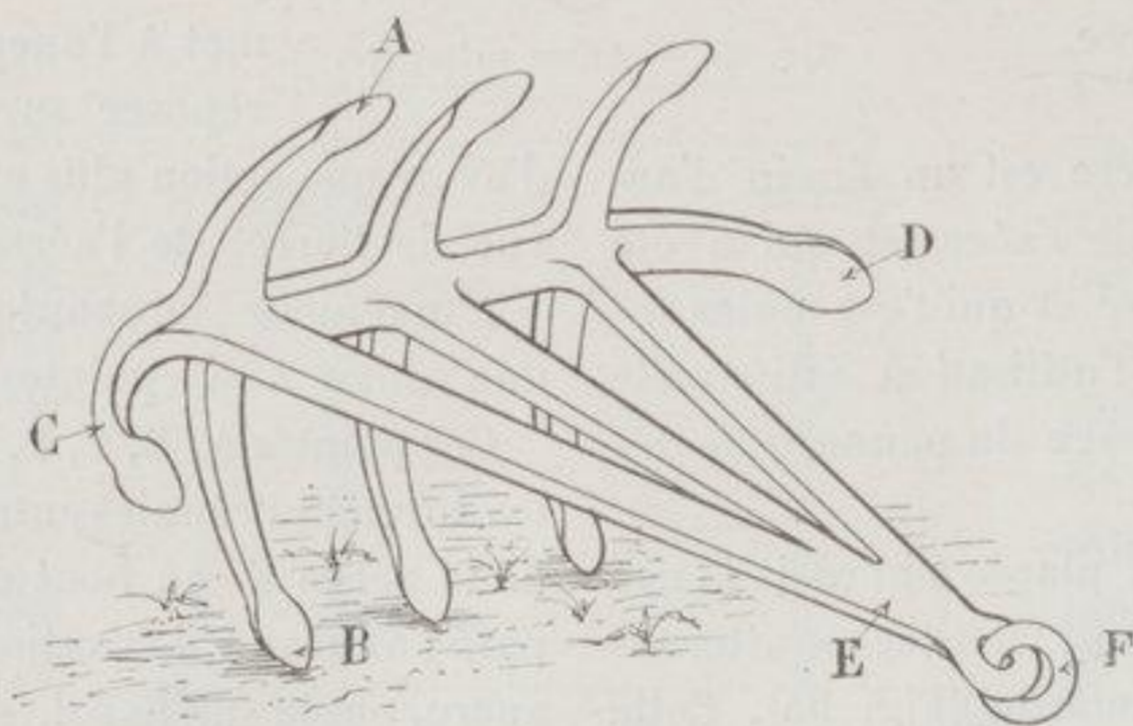


Fig. 97. — Ancre Hervé à 8 pattes.



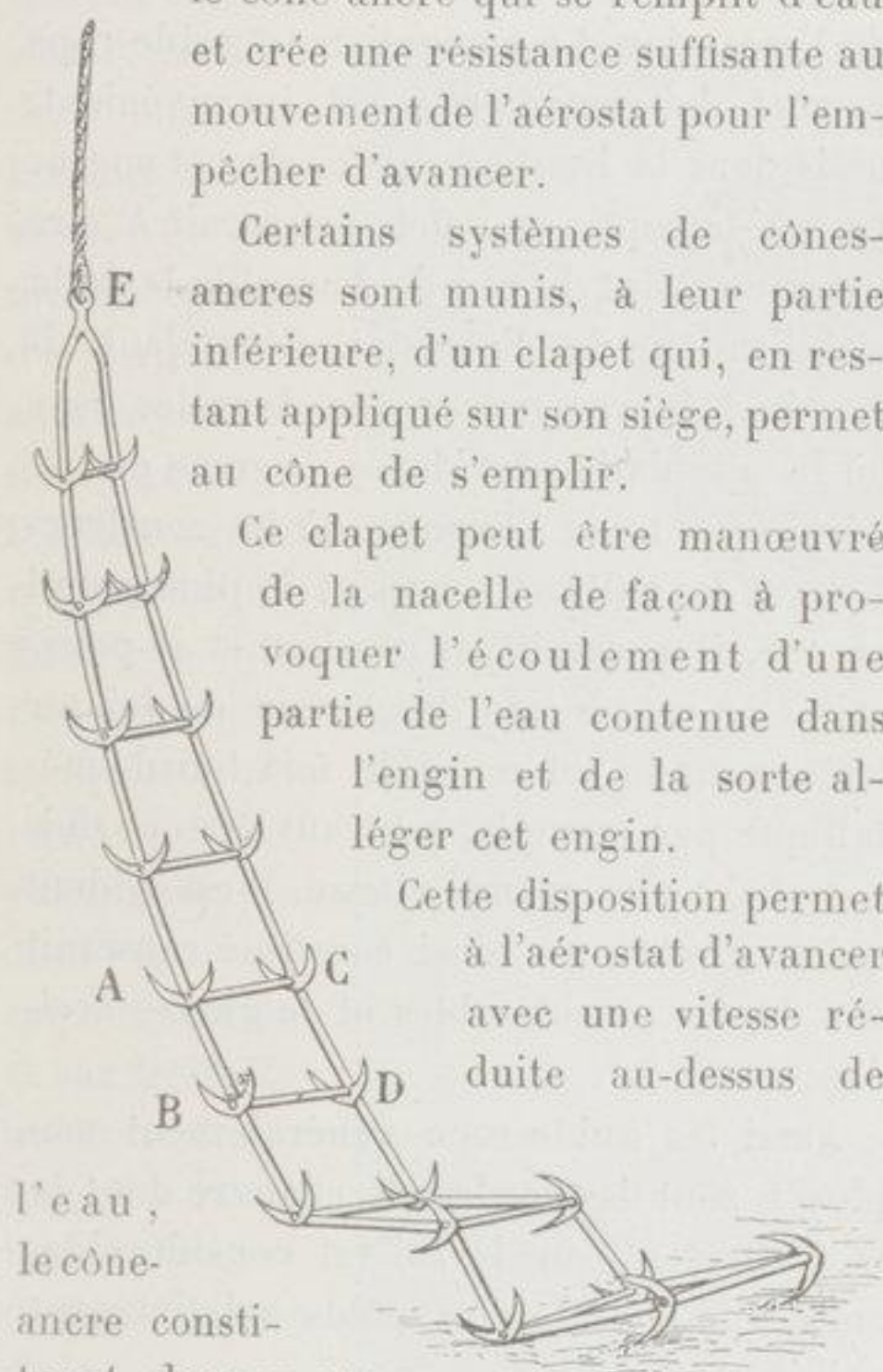
d'arrêt pour les aérostats voulant se maintenir immobiles à la surface des flots. Parmi eux est le *cône-ancre* de Sivel.

C'est une sorte de sac conique fait en toile goudronnée et attaché au cercle de suspension de l'aérostat. Lorsque l'aéronaute veut immobiliser son aérostat sur l'eau, il jette le cône-ancre qui se remplit d'eau et crée une résistance suffisante au mouvement de l'aérostat pour l'empêcher d'avancer.

Certains systèmes de cônes-ancre sont munis, à leur partie inférieure, d'un clapet qui, en restant appliqué sur son siège, permet au cône de s'emplir.

Ce clapet peut être manœuvré de la nacelle de façon à provoquer l'écoulement d'une partie de l'eau contenue dans l'engin et de la sorte alléger cet engin.

Cette disposition permet à l'aérostat d'avancer avec une vitesse réduite au-dessus de



l'eau, le cône-ancre constituant, dans ce cas, un frein dont l'action est comparable à celle du guide-rope à la surface du sol.

Fig. 98. — Ancre Renard.

**Guide-rope** Le guide-rope *a* (Fig. 92) qui est, avec la corde de l'ancre, attaché à la fourche *S*, laquelle le rend solidaire du cercle de suspension *O*, est un câble dont la longueur variable est généralement comprise entre 100 et 200 mètres. Ce câble est enroulé en paquet et est fixé à la nacelle par une cordelette semblable à celle qui retient la corde de l'ancre, cordelette que l'aéronaute peut facilement défaire pour laisser pendre le guide-rope. Celui-ci est

disposé, lorsqu'il est enroulé, contre une cloison verticale de la nacelle et extérieurement.

Le guide-rope peut être considéré comme un engin d'arrêt, car, au fur et à mesure que l'aérostat se rapproche du sol, une longueur de plus en plus grande du câble qui le constitue, traîne à terre, et le frottement sur le sol prend une valeur de plus en plus considérable. Le guide-rope agit donc, dans ce cas, à la façon d'un frein et contribue à ralentir la marche de l'aérostat.

Le frottement du guide-rope sur le sol et, par conséquent, son action sur le ralentissement de l'aérostat, varient non seulement avec la longueur de câble traînant à terre, mais encore avec la nature du sol.

On comprend, en effet, que si le sol est uni et n'offre pas d'aspérités, le frottement sera moindre que sur un sol accidenté.

De plus, sur un sol accidenté, le guide-rope peut s'accrocher à un obstacle et arrêter complètement l'aérostat.

Le guide-rope est ainsi utilisé comme engin d'arrêt.

Il peut également être utilisé comme *équilibreur*, lorsque l'aéronaute veut naviguer à une faible altitude en ménageant son lest.

C'est ce que l'on appelle la navigation au guide-rope.

Pour l'effectuer, il ne faut pas que l'atmosphère soit absolument calme.

Il est nécessaire, au contraire, qu'il y ait un peu de vent. On laisse alors dérouler le guide-rope, qui traîne sur une partie de sa longueur sur le sol.

On peut ralentir, dans une certaine mesure, la vitesse de l'aérostat en augmentant la longueur de guide-rope qui touche à terre; le frottement augmente également et l'aérostat est freiné.

Pendant cette navigation, si la force ascensionnelle vient à varier dans des proportions assez faibles, le guide-rope peut corriger les variations et maintenir l'aérostat en équilibre dans sa limite d'action. En effet,

si l'aérostat tend à monter, à mesure qu'il s'élèvera, une plus grande longueur de guide-rope pendra de la nacelle. Le poids de la partie du guide-rope ne reposant pas sur le sol deviendra de plus en plus considérable à mesure que l'aérostat montera et, à un certain moment, le poids supplémentaire qui lui aura été, de ce fait, ajouté, équilibrera le supplément de force ascensionnelle qui avait provoqué son ascension. Il pourra donc se trouver en équilibre à une certaine hauteur qui sera un peu supérieure à l'altitude à laquelle il se trouvait auparavant, et une longueur moins grande de guide-rope trainera, dès lors, sur le sol.

Si, au contraire, la force ascensionnelle de l'aérostat diminue et s'il tend à descendre, au fur et à mesure qu'il se rapprochera du sol, une longueur de plus en plus grande de guide-rope trainera à terre.

L'aérostat se trouvera de la sorte de plus en plus allégé, puisque la longueur de câble suspendu à son cercle de suspension diminuera de plus en plus et que, par suite, son poids s'amointrira. Il pourra donc arriver que le poids de guide-rope dont a été allégé l'aérostat corresponde à la diminution momentanée de la force ascensionnelle. A ce moment, l'aérostat cessera de descendre et continuera à cheminer en laissant trainer sur le sol une longueur de guide-rope plus considérable qu'auparavant.

Ces variations peu importantes de la force ascensionnelle peuvent être produites par le passage des nuages devant le soleil, ce qui peut provoquer une contraction du gaz contenu dans l'aérostat et une diminution de la force ascensionnelle. Au contraire lorsque les nuages ont disparu et que le soleil agit de nouveau directement sur l'aérostat, le gaz se dilate et la force ascensionnelle augmente. Dans le premier cas, il conviendrait de jeter quelques kilogrammes du sable formant le lest, pour rétablir l'équilibre si le guide-rope n'intervenait

pas comme équilibreur; dans le second cas, en supposant l'aérostat rempli de gaz, une partie de ce gaz s'échapperait par l'appendice.

Dans les deux cas on aurait une perte : d'une part de lest, d'autre part de gaz, qui pourrait se renouveler assez fréquemment, ce qui limiterait considérablement la durée de l'ascension. La navigation au guide-rope permet de remédier à cet inconvénient, mais dans la limite du poids de cet engin. Le guide-rope, en effet, gagnerait à être lourd au point de vue de l'amplitude de la stabilisation de l'aérostat. Cependant, il convient de remarquer que dans les pays où la population est dense, comme en général dans toute l'Europe, où les constructions et les cultures occupent le plus grand espace, il ne serait pas prudent et il pourrait être même très dangereux de laisser trainer sur le sol un câble fort lourd, métallique par exemple, pouvant être parfois entraîné à une grande vitesse. Il est évident qu'un guide-rope ainsi constitué causerait des dégâts considérables et de graves accidents.

Aussi les guide-rope généralement employés sont des cordes de chanvre dont le frottement sur le sol est considérable, mais qui n'ont qu'un poids relativement réduit.

On a songé, pour obtenir un guide-rope suffisamment lourd tout en ne devenant pas dangereux au *trainage*, à le constituer en plusieurs câbles de chanvre, chacun d'eux ayant un poids relativement faible, mais dont le poids total peut être important. Les câbles, espacés les uns des autres par suite de l'écartement de leur point d'attache sur le cercle de suspension, peuvent être de longueurs différentes et n'agir qu'individuellement sur les obstacles qu'ils rencontrent. On peut éviter ainsi les inconvénients dus à l'emploi d'un seul câble lourd. Ce dispositif de guide-rope a été l'objet de quelques essais intéressants,

mais il ne s'est pas, néanmoins, généralisé.

Lorsque le guide-rope ne constitue pas spécialement un engin d'arrêt, et qu'il doit être surtout utilisé pour assurer la navigation aérienne à une faible hauteur, il doit être façonné de manière qu'il ne puisse s'accrocher au moindre obstacle, sinon la

marche de l'aérostaut devient impossible ou serait retardée par une succession d'acoups désagréables et dangereux. D'ailleurs, la navigation au guide-rope, qui est pratique lorsqu'on a devant soi de vastes étendues de terrains incultes et sur lesquels ne se trouvent que de rares habitations, devient impossible, comme nous l'avons dit, dans les pays très habités et dans

les régions où les cultures ont une grande valeur. Le guide-rope, en traînant, occasionnerait des dégâts trop considérables.

Il convient, en outre, lorsqu'on navigue au guide-rope, d'éviter les lignes télégraphiques et téléphoniques qui pourraient être détériorées. Il faut surtout veiller à ce que le guide-rope ne touche pas aux lignes aériennes qui servent à transporter l'énergie électrique. Ces lignes sont à haute tension et peuvent constituer, dans le cas d'un

court-circuit provoqué par le contact du guide-rope, un grave danger pour l'aéronaute.

*Soupape.* Nous venons d'examiner les divers organes d'un aérostaut, et les fonctions diverses qu'ils remplissent.

Il nous reste à décrire en détail la soupape, organe très important dont nous avons précédemment indiqué l'utilité.

La soupape primitive d'aérostaut était constituée par un cercle en noyer rendu solidaire de l'enveloppe, à sa partie supérieure, par une collerette maintenue fixée contre le cercle en bois au moyen d'une bande de cuir assujettie sur le pourtour. Le

cercle en bois constituait le siège fixe de la soupape. Ouvert à sa partie centrale, il comportait une traverse en bois disposée suivant un diamètre, sur laquelle s'articulaient des volets en bois pouvant obturer l'orifice laissé libre dans le cercle. Des ressorts en caoutchouc, tendus sur un *chevalet* disposé perpendiculairement sur la traverse, maintenaient les volets appliqués sur le siège de la soupape. Une corde aboutissant à la nacelle provoquait, lorsqu'elle était tirée,

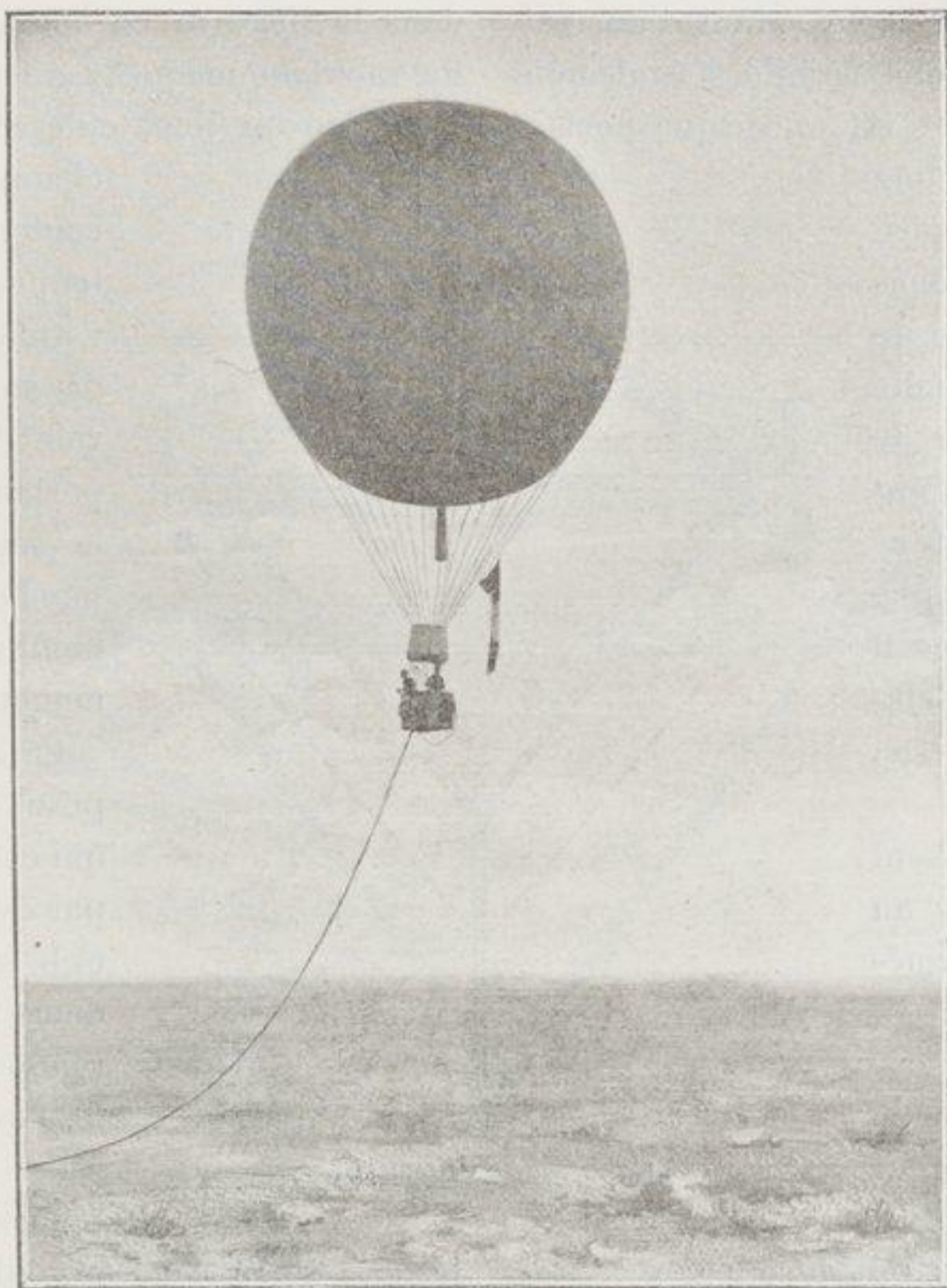


Fig. 99. — Aérostaut navigant au guide-rope.

L'ouverture des volets qui découvraient l'orifice de la soupape en tendant les lames de caoutchouc. Le gaz pouvait ainsi s'échapper de l'enveloppe.

Ce modèle de soupape, assez rudimentaire, a été perfectionné à mesure que le progrès en aéronautique s'est affirmé.

Yon a établi une soupape comportant un siège circulaire fixe A, muni d'une rainure, et un seul volet mobile B également circulaire. Ce volet est un disque portant sur son pourtour une saillie C qui, au repos, vient s'engager dans la rainure du siège de la soupape, laquelle rainure est garnie de caoutchouc. Le joint est ainsi assuré et ce sont des ressorts à boudin métalliques D qui appliquent le clapet circulaire sur son siège.

Ces ressorts, qui sont fixés, d'une part, au volet par l'intermédiaire du goujon E, et sont, d'autre part, attachés à la partie supérieure d'un chevalet fixe F rendu solidaire du siège de la soupape.

Les goujons E d'attache des ressorts sont terminés, à leur partie inférieure, par des crochets auxquels sont attachées des cordes G réunies à un câble unique H qui aboutit à la nacelle et qui sert à manœuvrer la soupape.

Lorsque l'aéronaute tire sur ce câble, le volet B de la soupape descend verticalement, guidé dans son déplacement par un noyau cylindrique central I, qui coulisse dans un manchon faisant corps avec le chevalet. Les ressorts s'allongent et se tendent, et l'orifice de la soupape est démasqué. Le

gaz peut s'échapper par cet orifice dans l'atmosphère et la fuite du gaz se continuera pendant tout le temps que l'aéronaute tirera sur la corde.

Lorsque la traction cessera, les ressorts à boudin D ramèneront le volet circulaire E sur le siège de la soupape. La saillie circulaire C s'engagera dans la rainure pratiquée dans le siège A, en comprimant la bande de caoutchouc qui y est disposée, ce qui constitue un joint efficace empêchant l'échappement du gaz contenu dans l'enveloppe.

On construit aussi des soupapes à double volet (Fig. 101) comportant, par rapport à la soupape primitive en bois, un certain nombre de perfectionnements.

La soupape se compose d'un siège fixe qui est formé lui-même par deux couronnes A et B faites en bois. Ces deux couronnes sont rendues solidaires l'une de l'autre par le serrage de boulons C munis d'écrous à oreilles.

Ce serrage a, en outre, pour but de pincer entre les deux couronnes A et B la peau de l'enveloppe D qui s'y trouve préalablement engagée.

Ce n'est pas par ce seul moyen de serrage que la soupape est fixée à l'enveloppe. Une série de courroies E sont, en effet, fixées solidement sur le pourtour de la couronne supérieure A et servent à maintenir assujettie, contre cette couronne, une tresse circulaire terminant le filet F à la partie supérieure.

Le siège de la soupape se trouve ainsi rendu solidaire de l'enveloppe.

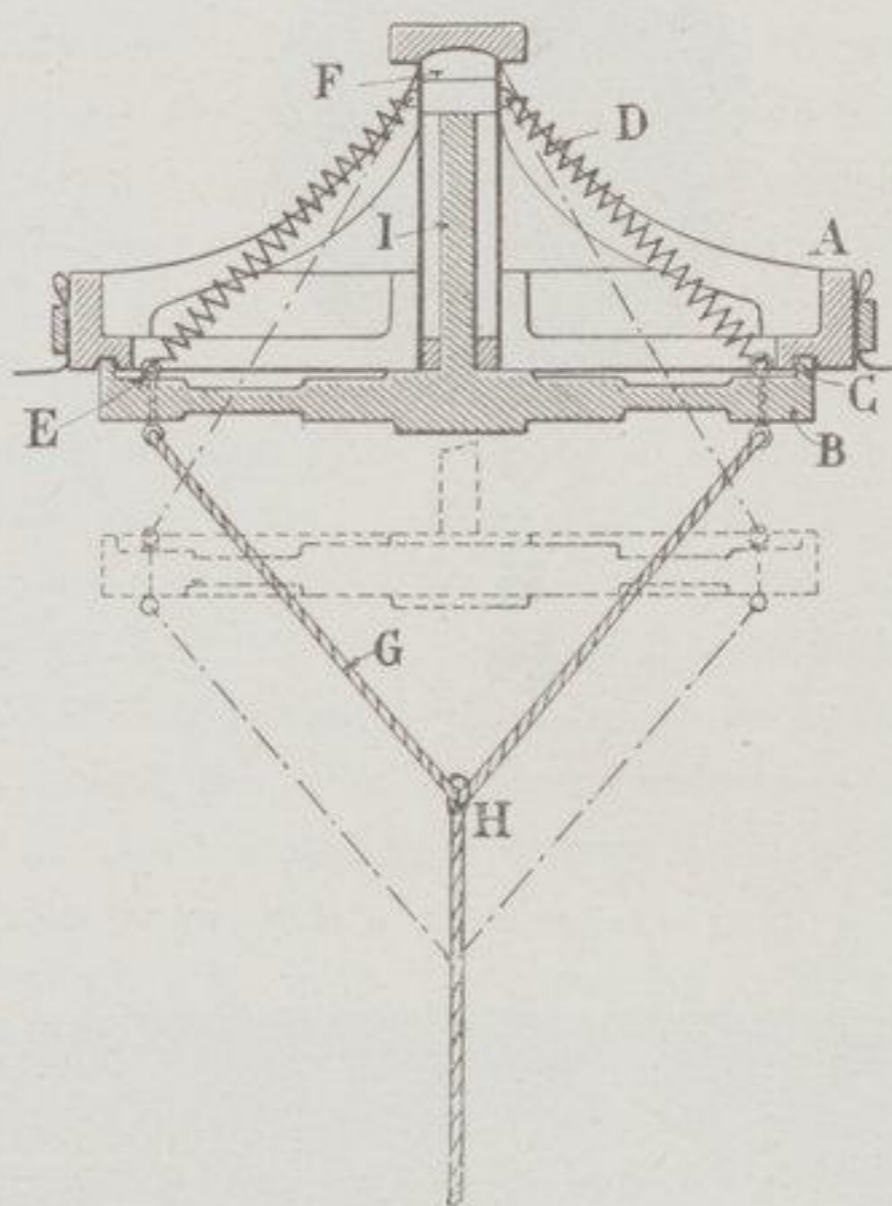


Fig. 100. — Soupape Yon.

Une traverse N, diamétralement disposée sur ce siège fixe, supporte un chevalet vertical M, à l'extrémité supérieure duquel sont attachés les ressorts L, fixés à leur autre extrémité aux volets H. Ces volets, mobiles autour de charnières O placées sur la traverse N, occupent, quand ils sont ouverts, la position I représentée en pointillé sur la figure 101.

Cette manœuvre s'effectue en actionnant

volet vient, en se fermant, la comprimer, ce qui constitue un bon joint.

On recouvre assez souvent la soupape d'un chapeau, pour la protéger à la fois contre le soleil et contre la pluie. Ce chapeau P est fixé, par un écrou Q, à la partie supérieure du chevalet vertical M, et sa position se trouve assurée par la tension de petites cordes R disposées sur son pourtour et que l'on vient attacher à la couronne fixe A de la soupape.

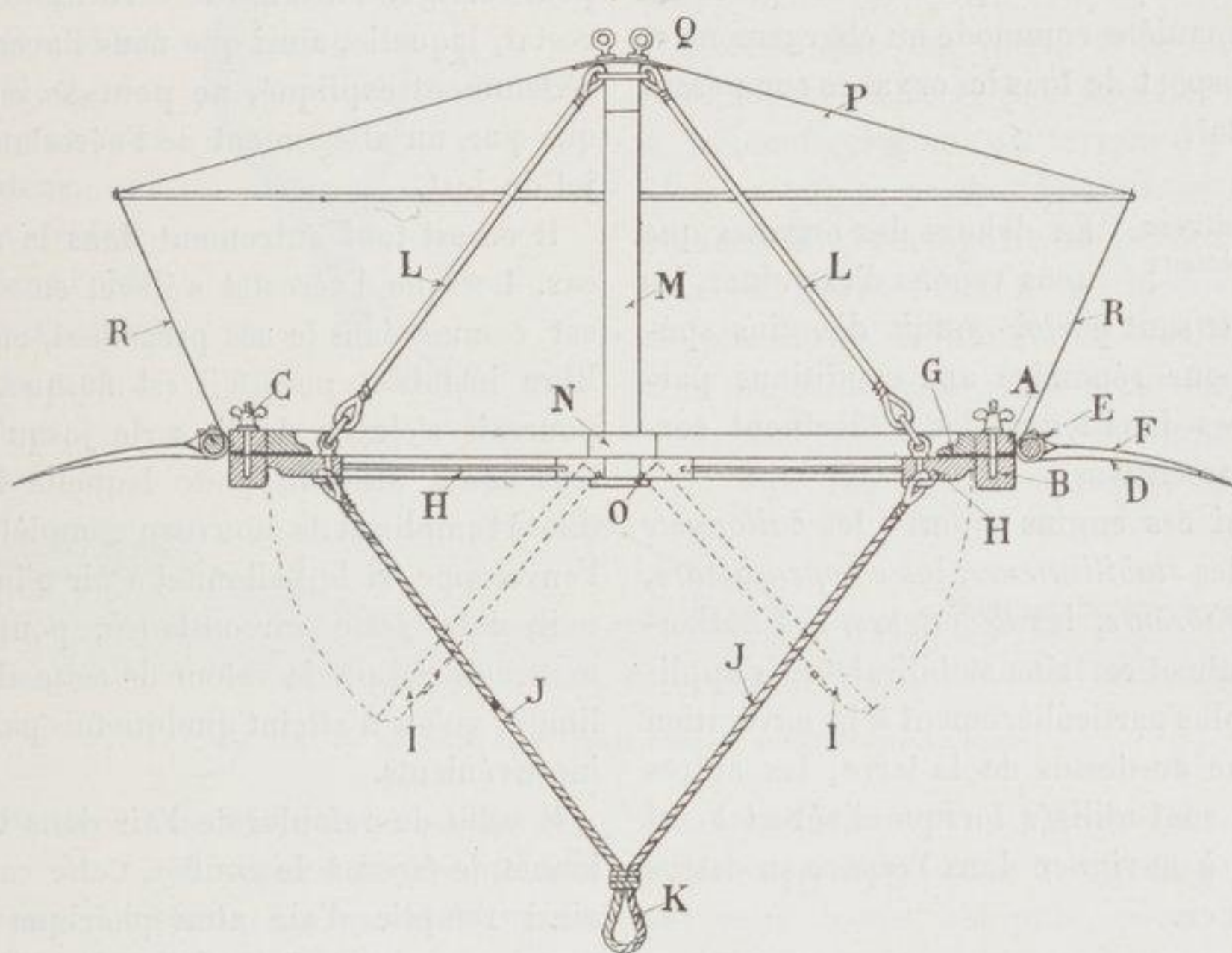


Fig. 101. — Soupape à double volet.

la corde de la soupape placée à la portée de la main de l'aéronaute. Cette corde est reliée par la boucle K aux petites cordes J, qui sont attachées à l'extrémité des clapets opposée aux charnières. Les volets pivotent ainsi autour des charnières en découvrant l'orifice de la soupape et les ressorts s'allongent, de sorte que, lorsqu'on cesse d'agir sur la corde de la soupape, les volets sont ramenés sur leur siège et y sont maintenus appliqués.

Pour assurer l'étanchéité de fermeture de la soupape, une rondelle de feutre G est fixée sur la couronne fixe A, et chaque

Une soupape spéciale, établie par le colonel Renard pour les ballons captifs militaires, se manœuvre, par l'intermédiaire d'un dispositif pneumatique, en actionnant une poire à air. La soupape complètement ouverte peut se maintenir accrochée et laisser échapper le gaz d'une façon permanente sans que l'on soit dans l'obligation, comme dans la soupape ordinaire, d'agir constamment sur sa corde.

Tels sont les organes essentiels dont est muni un aérostat libre effectuant une ascension.

Après l'atterrissage, lorsque le ballon est complètement dégonflé, on enferme, avons-nous dit, l'enveloppe dans le sac destiné à cet usage. La soupape est, également, mise en sûreté et placée dans un étui avec son chevalet.

Tous les accessoires peuvent être disposés dans la nacelle, qui est ensuite recouverte d'une housse protectrice, laquelle est maintenue fixée sur elle à l'aide de petites cordes.

Cette disposition permet de procéder d'une manière commode au chargement et au transport de tous les organes composant l'aérostat.

*Engins divers spéciaux* En dehors des organes que nous venons d'examiner, les aérostats sont parfois munis d'engins spéciaux pour répondre aux conditions particulières dans lesquelles s'effectuent certaines ascensions.

Parmi ces engins citons : les *ballonnets à air*, les *stabilisateurs*, les *compensateurs*, ou *équilibres*, les *déviateurs*. Les ballonnets à air et certains stabilisateurs s'appliquent plus particulièrement à la navigation aérienne au-dessus de la terre; les autres engins sont utilisés lorsque l'aérostat est destiné à naviguer dans l'espace au-dessus de la mer.

*Ballonnet à air* Le *ballonnet à air*, préconisé par le général Meusnier dès les premières années de l'invention des aérostats par Montgolfier, sert à assurer, dans certaines circonstances, la stabilité verticale de l'aérostat. C'est un petit ballon, constitué par une enveloppe imperméable et souple formant une capacité indépendante, qui se trouve à l'intérieur même de l'enveloppe de l'aérostat.

Cette capacité ne communique aucunement avec l'intérieur de cette dernière enveloppe, et un conduit spécial permet d'y refouler de l'air atmosphérique.

Lorsque l'aérostat est complètement gonflé

avec du gaz, la capacité constituant le ballonnet est vide et ses parois souples sont appliquées, à l'intérieur de la grande enveloppe, les unes contre les autres. Dans ce cas, le ballonnet ne joue aucun rôle. Mais si, après une certaine durée de l'ascension, l'aérostat a perdu du gaz, l'enveloppe devient flasque. L'aérostat peut alors, soit descendre, soit s'élever dans les airs. Dans le premier cas, la présence du ballonnet ne peut corriger l'instabilité verticale de l'aérostat, laquelle, ainsi que nous l'avons précédemment expliqué, ne peut se modifier que par un allègement de l'aérostat et un jet de lest.

Il en est tout autrement dans le second cas. Lorsque l'aérostat s'élève, en effet, il est, comme dans le cas précédent, en équilibre instable, puisqu'il est flasque, et il pourrait s'élever de la sorte jusqu'à une très haute altitude pour laquelle le gaz dilaté remplirait de nouveau complètement l'enveloppe, si le ballonnet à air n'intervenait, dans cette circonstance, pour permettre de réduire la valeur de cette altitude limite, qu'on n'atteint quelquefois pas sans inconvénients.

Il suffit de refouler de l'air dans le ballonnet de façon à le gonfler. Cette capacité ainsi remplie d'air atmosphérique compense, en volume, la quantité de gaz perdu et l'enveloppe peut reprendre ses formes rebondies quoiqu'elle ne renferme qu'une quantité de gaz léger moindre que son volume. Cet artifice ingénieux permet de placer l'aérostat, au point de vue de la stabilité, dans les mêmes conditions qu'un aérostat plein. Nous savons que cette stabilité est *unilatérale* et qu'elle se produit lors du mouvement vertical ascendant.

Il suffit donc, pour l'aéronaute, de faire le *plein* de l'aérostat, en gonflant plus ou moins le ou les ballonnets à air, pour arrêter rapidement le mouvement ascendant de son aérostat, et pour trouver une zone d'équilibre.

L'emploi des ballonets à air s'est surtout généralisé dans les aérostats dirigeables, pour lesquels il y a intérêt à éviter de brusques variations d'altitude. Dans ces appareils, l'air est envoyé à l'intérieur des ballonets par un ventilateur mû par le moteur de l'aérostat.

On peut également munir un aérostat libre d'un ballonnet. Dans ce cas, l'air atmosphérique destiné à gonfler ce ballonnet est refoulé également par un petit ventilateur, que l'on est évidemment dans l'obligation d'actionner à la main.

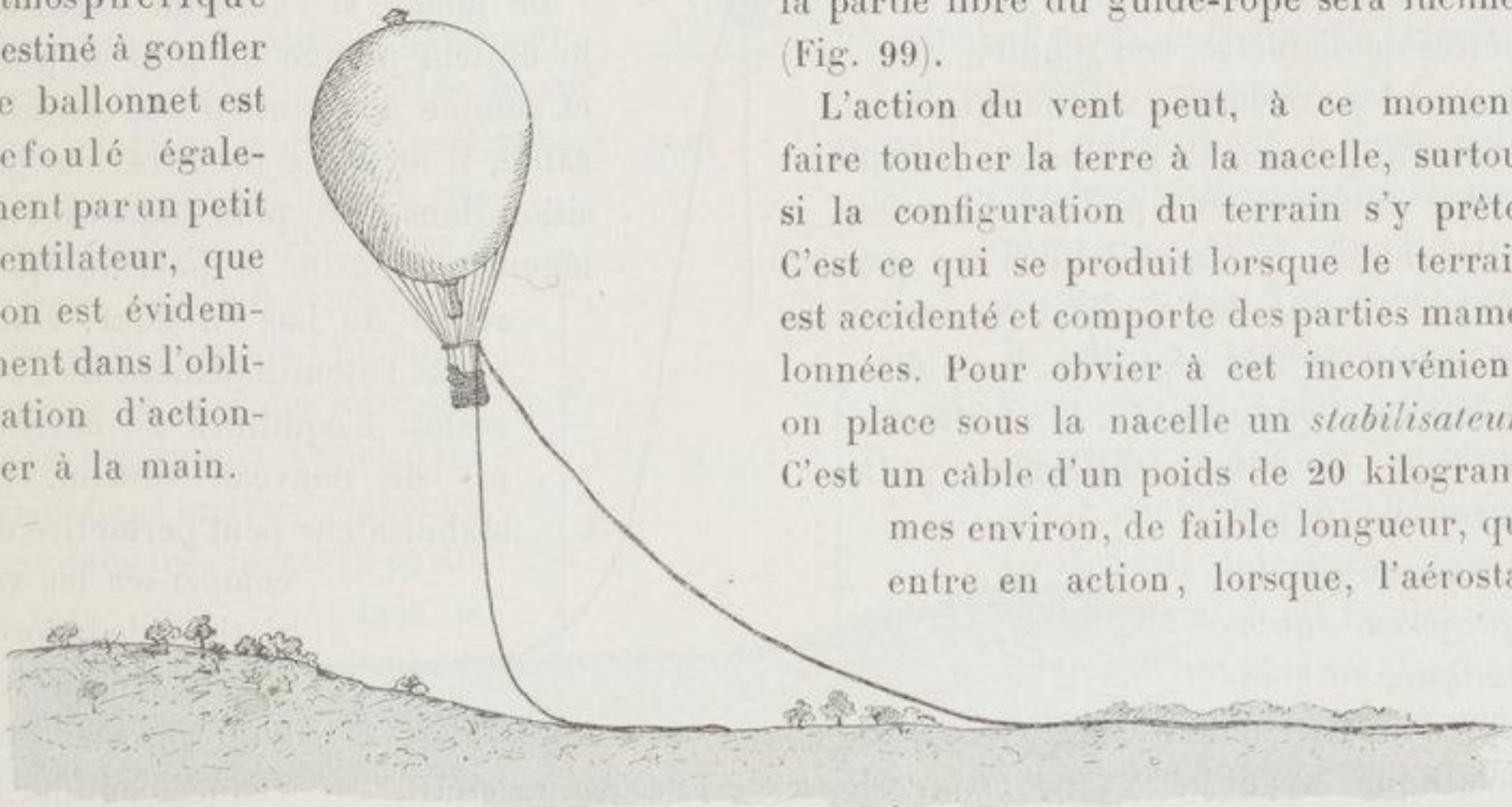


Fig. 102. — Aérostât avec guide-rope et stabilisateur trainant.

**Stabilisateur** Le stabilisateur est un engin utilisé sous des formes différentes pour la navigation au-dessus du sol, ou au-dessus de l'eau.

Lorsqu'il est appliqué à maintenir en équilibre un aérostat se déplaçant au-dessus de la terre, il est adjoint en quelque sorte au guide-rope et, en effet, il sert essentiellement à modifier son action dans des circonstances particulières que nous allons examiner.

Lorsque, par suite de l'alourdissement de l'aérostat, celui-ci se trouve très rapproché du sol et équilibré par le guide-rope, une longueur considérable de guide-rope traîne à ce moment sur le sol. Le frottement qui en résulte est considérable et retarde d'autant plus la marche de l'aérostat que la longueur de *traîne* est plus grande. Le vent

agissant néanmoins d'une façon permanente sur l'enveloppe de l'aérostat, il s'ensuit que la partie de guide-rope qui ne touche pas le sol, au lieu de se maintenir verticale sous la nacelle, prendra une position d'autant plus oblique que le frottement de la partie qui traîne sera plus important. Cette inclinaison a pour effet de rapprocher du sol l'aérostat, et plus l'aérostat s'alourdira, plus la partie libre du guide-rope sera inclinée (Fig. 99).

L'action du vent peut, à ce moment, faire toucher la terre à la nacelle, surtout si la configuration du terrain s'y prête. C'est ce qui se produit lorsque le terrain est accidenté et comporte des parties mamelonnées. Pour obvier à cet inconvénient, on place sous la nacelle un *stabilisateur*. C'est un câble d'un poids de 20 kilogrammes environ, de faible longueur, qui entre en action, lorsque, l'aérostat

étant suffisamment rapproché du sol, le guide-rope n'agit plus aussi efficacement, par suite de son obliquité, pour rétablir rapidement l'équilibre. Dans cette position, si l'aérostat alourdi a encore tendance à descendre, le stabilisateur vient reposer sur le sol et assure ainsi rapidement son équilibre, en dehors de l'action du guide-rope (Fig. 102).

Le stabilisateur doit être souple; cette souplesse, qui lui permet de se prêter aisément aux diverses ondulations de terrain, lui a fait donner le nom de *serpent*. Il est constitué par un câble formé de fils de petit diamètre, en fer galvanisé. Les fils sont au nombre d'environ 1500 et sont recouverts extérieurement par une garniture de chanvre. On obtient ainsi un câble très souple, dont la souplesse est encore augmentée par le

graissage de l'âme métallique, afin de diminuer la valeur du frottement des fils de fer les uns contre les autres.

Les stabilisateurs adaptés aux aérostats devant naviguer au-dessus de l'eau sont différemment constitués. Ils sont, d'ailleurs, de modèles divers. Le stabilisateur peut avoir la forme d'un câble d'environ 40 centimètres de diamètre, très souple, et dont les extrémités sont façonnées en forme de pointes. Ce câble doit pouvoir flotter suffisamment pour qu'il puisse se maintenir horizontal sur l'eau pendant la marche de l'aérostat. Sa surface extérieure est très régulière, pour diminuer, autant que possible, son frottement sur l'eau. Un autre stabilisateur, utilisé en 1885 par Hervé, et nommé par lui *équilibreur automatique*, se compose d'un flotteur métallique ayant une forme allongée, et suspendu à l'aérostat.

Ce flotteur, par son immersion plus ou moins grande, provoque par la décharge d'un volume d'eau dans le flotteur, une position qui correspond à un état d'équilibre de l'aérostat.

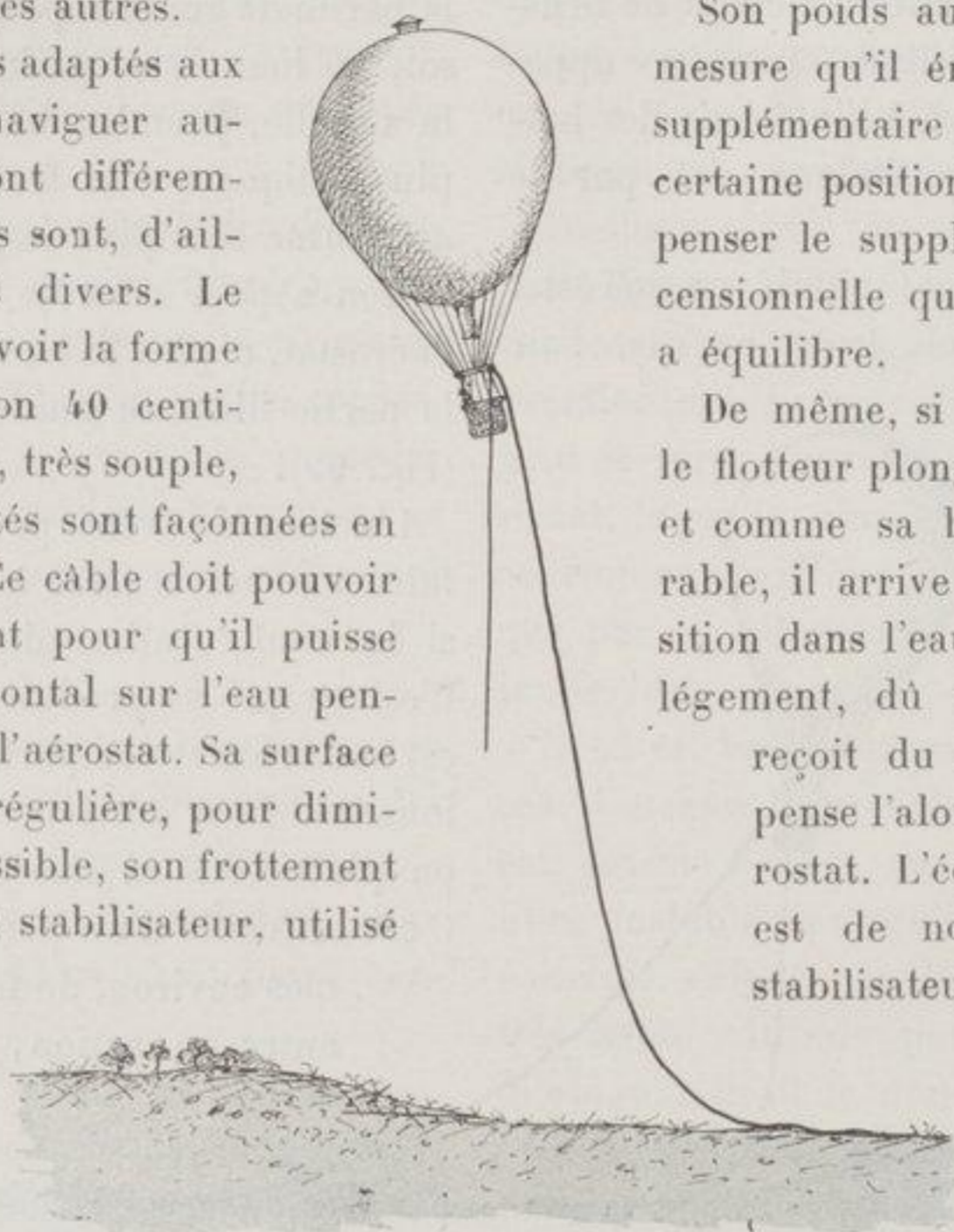


Fig. 103. — Aérostat avec guide-rope trainant et stabilisateur pendant.

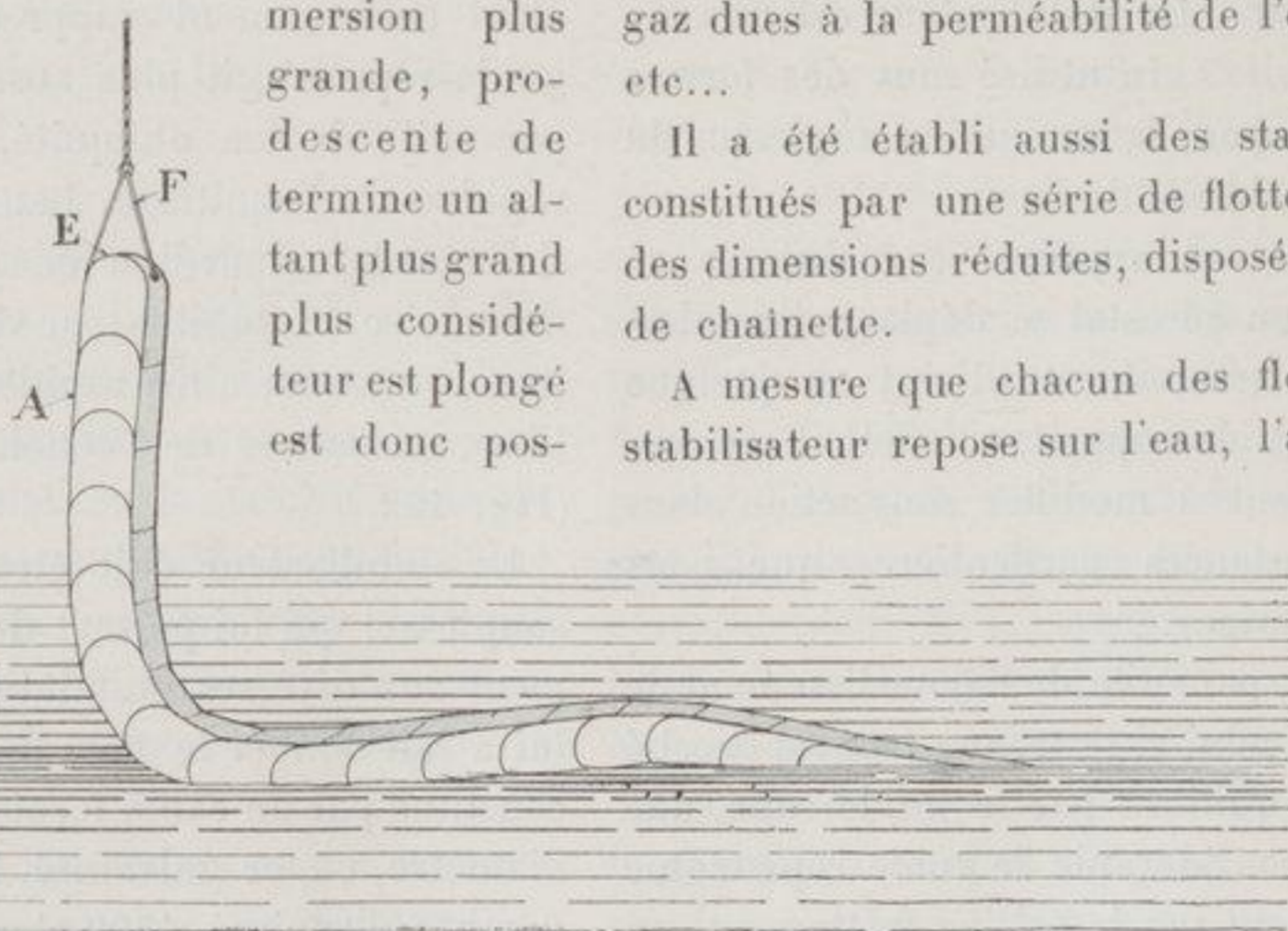


Fig. 104. — Stabilisateur pour voyager au-dessus de l'eau.

En effet, si celui-ci s'élève, le flotteur soulevé par l'aérostat sort de l'eau.

Son poids augmente au fur et à mesure qu'il émerge, et ce poids supplémentaire pouvant, pour une certaine position de l'aérostat, compenser le supplément de force ascensionnelle qu'il avait acquis, il y a équilibre.

De même, si l'aérostat s'abaisse, le flotteur plonge de plus en plus, et comme sa hauteur est considérable, il arrive à prendre une position dans l'eau pour laquelle l'allègement, dû à la poussée qu'il reçoit du bas en haut, compense l'alourdissement de l'aérostat. L'équilibre de celui-ci est de nouveau obtenu. Ce stabilisateur peut permettre de

compenser les variations de la force ascensionnelle d'un aérostat provoquées soit par la pluie, soit par les

variations de température, ou les pertes de gaz dues à la perméabilité de l'enveloppe, etc...

Il a été établi aussi des stabilisateurs constitués par une série de flotteurs ayant des dimensions réduites, disposés en forme de chaînette.

A mesure que chacun des flotteurs du stabilisateur repose sur l'eau, l'aérostat se

trouve allégé de son poids; inversement, quand il remonte, il s'alourdit,

au fur et à mesure, du poids des flotteurs



successifs qu'il soulève au-dessus de l'eau.

Un autre genre de stabilisateur a été utilisé lors du voyage sur la Méditerranée de l'aérostat le *Méditerranéen*, monté par le comte de la Vaulx. Ce stabilisateur (Fig. 104-105) se compose d'une succession de blocs de bois A assemblés par l'intermédiaire de deux chaînes B qui les traversent et qui forment comme une sorte d'armature intérieure flexible du stabilisateur. Les blocs, dont les faces latérales sont planes, sont terminés en haut et en bas par une partie courbe, l'une C convexe, l'autre B concave.

Ils sont placés à une faible distance les uns des autres et leurs extrémités arrondies s'emboîtent successivement les unes dans les autres, la partie convexe d'un bloc dans la partie concave du précédent, et ainsi de suite, de sorte que chacun des blocs, tout en étant relié aux autres par les chaînes, peut, cependant, prendre une position indépendante de celle des blocs voisins en pivotant autour de ses extrémités arrondies. L'engin se présente donc sous la forme d'un *serpent* en bois, dont l'extrémité est effilée, et portant une succession d'articulations à rotules qui lui donnent sa souplesse et permettent à ce stabilisateur de suivre les ondulations de la surface de l'eau. Le bloc supérieur E est muni d'une fourche F à œillet par laquelle on accroche l'engin à l'aérostat.

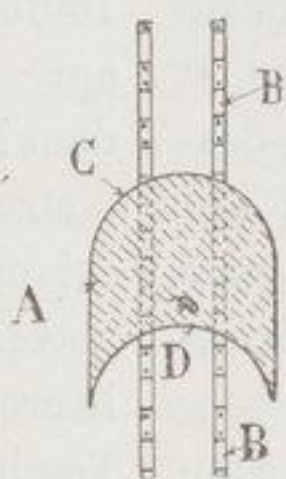


Fig. 105. — Détail du stabilisateur.

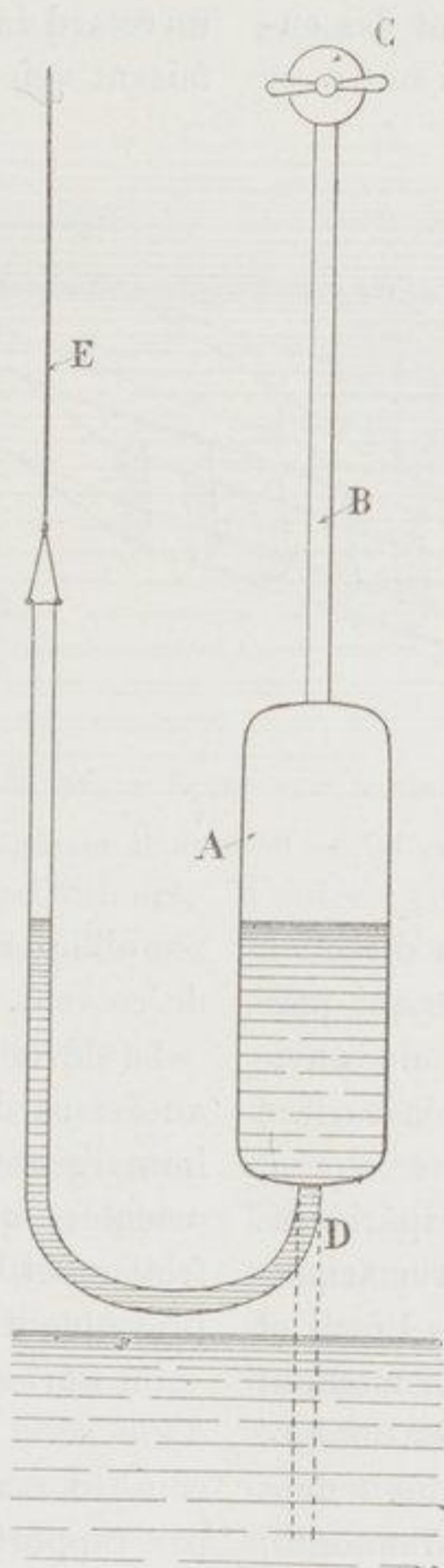


Fig. 106. — Compensateur.

rostats naviguant au-dessus de l'eau. C'est un organe qui a pour fonction d'alourdir ou d'alléger l'aérostat, pour compenser les variations de la force ascensionnelle, en puisant de l'eau au-dessous de l'aérostat ou en la rejetant.

Le compensateur hydraulique (Fig. 106) se compose, en principe, d'un récipient A à parois rigides que l'on peut, de la nacelle, monter et descendre à volonté.

Un conduit B débouchant à l'extrémité supérieure du récipient communique avec une petite pompe à air C établie dans la nacelle, tandis qu'un second conduit D, débouchant à la partie inférieure du récipient, peut plonger dans l'eau. L'extrémité inférieure de ce dernier conduit est rendue solidaire d'une corde E attachée à la nacelle, ce qui permet d'élever le bout du tuyau hors de l'eau.

Lorsqu'on veut alourdir l'aérostat, on descend le récipient A jusqu'au niveau de l'eau dans laquelle plonge le tuyau inférieur D. On manœuvre de la nacelle la petite pompe C en faisant le vide dans le récipient. L'eau s'introduit dans ce récipient jusqu'à une hauteur qui dépend du travail fourni par la pompe.

Quand la stabilité de l'aérostat est obtenue, on relève le tuyau inférieur en tirant sur la corde E fixée à son extrémité. On emprisonne ainsi dans le récipient une certaine quantité d'eau qui représente

le poids supplémentaire ajouté à l'aérostat et assurant son équilibre.

Compensateurs

Le compensateur est un engin qui s'applique aux aé-

S'il est nécessaire, après un certain temps de marche, d'alléger l'aérostat, on laisse descendre l'extrémité du tuyau inférieur, et on admet de l'air dans le récipient au-dessus du liquide qu'il contient. Celui-ci s'écoule par l'orifice du tuyau aussitôt que cet orifice est placé plus bas que le niveau du liquide du récipient.

Le *Méditerranéen* possédait deux compensateurs contenant chacun 150 litres et pouvant fonctionner soit ensemble, soit séparément.

*Déviateurs* Les *déviateurs* sont des engins spéciaux qui ont pour

En 1901, le comte de la Vaulx, parti de Toulon dans l'aérostat le *Méditerranéen*, après avoir pendant quelques heures navigué dans la direction du vent, utilisa, pour éviter d'être rejeté vers la terre, un déviateur qui lui permit d'effectuer presque en entier la traversée du golfe du Lion et d'aborder sur le croiseur le *Du Chayla* au large de Port-Vendres, après un voyage sur la mer qui avait duré quarante et une heures.

La dérive d'un aérostat libre peut être obtenue en créant un frottement à la surface du sol ou de l'eau, ce qui donne lieu à un retard dans la marche de l'aérostat, et en faisant agir le vent sur une surface dispo-

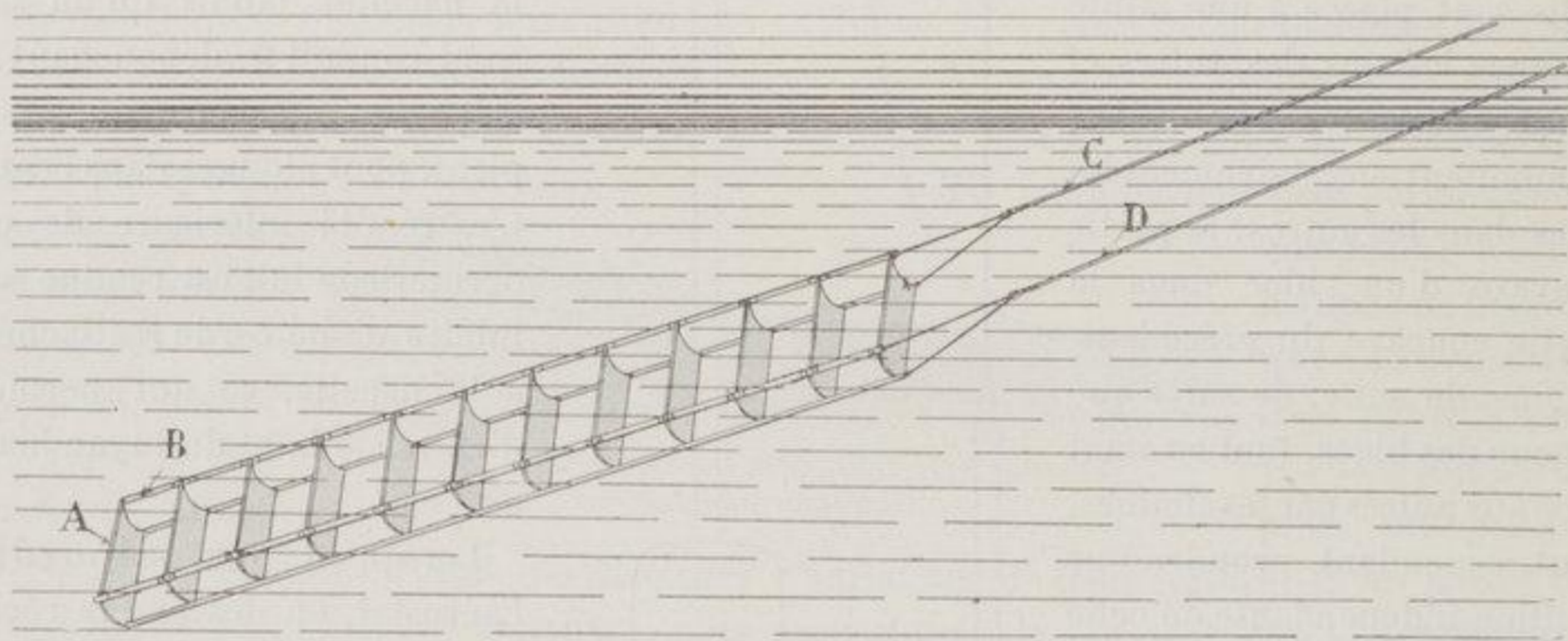


Fig. 107. — Déviateur à maxima.

but de dévier les aérostats de la direction qui leur est donnée par le vent, ce qui permet d'obtenir ainsi une sorte de navigation, partiellement dirigée, à la surface des flots.

Ces engins ont été l'objet d'expériences fort intéressantes, dont les plus remarquables ont été celles des aéronautes Hervé et comte de la Vaulx. Hervé, en 1886, montant l'aérostat le *National*, put aborder, malgré la direction du vent qui l'entraînait dans la mer du Nord, en face de Yannouth, sur la côte est de l'Angleterre, après un voyage d'une durée de plus de vingt-quatre heures sur la mer, grâce à l'emploi du *déviateur*.

sée obliquement par rapport à la direction de ce vent.

La déviation des aérostats se maintenant au-dessus de l'eau peut aussi s'obtenir en immergeant des surfaces convenablement orientées qui déterminent le retard, par frottement, de la marche de l'aérostat, et provoquent la dérive.

Un déviateur se compose, en principe, d'une série de lames disposées de façon à constituer un engin pouvant être obliqué par rapport à la direction suivie par l'aérostat sous l'action du vent. Cette inclinaison du déviateur provoque la dérive de l'aérostat.

Les déviateurs sont de deux sortes : les

déviateurs à maxima et les déviateurs à minima.

Les premiers permettent d'obtenir une déviation angulaire pouvant atteindre environ 70 degrés, lorsque le temps est favorable.

Les autres déviateurs sont utilisés pour obtenir avec plus de sûreté une faible déviation angulaire. Ils sont employés en cas de mauvais temps, et demandent moins d'effort que les premiers pour être changés de position par rapport à la nacelle, dans le cas où l'on veut obtenir une déviation de l'aérostat ayant une direction opposée à

plonge dans l'eau se déplace de façon que les lames qui le constituent sont disposées *en travers* de la direction suivie par l'aérostat. Ces lames opposent donc, en appuyant sur l'eau, une résistance à l'avancement de l'aérostat et, dans ce cas, le déviateur constitue un simple frein : il fait office de retardateur.

Si l'on diminue la longueur d'une seule des remorques, l'engin ne se présentera plus normalement par rapport à la direction suivie par l'aérostat. Il sera oblique, puisque la distance qui le sépare de l'aérostat sera plus courte d'un côté que de

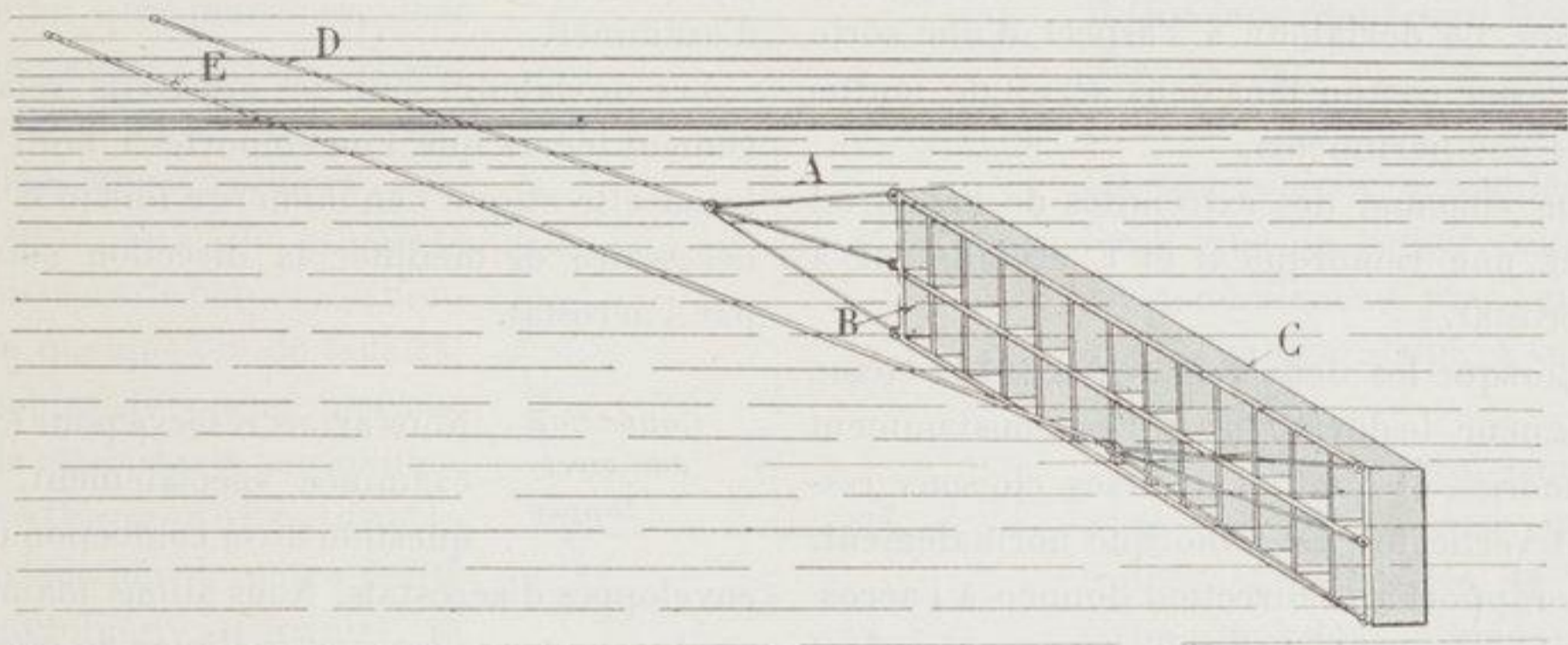


Fig. 108. — Déviateur à minima.

celle qui est suivie. Nous allons, d'ailleurs, nous en rendre compte à l'examen de ces deux types de déviateurs.

Le *déviateur à maxima* (Fig. 107) se compose de lames courbes en bois A formant des portions de cylindres. Les lames sont réunies les unes aux autres, pour constituer l'engin, par des bielles métalliques B de même longueur, articulées à chacun des quatre angles de la lame. A une extrémité du déviateur sont fixés, latéralement à la lame extrême, deux câbles C et D, un de chaque côté, qui sont reliés à l'aérostat et qui constituent les *remorques* de l'engin.

Lorsqu'on maintient la même longueur à ces deux remorques, le déviateur qui

l'autre. Les lames se présenteront donc obliquement au sens du mouvement. Il résultera de cette position du déviateur une action qui tendra à modifier la direction de la marche, et il s'établira une *dérive* qui portera l'aérostat d'un côté ou de l'autre, par rapport à la direction du vent, suivant que l'on aura raccourci la remorque de droite ou de gauche, obliquant ainsi l'engin dans un sens ou dans l'autre.

La flottabilité du déviateur est établie de façon à ce qu'il se maintienne dans une position inclinée par rapport à l'horizon. Pendant la marche horizontale de l'aérostat, chacune des lames exerce son action indépendamment des lames voisines, grâce à l'inclinaison de l'appareil, de sorte que l'action

totale de l'engin est au moins égale à celle d'une grande lame ayant une surface égale à la surface totale des lames partielles. La division de la surface de déviation permet de donner moins d'encombrement à l'engin et de le rendre plus transportable à bord d'un aérostat. Il est, en outre, plus maniable, possède une souplesse plus grande et peut être rendu plus léger.

Le *déviateur à minima* (Fig. 108) est constitué différemment. Il se compose de deux séries de lames A et B superposées. Ces lames rectangulaires, en bois, sont disposées verticalement et réunies par trois traverses horizontales C ayant même largeur que les lames. Le déviateur a l'aspect d'une sorte de casier comportant deux séries de multiples compartiments.

De chacune des extrémités de l'appareil part une remorque D et E aboutissant à l'aérostat.

Lorsque les deux remorques ont la même longueur, le déviateur, qui est constamment immergé, et dont les diverses cloisons restent verticales, est remorqué normalement, par rapport à la direction donnée à l'aérostat par le vent. Les cloisons se présentent sur champ, les lames étant placées parallèlement au sens de la marche. La résistance que les lames offrent à l'eau est insensible et la déviation ne peut se produire.

Si l'on fait varier la longueur d'une seule remorque, en ne touchant pas à l'autre, le déviateur se place obliquement par rapport à la direction de marche de l'aérostat. Pendant la translation, l'action des surfaces, ainsi obliquées, sur l'eau dans laquelle elles se meuvent, provoque la déviation de l'aérostat par rapport à la direction que lui donne le vent.

On voit, comme nous le disions plus haut, que lorsqu'il est nécessaire de changer la position du déviateur pour changer le sens de la déviation, on peut aisément manœuvrer le déviateur à minima puisque, placé normalement, la résistance qu'il offre à l'eau

pour une marche même assez rapide n'est pas considérable, les cloisons se présentant par la tranche. Il n'en est pas de même du *déviateur à maxima* dont les lames se présentent, au contraire, dans la position normale, suivant leur plus grande surface, d'où difficulté plus grande de manœuvre pour faire passer d'un bord à l'autre de la nacelle l'engin de déviation.

L'emploi des deux types de déviateurs ne peut être efficace que pour une marche sensiblement horizontale de l'aérostat, qui doit être, par conséquent, muni, indépendamment de l'engin de déviation, des organes de stabilisation que nous venons d'examiner.

Les déviateurs sont des appareils relativement légers que l'on emporte à bord de la nacelle et que l'on immerge lorsqu'il est nécessaire de modifier la direction suivie par l'aérostat.

*Confection  
des enve-  
loppes*

Nous avons réservé pour être examinée spécialement, la question de la confection des enveloppes d'aérostats. Nous allons maintenant nous en occuper et indiquer de quelle manière sont fabriquées ces enveloppes.

Il est bien évident, on le comprend, que la façon d'obtenir les enveloppes destinées aux montgolfières ne peut pas être semblable à celle qui est employée pour obtenir les enveloppes d'aérostats à gaz légers. Ces enveloppes diffèrent, en effet, sensiblement, la matière qui les constitue présentant pour les primitives montgolfières plus de légèreté, mais, par contre, moins de solidité que les étoffes utilisées pour confectionner les modernes ballons.

Nous ne nous étendrons pas trop sur le façonnage des enveloppes de montgolfières qui ne présente qu'un intérêt rétrospectif; mais, cependant, suivant le principe qui nous a toujours guidé depuis le début de cet ouvrage, nous croyons utile de faire connaître les façons primitives de réaliser

les appareils. On peut tirer de la comparaison des méthodes ancienne et nouvelle, un excellent enseignement.

Pour les montgolfières, nous nous contenterons d'indiquer, exactement, la façon de fabriquer un ballon en papier, d'environ 1 mètre de diamètre, que l'on pourra gonfler avec de l'air chaud et laisser s'élever dans l'espace.

On pourra en déduire, par analogie, comment étaient confectionnées les anciennes montgolfières de volume plus considérable, parmi lesquelles quelques-unes, dont nous avons primitivement parlé, comportaient, néanmoins, une enveloppe plus robuste, faite de plusieurs épaisseurs de papier, ou doublée quelquefois de taffetas, capables de porter une nacelle et plusieurs aéronautes.

Entreprenons donc la construction de notre petite montgolfière en papier. Et d'abord, quel genre de papier convient-il d'employer, car il y a papier et papier? Le type de papier le plus répandu peut-être, et certainement le moins coûteux (nous voulons parler du papier de journal), ne saurait convenir pour notre construction. Ce n'est pas seulement parce qu'il donnerait

volume égal, du fait de sa dilatation provoquée par l'augmentation de température; sa force ascensionnelle est faible et il serait fort à craindre qu'établi avec du papier de journal, notre aérostat ne puisse se libérer de l'action de la pesanteur qui le maintiendrait appliqué sur le sol.

Il nous faudra donc employer du papier plus léger, et nous choisirons parmi les diverses espèces de papier de faible poids le papier dit *mousseline*, que l'on trouve partout, soit blanc, soit peint en toutes sortes de couleurs. Il faut cependant considérer, dans le cas où l'on serait tenté de donner à l'aérostat une couleur agréable à l'œil, que le papier coloré est généralement plus lourd que le papier blanc, à surfaces égales.

Notre ballon sera constitué par 6 fuseaux découpés et assemblés de la façon que nous allons indiquer, pour former tout le pourtour de l'enveloppe, de sorte que notre aérostat ressemblera à un gigantesque melon dont les fuseaux représenteront les côtes, au nombre de six.

Le papier mousseline se trouve facilement dans le commerce, en feuilles ayant généralement 80 centimètres

de longueur sur 52 centimètres de largeur.

Pour former un fuseau, il sera nécessaire de prendre deux de ces feuilles et de les coller bout à bout en faisant recouvrir leur côté le moins long, c'est-à-dire sur leur largeur de 52 centimètres. On donne à la bande de recouvrement, qui assure le collage des deux feuilles, une largeur d'en-

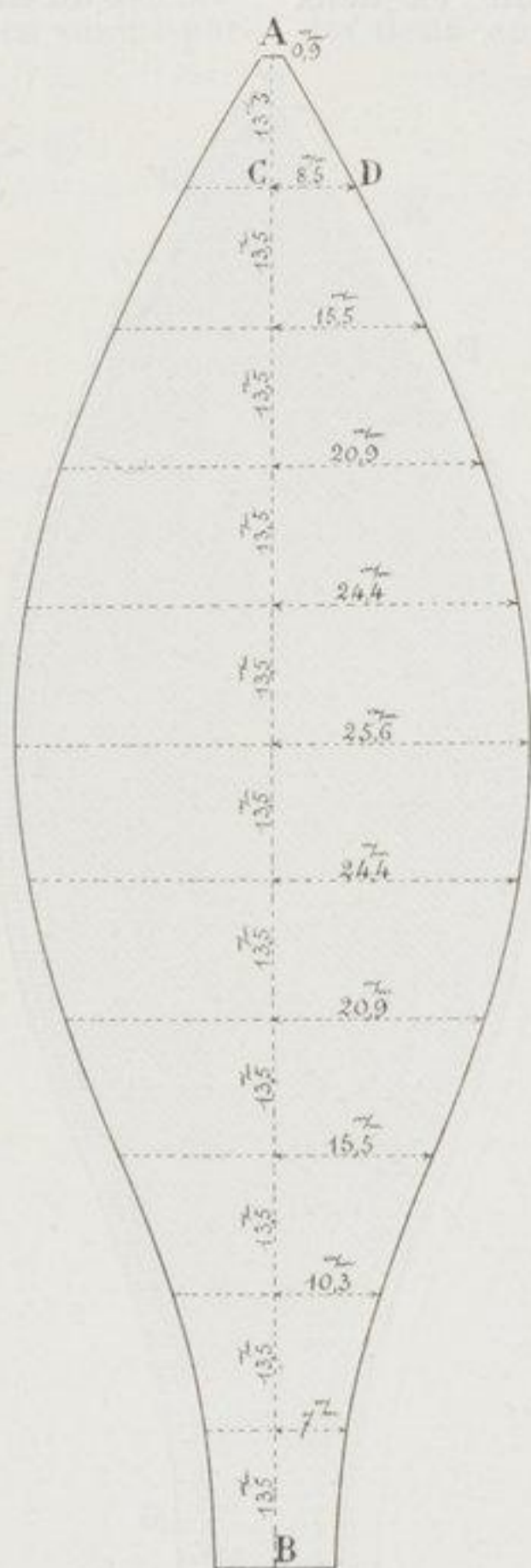


Fig. 109. — Tracé du fuseau d'un ballon en papier de 1 mètre de diamètre.

à notre aérostat un aspect peu décoratif; c'est surtout parce qu'il est trop pesant. Le poids de l'enveloppe ainsi constituée s'accommoderait mal de la force ascensionnelle du gaz dont nous nous proposons de l'emplir: l'air chaud. L'air chaud, ou air raréfié, est, ainsi que nous l'avons dit précédemment, de l'air atmosphérique allégé, à

viron 2 centimètres, de sorte que l'on obtient, après séchage, une feuille de papier ayant environ 1<sup>m</sup>,58 de longueur et 52 centimètres de largeur. C'est dans ce rectangle de papier que nous allons découper un fuseau.

Pour cela, on plie la feuille en deux parties égales dans le sens de la longueur (Fig. 109).

Le pli ainsi formé sera l'axe du fuseau. Le long de cette ligne médiane AB, on porte des divisions égales AC placées à la suite les unes des autres et séparées par la longueur indiquée sur la figure 109. Puis, de chacun des points ainsi marqués, on trace une ligne CD perpendiculaire à la ligne de base AB. Il suffit, on le sait, pour mener cette perpendiculaire, d'appliquer un des côtés de l'angle droit d'une équerre sur la ligne AB, le coin coïncidant avec un des points indiqués, et de suivre avec un crayon, l'autre côté de l'équerre en appuyant légèrement sur le papier.

Il nous reste maintenant à porter sur chacune de ces perpendiculaires tracées de chacun des points, les dimensions indiquées sur notre dessin, dimensions données par M. Fabry dans son livre instructif : *L'Art de construire les ballons en papier* (1). On obtient ainsi une série de points qu'il suffit de réunir par une ligne continue pour avoir tracé la forme du demi-fuseau.

Cette ligne ne doit pas être une ligne brisée qui reliait par des successions de

lignes droites les divers points. Il faut, en joignant les divers points, donner une certaine courbure à la ligne continue, courbure qui sera légèrement plus accentuée au milieu de la hauteur du fuseau qu'aux extrémités.

C'est un tracé évidemment à la portée de

tout le monde, qui participe plus du goût que des connaissances géométriques. Notre dessin pourra, d'ailleurs, servir de guide, et on remarquera, d'une part, qu'à son extrémité supérieure le fuseau ne se termine pas complètement en forme de pointe et qu'à son extrémité inférieure il a une largeur encore plus considérable. Nous allons voir un peu plus loin, les raisons de ces dispositions.

Nous voici donc avec notre feuille pliée en deux suivant la ligne AB, et le tracé effectué d'un côté, le côté droit. Pour obtenir un fuseau complet, bien symétrique par rapport à son axe, il suffit, en maintenant les deux parties de la feuille bien appliquées l'une contre l'autre, de découper le papier avec des ciseaux en suivant très exactement le contour tracé au crayon. On découpe ainsi, du même coup, les deux parties de la

feuille de papier. Il ne reste plus qu'à ouvrir la feuille en déployant ses deux parties, et en appuyant sur le pli médian, pour avoir le fuseau terminé.

Pour obtenir les cinq autres fuseaux, il est inutile de répéter les opérations que nous venons d'énumérer. On se sert du premier fuseau obtenu comme *patron* pour découper

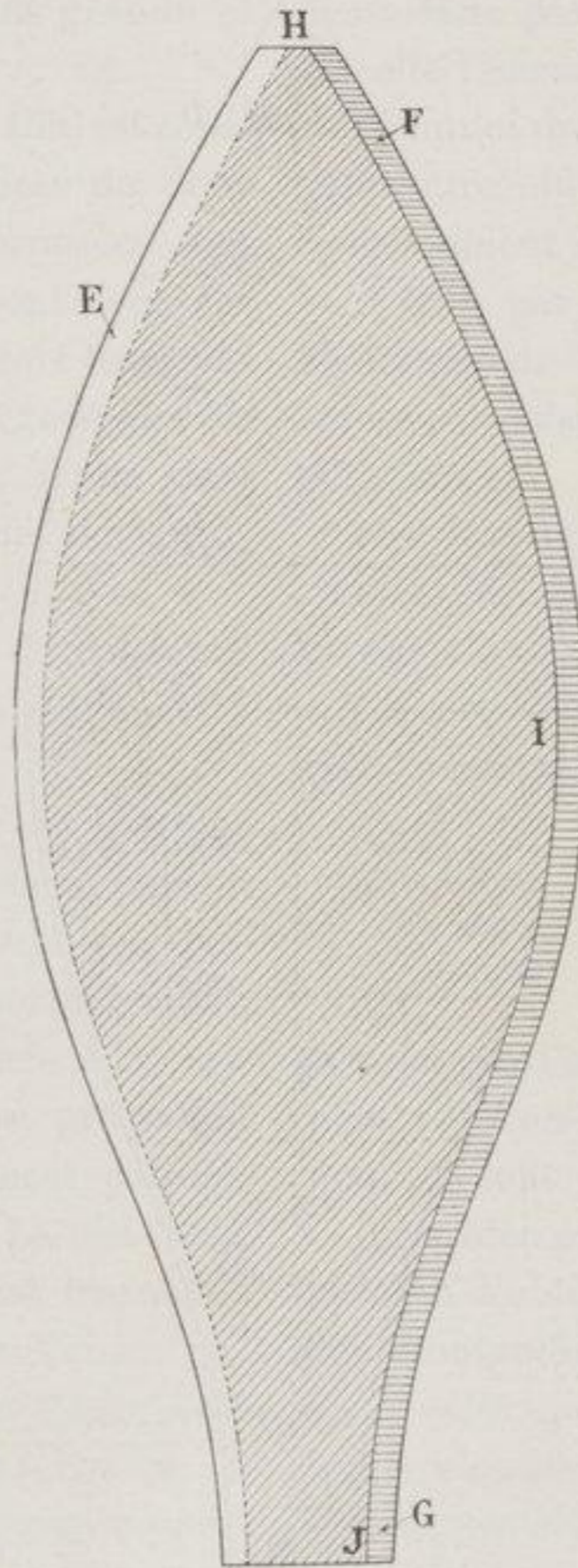


Fig. 110. — Assemblage des deux premiers fuseaux d'un ballon en papier de 1 mètre de diamètre.

(1) Mendel, éditeur, Paris.

les cinq autres. On peut même découper les cinq fuseaux d'un seul coup en superposant cinq feuilles obtenues comme nous l'avons indiqué plus haut.

Au-dessus des cinq feuilles on pose le patron faisant office de calibre. Il est indispensable que ces six feuilles soient parfaitement appliquées les unes contre les autres et ne puissent se déplacer pendant le découpage. Il est relativement facile, avec un peu de soin, de réaliser ces conditions, le papier étant fort mince.

Nos six fuseaux sont confectionnés. Il faut maintenant les assembler. Cette opération, quoique facile, est un peu plus délicate que la précédente.

On superpose deux fuseaux E et F de façon que l'un d'eux, celui du dessous F, débordé sur un côté, par exemple sur la droite, d'environ 1 centimètre et demi (Fig. 110).

On fait coïncider sur les mêmes lignes les deux extrémités des fuseaux. On enduit de colle la bande débordante FG du fuseau inférieur et on la rabat ensuite soigneusement sur le fuseau supérieur E en faisant suivre exactement au pli le profil du fuseau supérieur HIJ.

Il convient d'indiquer, à propos du collage, que la colle employée peut être de la colle appelée assez couramment *colle de pâte*, fabriquée en portant à l'ébullition de l'eau dans laquelle on a mis de la farine, de l'amidon, ou encore de la farine de riz. Après refroidissement, la colle prend un aspect consistant et peut facilement

s'étaler à l'aide d'un petit pinceau plat.

Des deux fuseaux collés par un bord, le fuseau supérieur seul a conservé ses dimensions; le fuseau inférieur a une largeur réduite de 1 centimètre et demi.

Nous plaçons un troisième fuseau K sur les deux autres (Fig. 111) en ayant soin de le faire déborder sur la droite d'une quantité égale à la largeur de la bande de collage, soit 15 millimètres, et nous replions cette fois le bord gauche EL du deuxième fuseau sur le fuseau supérieur en suivant le contour de celui-ci et en le collant.

A ce moment, le deuxième fuseau aura exactement la même largeur que le fuseau inférieur, le troisième fuseau K placé au-dessus ayant seul une largeur plus grande, égale à la largeur primitive. Nous continuerons ainsi en plaçant le quatrième fuseau au-dessus des autres et en laissant déborder sur sa droite le fuseau immédiatement placé au-dessous. Nouveau pliage sur la droite, cette fois, et nouveau collage, de sorte que successivement le pliage doit être fait sur la droite et sur la gauche en rabattant une bande qui appartient au fuseau disposé immédiatement

au-dessous du fuseau supérieur. Tous les fuseaux ont, après rabattement, la même largeur, le fuseau supérieur seul dépassant les autres de 15 millimètres. Lorsque le sixième fuseau est ainsi placé au-dessus des autres, il faut rabattre sa bande débordante pour venir la coller sur le fuseau inférieur, le premier placé. Pour faciliter

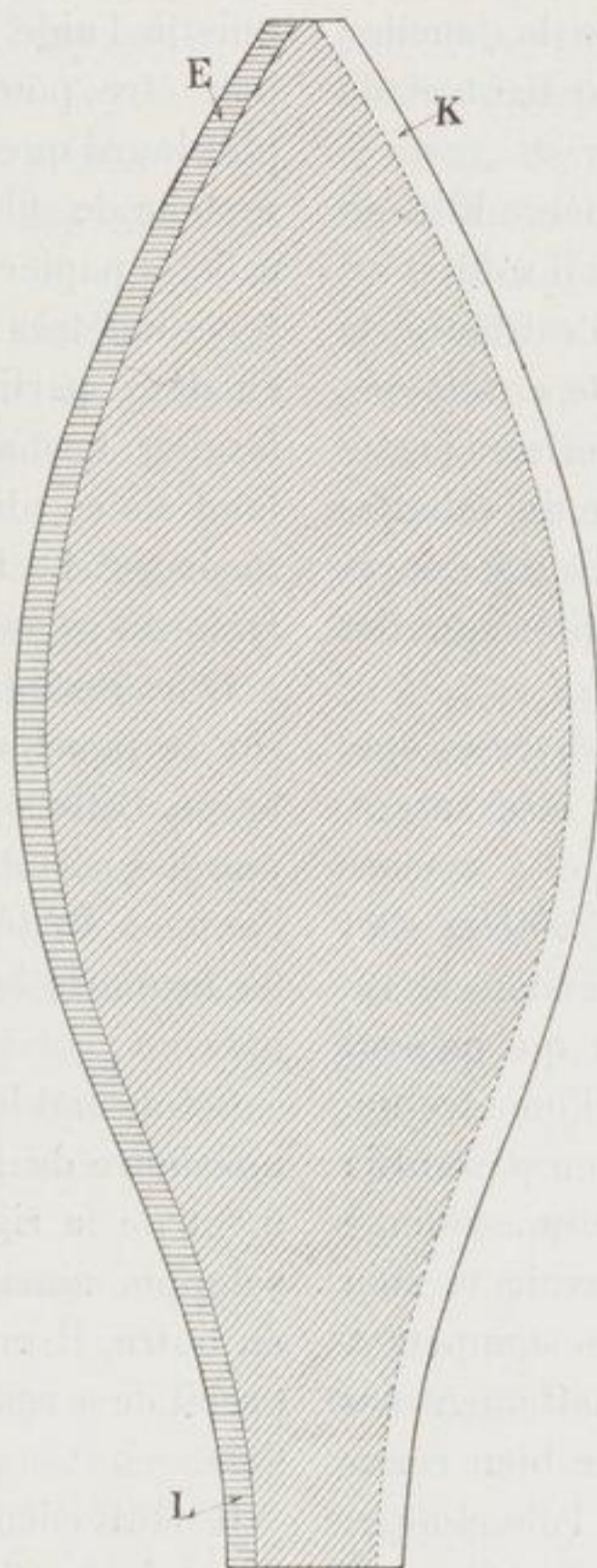


Fig. 111. — Assemblage du 2<sup>e</sup> et du 3<sup>e</sup> fuseau d'un ballon en papier de 1 mètre de diamètre.

cette opération, on retourne le tout pour appuyer la bande à coller sur la table, ou sur la planche servant de support; on joint ainsi le fuseau inférieur au fuseau supérieur. Il convient de bien veiller, lors de cette dernière jonction, à ce que les quatre fuseaux intermédiaires, déjà collés successivement les uns aux autres, ne soient pas touchés par la colle. Il est très important que la jonction n'intéresse que les fuseaux du haut et du bas.

L'enveloppe est alors formée. Elle est encore pliée *en accordéon*, mais il suffit d'introduire la main du côté de l'extrémité la plus large du fuseau, dans cette enveloppe, et de repousser avec précaution vers l'extérieur les plis formés par suite du rabattement des bandes, pour donner à cette enveloppe la forme sensiblement sphérique des enveloppes de montgolfières.

Il est bien évident que les diverses opérations de collage ne doivent être successivement effectuées qu'au fur et à mesure que les bandes précédemment collées sont parfaitement sèches. Il faut éviter de répandre la colle sur les fuseaux qui ne sont pas intéressés à l'opération que l'on effectue, et on peut, de temps à autre, en passant la main entre les feuilles, éviter un collage malencontreux. Il faut aussi avoir le soin de bien faire coïncider tous les sommets A des fuseaux au moment du rabattement des bandes pour obtenir une forme bien régulière à la partie supérieure de l'enveloppe. C'est pour cela qu'il est préférable de commencer le rabattement et le collage des bandes par la partie supérieure.

La petite largeur ménagée à l'extrémité supérieure des fuseaux sert, on peut maintenant en discerner la raison, à permettre le rabattement des bandes tout autour du sommet de l'enveloppe, de façon que l'assemblage apparent des fuseaux s'effectue, à ce sommet, en un seul point.

La largeur donnée à la partie inférieure du fuseau sert à former l'ouverture cylin-

drique de l'enveloppe par laquelle on gonflera la montgolfière.

Pour rendre rigide le pourtour de cette ouverture et éviter des détériorations pendant le gonflement, on donne à un bout de fil de fer de faible diamètre la forme d'une circonférence ayant même développement que l'ouverture inférieure de l'enveloppe, puis, à l'aide d'une bande de papier qui peut être, pour la circonstance, plus fort et plus lourd que le *papier mousseline*, on fixe le tour de fil de fer à l'enveloppe. Pour cela, le papier est coupé en bande d'environ 5 centimètres de large. La bande est pliée en deux parties égales dans le sens de sa largeur formant un pli longitudinal. Au fond de ce pli est placé et collé le tour de fil de fer. La bande de papier prend donc la forme d'une circonférence.

Il ne reste plus qu'à la coller elle-même sur le pourtour de l'ouverture de l'enveloppe. Cette opération s'effectue en collant une des parties à l'intérieur de l'ouverture, l'autre à l'extérieur, de sorte que le fil de fer forme la base même de notre montgolfière.

Cet assemblage, un peu lourd à la partie inférieure de l'appareil, donne non seulement de la rigidité à cette partie de l'enveloppe, ainsi que nous l'avons dit, mais, en outre, il empêche, par son poids, l'appareil de se renverser lorsqu'il s'enlève dans l'air.

Il faut encore effectuer une opération avant le gonflement. Il convient, en effet, de fermer d'une façon hermétique le sommet de l'enveloppe.

Quelques précautions que l'on prenne, on ne peut réaliser une jonction parfaite des six fuseaux en un même point, au sommet de l'enveloppe. Pour constituer le joint et raccorder ces diverses pièces, on colle à cette place, une rondelle de papier léger de quelques centimètres de diamètre qui s'applique ainsi sur toutes les extrémités supérieures des fuseaux.



Voilà notre ballon, dont le diamètre est sensiblement égal à 1 mètre, prêt à prendre son essor. Il faut, auparavant, le gonfler avec de l'air chaud. Pour cela, on dispose entre quelques pierres, des petits morceaux de bois, que l'on allume. Lorsque le feu est bien pris, on canalise les gaz chauds qui s'élèvent du foyer, au moyen d'un tuyau quelconque métallique, dont l'extrémité inférieure, posée au-dessus du foyer, doit être, autant que possible, évasée, et dont l'extrémité supérieure doit s'engager dans l'ouverture du ballon.

L'air chaud pénétrant à l'intérieur de l'enveloppe accentue de plus en plus sa forme rebondie et tend à soulever le ballon.

Il convient de maintenir cette enveloppe, au commencement de l'opération du gonflement, pour éviter des déchirures. Deux opérateurs sont nécessaires : un qui, monté sur un escabeau, soutient l'enveloppe et l'autre qui assure l'arrivée de l'air chaud par l'ouverture inférieure du ballon. Il est bien évident qu'on doit particulièrement veiller à ce que des flammèches, ou des étincelles, ne soient pas dirigées sur l'enveloppe de papier, qui serait rapidement consumée.

Il faut éviter, aussi, de procéder au gonflement dans un lieu où l'air est agité.

Il est bon, au contraire, de se mettre complètement à l'abri pour effectuer cette opération, le vent provoquant très facilement la déchirure de l'enveloppe de papier. Pendant l'ascension même, il est préférable que l'atmosphère soit calme, car il est difficile que la montgolfière puisse, après s'être élevée, atterrir sans se déchirer, lorsqu'il y a du vent.

Lorsque l'enveloppe commence à s'arrondir, on peut ne plus la maintenir que par la partie inférieure. Elle se soutient elle-même par suite de la force ascensionnelle de l'air chaud.

Quand le gonflement est achevé, ce que

l'on apprécie aisément lorsque l'enveloppe a une forme bien ronde et que le ballon tire avec une certaine force, on lâche le ballon qui s'élève doucement dans l'espace.

Le gonflement n'est pas de longue durée lorsque le feu est vif. Il demande seulement quelques minutes.

La durée de l'ascension du ballon ne peut pas être très longue, car l'air chaud contenu dans l'enveloppe se refroidit rapidement, ce qui détermine d'abord l'arrêt de la montée, puis provoque la descente. On pourrait bien prolonger la durée de cette ascension en suspendant à la montgolfière, au-dessous de l'ouverture, une éponge imbibée d'alcool, ou d'essence, à laquelle on mettrait le feu au moment du départ. L'air intérieur de l'enveloppe pourrait ainsi être maintenu à une température élevée, ce qui permettrait au ballon de se soutenir dans l'atmosphère pendant tout le temps que durerait la combustion de l'éponge.

Ce procédé est dangereux, car le ballon peut, sous l'action du vent, être renversé, prendre feu, et l'éponge encore enflammée peut, en tombant, occasionner un incendie.

Il est donc plus prudent de se contenter d'une ascension plus courte, parce qu'elle n'offre aucun danger.

On peut agrémenter l'ascension de la montgolfière en attachant à sa partie inférieure une sorte de petite nacelle en papier fin, laquelle peut être reliée par des fils légers à la base de l'ouverture, constituée, nous le savons, par un cercle en fil de fer de très faible diamètre. On peut encore laisser se dérouler au-dessous de la montgolfière des banderoles en papier mousseline de différentes couleurs attachées de semblable façon. Il convient, on le comprend, que tous ces accessoires aient le poids le plus réduit possible.

On peut même se donner, sans plus grands frais, le spectacle d'une descente en parachute dont le héros sera, dans ce cas, un

modeste bouchon légèrement lesté s'il y a lieu. Le parachute est constitué par un *hexagone régulier*, ou polygone à six côtés, découpé dans une feuille de papier mousseline, et plié suivant les six diagonales. A chaque sommet du polygone on fixe un bout de fil en l'emprisonnant dans un petit carré de papier collé à l'intérieur du parachute. Les six bouts des fils sont réunis, à leur autre extrémité, au bouchon.

Ce petit équipage est suspendu sous la montgolfière par des crochets et un fil qui est attaché à l'extrémité du parachute. Un morceau de mèche combustible, ou d'amadou, est noué par un de ses bouts vers le milieu de ce fil de suspension, et au moment où on laisse s'enlever le ballon, on allume l'autre extrémité de la mèche. Celle-ci brûle lentement et lorsqu'elle est entièrement consumée, la montgolfière a déjà pu parvenir à une certaine hauteur; le fil qui la réunit au parachute est alors brûlé et il se rompt.

Le parachute commence sa descente, s'ouvre, et arrive à terre lentement.

Il est bien évident que les montgolfières dont nous avons parlé dans les chapitres précédents ne se construisaient pas aussi facilement que le ballon que nous venons de faire en quelques heures. Elles étaient aussi un peu moins fragiles, car les enveloppes pouvaient être plus lourdes, leur volume plus considérable permettant de disposer d'une force ascensionnelle plus grande. Ces enveloppes, faites en toile d'emballage et en plusieurs épaisseurs de papier, avaient 16 et 20 mètres de diamètre, et les montgolfières ainsi constituées pouvaient enlever jusqu'à sept aéronautes.

Cependant la construction de ces aérostats ne différait pas en principe de celle de notre ballon, laquelle aura permis de comprendre la fabrication des montgolfières.

Les ballons destinés à contenir des gaz légers autres que l'air chaud, quoique comportant des enveloppes différemment cons-

truites, peuvent être constitués par la même méthode des fuseaux assemblés. C'est là la méthode ancienne, elle comporte un tracé géométrique que nous allons indiquer; nous examinerons ensuite la méthode de construction moderne.

Voyons d'abord en quelles matières sont faites ces enveloppes des aérostats libres, parmi lesquels certains ont pu parcourir, d'une seule traite, près de 2.000 kilomètres.

Nous avons dit quelques mots précédemment sur ces matières. Complétons notre examen.

Les enveloppes peuvent être faites soit en tissu de coton, soit en tissu caoutchouté, ou bien en soie. Les premières sont construites en *percale* sur la surface de laquelle on dispose, soit à la main, soit mécaniquement, un vernis ayant pour but d'assurer l'imperméabilité de l'enveloppe et d'empêcher la fuite du gaz qu'elle contiendra. On emploie aussi de la percale vernie et aluminée, ce qui donne à certains aérostats, faits avec une enveloppe semblable, un aspect métallique et brillant. Les enveloppes en percale vernies à la main sont solides et légères et sont avantageusement employées.

Dans les anciens établissements Surcouf, actuellement *Société de Constructions aéronautiques Astra*, on se sert d'un vernis spécial, sorte d'enduit qui est appliqué sur une seule face de l'étoffe. Sur ce même côté de l'enveloppe, on dispose une doublure de façon à emprisonner l'enduit entre les deux étoffes, mais on a le soin de placer la doublure de manière que sa *chaîne* se trouve disposée obliquement par rapport à celle de l'enveloppe. Cette disposition a pour but de donner une grande solidité à l'ensemble de l'enveloppe, car si une tension exagérée s'exerce sur un ballon ainsi réalisé, l'enveloppe extérieure seule se déchire, la doublure restant intacte. Des expériences faites dans les ateliers Surcouf à l'aide d'un dynamomètre spécial ont permis de confirmer

ces résultats. On établit également les enveloppes en étoffes caoutchoutées. Celles des ateliers Astra sont des étoffes caoutchoutées doubles bien résistantes et possédant une bonne imperméabilité.

Les enveloppes en soie entrent plus spécialement dans la confection des aérostats militaires. L'étoffe de soie vernie et quelquefois enduite, est ce que l'on nomme *la pongée* de Chine. Cette étoffe, à laquelle on a donné le nom de la ville du Japon d'où on l'a rapportée, est constituée par un mélange de laine et de bourre de soie. C'est une étoffe très solide, légère, mais dont le prix de revient est un peu plus élevé que celui des étoffes en coton.

Les enveloppes sont formées par un assemblage de plusieurs morceaux découpés dans les étoffes que nous venons d'énumérer, soit en forme de *fuseaux*, soit en forme de *panneaux*. Ces deux procédés de construction, dont le dernier est le plus moderne, nécessitent le tracé d'épures pour constituer les divers éléments : fuseaux ou panneaux.

Quelle que soit la méthode employée pour construire l'enveloppe, le but à atteindre est de réaliser un ballon sensiblement sphérique.

Pourquoi, peut-on se demander, s'entendre toujours à cette forme sphérique que l'on donne à tous les aérostats?

Il y a, à cela, une excellente raison : c'est que, pour un volume déterminé, la forme sphérique est celle qui offre *la moindre surface*. Ainsi, pour un aérostat pouvant contenir un certain volume de gaz léger qui lui permettra de s'enlever dans l'espace, la forme sphérique est la plus avantageuse, car c'est celle qui permettra d'employer le moins de surface d'enveloppe, ce qui, non seulement, diminue le poids à soulever, mais diminue également le prix de revient de cette enveloppe.

La forme sphérique ne peut pas s'obtenir d'une façon rigoureuse en juxtaposant des surfaces planes, mais les deux modes de

fabrication par fuseaux et par panneaux permettent d'obtenir une forme très voisine de la sphère, et d'autant plus voisine que le nombre de fuseaux ou de panneaux qui constituent l'enveloppe est plus considérable.

Pour découper les fuseaux dont l'assemblage forme l'enveloppe, on trace d'abord sur une grande feuille de papier le modèle du fuseau, que l'on découpe ensuite et qui servira de *patron* pour effectuer le découpage des fuseaux de taffetas. Il faut, auparavant, avoir déterminé le rayon de la sphère formant le ballon, d'après le volume de gaz que doit contenir ce ballon. Cette détermination résulte de l'application de la formule élémentaire bien connue qui permet de trouver le volume de la sphère en fonction du rayon. Dans cette formule qui s'écrit :

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3, \quad V \text{ représente le volume}$$

de la sphère,  $\pi$  est le rapport de la circonférence au diamètre, qui a, comme valeur constante 3,1416,  $R$  est le rayon de la sphère. Cette formule peut donc se transformer ainsi :  $V = 4,188 R^3$ . Si donc on se donne le volume  $V$  de la sphère, on pourra trouver le rayon de cette sphère par la formule correspondante déduite de la précédente, formule qui devient :

$$R = \sqrt[3]{\frac{V}{4,188}}$$

dans laquelle, seule, l'extraction de la racine cubique avec laquelle, tout le monde n'est peut-être pas familiarisé, peut offrir une légère difficulté.

Lorsqu'on possède la dimension du rayon, on peut tracer l'épure du fuseau. Pour cela, d'un centre  $O$  (Fig. 112) pris sur une feuille de papier assez grande, on trace, avec la vraie longueur du rayon  $OA$  que doit avoir l'enveloppe sphérique, un quart de circonférence  $AB$  qui représentera la projection du quart de la sphère sur un plan vertical.

On divise cet arc  $AB$  en 6 parties égales. Pour effectuer facilement cette division, on

porte d'abord du point A au point D une longueur égale au rayon OA de la sphère, puis du point B au point C cette même longueur. Ces lignes AD et BC, si elles étaient tracées, représenteraient les côtés d'hexagones réguliers inscrits dans la circonférence de rayon OA, et on sait que la longueur de ces côtés est précisément égale à la longueur de ce rayon OA.

De cette façon, l'arc AB se trouve divisé par les points C et D en trois parties égales. Il suffit de prendre le milieu de chacune de ces divisions pour obtenir la division de l'arc AB en six parties égales représentées respectivement par les arcs AE, EC, CF, FD, DG, GB. Un de ces arcs, AE par exemple, forme donc la vingt-quatrième partie de la circonférence de rayon OA représentant un grand cercle de la sphère.

Traçons, de chacun des points de division de l'arc AB, des parallèles au rayon OA déterminant ainsi des sections superposées

dans la sphère; nous obtenons des lignes GG', DD', FF', CC', EE', qui représentent respectivement les rayons des circonférences de ces diverses sections faites dans la sphère.

Comme l'enveloppe n'est pas parfaitement sphérique, puisque nous la constituons par un nombre de fuseaux égal à vingt-quatre, il s'ensuit que chacune de ces circonférences se transformera en réalité en un polygone régulier de vingt-quatre côtés. Ces

polygones sont représentés en projection

horizontale dans la figure 113. Il est bien évident que les côtés  $G'l$ ,  $Dm$ ,  $En$ , etc., de ces polygones auront une valeur de plus en plus grande à mesure que le rayon de la circonférence circonscrite augmentera, c'est-à-dire au fur et à mesure que l'on s'avancera vers le point A en

venant du point B. La figure 113 montre la différence de grandeur de ces côtés.

Il faudra donc que le fuseau type, qui se

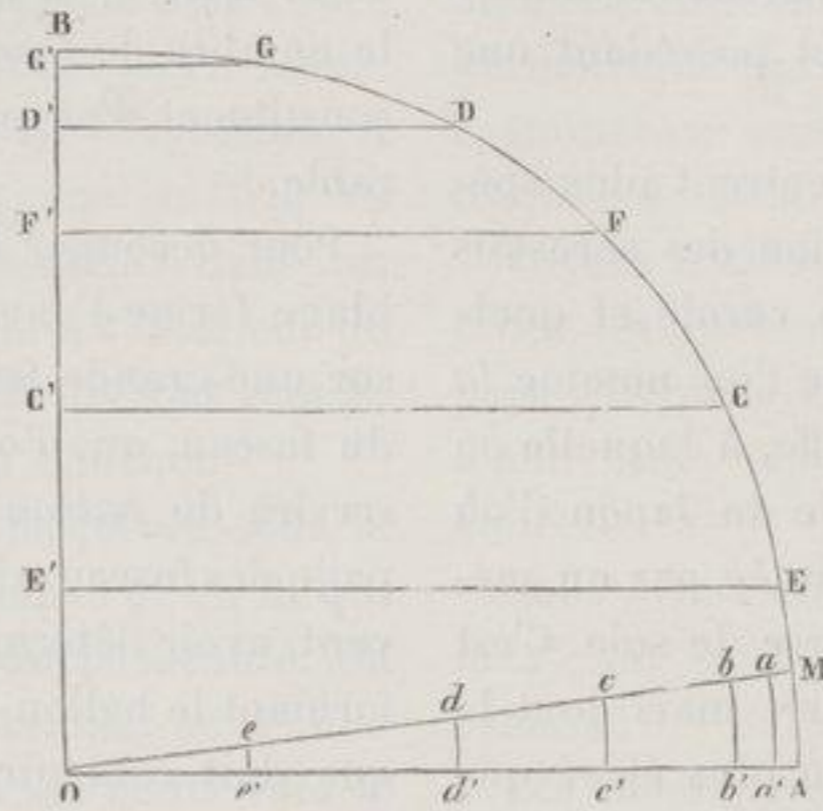


Fig. 112. — Épure pour le tracé des fuseaux d'un ballon sphérique.

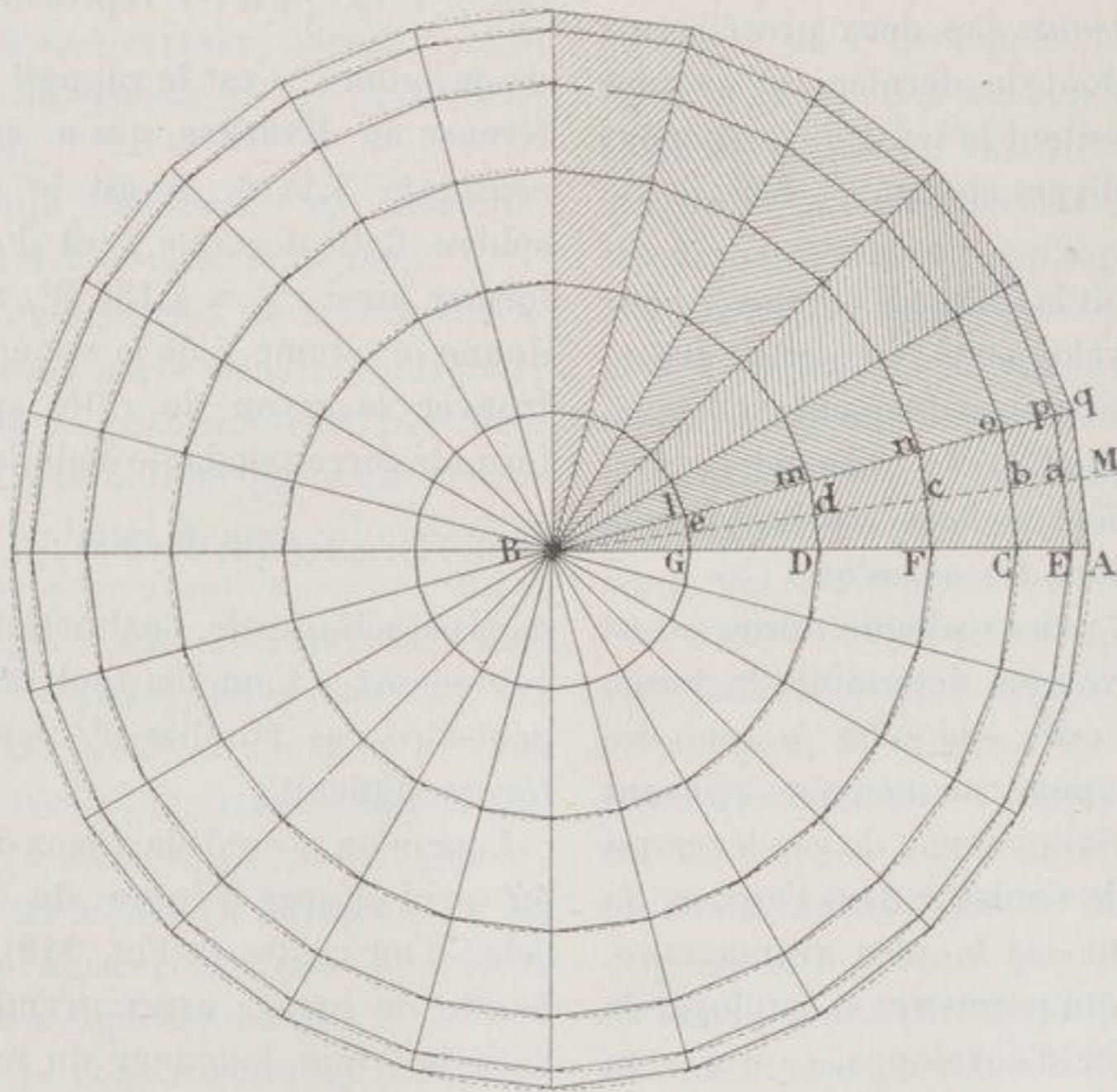


Fig. 113. — Épure pour le tracé des fuseaux d'un ballon sphérique. Projection horizontale.

répètera vingt-quatre fois pour former l'enveloppe complète, ait, comme largeurs successives, les diverses grandeurs des côtés de ces polygones, portées à des distances, du sommet B, respectivement égales au développement, sur une surface plane, des arcs égaux BG, GD, etc.

Nous pouvons alors tracer le fuseau. Pour cela, prenons une feuille de papier d'une grandeur suffisante pour que nous puissions porter du point H au point I (Fig. 114), sur la ligne droite HI, la longueur de la demi-circonférence tracée avec le rayon de la sphère, OA.

On sait que la longueur de cette demi-circonférence s'obtient en multipliant le rayon par 3,1416.

Divisons cette longueur HI en douze parties égales. Nous obtiendrons des longueurs HJ, JK, KL, etc., qui représenteront exactement le développement des arcs BG, GD, DF, etc., qui sont la douzième partie de la demi-circonférence, puisqu'ils divisent le quart de la circonférence en six parties égales. Si, maintenant, nous traçons des lignes horizontales de chacun de ces points et si nous portons sur chacune d'elles une longueur correspondant respectivement à un côté de chacun des polygones réguliers tracés sur la figure 113, nous obtiendrons une succession de points  $f, h, j; g, i, k$ , qui limiteront le fuseau. En réunissant ces divers points par deux lignes courbes continues, nous aurons déterminé la forme extérieure du modèle de fuseau.

Il importe que ces divers points soient placés avec une précision suffisante pour obtenir, par la juxtaposition des vingt-quatre fuseaux, une forme sensiblement sphérique et régulière.

Pour déterminer exactement la place de

ces points, on trace la projection d'un demi-fuseau en divisant un des arcs AE (Fig. 112) en deux parties égales AM et ME et en joignant les deux points O et M.

En traçant du point O comme centre des arcs  $ee', dd', cc', bb', aa'$ , ayant respectivement comme rayons les longueurs GG, DD, FF, CC, EE', la longueur de ces arcs comprise entre les rayons OA et OM peut être considérée comme étant égale à la moitié du côté de chacun des polygones réguliers de vingt-quatre côtés tracés aux divers points d'intersection.

L'examen de la figure 113 montre, en effet, que la longueur Ge, par exemple, qui est la même que la longueur  $ee'$ , est égale à la moitié du côté Gl du polygone inscrit dans la circonférence de rayon BG. Il suffit donc de porter sur les lignes horizontales  $fg, hi, jk$ , de la figure 114, de chaque côté de l'axe du fuseau HI des longueurs Jf et Jg égales à  $ee'$ , des longueurs Kh et Ki égales à  $dd'$ , des longueurs Lj et Lk égales à  $cc'$  etc... pour obtenir la vraie position des points extérieurs du fuseau. Cette opération s'effectue facilement au moyen d'un compas. On prend avec le compas chaque longueur  $ee', dd'$ , etc... et des divers points correspondants J, K, L, etc..., on trace des arcs de cercle de chaque côté. La courbe continue qui est tracée tangente à tous ces arcs de cercle donne la forme du fuseau pour chacun des côtés.

Les deux courbes ainsi obtenues sont symétriques par rapport à l'axe HI et, de même, les deux parties de courbes tracées au-dessus de l'axe horizontal XY sont symétriques par rapport à celles qui sont tracées au-dessous de cet axe, les diverses valeurs

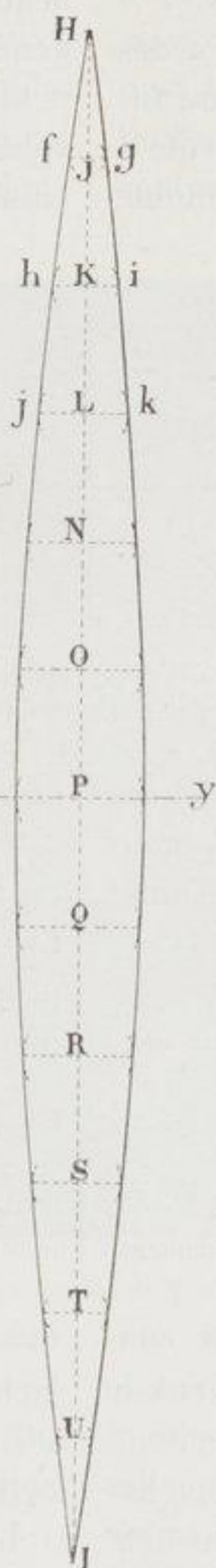


Fig. 114. — Tracé d'un fuseau de ballon sphérique.

de largeur du fuseau étant exactement reportées au-dessous de la ligne XY aux points U, T, S, etc., correspondant aux points J, K, L, etc., et placés symétriquement à eux par rapport à l'axe horizontal XY.

Le modèle de fuseau ainsi établi a des dimensions telles que les vingt-quatre fuseaux semblables placés exactement côte à côte forment une sphère ayant le volume que l'on s'est imposé.

Mais il faut que ces fuseaux, pour être assemblés entre eux, soient cousus, et il est nécessaire, pour effectuer cette opération de couture, de prévoir, pour chacun des fuseaux, une largeur plus grande en dehors du tracé et de chaque côté, largeur égale à celle qui est nécessaire pour effectuer une couture offrant toutes les conditions de solidité.

On découpe alors dans le taffetas à employer vingt-quatre fuseaux semblables, puis on les assemble en les cousant deux à deux, la couture devant être effectuée en suivant le vrai tracé du fuseau. On rabat ensuite à l'intérieur les deux coutures sur lesquelles on applique une bande collée pour assurer l'étanchéité, et les parties apparentes, à l'extérieur de l'enveloppe, sont des fuseaux ayant exactement, comme dimension, celle du fuseau obtenu par le tracé de la figure 114.

La confection des enveloppes par *panneaux* diffère de la fabrication précédente, en ce que le nombre de pièces nécessaires pour obtenir l'enveloppe est beaucoup plus considérable; d'autre part, ces parties d'en-

veloppes ont des dimensions plus réduites et permettent de mieux utiliser l'étoffe qui sert à confectionner le ballon.

La construction des enveloppes par panneaux est celle qui est actuellement le plus généralement employée.

Elle consiste à diviser la surface de la sphère représentant l'enveloppe à obtenir, en un certain nombre de zones et à constituer chacune de ces zones par un certain nombre de quadrilatères assemblés entre eux. Ces quadrilatères sont des panneaux.

La surface sphérique est donc formée par un grand nombre de surfaces planes cousues ensemble.

Supposons que l'enveloppe sphérique à construire ait un rayon égal à OA (Fig 115). La demi-circonférence ABC représente la projection de la demi-enveloppe sur un plan vertical. Divisons le quart de la circonférence en un certain nombre de parties égales, huit par exemple, et de chacun des points ainsi déterminés D, E, F, etc., traçons des lignes DG, EH, FI parallèles au diamètre AC ou équateur.

Les sections horizontales faites dans la sphère en suivant la direction de ces diverses parallèles donneront lieu à des circonférences ayant respectivement pour diamètres DG, EH, FI, etc. Si nous considérons la surface de la sphère comprise entre deux de ces droites FI et EH par exemple, nous pouvons admettre que cette surface est sensiblement équivalente à celle d'un tronc de cône dont la ligne EH serait la grande base, la ligne FI, la petite base, et la lon-

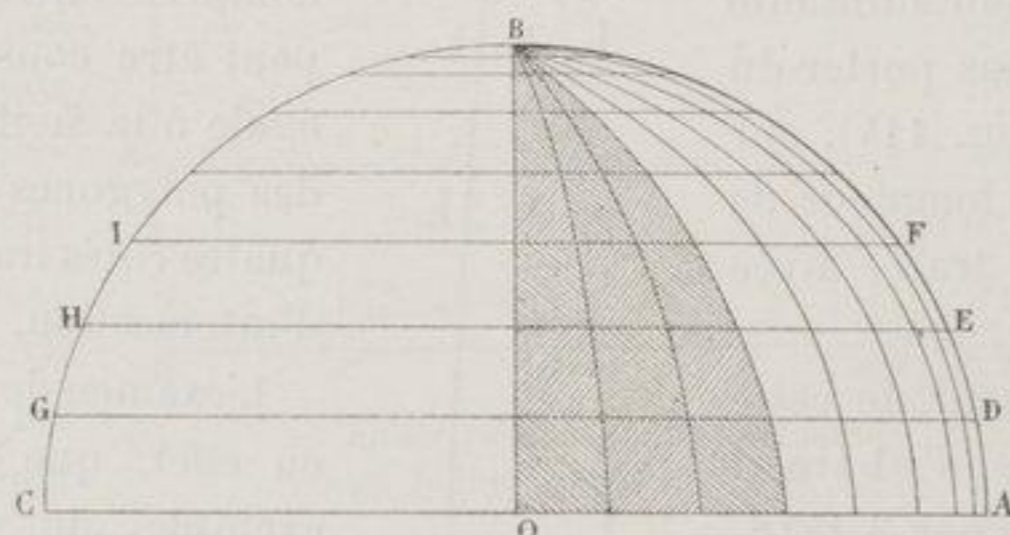


Fig. 115. — Enveloppe sphérique constituée par des panneaux.

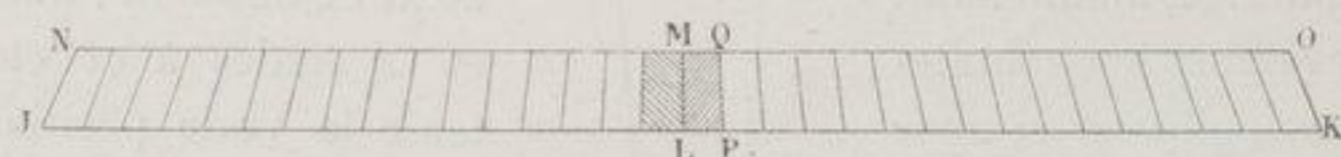


Fig. 116. — Développement d'une zone de ballon sphérique.

gueur développée de l'arc FE la hauteur.

Nous savons qu'on ne peut rigoureusement considérer cette surface sphérique et cette surface conique comme étant exactement de même valeur, mais nous avons déjà expliqué que la très faible différence existant entre les longueurs des arcs et des cordes pouvait permettre sans inconvénient le remplacement de la surface sphérique

nous aurons tracé un trapèze JNOK qui sera la représentation exacte de la zone conique FIHE. Il suffira donc de diviser ce trapèze en un certain nombre de surfaces égales pour obtenir les panneaux constituant la zone considérée. Puisque nous avons supposé le quart de la circonférence divisé en huit parties égales, la circonférence entière comportera 32 divisions. Chacune des zones



Fig. 117. — Atelier de couture d'enveloppes de ballons. (Établissements Lachambre.)

par la surface conique. Cette surface conique élémentaire représente une *zone* que l'on peut, sous cette forme, développer sur un plan pour la constituer elle-même par la juxtaposition de multiples éléments qui seront les panneaux.

En effet, si nous traçons (Fig. 116) une ligne JK d'une longueur égale à la circonférence ayant comme diamètre la valeur EH, et si à une distance LM de cette ligne, égale à la longueur de l'arc EF, nous traçons une seconde ligne NO parallèle à la première et ayant comme longueur le développement d'une circonférence de diamètre égal à FI,

sera formée de 32 panneaux, de sorte que les longueurs JK et NO ayant été divisées en 32 parties égales mesurées respectivement par les longueurs LP sur JK et MQ sur NO, le trapèze MQPL représentera le développement d'un des 32 panneaux composant la zone FIHE. En opérant ainsi pour chacune des zones, on pourra tracer le panneau correspondant à chacune d'elles.

Les dimensions de ces panneaux iront en s'amointrissant au fur et à mesure que l'on s'éloignera de l'équateur AC pour se rapprocher du pôle supérieur B et du pôle inférieur symétriquement disposé.

Les panneaux tracés et découpés sont assemblés au moyen de coutures. Ces coutures s'effectuent à la machine. On emploie même des machines à deux aiguilles permettant d'obtenir le parallélisme des deux coutures du panneau constituant *l'agrafe*. Cette façon de procéder, employée par les *Ateliers Astra*, est une garantie de solidité et assure l'étanchéité des joints.

Les coutures sont faites avec des soies *décruées*, câblées à revers.

Lorsque les enveloppes sont construites, on procède à des essais pour connaître leur solidité, leur résistance, vérifier la sûreté des coutures et apprécier le degré d'imperméabilité du ballon ainsi formé.

On enduit l'enveloppe d'un vernis qui a pour but d'obturer les moindres pores pouvant se trouver sur cette enveloppe, et qui doit assurer sa parfaite étanchéité. Ce vernis est spécial à chaque constructeur d'aérostats et nous avons vu précédemment que Coutelle et Conté avaient réussi à en fabriquer un, dont la recette n'a jamais été retrouvée, qui permettait de maintenir le gaz pendant plusieurs mois dans les aérostats captifs des armées de la République.

Nous donnons (Fig. 118), une vue d'ensemble d'un appareil destiné à mesurer la *perméabilité* des tissus employés à la confection des enveloppes.

C'est une balance imaginée par le Colonel Charles Renard et M. Sureouf, laquelle est utilisée dans les ateliers de la *Société Astra*. L'appareil se compose d'une *balance Roberval* dont un des plateaux est remplacé par une sorte de récipient cylindrique fermé, à sa partie inférieure, par un disque de tissu à essayer. Ce récipient est rendu solidaire du fléau de la balance par l'intermédiaire de quatre tiges verticales fixées au croisillon du plateau. Il peut donc se mouvoir verticalement.

Ce mouvement s'effectue à l'intérieur d'un second récipient cylindrique relié par

quatre autres tiges cylindriques verticales au socle fixe de la balance. Ce second récipient reste donc immobile. Il contient de l'eau jusqu'à une hauteur indiquée par un niveau disposé sur sa gauche. Un manomètre à eau, placé sur sa droite, comporte un raccord et un tube coudé s'évasant à sa partie supérieure. Un robinet, fixé verticalement sur le fond du récipient, à côté de l'ajutage du manomètre à eau, permet d'introduire du gaz dans la cuve à eau.

L'étanchéité au raccord du robinet et sur le pourtour de la cloche mobile, est obtenue par un dispositif formant joint hydraulique, de sorte que le gaz introduit dans la cuve à eau, exerce sur la surface du tissu formant le fond du récipient mobile, une certaine pression.

La balance est équilibrée de façon que son aiguille se trouve en face le zéro d'une graduation établie sur un secteur fixe. Si le tissu est perméable, le gaz pénétrera dans le récipient mobile à travers ce tissu. Le volume de gaz contenu dans la cuve fixe diminuera; la pression baissera également et la balance s'inclinera. L'aiguille indiquera sur le secteur divisé, la perte de gaz, déterminée en litres et par mètre carré d'étoffe. Ce chiffre devra, parfois, subir des corrections provenant des variations de la pression et de la température. Ces corrections sont données par des tables établies spécialement.

*Gonflement des aérostats* Le gonflement des aérostats s'effectue d'une manière différente suivant qu'il s'agit de montgolfières ou d'aérostats gonflés avec du gaz hydrogène ou du gaz d'éclairage.

Les montgolfières contenant de l'air chaud nécessitent la présence, au-dessous de l'orifice inférieur de l'enveloppe, d'un foyer destiné à élever la température de l'air intérieur. Cette disposition diffère évidemment de celle qui consiste à amener du gaz à l'aérostat par l'intermédiaire de tuyaux.



En outre, les enveloppes de montgolfières, sont généralement plus fragiles que les enveloppes des autres aérostats, car elles doivent être nécessairement plus légères que ces dernières.

Nous avons indiqué comment on opère pour gonfler d'air chaud un ballon en papier d'environ 1 mètre de diamètre.

Le procédé de gonflement est le même, en principe, pour une montgolfière de plus grand volume. Il importe, bien entendu, de proportionner l'étendue du foyer au volume d'air chaud à obtenir et de prendre toutes les précautions nécessaires pour éviter la détérioration de l'enveloppe.

Lorsque la montgolfière n'a pas un trop grand diamètre, on peut la maintenir, au commencement de l'opération du gonflement, à l'aide d'un bout de bois passé dans un œillet de corde, fixé par collage à la partie supérieure de l'enveloppe. Deux opérateurs montés sur des échelles tiennent chacun une des extrémités de la baguette en bois et se trouvent donc placés sur les côtés opposés de la montgolfière. Un troisième opérateur surveille et alimente le feu et dirige les gaz chauds dans l'enveloppe. Lorsque celle-ci contient suffisamment d'air chaud pour se soutenir toute seule, on retire la baguette en bois de l'œillet supérieur; la montgolfière est ainsi rendue libre et peut, lorsqu'elle est complètement remplie d'air chaud, prendre aisément son essor.

S'il s'agit d'une montgolfière de grand diamètre, on emploie un procédé de suspension plus sérieux, qui préserve, pendant le gonflement, l'enveloppe des déchirures. La suspension consiste à disposer deux mâts réunis à leur partie supérieure par une corde. Cette corde passe dans un œillet fixé au sommet de l'enveloppe, de sorte que la montgolfière, placée entre les deux mâts, se trouve suspendue à la corde transversale. Les mâts ont une hauteur suffisante pour que la montgolfière puisse être maintenue sur toute sa hauteur au-dessus du foyer.

Le foyer est alimenté avec de la paille ou du petit bois. Les gaz chauds bien dirigés dans l'ouverture inférieure de l'enveloppe, provoquent le gonflement de la montgolfière. Lorsque le gonflement est achevé, on libère l'enveloppe, à sa partie supérieure, en retirant la corde de soutien; puis on peut disposer, au-dessous, pour maintenir pendant un certain temps la température de l'air intérieur, un brûleur qui sera fixé à la montgolfière et allumé au moment du départ. Ce foyer mobile peut être une éponge ou un simple chiffon, imbibés soit d'essence, soit d'alcool, et suspendu à un croisillon formé par deux fils métalliques disposés en croix dans l'ouverture de l'enveloppe.

Ce procédé permet, évidemment, de prolonger la durée de l'ascension de la montgolfière et peut lui permettre de parcourir une grande distance; mais nous avons déjà signalé le danger qu'il présente au point de vue des risques d'incendie qu'il peut occasionner.

Les montgolfières dont nous venons de nous occuper ne comportent pas de nacelles ou de *galeries* destinées à recevoir des aéronautes. On n'effectue plus, actuellement, des ascensions en montgolfières, ou du moins dans des montgolfières constituées comme celles que nous avons précédemment décrites. Godard, en effet, en a, ces dernières années, établi une, dont nous parlerons plus loin, qui offre une plus grande sécurité.

En outre, une société, fondée récemment et qui a pris pour titre *la Montgolfière*, se propose de rénover l'engin aérien créé par les frères Montgolfier.

Il a fallu toute la folle audace des premiers pionniers de l'air pour s'aventurer dans l'espace avec un engin aussi fragile, au-dessous duquel était disposé, par surcroît de témérité, un foyer entretenu allumé, pendant l'ascension même, par les aéronautes. On a lu le simple et palpitant récit de la première envolée des

hommes dans l'atmosphère à l'aide de ce globe, et on a vu par quelles manœuvres l'air chaud qui portait toute la machine dans les airs, était maintenu à sa température élevée par Pilatre de Rozier et le marquis d'Arlandes. Ces intrépides voyageurs remuaient, avec une fouche, la paille dont ils alimentaient le foyer, pour lui permettre de brûler plus facilement et de donner à leur vaisseau en papier une force ascensionnelle plus considérable.

Nos modernes aéronautes, qui ne manquent, certes, ni de courage, ni de sang-froid, ont, fort heureusement, à leur disposition des procédés plus scientifiques et plus sûrs pour corriger, dans les limites du possible, les variations de

la force ascensionnelle et se maintenir de longues heures dans l'espace. Leurs aérostats sont des engins qui offrent, on peut l'affirmer, toute sécurité et comportent tout le confortable compatible avec les conditions dans lesquelles doit s'effectuer le voyage aérien.

Examinons de quelle façon on gonfle ces aérostats.

Les aérostats à gaz légers sont, nous l'avons dit, gonflés avec de l'hydrogène et, le plus généralement, avec du gaz d'éclairage, lorsqu'il s'agit d'aérostats libres.

Lorsque le gaz employé est de l'hydro-

gène, on le produit à l'aide d'un des procédés que nous examinerons plus loin, parmi lesquels l'appareil producteur, monté sur chariot, permet d'effectuer le gonflement dans le lieu le plus favorable au départ de l'aérostat.

Quand l'aérostat est gonflé avec du gaz d'éclairage, on branche, sur un conduit provenant de l'usine à gaz, un tuyau que l'on met en communication avec l'intérieur de l'enveloppe. On procède assez souvent au gonflement, à proximité d'une usine à gaz,

lorsque la configuration du sol est favorable au lancer de l'aérostat.

Il y a deux méthodes utilisées pour procéder au gonflement des aérostats : le gonflement *en épervier* et le gonflement *en ba-*

*leine*. La première est la plus généralement employée.

*Gonflement en épervier* Pour effectuer le gonflement *en épervier*, on choisit sur le sol un espace uni, que l'on balaie avec soin pour enlever les corps durs qui risqueraient, pendant l'opération, d'érafler l'enveloppe. On étend même, assez souvent, sur le sol, une grande toile sur laquelle repose l'enveloppe pendant le gonflement. On apporte l'enveloppe A de l'aérostat qui est pliée et on l'étale, en rond, sur le terrain ainsi préparé. On a le soin, en étendant

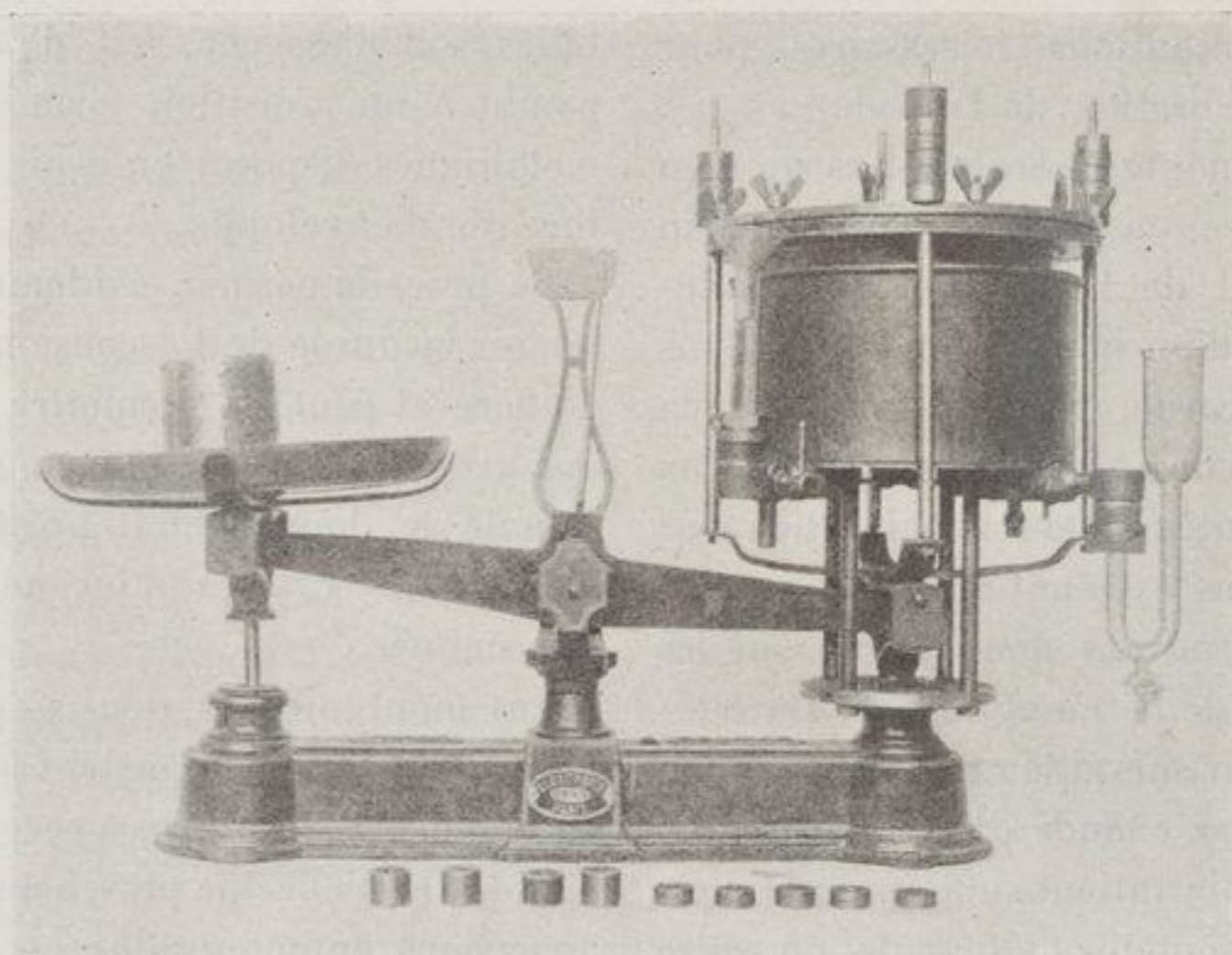


Fig. 118. — Balance système Renard-Surcouf pour mesurer la perméabilité des tissus d'enveloppes.

l'enveloppe, de disposer la soupape D de l'aérostat, qui y est préalablement fixée, au centre du cercle formé par l'enveloppe appliquée sur le sol (Fig. 119).

Cette soupape fait ainsi saillie au-dessus de l'enveloppe.

La manche d'appendice E qui se trouve placée, de la sorte, au-dessous de l'enveloppe, est tirée de façon qu'elle dépasse le bord de cette enveloppe. On peut ainsi l'aborder et la relier avec le conduit de gaz. Cette liaison s'effectue par l'intermédiaire d'un tuyau de toile vernissée F, d'une longueur suffisante, qui est branché à une de ses extré-

térieur de l'enveloppe, puis on recouvre l'enveloppe, aplatie sur le sol, de son filet B.

On dispose le plus régulièrement possible, l'enveloppe et son filet au-dessus d'elle. On pose ce filet de façon que sa couronne supérieure s'emboîte autour du siège fixe de la soupape et on fixe cette couronne, constituée par un cordage circulaire auquel aboutissent les mailles du filet, à la collerette de la soupape.

Plusieurs procédés d'attache sont utilisés; nous en avons vu des exemples lors de l'examen des soupapes. Des courroies de cuir munies de boucles et disposées tout autour

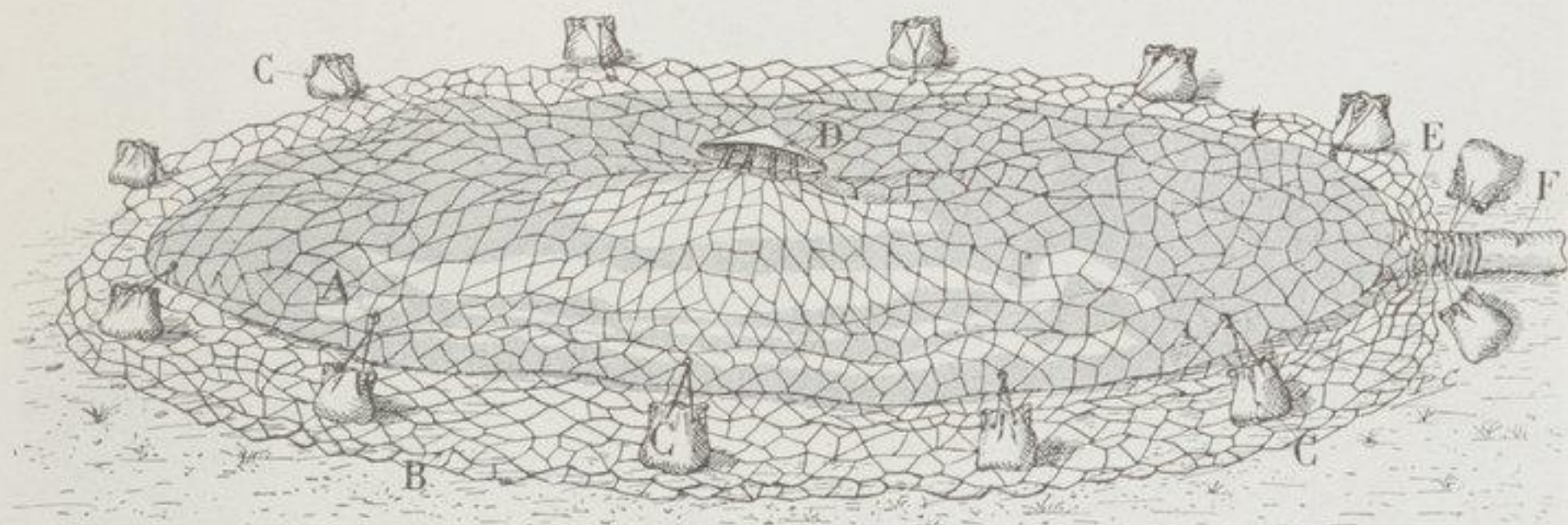


Fig. 119. — Gonflement en épervier. — Enveloppe vide étalée à terre.

mités sur le conduit de gaz et à l'autre sur la manche d'appendice. Comme l'étoffe constituant la manche d'appendice est très souple, on assure sa rigidité, pour effectuer la liaison pendant le gonflement, en introduisant dans cette manche un tube métallique sur lequel le tuyau intermédiaire, en toile, peut venir s'adapter. On réalise l'étanchéité du raccord au moyen d'une ligature. On ligature également l'autre extrémité du conduit de toile sur le conduit de gaz.

Avant de procéder à l'admission du gaz dans l'enveloppe, il est bon de vérifier le fonctionnement des organes de la soupape; clapets, ressorts, chevalet. On s'assure que le joint des clapets sur leur siège s'effectue normalement, on dégage la corde de commande de la soupape qui doit rester à l'in-

de la collerette fixe permettent de maintenir la couronne du filet solidement assujettie à la partie supérieure de l'enveloppe.

Pour procéder à la manœuvre de pose du filet et à la vérification des organes de la soupape, on est dans l'obligation de marcher sur l'enveloppe de l'aérostat étalée à terre. Il est bien évident qu'il convient de prendre les précautions nécessaires pour éviter de la détériorer en marchant dessus.

Le filet est étendu régulièrement sur tout son pourtour. Les sacs de lest C, qui ont été préparés à l'avance, sont accrochés aux mailles du filet qui se trouvent placées juste au-dessus du bord circulaire de l'enveloppe.

Les sacs de lest sont des sacs remplis de sable fin tamisé, fermés à leur partie

supérieure par une cordelette, pour éviter la chute du sable pendant la manœuvre du gonflement.

Quatre cordes attachées au sac se réunissent, à leur autre extrémité, à un crochet à l'aide duquel le sac de lest est facilement suspendu ou décroché.

Les sacs de lest sont donc disposés tout autour de l'enveloppe, accrochés au filet, et reposent à terre. On en accroche aussi à la manche d'appendice pour la maintenir à terre pendant le gonflement.

Tout étant ainsi préparé on peut admettre le gaz dans l'enveloppe.

On continue de la sorte, en accrochant les sacs, au fur et à mesure que le gonflement se poursuit, à des mailles du filet se rapprochant de plus en plus de sa partie inférieure et l'enveloppe s'arrondit et s'élève de plus en plus sous l'action du gaz introduit. Il est bon de répartir la tension des sacs sur le filet en les disposant à la même hauteur sur tout son pourtour.

Lorsque le ballon est gonflé à moitié environ, on augmente le nombre de sacs de lest suspendus aux mailles du filet. Cette opération a pour objet de compenser l'effort que fait le ballon pour quitter le sol, effort

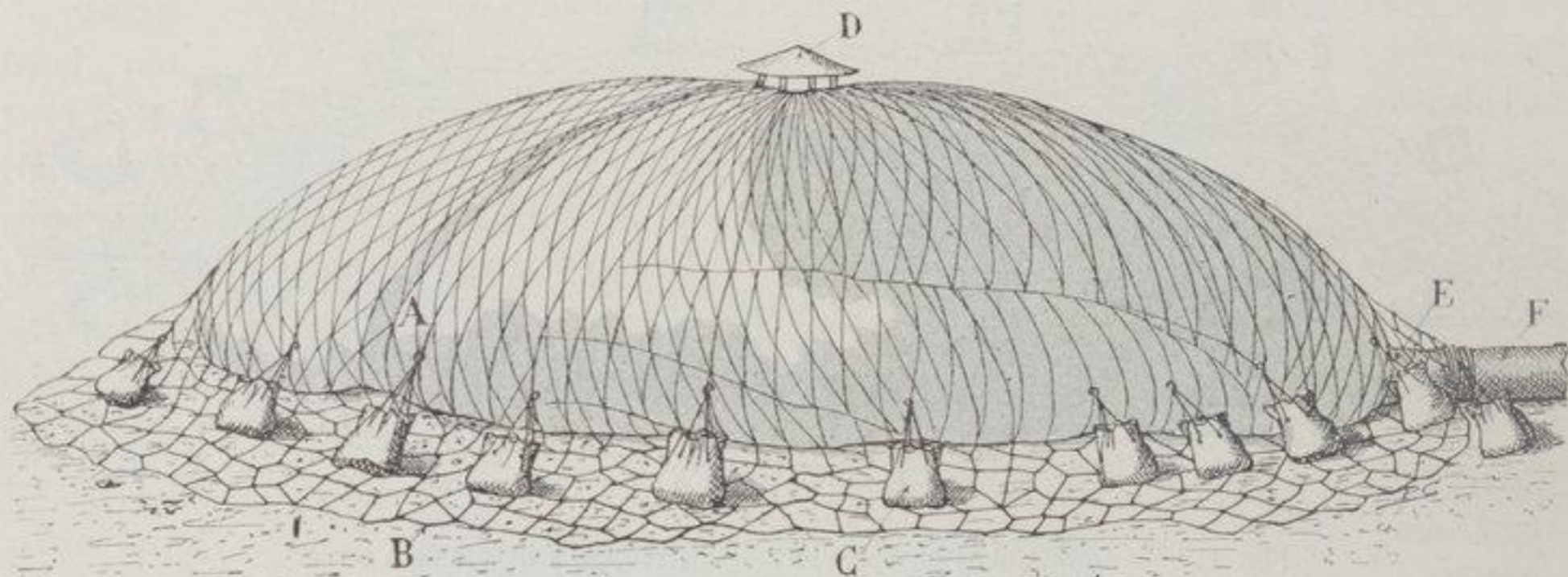


Fig. 120. — Gonflement en épervier. — Arrivée du gaz.

On ouvre le robinet qui établit la communication entre la conduite de gaz et la manche d'appendice et le gaz commence à pénétrer dans le ballon.

L'enveloppe s'arrondit d'abord à la partie supérieure (Fig. 120); la soupape et son chevalet se redressent et le filet posé sur l'enveloppe tire sur les sacs de lest qui, au fur et à mesure, se soulèvent et reposent de moins en moins sur le sol.

Avant que ces sacs aient quitté le sol, on les descend, les uns après les autres, et on les accroche à une ou plusieurs mailles au-dessous des précédentes. L'enveloppe peut ainsi continuer à recevoir le gaz et s'élever de nouveau de la quantité dont on a abaissé les sacs, sans que ceux-ci quittent le sol.

qui devient, évidemment, de plus en plus grand au fur et à mesure qu'une plus grande quantité de gaz pénètre dans l'enveloppe.

Le robinet d'admission du gaz reste constamment ouvert. L'enveloppe augmente de plus en plus de volume et s'élève de plus en plus au-dessus du sol (Fig. 121).

Les sacs de lest sont accrochés à des mailles de plus en plus basses du filet.

Lorsque cet accrochage s'effectue aux petites pattes d'oie qui, ainsi que nous l'avons vu, préparent le raccordement du filet aux cordes de suspension, le ballon est suffisamment soulevé pour qu'on puisse procéder à l'accrochage de la nacelle.

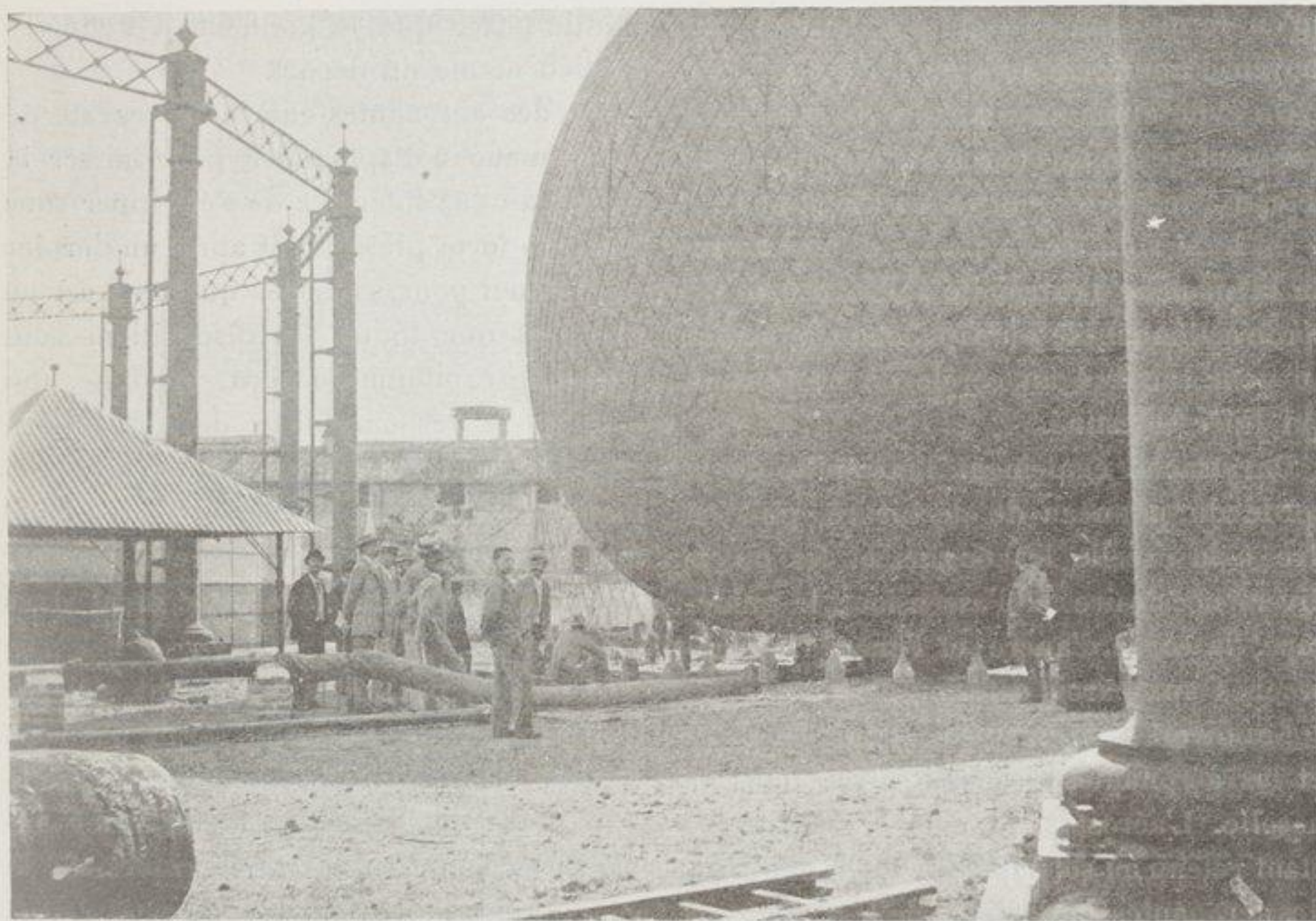
Pour cela, on relie les cordes de la nacelle au cercle de suspension en passant les

gros cabillots dans les œillets de ces cordes. Puis on accroche, de la même façon, les *suspentes* de l'aérostat aux petits cabillots terminant les cordes supérieures du cercle de suspension. Pour effectuer cette dernière manœuvre, on doit passer sous le filet dont les suspentes traînent encore à terre (Fig. 123).

La nacelle étant ainsi reliée à l'enveloppe

celle et les suspentes ont une direction sensiblement horizontale, maintenues dans cette position par le poids des sacs de lest placés à leur extrémité reliée au filet (Fig. 125).

Le ballon est presque rempli de gaz; il tend à s'élever. Pour permettre aux suspentes et au cercle de suspension de prendre leur position normale, on laisse glisser



Collection Louis Godard.

Fig. 121. — Enveloppe d'aérostat aux trois quarts gonflée.

par l'intermédiaire du filet, on peut laisser le ballon s'élever davantage en accrochant les sacs de lest encore plus bas, c'est-à-dire à l'extrémité des grandes pattes d'oie. Ces extrémités sont les points de jonction des cordes de suspentes avec le filet. Comme le nombre de suspentes est restreint, on accroche à l'extrémité de chacune d'elles plusieurs sacs de lest. Les crochets des sacs sont placés à cheval sur ces cordes et dans des sens opposés. A ce moment, la nacelle peut être posée sur le sol au-dessous du ballon. Le cercle de suspension repose sur la na-

doucement les sacs de lest le long de ces cordes de suspente, à mesure que le ballon monte, la nacelle reposant toujours sur le sol.

On accompagne à la main le mouvement des sacs en évitant les à-coups; ce mouvement est facilité par les crochets qui glissent sur les cordes.

Quand les sacs touchent la nacelle, on en embarque une certaine quantité.

On achève le remplissage du ballon, puis on ferme le robinet d'admission du gaz. Le gonflement est dès lors achevé, mais l'aé-

rostat est encore appuyé sur le sol par sa nacelle et retenu par les sacs de lest; l'enveloppe se maintient en l'air; le filet et les cordes sont tendus (Fig. 127).

Il faut alors défaire la ligature qui rend solidaire la manche d'appendice du tuyau de raccordement en toile vernissée par laquelle le gaz a été introduit dans l'enveloppe. On *cravate* cette manche d'appendice jusqu'au moment du départ, c'est-à-dire qu'on ferme son extrémité inférieure au moyen d'une corde nouée.

On évite ainsi que, dans les mouvements que peut prendre l'aérostat, tant qu'il est retenu à terre, le gaz puisse s'échapper.

On a le soin, cependant, de faire sortir de la manche l'extrémité inférieure de la corde actionnant la soupape, et de l'attacher au petit sac fixé au cercle de suspension qui lui est destiné.

On attache également l'extrémité de la corde du panneau de déchirure, puis on fixe à la nacelle les engins et les objets divers nécessaires à l'ascension; le guide-rope, la corde d'ancre et l'ancre sont accrochés aux parois extérieures.

Les divers instruments sont mis en place et les aéronautes prennent place dans la nacelle. L'aérostat ne peut pas s'enlever étant retenu au sol par le poids du matériel, des aéronautes et des sacs de lest. On procède alors à l'*équilibrage* ou *pesage* de l'aérostat. Cette opération consiste à diminuer son poids total de façon qu'il puisse s'élever librement dans l'espace avec une force ascensionnelle peu considérable, mais suffisante, cependant, pour lui permettre de franchir aisément les obstacles qui se trouvent immédiatement autour de lui.

Pour déterminer le poids de l'aérostat, on enlève les sacs de lest non embarqués. Les opérateurs, qui ne prennent pas part à l'ascension, les mains appuyées sur le rebord de la nacelle, apprécient, par expérience, la valeur de la force ascensionnelle, à mesure que ces sacs sont retirés. L'aérostat

tend, en effet, à quitter le sol avec une force de plus en plus grande.

Lorsque ce réglage est terminé, l'aérostat est prêt à partir. On peut, à ce moment, le déplacer pour que ce départ puisse s'effectuer en terrain découvert. Pour cela, plusieurs hommes maintiennent l'aérostat par la nacelle en appuyant sur son rebord, tandis que d'autres tirent sur des cordes. Cette manœuvre est, le plus souvent, rendue inutile parce que le gonflement s'effectue au lieu même du départ.

Un des aéronautes enlève la cravate de de la manche d'appendice pour laisser la liberté au gaz intérieur de s'échapper sous une trop forte pression, et après un dernier coup d'œil pour s'assurer que tout est en place et que toutes les dispositions sont prises, le capitaine du bord, le *pilote*, qui assume la responsabilité de l'ascension, crie : « Lâchez tout ». Les hommes de manœuvre retirent en même temps leurs mains des bords de la nacelle et l'aérostat, livré à lui-même, s'élève doucement dans les airs.

Il ne doit pas, nous l'avons dit, s'élever trop rapidement, ce qui ne serait pas sans danger; d'autre part, la force ascensionnelle qu'il doit avoir au départ peut varier suivant les conditions atmosphériques. Si le vent souffle, il importe que l'aérostat s'élève assez rapidement, surtout si, à proximité du lieu de départ se trouvent des obstacles : maisons, bois, fils télégraphiques, etc., car il faut que l'aérostat, poussé par le vent sur ces obstacles, ait le temps de s'élever d'une hauteur suffisante pour les franchir lorsqu'il arrivera sur eux.

Voilà les voyageurs aériens partis; nous allons suivre les diverses phases de leur ascension; mais, auparavant, indiquons ce que l'on entend par le gonflement en *ba-leine*, et en quoi il diffère de la méthode de gonflement que nous venons d'examiner, dite en *épervier*.

*Gonflement en baleine* (Fig. 122.) Le procédé de gonflement en baleine consiste à déposer sur le sol l'enveloppe, non comme dans la méthode précédente, en l'étalant suivant une circonférence, la soupape étant au centre, mais en l'allongeant dans le sens de sa longueur.

L'enveloppe A pliée par fuseaux superposés est simplement ouverte, c'est-à-dire qu'on rabat, de chaque côté de l'axe, la moitié des fuseaux qui la constituent.

L'enveloppe étant ainsi disposée, la soupape D se trouve à une extrémité et la manche d'appendice E se trouve à l'autre. Cette manche est reliée de la façon que nous

alors successivement les sacs de lest disposés sur l'enveloppe, les uns à la suite des autres, depuis la soupape jusqu'à la manche d'appendice, pour permettre au gonflement de se poursuivre régulièrement. Ces sacs de lest sont accrochés aux mailles du filet, qui doit être uniformément étalé, au fur et à mesure, sur la partie d'enveloppe gonflée.

L'opération du gonflement se continue ainsi, et comme la manche d'appendice reste fixe, plus l'enveloppe s'élève, plus l'axe vertical de la soupape et du ballon se rapproche de cette manche. Il s'ensuit que lorsque le gonflement est terminé, l'enveloppe semble avoir décrit un quart de cercle en pivotant

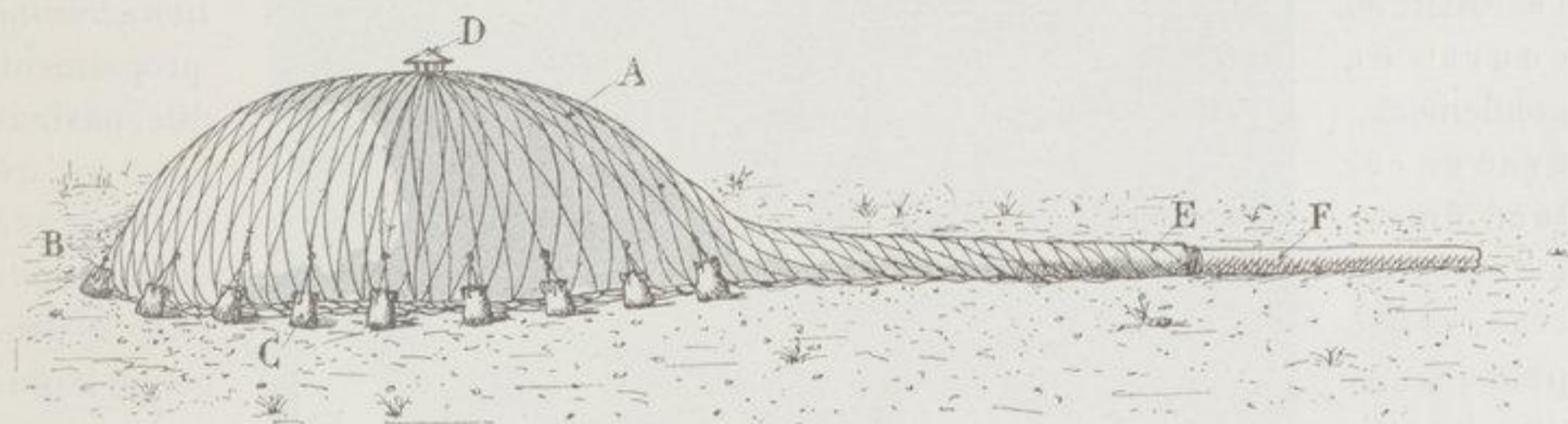


Fig. 122. — Gonflement en baleine.

avons indiquée au conduit d'arrivée du gaz. On peut, par ce procédé, vérifier les organes de la soupape et attacher le filet à sa couronne fixe sans marcher sur l'enveloppe. Le filet B est ensuite étendu, en rond, à partir de la soupape, sur l'enveloppe posée tout du long à terre.

Des sacs de lest C sont disposés de chaque côté de cette enveloppe sur toute sa longueur pour la maintenir appliquée à terre en laissant la liberté au gaz de pénétrer jusqu'à l'extrémité qui porte la soupape et qui sera la partie supérieure du ballon. Cette extrémité n'est pas chargée, de sorte que dès que le robinet de gaz est ouvert, ce gaz gonfle d'abord la partie du ballon où se trouve la soupape. Celle-ci se soulève et l'enveloppe s'arrondit, à son sommet. Au fur et à mesure que le gaz arrive, l'enveloppe se soulève de plus en plus. On retire

autour de la manche d'appendice pour se placer verticalement au-dessus de cette manche.

C'est ce qui différencie cette méthode de gonflement de la précédente dans laquelle l'enveloppe se trouve placée, dès le commencement de l'opération, au-dessus de la manche d'appendice.

L'axe du ballon, dans ce cas, reste sensiblement à la même place; c'est le contraire qui se produit dans la méthode de gonflement *en baleine*.

Les manœuvres d'accrochage des sacs de lest à des mailles du filet de plus en plus basses à mesure que le ballon s'élève, sont les mêmes que dans la méthode de gonflement précédente et toutes les précautions que nous avons indiquées, et qui doivent être prises avant le départ, sont, également, identiques.

Les noms donnés à ces deux méthodes de gonflement doivent provenir certainement, pour la première, de la manière dont le filet est étalé, autour de la soupape, à la façon du filet de pêche l'épervier, sur l'enveloppe développée en rond sur le sol.

Pour la seconde, le nom de *balaine* résulte d'une certaine ressemblance de l'aérostat, en cours de gonflement, avec ce cé-tacé émergeant de l'eau, sa tête présentant une partie renflée saillante au-dessus de l'eau et l'arrière étant effilé jusqu'à la queue, laquelle, dans l'aérostat, est représentée par la manche d'appendice.

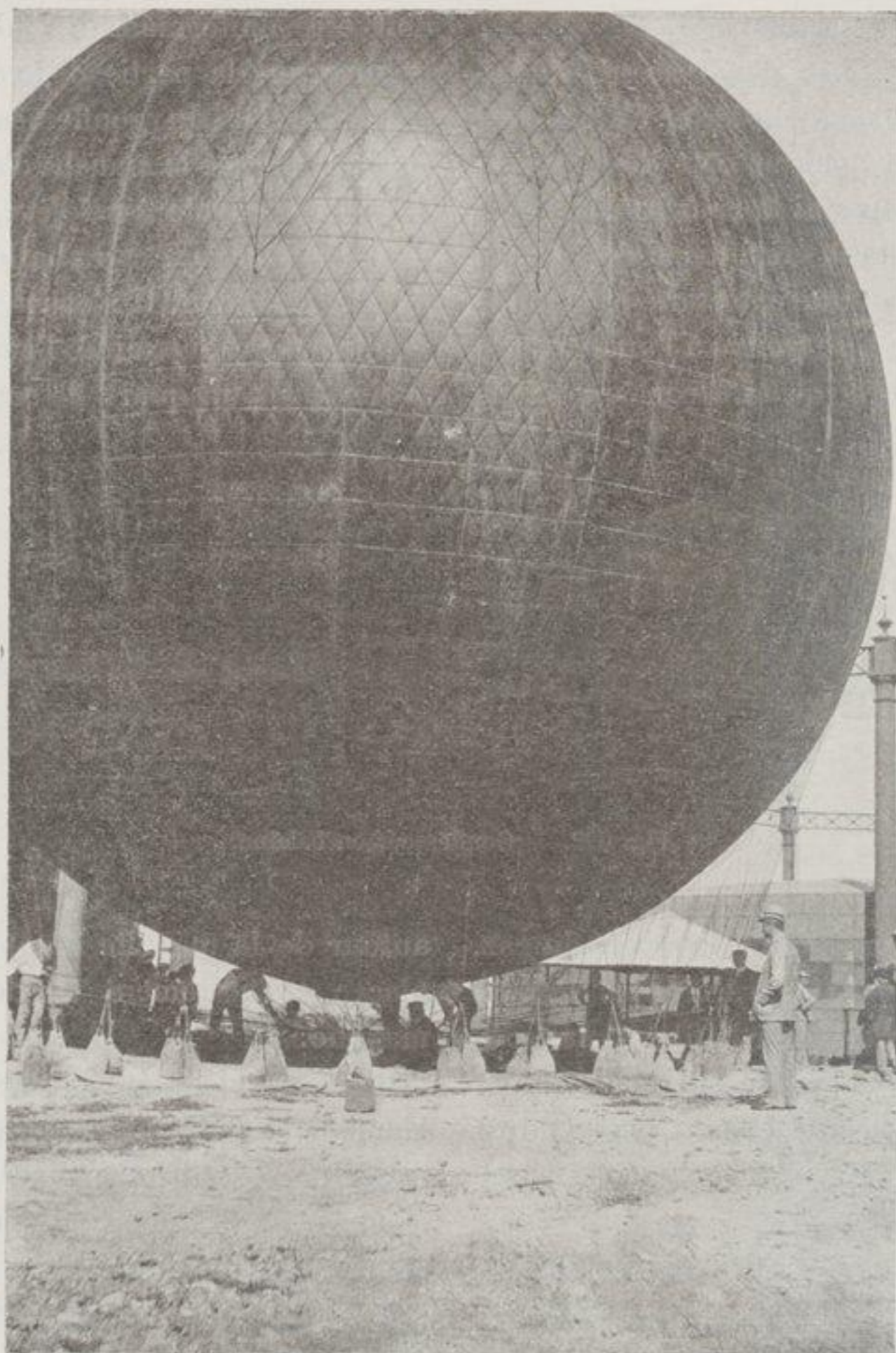


Fig. 123. — Enveloppe d'aérostat complètement gonflée.

*Conduite d'une ascension libre* Une ascension en aérostat libre comporte plusieurs phases. Nous avons vu comment l'aérostat après son gonflement, son appareillage et son pesage avait commencé à s'élever dans les airs. C'est le *départ*. On pourrait croire que cette phase finit juste au moment où l'aérostat quitte le

sol. Elle commence, au contraire, à cet instant, et on peut dire qu'elle ne se termine que lorsque l'aérostat a atteint une certaine altitude qui le met à l'abri des obstacles qu'il peut rencontrer et lorsqu'il peut navi-

guer librement dans l'espace. C'est alors le début d'une deuxième partie de l'ascension, celle qui comporte la *navigation aérienne* proprement dite, navigation qu'un bon pilote cherche toujours à prolonger le plus longtemps possible, à moins que des circonstances impérieuses ne nécessitent la *descente* de l'aérostat. On entre à ce moment dans la phase qui suit celle de la navigation.

A la descente succède l'*atterrissage*, qui marque la fin de l'ascension.

On peut, cependant, avant l'atterrissage, utiliser le guide-rope pour naviguer à proximité du sol lorsque le terrain s'y prête. C'est une phase auxiliaire de l'ascension qu'on désigne sous le nom de marche au guide-rope ou *guideropage*.



Examinons chacune de ces diverses phases en indiquant leur caractère particulier.

*Départ* Lorsque l'aérostât quitte le sol, il est sollicité à s'élever verticalement par l'action de sa force ascensionnelle et il tend à être entraîné horizontalement par l'action que peut exercer le vent sur la surface de l'enveloppe. Il résulte de la combinaison de ces deux mouvements *composants*, un mouvement *résul-*

une action qui, considérée seule, le déplace horizontalement d'une longueur AD pendant le même temps, il est évident que l'aérostât, sollicité à se déplacer à la fois dans la direction verticale AB et dans la direction horizontale AD, avec des efforts proportionnels à ces deux longueurs, ne pourra se trouver, au bout de la période de temps considérée, qu'en un point E qu'il n'atteindra qu'après avoir parcouru ces deux chemins dans des directions perpendiculaires entre elles. Ce

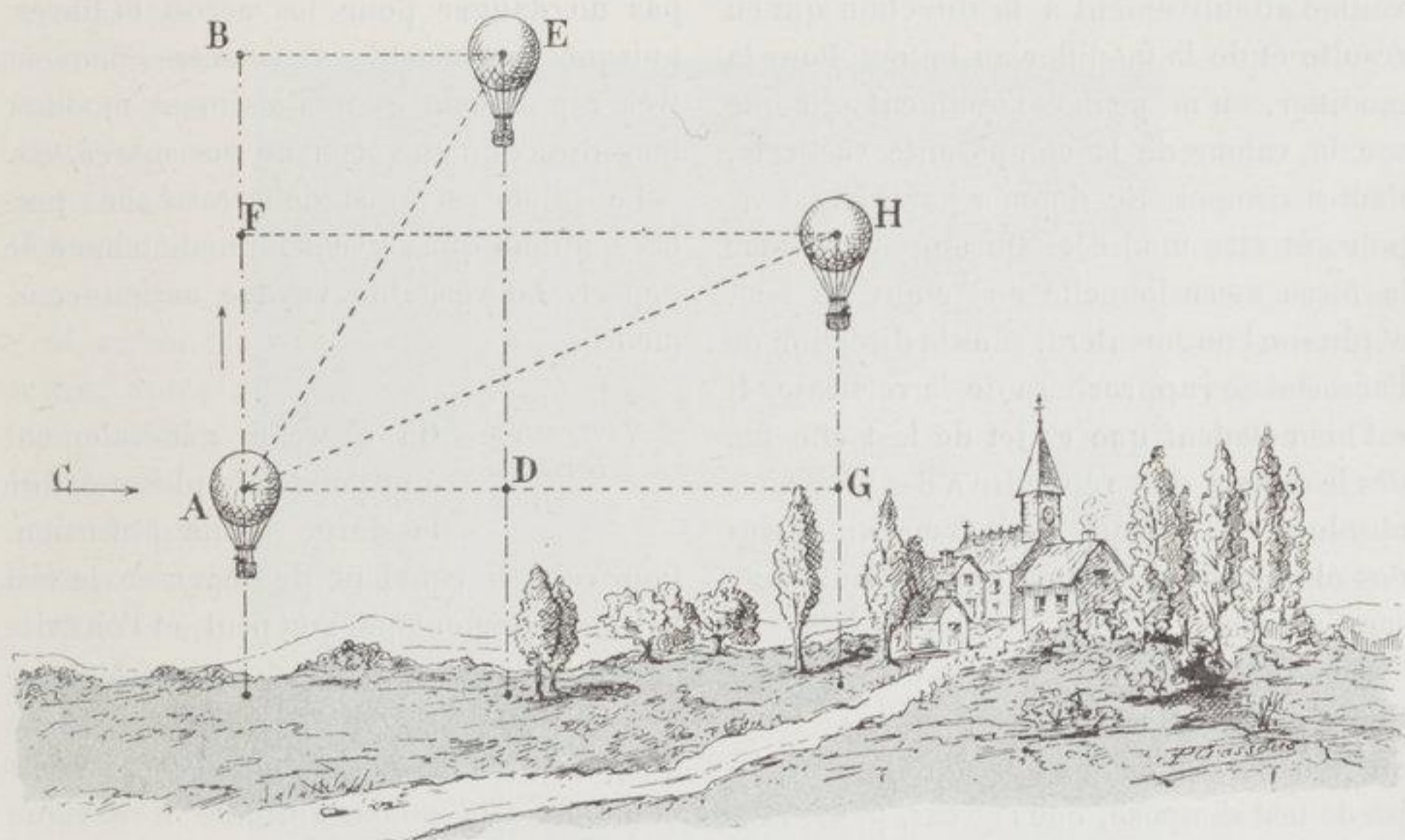


Fig. 124. — Direction suivie par un aérostât à son départ.

*tant* dirigé suivant une direction oblique par rapport à la verticale : cette oblique s'écartera d'autant plus de la verticale que la vitesse du vent sera plus considérable et que la force ascensionnelle sera moindre.

Supposons, en effet, l'aérostât parvenu à la position A (Fig. 124). A partir de ce moment, sa force ascensionnelle, considérée indépendamment de toute autre action s'exerçant sur l'aérostât, lui permet, par exemple, d'atteindre le point B au bout d'un temps déterminé. L'aérostât s'élève, dans ce cas, verticalement.

Mais si le vent, arrivant suivant la direction C, exerce sur l'enveloppe de l'aérostât,

point sera un des sommets du rectangle construit avec les longueurs AB et AD comme côtés, et le véritable chemin parcouru par l'aérostât à partir du point A, sera représenté en direction et en longueur par la ligne A E. C'est l'effort résultant des deux efforts composants représentés, en valeur et en direction, respectivement par les lignes AB et AD.

L'aérostât s'est donc élevé obliquement.

Si nous supposons maintenant que la valeur de la force ascensionnelle conduit seulement l'aérostât au point F, alors que le vent, pendant le même temps, le fait progresser horizontalement d'une longueur

A G, l'aérostat atteindra, au bout de ce temps, sous l'action de ces deux efforts, le point H. Il aura parcouru la distance AH. Sa direction, par rapport à la ligne verticale, sera plus oblique que la précédente, parce que la prépondérance de l'action du vent sur l'action de la force ascensionnelle est plus considérable.

On comprend donc qu'au moment de son départ, lorsque l'aérostat se trouve soumis à ces diverses actions, il y ait lieu de veiller attentivement à la direction qui en résulte et de la modifier au besoin. Pour la modifier, on ne peut évidemment agir que sur la valeur de la composante verticale, l'autre composante donnée par le vent ne pouvant être modifiée. On augmente donc la force ascensionnelle en jetant du lest, et plus on l'augmentera, plus la direction de l'aérostat se rapprochera de la verticale. Il est bien évident que ce jet de lest effectué dès le départ doit répondre à des nécessités absolues. Il permet de passer au-dessus des obstacles sur lesquels le vent peut pousser l'aérostat.

Quelquefois même, un coup de vent peut tendre à rabattre l'aérostat vers la terre au lieu de le pousser horizontalement. Le jet de lest s'impose, dans ce cas, pour franchir le plus vite possible les points culminants avoisinants sur lesquels l'aérostat risquerait d'être projeté.

Il convient cependant de ne jeter du lest qu'en petite quantité, car nous avons vu qu'un départ bien réglé laisse à l'aérostat, après pesage, une force ascensionnelle qui doit généralement être suffisante pour atteindre sans difficulté, dans la plupart des cas, l'altitude à laquelle la navigation aérienne proprement dite commence.

On ne peut fixer une valeur constante à cette altitude; elle est variable avec les circonstances atmosphériques et avec la configuration du terrain.

Donc, soit directement, soit après avoir effectué un jet de lest le plus réduit pos-

sible, le pilote atteint, dans son aérostat, une zone d'équilibre dans laquelle il est à l'abri de tous les obstacles terrestres. Il pourrait bien, il est vrai, rencontrer alors des obstacles aériens, sous la forme soit d'aérostats dirigeables, soit d'aéroplanes.

Quoique ces obstacles flottants soient de plus en plus nombreux sur les routes de l'air, nous pouvons admettre, cependant, que leur présence dans l'espace ne constitue pas un danger pour les aérostats libres, puisque ces machines volantes peuvent très rapidement et très aisément modifier leur direction au voisinage des *sphériques*.

Le pilote est ainsi débarrassé des préoccupations qui suivent immédiatement le départ. Le véritable voyage aérien commence.

<i>Navigation aérienne libre</i>	On cherche généralement à prolonger le plus possible la durée d'une ascension.
--	--

Pour cela, il convient de dépenser le lest le plus lentement que l'on peut, et l'on évite de perdre du gaz. Il y a donc intérêt, lorsque l'aérostat a atteint sa première zone d'équilibre, à ce qu'il se maintienne constamment à la même altitude. Il navigue alors suivant une direction sensiblement horizontale sous l'action du vent, et l'on comprend que si aucune cause, indépendante de la volonté de l'aéronaute, ne venait rompre l'équilibre dans le sens vertical, l'aérostat se maintiendrait fort longtemps dans les airs. Mais les causes faisant varier la force ascensionnelle sont nombreuses, ainsi que nous l'avons dit. Que l'aérostat traverse une zone de nuages ou de brouillards, il s'alourdit et tend à descendre. Que le soleil caché par des nuages vienne tout à coup à se montrer, l'aérostat, sous l'action de sa chaleur, s'allège et tend à monter. Dans les deux cas, l'état d'équilibre n'existe plus et il faut, le plus rapidement possible, qu'il se rétablisse.

Dès le début de l'ascension, l'aérostat est complètement rempli de gaz. Si donc il s'élève, du fait du changement des conditions atmosphériques, nous savons qu'il trouvera facilement une zone d'équilibre à une altitude plus élevée, sans toutefois que l'aérostat soit forcé de s'élever trop haut. Le gaz contenu dans le ballon se dilate et s'échappe par la manche d'appendice dont l'ouverture inférieure peut s'ouvrir librement.

Voilà une première perte de gaz qu'il n'est pas possible d'éviter sans risquer de compromettre la solidité de l'enveloppe.

Si, au contraire, après avoir atteint la première zone d'équilibre, sa force ascensionnelle diminue, l'aérostat commence à descendre. Il faut arrêter immédiatement cette

descente en jetant par-dessus bord une quantité de lest très faible, mais suffisante, cependant, pour arrêter le mouvement de descente. Nous savons, en effet, qu'une fois le mouvement de descente commencé, il va en s'accroissant de plus en plus et ne peut être arrêté que par l'allègement de l'aérostat.

Il est de toute nécessité d'arrêter le mouvement de descente aussitôt qu'il se produit, car au début de la descente un jet de lest de poids réduit suffira à l'arrêter, tandis que lorsque la vitesse de descente s'accroît, le

poids du lest jeté doit être plus considérable pour que l'aérostat puisse remonter avant d'arriver au sol. Comme il est très difficile de mesurer exactement le poids de lest qu'il convient de jeter pour arrêter la descente, ce poids sera toujours supérieur à ce qu'il devrait être réellement, parce que, par suite de la vitesse acquise, l'aérostat continue à descendre, même lorsqu'on l'a allégé suffisamment pour qu'il puisse remonter. Toutefois, à ce moment, sa vitesse

de descente diminue, puis elle devient nulle : l'aérostat s'arrête et, aussitôt après, commence à remonter.

Pendant la descente de l'aérostat, le gaz contenu dans l'enveloppe, laquelle était complètement remplie dans la zone d'équilibre, se contracte à mesure que

la pression de l'air atmosphérique augmente. L'enveloppe n'est plus entièrement remplie de gaz lorsque l'aérostat a terminé son mouvement de descente, de sorte que lorsqu'il reprend son mouvement ascensionnel, il se trouve dans les conditions d'équilibre d'un ballon flasque. Nous savons que, dans ce cas, le ballon n'a aucune stabilité ni dans le sens de la montée ni dans le sens de la descente.

L'aérostat remontera donc dans l'atmosphère, jusqu'à ce que, par suite de la dilatation du gaz, son enveloppe soit de



Collection Louis Godard.

Fig. 125. — Mise en place de la nacelle d'un aérostat.

nouveau remplie. Il aura alors acquis la stabilité unilatérale de montée et il pourra trouver une zone d'équilibre, non sans avoir perdu une quantité de gaz correspondant à la dilatation subie par le gaz intérieur.

L'altitude à laquelle va remonter l'aérostat sera plus considérable que celle à laquelle il se trouvait lorsque la descente a commencé, car lorsqu'il arrivera à sa zone primitive d'équilibre pour laquelle l'enveloppe sera de nouveau remplie, l'aérostat sera allégé du poids de lest dont il a fallu se débarrasser pour arrêter la descente. En admettant donc que l'aérostat rencontre, en arrivant à cette zone, les conditions atmosphériques précédentes, il s'élèvera encore plus haut. En outre, par la vitesse ascensionnelle acquise, il ne s'arrêtera pas immédiatement lorsqu'il trouvera sa nouvelle zone d'équilibre; il la dépassera. Les mêmes phénomènes, qui s'appliquent à l'état d'équilibre d'un aérostat qui s'élève, se produisent, c'est-à-dire que le gaz intérieur se dilate; l'excédent sort par la manche d'appendice puisque l'enveloppe était remplie en arrivant à la zone d'équilibre primitive. L'aérostat cesse de monter, et tend à revenir à sa nouvelle zone d'équilibre qu'il a dépassée et à laquelle correspond la nouvelle valeur de sa force ascensionnelle. Il descend donc avec une faible vitesse, il est vrai, mais il descend. Il faut, encore une fois, jeter du lest pour arrêter immédiatement cette descente qui, sans cela, continuerait jusqu'au contact de l'aérostat avec le sol. La quantité de lest jetée sera évidemment minime, à condition de la sacrifier aussitôt que la descente recommence. Si nous supposons que l'aérostat se maintienne enfin en équilibre, la nouvelle zone dans laquelle il se trouve a une altitude plus élevée que celle de la zone primitive, ainsi que nous venons de l'expliquer, et l'aérostat a perdu à la fois du gaz et du lest.

Mais cet état d'équilibre ne saurait durer bien longtemps, car les phénomènes atmo-

sphériques les plus minimes, que nous avons indiqués comme agents provoquant des variations rapides de la force ascensionnelle, pourront se reproduire et recommencer à provoquer les montées et les descentes successives auxquelles un aérostat ne saurait se soustraire. L'habileté du pilote remédie, dans une certaine mesure, à la valeur de l'amplitude de ces mouvements en sens inverse, mais il résulte, néanmoins, de ces mouvements successifs inévitables, cette règle que plus l'ascension se prolonge, plus l'aérostat navigue dans une zone d'équilibre provisoire de plus en plus élevée; la quantité de gaz contenue dans l'enveloppe diminue de plus en plus, ainsi d'ailleurs que la quantité de lest disponible dans la nacelle.

L'abandon du gaz et du lest rendu indispensable pour retrouver l'équilibre à une hauteur de plus en plus grande, indique nettement que la durée d'une ascension est forcément limitée; elle dépend de la modération que l'on mettra à dépenser le lest et le gaz, la dépense de gaz étant subordonnée à la hauteur de plus en plus grande à laquelle s'élève nécessairement l'aérostat au cours de la navigation, sans tenir compte des pertes qui résultent des fuites à travers l'enveloppe. Ces pertes sont, en effet, très peu importantes et n'entrent pas en ligne de compte lorsqu'il s'agit d'un voyage relativement court.

La phase de navigation proprement dite se compose ainsi d'une suite de mouvements ascendants et descendants qui se prolongent jusqu'au moment où il n'y a presque plus de lest dans la nacelle.

Nous pouvons traduire graphiquement ces diverses péripéties de la navigation aérienne, et obtenir un diagramme basé soit sur le temps écoulé soit sur le chemin parcouru.

Supposons qu'un aérostat parte du point A (Fig. 126), et qu'au bout d'un temps ou d'un nombre de kilomètres égaux à AB, il se soit élevé, au-dessus du sol, d'une hau-

teur BC. Il aura suivi, pendant le temps AB ou bien pendant le parcours kilométrique AB, une ligne AC, en supposant qu'il se soit élevé régulièrement. Prenons le graphique se rapportant au temps écoulé et portons sur la ligne XY des longueurs AB, AD, AE, AF, etc., proportionnelles au nombre d'heures qui se sont écoulées depuis le moment du départ effectué en A. Chacune des longueurs AB, BD, DE, EF, représentera

tionnelle à 500 mètres d'altitude, AM, à 1.000 mètres, AN à 1.500, on voit que l'aérostat, environ une heure après le départ, heure représentée par la longueur AB, est arrivé au point C, c'est-à-dire à environ 500 mètres d'altitude. A cette hauteur, il a trouvé une zone d'équilibre dans laquelle il s'est maintenu du point C au point P, c'est-à-dire pendant une demi-heure environ. C'est pour cela que la courbe CP

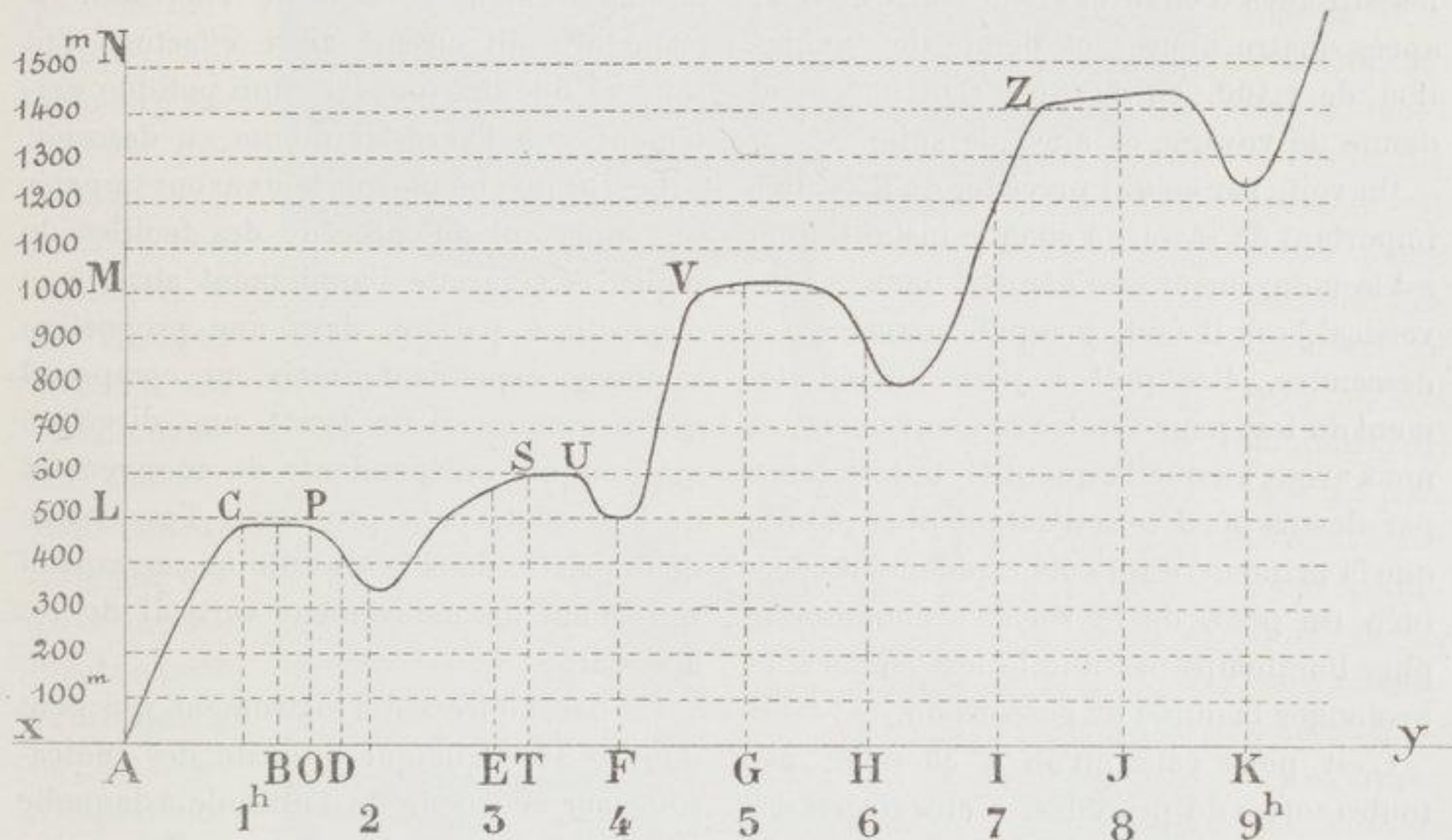


Fig. 126. — Schéma des deux premières phases d'une ascension.

une durée de l'ascension égale à une heure, par exemple.

Les altitudes successives auxquelles s'est élevé l'aérostat seront portées sur les perpendiculaires menées en chacun des points à la ligne XY. Ce sont les *ordonnées*. En traçant, entre ces ordonnées, des *ordonnées intermédiaires* représentant des fractions d'heures et en donnant à ces lignes des longueurs proportionnelles aux altitudes atteintes à chacun de ces moments, on obtient, en réunissant les points ainsi trouvés, une *courbe* qui est la représentation des mouvements verticaux successifs de l'aérostat depuis le moment du départ.

La longueur verticale AL étant propor-

représentant la variation de l'altitude de l'aérostat pendant ce temps-là, est sensiblement horizontale. Pendant la demi-heure suivante, OD, l'aérostat s'est abaissé et a atteint une altitude à peu près égale à 350 mètres. Les manœuvres que nous avons précédemment indiquées ont été effectuées, de sorte qu'après être descendu jusqu'à une altitude d'environ 330 mètres, il a ensuite atteint le point S qui est à l'altitude de 600 mètres. C'est au bout d'un temps mesuré par AT, depuis le départ, c'est-à-dire environ après trois heures un quart de voyage, que cette altitude a été atteinte.

La nouvelle zone d'équilibre dans laquelle

L'aérostat va se maintenir du point S au point U est donc plus élevée de 100 mètres que la zone primitive. Les mouvements de montée et de descente se reproduiront à la suite les uns des autres. Ils auront une durée variable et une variation d'amplitude qui dépendra des variations des conditions atmosphériques et de la façon dont l'aéronaute manœuvre en jetant son lest.

L'aérostat atteindra ainsi successivement les altitudes d'environ 1.000 mètres, en V, après quatre heures et demie de navigation, de 1.400, en Z, après sept heures et demie de voyage, et ainsi de suite.

On voit, par ce qui précède, qu'il est très important de savoir, à chaque instant, quel est le mouvement de l'aérostat dans le sens vertical, car il faut, lorsqu'il commence à descendre, être prêt à jeter immédiatement du lest pour arrêter ce mouvement, et nous avons vu que la quantité du lest lancé par-dessus bord sera d'autant plus réduite que la manœuvre aura été rapidement effectuée. On peut, de la sorte, économiser le plus longtemps possible le lest emporté et prolonger la durée de l'ascension.

C'est pour cela qu'on a cherché, par toutes sortes de procédés, à être averti dès le commencement de la descente.

Nous avons examiné le procédé qui consiste à employer des feuilles de papier à cigarette. On a utilisé aussi des avertisseurs électriques comportant une aiguille à palette pivotant autour d'un axe. L'action, sur la palette de l'aiguille, de l'air déplacé verticalement, provoque l'oscillation, dans un sens ou dans l'autre, de cette aiguille. Ce mouvement établit un contact qui ferme un circuit électrique dont la source est une petite batterie de piles ordinaire. Une sonnerie placée dans le circuit retentit. Cela indique que l'aérostat possède un certain mouvement dans le sens vertical; mais, pour déterminer si ce mouvement s'effectue de bas en haut ou de haut en bas, on a, dans le même circuit électrique, intercalé deux

sonneries de timbres différents : l'un des timbres a un son aigu et correspond, par exemple, à la montée de l'aérostat, l'autre a un son grave et correspond à la descente. Deux contacts correspondant respectivement à chacune des sonneries sont disposés de chaque côté de l'axe de l'aiguille, de façon que celle-ci, dans son oscillation provoquée par l'action de l'air sur ses palettes, rencontre soit l'un, soit l'autre, suivant le sens de déplacement vertical de l'aérostat. La fermeture du circuit ainsi effectuée fait retentir une des sonneries qui indique nettement que l'aérostat monte ou descend.

Les inconvénients que nous avons signalés se rapportant au procédé des feuilles de papier à cigarette s'appliquent aussi à ce dispositif à palette, dans une proportion moindre, cependant; mais on comprend qu'un remous d'air ayant une direction quelconque, indépendante du mouvement de l'aérostat, peut provoquer l'oscillation de la palette dans le sens qui ne correspond nullement au mouvement vertical de cet aérostat.

Le baromètre est l'instrument qui peut donner avec quelque sécurité des indications sur la valeur de l'altitude à laquelle l'aérostat se trouve : par son observation constante, on est averti des variations de cette altitude et, par conséquent, de la montée ou de la descente. Comme le baromètre ordinaire n'a pas une sensibilité suffisante pour indiquer immédiatement la variation d'altitude, on lui a adjoint un autre instrument que nous avons décrit : le *statoscope* (Fig. 90) qui permet de connaître, à chaque instant, le sens du mouvement vertical de l'aérostat.

On a remarqué également, que pendant la phase de navigation, il faut jeter du lest d'une façon méthodique et mesurée. Mais il n'est pas facile d'apprécier la quantité de lest précise qu'il convient de jeter pour que l'aérostat qui descend, s'arrête dans ce mouvement et monte retrouver

une nouvelle zone d'équilibre qui soit la moins haute possible.

Il faut donc employer un procédé de jet de lest, qui permette de proportionner l'allègement de l'aérostat à son mouvement de descente. L'expérience de l'aéronaute et sa pratique des ascensions constituent un procédé empirique qui donne d'excellents résultats, mais on ne devient aéronaute expérimenté qu'après un certain nombre d'ascensions et il est utile de savoir comment on peut remédier à ce défaut d'expérience par l'emploi de méthodes aisées à appliquer.

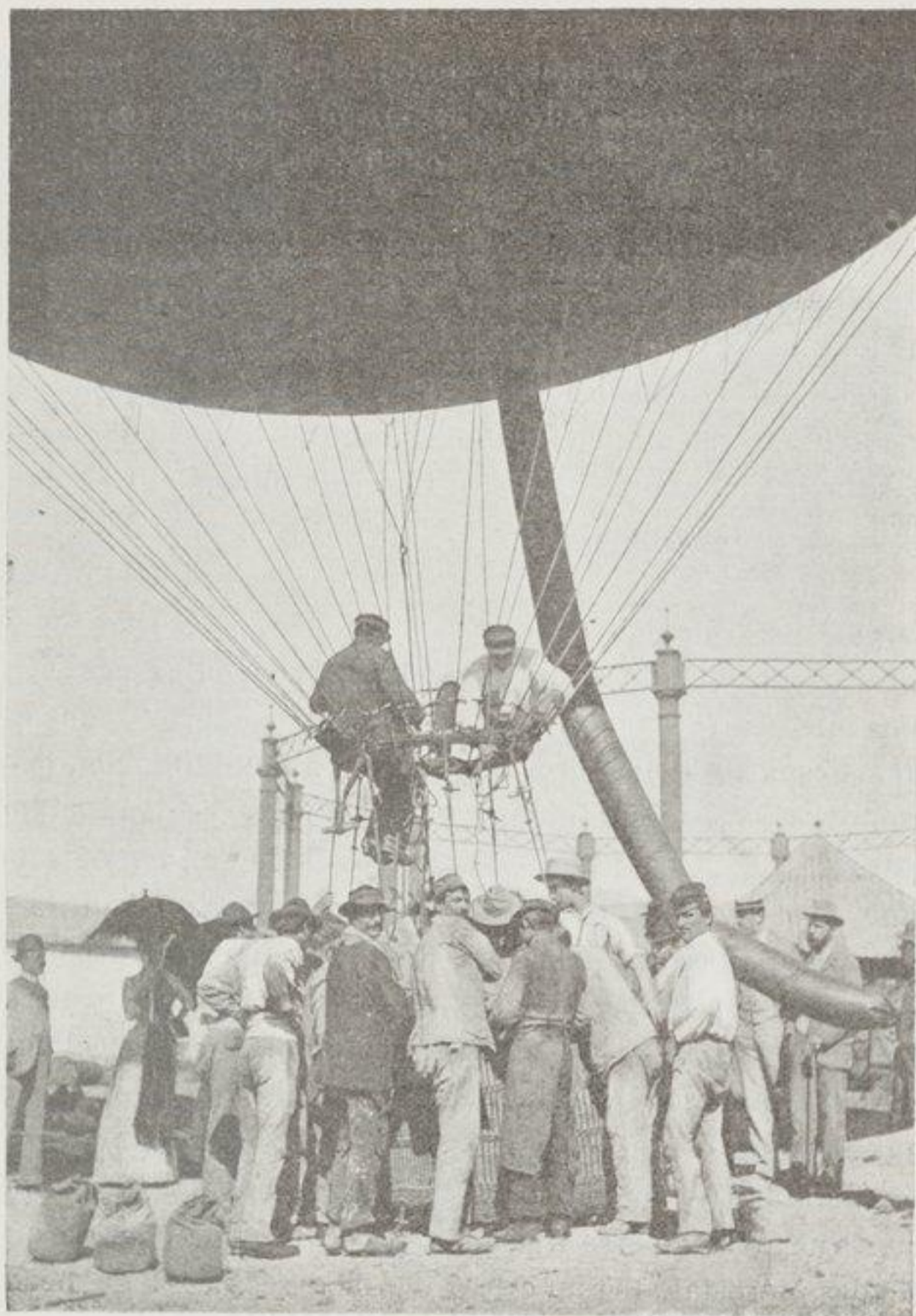
Il est possible, avant le départ d'un aérostat, de déterminer approximativement la quantité de lest à jeter, correspondant à une vitesse de descente également définie, puisque l'on connaît son volume et le poids qu'il enlève; mais il faut, pour chacune des vitesses, savoir le chiffre correspondant du poids de lest à supprimer. Une table établie à l'avance peut donner ces chiffres, mais les conditions

peuvent varier pendant le voyage et il est alors quelquefois compliqué de procéder à un calcul avant de lancer le lest. Aussi emploie-t-on assez souvent une méthode plus simple, qui consiste à jeter le lest, par quantités réduites et toujours les mêmes,

à des intervalles assez rapprochés, jusqu'à ce que la descente de l'aérostat soit arrêtée. Le poids de lest choisi comme unité partielle est ce que l'on nomme la *ration de lest*. C'est une partie minimale de la force ascensionnelle.

Lorsque, par l'observation des instruments, on s'aperçoit que la descente commence, on inscrit l'altitude à laquelle se trouve à ce

moment l'aérostat; on jette une première ration de lest et on continue à observer le baromètre. Si le mouvement de descente se poursuit, on lance une seconde ration de lest lorsque l'altitude s'est abaissée d'une hauteur déterminée : 30, 40, ou 50 mètres suivant la hauteur à laquelle l'aérostat navigue au-dessus du sol. L'al-



Collection Louis Godard.

Fig. 127. — Derniers préparatifs avant le départ d'un aérostat.

lèvement de l'aérostat ne produit pas un effet immédiat, car, par la vitesse qu'il acquiert au fur et à mesure qu'il descend, il dépasse forcément le point auquel l'arrêt devrait se produire. C'est pour cela qu'après avoir jeté chacune des rations de lest, il convient, tout en observant le baromètre, d'apprécier la vitesse de descente de l'aérostat et de ne lancer une nouvelle ration de lest qu'après avoir acquis la certitude qu'il atteindra une altitude de 40 ou 50 mètres moins élevée.

En procédant ainsi par fractions, on ne jette pas le lest au hasard et on l'économise, car on court tout au plus le risque de jeter une ration en trop, ce qui ne constitue pas une dépense excessive, et avec un peu d'expérience on arrive à ne jeter que le lest nécessaire pour que l'aérostat remonte doucement.

Voilà des manipulations qu'on ne soupçonne pas si précises et surtout si impérieuses, lorsqu'on suit, du sol, la marche majestueuse, dans l'espace, d'un aérostat qui semble poursuivre sa route toujours à la même altitude.

On a remarqué que pendant toute la phase de navigation, il n'a pas été question une seule fois de toucher à la soupape pour rétablir l'équilibre de l'aérostat.

Il convient, en effet, lorsque le voyage aérien se poursuit dans des conditions normales, de ne pas manœuvrer la soupape, car cette manœuvre ne peut qu'être nuisible à la stabilité de l'aérostat. Lorsque le gaz intérieur occupe, par suite de sa dilatation, un volume trop considérable, il s'échappe automatiquement par la manche d'appendice et il n'en sort qu'une quantité correspondant à la dilatation, c'est-à-dire à l'altitude à laquelle se trouve l'aérostat. La fuite de gaz cesse, d'autre part, aussitôt que l'équilibre est rétabli. Il serait bien difficile, par la manœuvre de la soupape, de ne laisser sortir que le volume juste suffisant de gaz pour obtenir cet équilibre.

Par contre, le jeu de la soupape devient d'une grande importance dans la phase de *descente* qui suit la phase de navigation, et surtout lors de l'*atterrissage*, dernière phase de l'ascension.

*Descente* Après un voyage d'une certaine durée, pendant lequel l'aérostat aura dû subir des mouvements successifs de montée ou de descente semblables à ceux dont nous venons d'analyser les causes, il ne restera à la disposition de l'aéronaute dirigeant l'ascension qu'une faible quantité de lest. Il faudra, à ce moment, songer à la descente, car il convient d'aborder cette autre phase de l'ascension avant que le lest soit complètement épuisé. Il serait imprudent et dangereux de procéder autrement.

Supposons, en effet, que la descente étant commencée, l'aérostat venant d'une altitude où il a rencontré de l'air atmosphérique sec, traverse brusquement une zone d'air chargé d'humidité. Nous avons expliqué les raisons pour lesquelles l'humidité alourdit l'aérostat. Celui-ci, déjà entraîné vers le sol, subit en traversant la zone humide un alourdissement qui accélère la descente. La rapidité de la chute pourrait devenir dangereuse lorsque la nacelle prendrait contact avec le sol, si le pilote n'avait pas conservé à sa disposition une quantité suffisante de lest qui, jeté par-dessus bord au moment propice, a pour effet de modérer la vitesse de la descente et de permettre d'atterrir sans choc trop brusque.

La quantité de lest à conserver pour effectuer la descente est proportionnée au volume de l'aérostat. Elle dépend aussi des conditions atmosphériques que l'on pourra rencontrer à de plus faibles altitudes, et que l'on peut, assez souvent, prévoir.

Si, au contraire de ce que nous avons supposé plus haut, l'aérostat quitte une zone d'air humide se trouvant à une altitude élevée pour arriver, un peu plus bas, dans



une autre où l'air atmosphérique est sec, la quantité de lest qu'il faudra dépenser pour amortir la chute sera nécessairement moindre que dans l'hypothèse contraire que nous avons examinée.

Là, encore, l'habileté et l'expérience suppléent à des calculs que l'on ne peut établir d'une façon précise.

Ainsi, lorsque la quantité de lest qui reste est réduite au minimum, la phase de navigation aérienne proprement dite est terminée; la descente commence.

Il est inutile de provoquer la descente par la manœuvre de la soupape, à moins de circonstances exceptionnelles comme, par exemple, le voisinage de la mer, ou la nécessité d'atterrir sur un emplacement propice autour duquel peuvent être disposés des obstacles dangereux.

Lorsque le pilote a décidé de descendre, il n'a qu'à laisser naviguer l'aérostat sans jeter du lest. En supposant que cet aérostat se maintienne encore pendant quelque

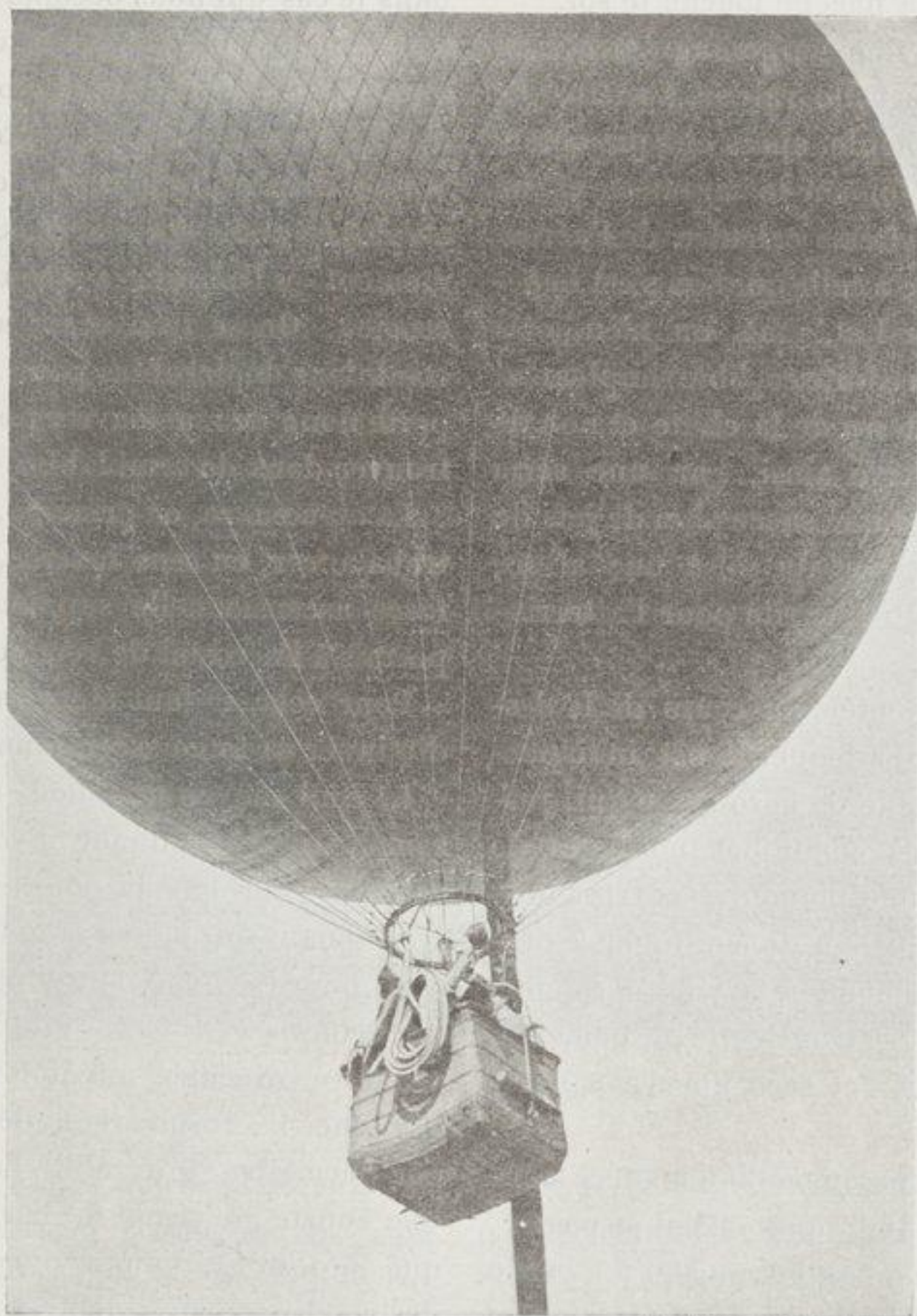
temps à la même altitude, il arrivera un moment où il commencera à descendre. C'est ce qui s'est plusieurs fois répété pendant la phase de navigation. L'aéronaute a, chaque fois, combattu cette descente par un jet de lest, ce qui lui a permis de re-

trouver une zone d'équilibre, de plus en plus élevée.

Cette fois, les conditions changent : il ne s'agit plus de retrouver une altitude pour laquelle l'aérostat pourra de nouveau se maintenir en équilibre. Il s'agit de laisser la descente s'effectuer, mais en la réglant, et en l'accommodant aux conditions de sécurité des voyageurs.

Pour cela, il faut savoir, à chaque instant, quelle

est la vitesse avec laquelle l'aérostat se rapproche du sol. On peut déterminer aisément cette vitesse en consultant à la fois le baromètre et la montre. Le baromètre indique la différence d'altitude, donc le nombre de mètres parcourus, et la montre permet de connaître le temps qui s'est écoulé pour parcourir cette distance. Si le temps



Collection Louis Godard.

Fig. 128. — Un aérostat en ascension.

est relevé en secondes et le chemin parcouru en mètres, une simple division donne la vitesse de descente de l'aérostat en mètres par seconde. Cette vitesse, qui peut être de 1 et 2 mètres, ne doit pas dépasser 4 mètres par seconde, vitesse dangereuse parce qu'elle peut donner lieu à un choc violent lorsque la nacelle touche le sol.

Si donc on se donne, comme vitesse de descente, une certaine valeur, 1 mètre par seconde, par exemple, après chaque observation, faite à la fois sur le baromètre et sur la montre, si la vitesse calculée de l'aérostat est supérieure à celle que l'on s'est imposée, on jette du lest, mais on n'en jette qu'une quantité réduite capable simplement de modérer la vitesse de la chute et non de l'arrêter. On arrive ainsi, par une série d'observations, et une succession de jets de lest à se rapprocher du sol à une allure lente, offrant toute sécurité pour l'atterrissage.

Il peut se présenter, au cours de la descente, un cas dans lequel il est indispensable de faire usage de la soupape qui, jusque-là, dans des conditions normales de voyage, n'a pas été manœuvrée. C'est lorsque l'aérostat, au lieu de continuer à descendre régulièrement, à la vitesse ralentie par le jet de lest, se trouve allégé, pour une cause quelconque, et recommence à s'élever dans l'espace.

Si on n'arrête pas immédiatement ce mouvement ascensionnel, que va-t-il se passer? L'aérostat, qui est flasque, puisqu'il a perdu du gaz pendant la phase de navigation et qu'il s'est rapproché du sol, n'aura pas de stabilité dans le sens ascendant, c'est-à-dire qu'il s'élèvera de plus en plus jusqu'à ce que son enveloppe soit complètement gonflée par le gaz intérieur dilaté. Or, l'altitude pour laquelle cette condition sera remplie sera au moins égale à celle qu'avait l'aérostat lorsque la phase de descente a commencé. Cette altitude sera même dépassée par suite de la vitesse acquise. Il en résulte

que lorsqu'un aérostat, parvenu près du sol, commence à remonter, il ne s'arrêtera qu'à une hauteur plus considérable que celle d'où il descend. Il faudra donc recommencer la descente d'une altitude plus élevée et prendre les précautions indispensables de jet de lest pour amortir cette descente. Or, dans le cas qui nous occupe, il est évidemment impossible de le faire, puisque la quantité de lest conservée pour la descente ne s'appliquait qu'à une altitude moindre et que, de plus, une partie de ce lest a été employée pour amortir la chute jusqu'au moment où l'aérostat a recommencé son ascension. On se trouverait ainsi dans des conditions déplorables pour atterrir. Il importe donc de manœuvrer pour éviter de se trouver dans de semblables conditions.

La manœuvre, en principe, consiste à contrebalancer, en sens inverse, l'action de la force ascensionnelle supplémentaire qui a permis à l'aérostat de remonter.

Pour cela, il faut alourdir l'aérostat, et diminuer sa force ascensionnelle.

Le seul moyen que peut employer l'aéronaute est de diminuer le volume de l'enveloppe pour que la poussée verticale de bas en haut soit moins grande.

Il ouvrira donc la soupape pour laisser échapper du gaz; cette manœuvre devra être exécutée aussitôt qu'il s'apercevra que l'aérostat remonte. La perte de gaz permettra de rétablir l'équilibre après une courte ascension de l'aérostat, de sorte que la descente pourra recommencer dans des conditions sensiblement les mêmes que celles où on se trouvait lorsqu'elle a été interrompue. En tout cas, la différence d'altitude, entre ces deux positions, étant faible, le poids de lest restant disponible sera suffisant pour parer à un chute trop rapide.

Voilà donc la descente réglée et l'aérostat parvenu, à faible vitesse, à proximité du sol. On peut alors, si le terrain est favorable, ne pas atterrir immédiatement.

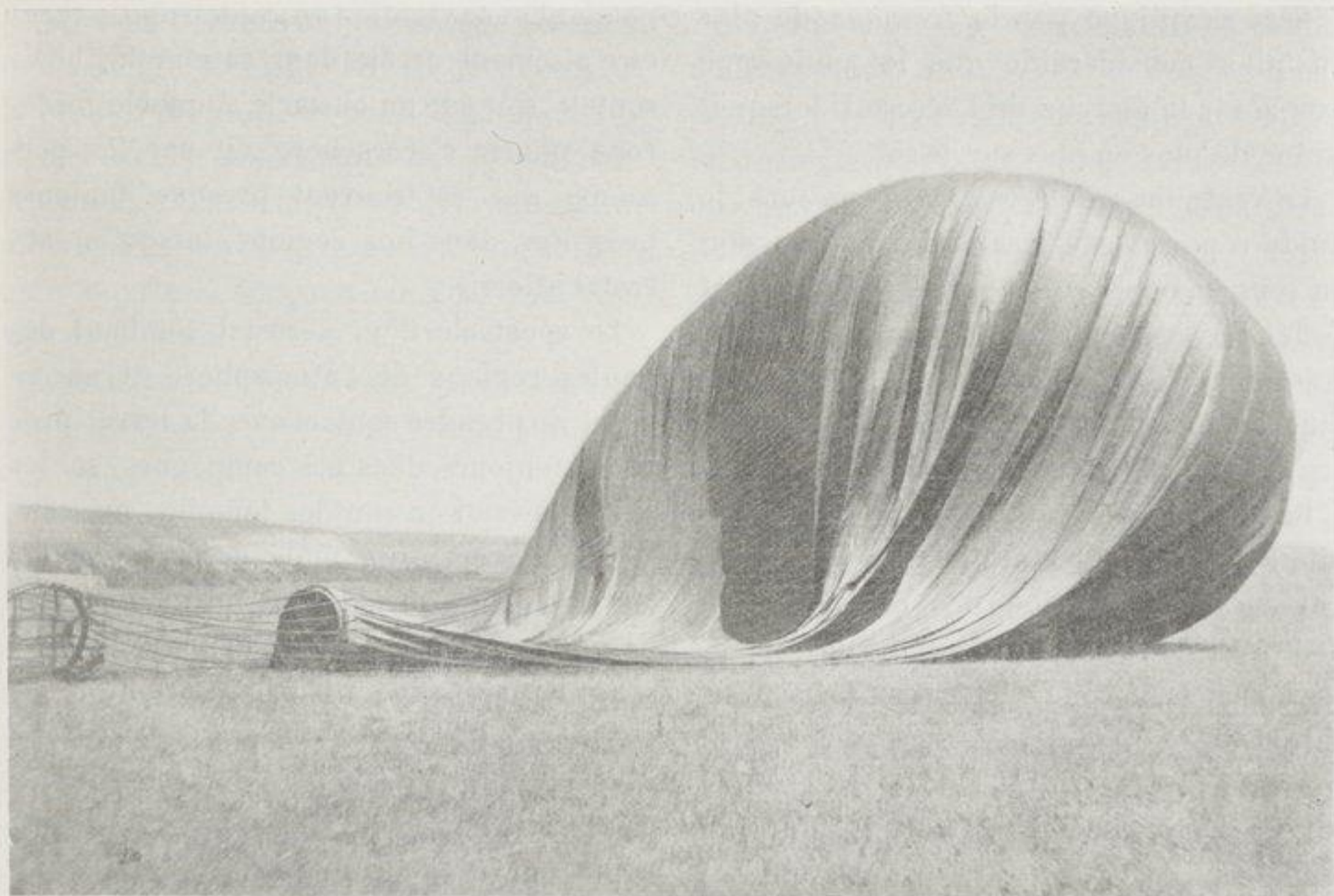
Le voyage peut, en effet, se continuer, à

l'aide du guide-rope, à une altitude maximum de 100 à 150 mètres au-dessus du sol, hauteur dépendant de la longueur de ce guide-rope.

*Navigation au guide-rope* La navigation au guide-rope est une phase de l'ascension par laquelle on n'est pas nécessairement obligé de passer. C'est une

au-dessus desquels on se trouve et de l'état des cultures que l'on y fait.

Lorsqu'un aérostat a déroulé son guide-rope, aussitôt que celui-ci touche le sol, l'aérostat s'allège de tout le poids du guide-rope traînant à terre et le mouvement de descente est arrêté. A ce moment, une partie de la longueur du guide-rope repose sur le sol et, poussé par le vent, l'aérostat



Collection Louis Godard

Fig. 129. — Atterrissage d'un aérostat.

période intermédiaire qui se place entre la phase de descente et l'atterrissage. Cette prolongation de voyage à une faible distance au-dessus du sol ne manque certes pas de charme; encore faut-il trouver un terrain propice pour pouvoir l'effectuer.

Nous avons précédemment indiqué les avantages et les inconvénients de la navigation au guide-rope. Les avantages consistent à prolonger l'ascension sans dépense de lest et à se maintenir à une faible altitude sensiblement constante. Les inconvénients résultent de la nature des terrains

continue sa course. Cette course se ralentit par le frottement du câble sur le sol. L'équilibre de l'aérostat, nous l'avons vu, se trouve, dans cette position, maintenu par la longueur plus ou moins grande de guide-rope qui repose sur le sol au fur et à mesure qu'un mouvement descendant ou ascendant se produisent. La diminution ou l'augmentation de la force ascensionnelle se trouve ainsi compensée et l'aérostat peut continuer à cheminer.

Pendant les phases précédentes de l'ascension, y compris la phase de descente, les

aéronautes ne sentent pas le vent, car l'aérostat se trouve entraîné, par l'action de ce vent, à sa propre vitesse; mais, aussitôt que le guide-rope a pris contact avec le sol, il n'en est plus de même. L'effet du vent commence à se faire sentir et cet effet devient de plus en plus vif à mesure qu'une plus grande longueur de guide-rope traîne à terre, c'est-à-dire à mesure que l'aérostat s'approche du sol.

Ceci s'explique par le *freinage* de plus en plus considérable que le guide-rope exerce sur la marche de l'aérostat lorsqu'il traîne de plus en plus sur le sol.

Le vent pousse l'aérostat dans un sens; le guide-rope retarde sa marche en agissant en sens inverse; les aéronautes subissent l'effet du vent, mais, en réalité, le vent qu'ils ressentent n'a qu'une vitesse égale à la différence existant entre la vitesse réelle du vent et celle de marche de l'aérostat.

Pendant la navigation au guide-rope, le pilote doit surveiller attentivement cet engin de façon à éviter des obstacles, s'il s'en présente. Une faible quantité de lest lancée à propos, permet à l'aérostat de les franchir et de reprendre le voyage sur un terrain plus propice.

Lorsqu'un stabilisateur est adjoint au guide-rope, on peut se rapprocher encore davantage du sol sans craindre d'être *rabattu* par le vent sur des parties saillantes du terrain. Nous avons, plus haut, expliqué le rôle de ce stabilisateur.

Voilà, analysées, toutes les ressources dont on dispose pour prolonger le plus longtemps possible la durée d'une ascension. Lorsque toutes ces ressources sont épuisées, il faut *prendre terre*. C'est l'*atterrissage*.

*Atterrissage* L'atterrissage est donc la dernière phase de l'ascension. Elle consiste à faire les manœuvres nécessaires pour que l'aérostat s'arrête dans sa marche, s'immobilise, malgré l'action du

vent, prenne contact avec la terre ferme, ce qui permet aux aéronautes de descendre de la nacelle. Le voyage aérien est, à ce moment, entièrement achevé.

L'atterrissage peut s'effectuer de diverses manières, suivant les conditions atmosphériques. Le vent est surtout un facteur important avec lequel il faut compter pour l'atterrissage. Si le vent est faible, l'aérostat, qui s'est insensiblement abaissé vers le sol pendant sa navigation au guide-rope, pourra être aisément arrêté dans sa marche horizontale, soit par un obstacle auquel le guide-rope pourra s'accrocher, soit par les personnes qui se trouvent presque toujours présentes, dans nos régions, lorsqu'un aérostat atterrit.

Le spectacle d'un aérostat tombant des hautes régions de l'atmosphère et sur le point de prendre contact avec la terre, provoque toujours, dans nos campagnes, sur les personnes qui en sont les témoins, un sentiment de curiosité mêlé de crainte pour les voyageurs aériens, et, instinctivement, l'aérostat pendant sa marche à ras du sol, avant l'atterrissage, est suivi par une quantité de personnes disposées à prêter leur concours aux aéronautes pour les aider à mettre pied à terre. Lorsque le vent est faible, quelques-uns de ces curieux peuvent facilement, en saisissant le guide-rope, arrêter l'aérostat qui, ainsi immobilisé dans son mouvement horizontal, se trouvera, néanmoins, encore à une certaine hauteur d'où il faudra qu'il redescende. On pourra amener la nacelle jusqu'à terre en tirant sur le guide-rope, ou encore sur le stabilisateur, lorsque l'aérostat en possède un, ou, tout simplement, sur une corde spéciale destinée à cet usage et qu'on laisse pendre de la nacelle au moment de l'atterrissage.

Si, cependant, une fois l'aérostat arrêté, le vent exerce une action telle sur lui que l'effort nécessaire pour l'amener à terre soit trop considérable, l'aéronaute ouvre la soupape, le gaz s'échappe petit à petit,

l'enveloppe se dégonfle, et la nacelle descend doucement jusqu'au sol.

Si les voyageurs ne peuvent compter sur aucun concours de personnes pour aider à l'atterrissage et que le temps soit calme, il suffira que le guide-rope soit arrêté par un obstacle autour duquel il peut s'enrouler pour que l'arrêt se produise tout d'abord; la descente s'effectue ensuite en ouvrant la soupape pour laisser perdre le gaz.

Dans le cas où le guide-rope ne permettrait pas d'obtenir l'arrêt de l'aérostat, le pilote jette l'ancre dont la corde se déroule. L'ancre en trainant sur le sol s'accroche assez facilement et provoque l'immobilisation de la nacelle. Il ne reste plus qu'à ouvrir la soupape pour prendre contact avec le sol.

L'atterrissage par temps calme est toujours assez aisé et n'offre, on le voit, aucun danger.

Lorsque le vent a une vitesse assez grande, l'atterrissage offre plus de difficultés. Il est essentiel, dans ce cas, de provoquer l'arrêt de l'aérostat dans le sens horizontal avant que la nacelle ait touché le sol. C'est l'ancre, engin d'arrêt, qui doit remplir cette fonction. Elle doit être lancée lorsque l'aérostat est encore à une certaine hauteur et, par suite du frottement de ses pointes sur le sol, elle arrive à s'accrocher à des obstacles qu'elle rencontre.

Si, cependant, le vent est vif, l'ancre s'accroche difficilement, à moins qu'elle ne rencontre un obstacle offrant une grande résistance, comme, par exemple, un arbre.

C'est pour cela que, dans ces conditions, les aéronautes cherchent toujours, pour atterrir, à atteindre la lisière d'un bois; l'ancre a, de la sorte, des chances de s'accrocher à un arbre et l'aérostat se trouve retenu captif. Il est, en vérité, couché par le vent vers le sol, mais ce n'est qu'un mouvement oscillant, et la nacelle qui, le plus souvent, n'arrive pas, dans ce mouvement, à heurter le sol, n'est, en tous cas, pas traînée.

Il convient alors de dégonfler le ballon le plus rapidement possible pour que la nacelle soit posée à terre avant que les coups de vent qui couchent l'aérostat ne l'amènent brusquement au contact du sol.

Pour dégonfler rapidement l'enveloppe, il faut laisser échapper le gaz par une ouverture la plus grande possible. La soupape est donc ouverte en grand et la corde qui la commande doit être maintenue constamment tirée et peut même être attachée au cercle de suspension. Si la quantité de gaz ainsi perdue n'est pas suffisante pour provoquer la descente rapide de la nacelle sur le sol, on a alors recours au panneau de déchirure. On tire sur la corde qui l'actionne, corde qui est attachée au cercle de suspension et qui est différenciée, ainsi que nous l'avons dit, par une couleur spéciale de la corde de la soupape. Cette manœuvre donne au gaz un orifice de sortie de section considérable; l'enveloppe, prestement dégonflée, n'offre bientôt au vent qu'une prise réduite, en même temps que la nacelle descend rapidement prendre contact avec le sol.

La violence du vent est telle, parfois, que même les obstacles résistants comme les branches d'arbres, par exemple, sont arrachés et que l'ancre ne peut pas effectuer sa prise sur le sol. Nous avons relaté un cas semblable dans l'atterrissage de l'aérostat *le Géant* dont nous avons narré les dangereuses péripéties.

On ne peut compter, dans des conditions pareilles, que sur un arrêt très problématique de l'aérostat. Si l'on n'a plus une quantité suffisante de lest pour empêcher la nacelle de raser le sol, la situation des aéronautes peut devenir très difficile et même fort dangereuse. C'est alors le *trainage* avec ses conséquences parfois désastreuses, et le trainage constitue le cas d'atterrissage le plus redouté et qu'il faut éviter à tout prix.

L'aérostat, emporté horizontalement par un vent violent, est presque couché sur la terre; la nacelle heurte, de distance en dis-

tance, le sol. A chacun des chocs, momentanément délesté, il remonte brusquement, mais cette montée est de courte durée et, de nouveau, il retombe lourdement sur le sol, d'autant plus lourdement, d'ailleurs, que le bond qu'il a fait était considérable. Les aéronautes ont donc à subir, non seulement les chocs produits par le trainage de la nacelle dans le sens horizontal, mais encore les heurts provenant des bonds successifs de l'aérostat. Ils ont la ressource, pour éviter de graves accidents, de se suspendre au cercle de suspension et aux cordages, chaque fois que la nacelle reprend contact avec le sol. Ils atténuent ainsi la rudesse des chocs, mais il importe surtout, dans ce cas, que le pilote provoque le dégonflement du ballon dans le minimum de temps possible. La soupape doit être ouverte et être maintenue dans cette position pour que le gaz puisse constamment s'échapper par son orifice. En outre, il faut agir, au moyen de la *corde de déchirure*, sur le panneau spécial de l'enveloppe préparé pour se détacher de cette enveloppe sous un effort déterminé. Le gaz trouve, de la sorte, un autre orifice de sortie de section importante, et le ballon, devenant de plus en plus flasque donne moins de prise au vent; la nacelle alors traîne d'une façon permanente sur le sol et finit par s'arrêter.

Ce genre d'atterrissage se termine assez souvent par des accidents ou, tout au moins, par des contusions pour les voyageurs. Les instruments d'observation peuvent, de plus, être détériorés et on peut ainsi perdre, par un atterrissage malencontreux, le bénéfice d'observations peut-être précieuses, faites pendant l'ascension, en admettant qu'on ait la chance de sortir indemne de la course cahotée qu'effectue l'aérostat pendant le trainage.

Il convient de dire que les cas de trainage sont heureusement assez rares et se produisent par suite de circonstances fortuites et exceptionnelles.

L'atterrissage s'opère, dans la plupart des cas, comme nous l'avons indiqué plus haut, c'est-à-dire, en résumé, par l'arrêt de l'aérostat et par la descente sur place, par suite du dégonflement du ballon, de la nacelle qui arrive sur le sol. Les voyageurs descendent de la nacelle pendant que l'enveloppe finit de se vider en laissant échapper le gaz par l'orifice de la soupape et du panneau de déchirure; ils enlèvent les instruments d'observation et les mettent en sécurité.

Lorsque le dégonflement est achevé, l'enveloppe, de laquelle on a séparé le filet, est pliée, roulée, et placée dans le sac à ballon qui la protège contre des éraflures toujours possibles si on ne prend pas cette précaution. On sait, en effet, que l'enveloppe est recouverte d'un vernis qui la rend imperméable et il faut éviter que ce vernis s'enlève par places par suite de frottements anormaux.

La nacelle est séparée du cercle de suspension, lequel est, lui-même, détaché du filet. Le sac contenant l'enveloppe et le filet sont placés dans la nacelle; la soupape peut également être démontée, ou, tout au moins son chevalet, et être enfermée dans un étui logé, lui aussi, dans la nacelle. Le cercle de suspension est disposé au-dessus et ligaturé à l'aide des cordes de suspension qu'il porte. Le tout est enveloppé d'une bâche ou d'une housse de protection, et tout l'aérostat se trouve ainsi réduit à un seul colis que l'on fait transporter à la gare la plus voisine pour regagner en chemin de fer le point d'attache.

A l'arrivée, l'enveloppe doit être déroulée et étendue. On procède minutieusement à sa visite pour faire, s'il y a lieu, les réparations nécessaires dans le cas de déchirures ou d'accrocs. On la gonfle ensuite avec de l'air pour s'assurer de son imperméabilité, puis elle est dégonflée, soigneusement pliée et se trouve ainsi prête pour une autre ascension.



Fig. 130. — Atterrissage dans la mer du Nord des époux Duruof, aéronautes, et leur sauvetage par des marins anglais.

Voilà l'ascension terminée. Résumons-la en la représentant par un tracé graphique. Nous avons déjà donné cette représentation graphique pour les deux premières phases de l'ascension. Nous prendrons donc la suite du tracé au point Z (Fig. 131). En ce point l'aérostat a atteint une altitude d'environ 1.400 mètres, après un peu plus de huit heures de navigation.

La phase de navigation peut n'être pas achevée en ce point. Suivant la quantité

qu'une quantité de lest juste suffisante pour effectuer normalement sa descente de la façon que nous avons examinée, l'aéronaute laisse la descente commencer d'elle-même et n'intervient, en jetant du lest, que pour la ralentir.

La descente commence au point *c*; elle s'effectue d'abord assez brusquement suivant la ligne *cd*, ce qui n'offre aucun inconvénient, l'aérostat étant encore fort éloigné de terre; mais au fur et à mesure

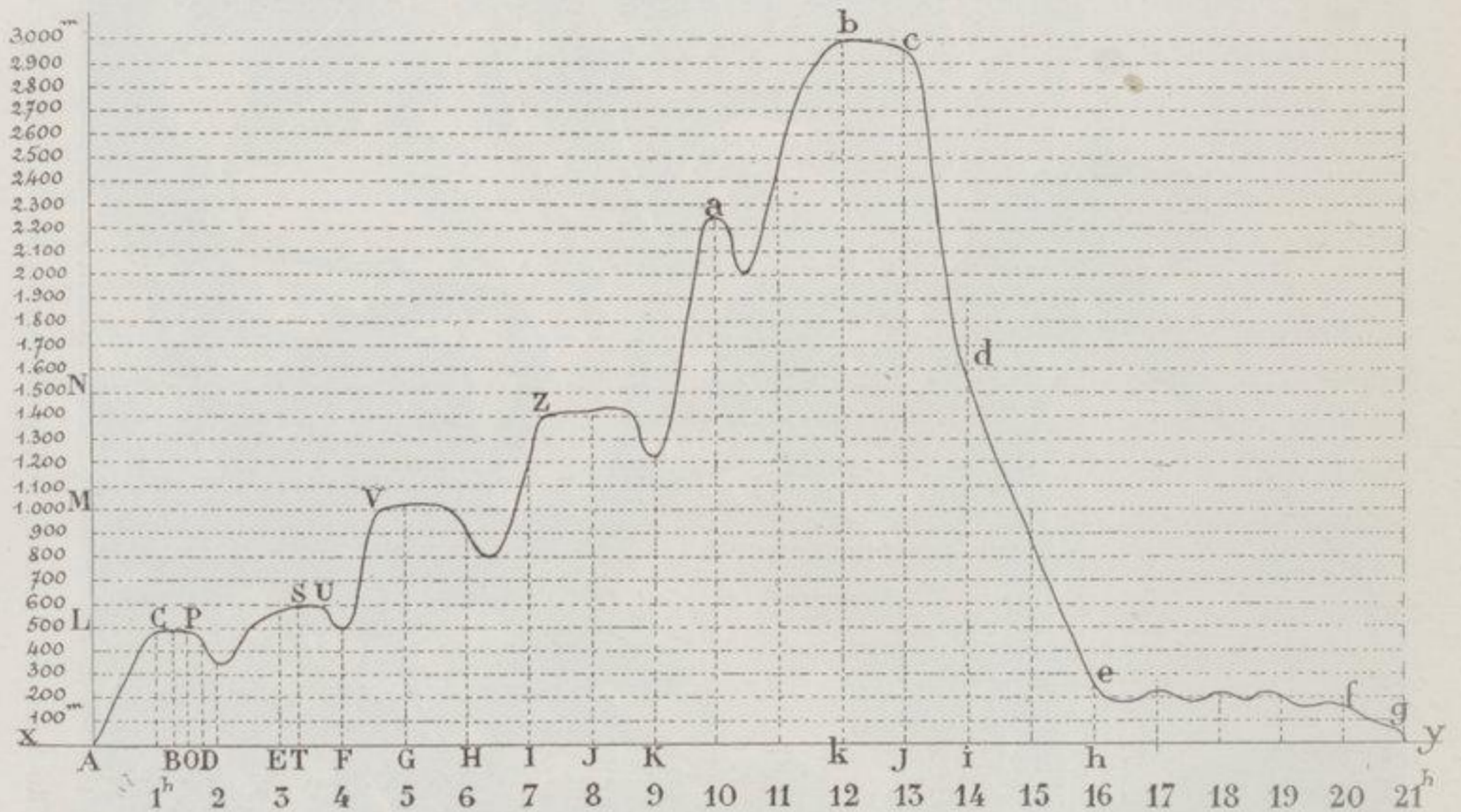


Fig. 131. — Schéma d'ensemble d'une ascension.

de lest disponible, en effet, l'aérostat pourra continuer à rester dans l'espace, mais nous avons expliqué pourquoi il effectuera, nécessairement, une succession de descentes et de montées pour retrouver, après ces mouvements, une nouvelle zone d'équilibre d'altitude de plus en plus considérable.

La représentation graphique de la suite de la phase de navigation proprement dite sera donc une succession de courbes *a*, *b*, etc... ayant une allure à peu près semblable, mais le point culminant de chacune de ces courbes sera de plus en plus élevé.

Lorsque, parvenu au point *b*, à l'altitude d'environ 3.000 mètres, l'aérostat ne possède

qu'il s'en rapproche, la vitesse de descente doit être réduite au chiffre de sécurité, par un allègement progressif de l'aérostat. La courbe *de*, plus inclinée que la courbe *cd*, indique nettement le ralentissement de cette vitesse, puisque pour descendre du point *c* au point *d* l'aérostat avait mis une heure, tandis qu'il en met deux pour descendre de hauteurs sensiblement égales.

Au point *e* de la courbe, la vitesse de descente se ralentit considérablement. C'est le moment où le guide-rope, touchant le sol, permet à l'aérostat de se maintenir en équilibre à peu de distance au-dessus de la terre



et de naviguer ainsi pendant un certain temps dans une direction presque horizontale. La navigation au guide-rope, commencée au point *e*, s'est poursuivie jusqu'au point *f*, et a duré par conséquent quatre heures.

La courbe représentant les altitudes successives atteintes pendant cette période par l'aérostat est la courbe *e f*. Cette courbe a une direction moyenne légèrement inclinée en allant du point *e* vers le point *f*. Cela indique que l'aérostat s'est alourdi de plus en plus en allant de *h* vers *g*; son altitude est devenue de plus en plus faible; le guide-rope traînant de plus en plus sur le sol, lui a seul permis de conserver son équilibre. Mais la ligne *ef* n'est pas une ligne droite, car les variations de la force ascensionnelle qui se sont exercées sur l'aérostat pendant le trajet de *h* en *g* compté en heures et qui ont pu être compensées par l'action du guide-rope, ont provoqué des montées et des descentes successives, de faible valeur cependant. C'est pour cela que la ligne *ef* est constituée par une série d'ondulations représentant graphiquement les variations de cette altitude.

On voit que la navigation au guide-rope s'est effectuée à une faible hauteur moyenne. Au point *f* a commencé la phase de l'atterrissage. L'aérostat a cheminé pendant un temps représenté par la longueur *fg* avant de toucher le sol, et le voyage s'est terminé au point *g*. La figure 131 représente donc, dans son ensemble, le graphique d'une ascension complète, divisée en cinq phases : de *A* en *C*, c'est le départ; de *C* en *e*, c'est la phase de navigation aérienne proprement dite; de *e* en *f*, c'est la descente; de *f* en *g*, c'est la navigation au guide-rope; enfin de *g* en *h*, c'est la phase d'atterrissage, dernière phase de l'ascension.

Nous avons, dans le graphique ci-contre, rapporté les altitudes atteintes par l'aérostat au temps mis par celui-ci pour y parvenir : c'est le *graphique horaire*. On

pourrait également tracer le graphique par rapport à la longueur du chemin parcouru.

Sur les lignes verticales ou *ordonnées*, on porterait, comme dans le graphique précédent, les valeurs des diverses altitudes atteintes, tandis qu'horizontalement, sur l'axe des *abscisses* seraient portées des longueurs correspondant au nombre de kilomètres parcourus depuis le point de départ. La courbe obtenue en joignant les points d'altitudes différentes serait le *graphique kilométrique* de l'ascension.

*Caractères divers des ascensions*

Nous avons supposé, dans l'ascension dont nous venons d'analyser les phases, que sa durée avait été prolongée le plus longtemps possible, mais tel n'est pas le caractère de toutes les ascensions. Si la plupart, parmi elles, ont pour but de rester le plus longtemps possible dans les airs ou de parcourir la distance la plus considérable, il en est dans lesquelles on cherche à atteindre une altitude très élevée, ascensions se rapportant presque toujours à des observations scientifiques.

Dans quelques autres, on s'impose un point d'atterrissage, et la manœuvre est constamment effectuée en vue de prendre terre le plus près possible du lieu désigné. Parfois, aussi, la fantaisie des aéronautes les conduit, après avoir navigué dans les zones de haute altitude, à se rapprocher du sol lorsque le terrain est favorable à la navigation au guide-rope, et à jouir un certain temps de cette promenade à faible hauteur d'où l'on distingue, dans les moindres détails, tout le panorama terrestre qui défile sans cesse avec ses sites d'aspects si variés.

Cette intéressante promenade achevée, l'aéronaute peut remonter à une altitude plus élevée et reprendre sa navigation aérienne normale interrompue. Il faut, bien entendu, dans ce cas, avoir à sa dispo-

sition une quantité de lest encore suffisante pour assurer la descente finale.

Les ascensions de durée et de distance sont conduites de la même façon, car plus la durée de l'ascension sera considérable, plus le nombre de kilomètres parcourus pourra être grand. Cette condition ne se réalise pas nécessairement, car il peut fort bien arriver qu'un changement de direction du vent ramène un aérostat ayant déjà parcouru un chemin important, vers le point d'où il est parti, de sorte que, malgré une durée d'ascension considérable, il est possible que le chemin parcouru, mesuré à vol d'oiseau entre le point de départ et le lieu d'atterrissage, soit relativement minime.

Lorsque le but d'une ascension est de parcourir la plus grande distance possible, le pilote doit manœuvrer pour éviter d'être ramené vers son point de départ par un courant d'air rencontré quelquefois à une certaine altitude. Etant, à l'aide d'une carte, renseigné sur la route qu'il a déjà parcourue et sur sa direction moyenne, il doit sortir de la zone dans laquelle règne un vent défavorable qui le ramène en arrière. Suivant les conditions de l'atmosphère, et suivant les courants probables qu'il peut rencontrer, le pilote doit gagner une nouvelle zone d'équilibre pour retrouver la direction propice qui l'éloignera du point de départ.

Lorsqu'il s'agit d'une ascension d'altitude dans laquelle le but à atteindre est de s'élever à la plus grande hauteur possible dans l'atmosphère, les conditions de dépense de lest sont différentes. L'altitude à laquelle l'aérostat peut s'élever ne dépend que de la quantité de lest que cet aérostat emporte en quittant le sol.

Ce lest peut être dépensé petit à petit, comme s'il s'agissait d'une ascension de durée. Il se produit alors, comme dans la phase de navigation de l'ascension que nous venons d'examiner, une série de mouvements verticaux de haut en bas et de bas

en haut, mais l'altitude se relève de plus en plus.

Cependant, comme les ascensions d'altitude sont généralement fatigantes, qu'elles peuvent occasionner des troubles physiologiques sérieux, on en réduit assez souvent la durée. Pour cela, on gagne les zones élevées aussitôt après le départ, sans brusquerie toutefois, pour éviter une variation trop rapide de la pression atmosphérique. On jette du lest par petites quantités, mais régulièrement. On navigue pendant un certain temps dans la nouvelle zone d'équilibre atteinte, mais on n'attend pas que l'aérostat commence à descendre pour rejeter du lest, comme on le fait dans une ascension ordinaire. C'est, en somme, une succession de *paliers* de plus en plus élevés, auxquels les aéronautes accèdent d'échelon en échelon, et sur lesquels ils se maintiennent le temps nécessaire pour n'être pas incommodés par les transitions trop brusques provenant de la raréfaction de l'air atmosphérique.

L'aérostat s'élève jusqu'à ce que la quantité de lest à dépenser soit épuisée. Il faut, bien entendu, conserver le lest nécessaire à la descente qui s'effectue dans les mêmes conditions que dans l'ascension ordinaire.

Si l'ascension a pour but d'atterrir le plus près possible d'un point désigné à l'avance, il faut d'abord trouver un courant d'air qui conduise dans la direction de ce point. Puis en appréciant la vitesse de l'aérostat et en connaissant l'altitude à laquelle il se trouve, il faut provoquer la descente de façon que le mouvement vertical de haut en bas, composé avec le déplacement produit par l'action du vent, conduise l'aérostat à proximité du point qu'on se propose d'atteindre.

On peut, lorsqu'on dispose d'un terrain favorable à l'emploi du guide-rope, varier à son gré, ainsi que nous l'avons dit, les phases de l'ascension. On peut commencer l'ascension en laissant trainer le guide-

rope; c'est ce que l'on appelle *partir sur le guide-rope*. Il faut que la force ascensionnelle de l'aérostat ne soit pas trop considérable, de façon que le guide-rope reste en contact avec le sol.

Un départ semblable ne manque pas d'agrément, mais il est pour ainsi dire rendu impossible dans nos contrées, où la population est généralement très dense et où les cultures occupent une grande étendue.

*Utilité des ascensions libres* Un voyage effectué en aérostat libre est toujours, pour les aéronautes, une source de sensations nouvelles, d'un attrait tout spécial, et qu'on ne peut éprouver dans aucune autre circonstance.

Chez les voyageurs qui, pour la première fois affrontent les émotions d'une envolée dans l'espace, il se mêle, au désir de connaître et de *voir du nouveau*, comme un sentiment de crainte, d'appréhension provenant de l'incertitude des conditions dans lesquelles s'effectuera le voyage. Et cependant, cette incertitude même soutient l'intérêt de l'ascension et lui donne un agrément particulier. On éprouve, lorsqu'on navigue dans l'espace infini, conduit par le hasard des vents, vers des directions inconnues, une impression singulière.

Le silence complet, la douceur avec laquelle on se trouve emporté, même à vive allure, sans ressentir le moindre souffle d'air, le calme le plus profond succédant, tout à coup, à la fiévreuse activité de la vie quotidienne, toute cette tranquillité majestueuse prédispose aux méditations philosophiques.

Le charme pénétrant qu'on goûte ainsi s'accroît encore au spectacle pittoresque et grandiose qui se déroule sous l'aérostat et parfois, aussi, à sa hauteur, au milieu des nuées.

Les ascensions libres ont, en outre, une grande importance au point de vue des explorations scientifiques de l'atmosphère. Nous avons donné la relation de quelques-unes de ces excursions effectuées avant l'année 1870, et on trouvera plus loin le récit d'autres voyages d'aérostats libres partis également en vue de recherches scientifiques.

A un autre titre, les ascensions libres sont d'une utilité primordiale. Elles permettent, en effet, aux futurs navigateurs aériens, désireux de *piloter* un aérostat dirigeable, ou un aéroplane, de se familiariser avec l'espace.

Il convient, en effet, de conserver tout son sang-froid dans les manœuvres complexes de ces appareils et cela ne s'obtient qu'en se familiarisant suffisamment avec la navigation aérienne pour que disparaissent toutes les préoccupations autres que celles qui intéressent directement le fonctionnement de leurs organes. A ce titre, l'ascension libre est une excellente école d'énergie où se développe l'esprit de décision, si précieux à posséder lorsqu'on veut faire de la navigation aérienne dirigée.

Des exploits récents, dont il sera question dans la dernière partie de ce livre, montrent tout le parti qu'un aviateur peut tirer de son expérience d'aéronaute, pour affirmer sa supériorité sur ses concurrents.



AÉROSTATS LIBRES SPÉCIAUX.  
BALLONS SONDES. — MONTGOLFIÈRES MODERNES.

*BALLONS-SONDES* : Historique. — Applications. — Appareils enregistreurs. — Étude de l'atmosphère. — Ascensions internationales.  
*MONTGOLFIÈRES MODERNES* : Montgolfière Godard. — Rénovation de la montgolfière.

Les aérostats libres que nous venons d'examiner dans le chapitre précédent, sont des aérostats constitués essentiellement pour permettre à des aéronautes d'effectuer des voyages aériens. C'est le type d'aérostat libre le plus généralement utilisé, celui que tout le monde a vu et peut voir presque tous les jours dans les airs.

Il y a cependant des aérostats libres constitués de façon différente, comme les *montgolfières* modernes, et d'autres construits pour s'élever à de très hautes altitudes, comme les *ballons-sondes*. Ces derniers aérostats n'emportent pas de voyageurs.

Les montgolfières modernes, bien différentes, ainsi qu'on va le voir, des primitives montgolfières qui ont enlevé les premiers voyageurs aériens dans l'espace, utilisent l'air chaud comme gaz léger, au lieu du gaz d'éclairage ou de l'hydrogène qui sont employés pour gonfler les enveloppes de tous les aérostats libres.

Il y a actuellement une tendance à revenir à l'idée de Montgolfier en la réalisant, toutefois, avec des procédés plus perfectionnés et en donnant toute sécurité au touriste aérien, et il nous a paru intéressant de si-

gnaler les efforts faits dans ce but et les résultats obtenus. C'est ce que nous examinerons, après avoir indiqué de quelle façon sont constitués les ballons-sondes et décrit leur mode d'emploi à l'exploration des hautes couches atmosphériques.

*Ballons-sondes* Les *ballons-sondes* sont des aérostats libres, de volume réduit, utilisés spécialement pour l'étude des hautes régions de l'atmosphère. Ces ballons s'élèvent, en effet, à de très hautes altitudes, n'emportant, dans leur nacelle, que des instruments enregistreurs qui traacent automatiquement les courbes de variation de l'altitude, de la température, de l'état hygrométrique. L'étude de ces éléments et la comparaison des résultats obtenus en divers lieux et à diverses hauteurs a permis de déterminer certaines lois de variation des phénomènes atmosphériques d'un grand intérêt pour les recherches météorologiques.

L'idée du ballon libre non monté date, en somme, du jour où Montgolfier lança son premier globe en papier qui s'éleva dans les airs. On a vu avec quelle rapidité

ces globes fragiles furent transformés pour pouvoir enlever d'intrépides passagers, et on a remarqué, également, quelle transformation rapide s'était produite en vue de l'obtention d'une force ascensionnelle plus considérable que celle que pouvait donner l'air chaud, utilisé pour enlever les premières montgolfières.

L'emploi de l'hydrogène pour gonfler les aérostats suivit, en effet, de très près, la découverte du ballon à air chaud par Montgolfier.

Ces montgolfières et aérostats à gaz léger, qui s'élevaient tous les jours plus nombreux avec des aéronautes, n'empêchaient pas l'ascension des ballons libres sans passagers, des *ballons perdus*, comme on les appelait. On en laissait s'élever un grand nombre dans les airs pour toutes sortes de motifs.

Ils remplaçaient, le plus souvent, dans les réjouissances publiques, les aérostats montés, plus coûteux. On les employait également, pour connaître avant le départ d'un aérostat monté, la direction des courants aériens à diverses hauteurs dans l'atmosphère. Cette méthode d'observation est encore appliquée parfois actuellement. On laisse s'envoler un ou plusieurs ballonnets légers gonflés avec du gaz d'éclairage et l'on observe la direction dans laquelle ces ballonnets sont poussés au fur et à mesure qu'ils s'élèvent. On en peut déduire la direction probable de la route que parcourra l'aérostat monté aussitôt qu'il aura quitté le sol.

Pour augmenter l'attrait du public au départ d'un aérostat, on lançait même des ballonnets explosibles avant le départ de l'aéronaute. Les ballonnets après s'être élevés dans les airs, et avoir indiqué la direction du vent, éclataient tout à coup, en produisant un bruit qui jetait quelque émoi parmi les spectateurs. Ceux-ci étaient ainsi mieux préparés à apprécier les dangers d'une ascension, et ce n'était pas sans émo-

tion qu'ils voyaient s'enlever, dans les airs, l'aéronaute, qui, calme et confiant, leur prodiguait ses salutations, dès le départ.

On a songé aussi, à utiliser les ballons perdus, au point de vue militaire, mais les quelques essais qu'on a faits dans cette voie n'ont jamais donné des résultats probants, de sorte que cet emploi ne s'est pas généralisé.

Nous avons dit quelques mots des ballons lancés par les Autrichiens au-dessus de Venise assiégée pour réduire cette place. Les bombes emportées par ces petits ballons, et qui devaient semer la mort dans la ville et l'obliger à se rendre, éclatèrent, pour la plupart, dans le camp autrichien.

Pendant la guerre franco-allemande de 1870-1871, on essaya, lorsque Metz et Paris furent investis par les troupes ennemies, d'expédier des dépêches au moyen de petits ballonnets livrés au hasard des vents dans l'espace. Quelques-uns de ces ballonnets atterrirent en pays ami d'où les dépêches purent être envoyées à destination. Par contre, un certain nombre d'entre eux tombèrent aux mains des ennemis. C'est alors que de courageux aéronautes s'offrirent, pendant le siège de Paris, à piloter des aérostats porteurs de lettres et de dépêches qui, seules, pouvaient assurer, dans ces tristes jours, la communication de la capitale avec le reste de la France.

Les *ballons perdus* n'ont commencé à être utilisés pour l'exploration des hautes couches de l'atmosphère, que vers l'année 1892.

Auparavant, de nombreuses ascensions avaient été effectuées dans ce but, mais avec des aérostats enlevant des aéronautes qui faisaient eux-mêmes les observations aux diverses altitudes.

On se rappelle les ascensions de Robertson, de Glaisher et Coxwell dont nous avons parlé.

Les expériences se trouvaient limitées à une altitude encore trop réduite, malgré la

hauteur d'environ 7.900 mètres atteinte par un des aérostats. C'est pour cela que Tissandier et ses compagnons : Crocé-Spinelli et Sivel, tentèrent, en 1875, une ascension pour pouvoir recueillir à une altitude plus élevée des données scientifiques nouvelles. Cette ascension se termina par la mort de Crocé-Spinelli et de Sivel, que l'on trouva dans la nacelle, asphyxiés par suite de la raréfaction de l'air, à l'altitude de 8.600 mètres atteinte par l'aérostat. Gaston Tissandier put heureusement être rappelé à la vie. Nous donnerons plus loin la relation de ce tragique voyage, qui marqua, pour ainsi dire, la limite extrême à laquelle des aéronautes pouvaient compter s'enlever pour effectuer utilement des observations, sur l'état atmosphérique, dans les zones supérieures.

On songea donc à remplacer les aérostats montés par des ballonnets libres pouvant emporter simplement des instruments. Il fallait cependant que ces instruments fussent établis pour enregistrer automatiquement les observations, de sorte qu'à la descente du ballonnet on pût trouver ces observations inscrites et traduites par une courbe donnant les indications désirées.

C'est en 1892 que MM. Hermite et Besançon lancèrent d'abord des ballons en papier, portant des cartes sur lesquelles était inscrit un questionnaire. A l'atterrissage, cette carte devait être remplie par la personne

qui trouvait le ballon et envoyée aux expérimentateurs. Un certain nombre de cartes ainsi expédiées revinrent avec des indications qui permirent de déterminer les trajectoires suivies par les ballons, le chemin parcouru et leur vitesse de marche.

On munit même les ballonnets d'un dispositif qui laissait tomber une carte de distance en distance pour que la suite des observations ainsi enregistrées permit de connaître les variations de la trajectoire suivie par ces ballonnets.

Un ballonnet fait en papier de journal enduit de pétrole et gonflé avec du gaz d'éclairage fut lancé avec un premier appareil enregistreur. Cet appareil comportait un thermomètre pouvant indiquer les températures maximum et minimum atteintes, et un baromètre dont les variations provoquaient le déplacement d'une aiguille en acier dont la pointe appuyait sur une glace enduite de noir de fumée. Le trait ainsi tracé indiquait l'altitude à laquelle s'était élevé le ballon.

On appela ces ballonnets *des ballons-sondes*, nom qu'on leur a, depuis, conservé. La fragilité des ballons-sondes faits en papier conduisit à les construire en *baudruche*.



Fig. 132. — Ballon-sonde, à l'altitude de 40 mètres (d'après une photographie prise de l'usine à gaz de la Villette).

En 1893, MM. Hermite et Besançon construisirent un ballon-sonde en baudruche ayant un volume de 113 mètres cubes, qui fut gonflé avec du gaz d'éclairage. Ce ballon, auquel on avait donné le nom d'*Aérophile*, lancé le 26 mars 1893, atteignit une altitude de 15.000 mètres. Il atterrit à Chanvres, près de Joigny, dans le département de l'Yonne, après être resté près de sept heures dans les airs. La température la plus basse atteinte pendant l'ascension, et indiquée par un thermomètre enregistreur, fut de 51 degrés au-dessous de zéro.

Une seconde ascension de l'*Aérophile* eut lieu, le 27 septembre de la même année. Il alla tomber dans la Forêt-Noire, à 450 kilomètres de Paris. L'altitude atteinte avait été de 8.600 mètres, et la plus basse température indiquée était de 40 degrés au-dessous de zéro. Le petit ballon fut détruit par les paysans qui le trouvèrent, et une explosion se produisit, provoquée par les lanternes qu'ils portaient, explosion qui blessa quelques-uns d'entre eux.

Une succession d'expériences furent faites ensuite, en 1895 et 1896, avec un ballon en baudruche de 180 mètres cubes.

L'une d'elles permit de constater que l'altitude atteinte avait été de 15.500 mètres, et la plus basse température enregistrée, de 70 degrés au-dessous de zéro.

On établit, à la suite de ces intéressants résultats, des ballons en soie légère, plus solide que la baudruche, mais d'un prix de revient plus élevé. Le premier ballon ainsi construit avait un volume de 400 mètres cubes et s'éleva, lors de l'ascension du 5 août 1896, à 14.000 mètres, la température inférieure enregistrée étant de 51 degrés au-dessous de zéro.

Cet aérostat, dont une des figures qui suivent, montre l'aspect au moment du dé-

part, était muni d'instruments enregistreurs plus perfectionnés que les précédents.

Appareils divers pour ballons-sondes

Le *barothermographe* (Fig. 133), construit par l'ingénieur Jules Richard, était

suspendu dans une sorte de cage en osier (Fig. 132) au-dessous de l'aérostat.

Cet instrument comporte à la fois un thermomètre et un baromètre enregistreurs. En outre, entre ces deux appareils est disposé un hygromètre à cheveux.

Le baromètre est constitué par un tube métallique de forme aplatie et roulé en spirale. On fait le vide dans ce tube, de sorte que la pression atmosphérique s'exerçant sur ses parois extérieures tend à écarter ou à resserrer les spires. Ce mouvement est transmis à une plume fixée au bout d'un levier. La plume se déplace sur un cylindre en papier animé d'un mouvement de rotation uniforme. Le tracé effectué sur ce cylindre par la plume, représente les variations de la pression barométrique, de laquelle on peut déduire l'altitude atteinte.

Le thermomètre enregistreur comporte également une aiguille qui se déplace devant une feuille de papier en traçant une courbe qui représente les variations de la température. Pour cela, l'aiguille est rendue solidaire des mouvements effectués par un tube en spirale semblable au précédent, mais dans lequel on a versé de l'alcool, au lieu d'y faire le vide. L'alcool, variant de volume suivant la température, provoque le déroulement ou l'enroulement du tube et, par conséquent, le déplacement de l'aiguille sur le rouleau de papier divisé.

Le thermomètre est gradué jusqu'à 83 degrés au-dessous de zéro.

Dans les premières expériences, on noir-

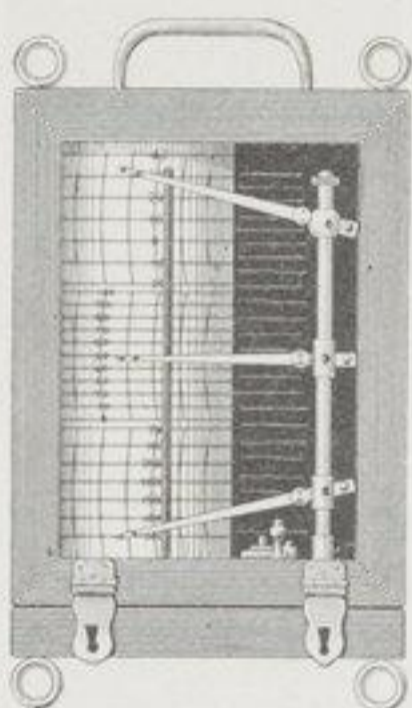


Fig. 133. — Barothermographe enregistreur, comprenant, au centre, un hygromètre à cheveux.

cissait le papier enroulé sur les cylindres, à l'aide de noir de fumée, parce qu'aux basses températures l'encre contenue dans la plume se congelait. Par la suite, la composition de l'encre fut modifiée et permit d'effectuer le tracé, même à basse température.

L'hygromètre est, comme le baromètre et le thermomètre, muni d'une plume qui trace la courbe des variations hygrométriques de l'air atmosphérique.

Les trois plumes se trouvent ainsi superposées et inscrivent leur tracé sur des rouleaux de papier enroulés sur un même cylindre vertical.

Le mécanisme est enfermé dans une boîte en bois munie de vitres et comportant sur deux parois des plaques en métal perforé, pour permettre la circulation de l'air.

L'appareil est relié, par l'intermédiaire d'une suspension élastique, à un petit panier en osier fermé par un cadenas, et ce petit panier est ensuite introduit dans un autre panier cylindrique (Fig. 134) en osier noir, entouré de papier d'argent pour empêcher l'action des rayons solaires sur l'air qui se trouve à l'intérieur de ce panier. Ce panier cylindrique, nommé *panier parasoleil*, est suspendu au-dessous du ballon à une distance d'environ 8 mètres et amortit le choc lorsque le ballon atterrit. L'instrument enregistreur peut, de la sorte, être protégé contre les avaries probables qui résulteraient d'un choc non amorti.

On place aussi des instruments à l'intérieur du ballon pour connaître les variations de la température du gaz qu'il contient. Cette température se modifie, en effet, par suite de l'action des rayons solaires sur l'enveloppe de l'aérostat.

Un dernier appareil, destiné à capter une

certaine quantité d'air à haute altitude est enlevé par le ballon-sonde.

Cet appareil de prise d'air était primitivement constitué, en principe, par un réservoir dans lequel on avait fait le vide et où l'air était introduit par la manœuvre automatique d'un mécanisme qui provoquait l'ouverture d'un orifice par lequel l'air pénétrait dans le réservoir. Cet orifice était ensuite fermé d'une manière également automatique. C'est un tube ba-

rométrique, semblable à celui dont nous avons parlé plus haut, qui commandait le mouvement de débouchage et de rebouchage de l'orifice d'introduction d'air.

D'autres appareils de prise d'air ont été établis. L'un d'eux est basé sur la combustion produite par la chute d'acide sulfurique sur un mélange de chlorate de potasse et de sucre, pour provoquer la fusion d'un tube de verre, lequel se trouve ainsi soudé. Cette soudure n'a lieu que lorsque l'air a été préalablement introduit, par l'intermédiaire de ce tube, dans un réservoir dans lequel on a fait le vide.

Cette rentrée d'air s'effectue, à une certaine altitude, par la chute d'un poids, chute provoquée par

la dépression atmosphérique; le poids en tombant sur la pointe du tube en verre conducteur d'air, la brise et permet ainsi à l'air de pénétrer dans le réservoir. C'est également l'action de la dépression barométrique qui déplace un petit récipient contenant de l'acide sulfurique et renverse cet acide sur le mélange pour produire la combustion qui soude le tube en verre.

L'air capté à une haute altitude est, de cette façon, emprisonné dans le réservoir et peut être analysé.

A la suite des essais encourageants de lancement de ballons-sondes, faits en France,

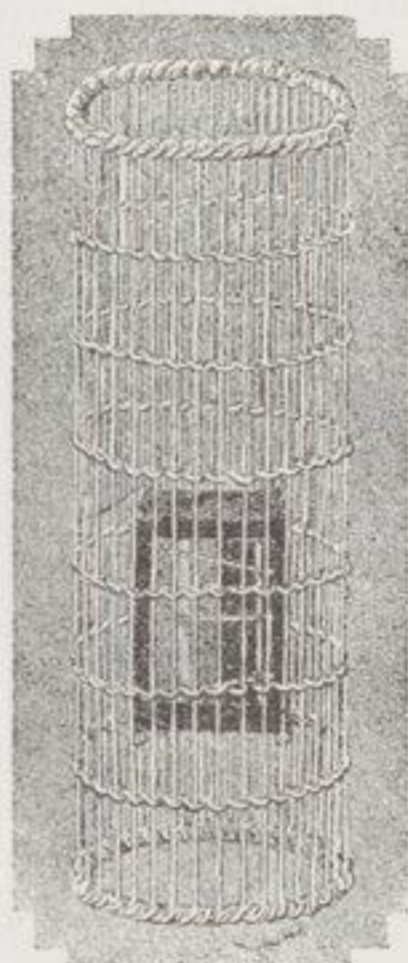


Fig. 134. — Cage para-soleil dépourvue de son enveloppe de papier d'argent pour laisser voir la disposition de l'appareil à l'intérieur.



il fut lancé en Allemagne, en 1894, au parc aérostatique militaire de Tempelhof, un ballon-sonde : le *Cirrus*, devant l'empereur Guillaume II.

Ce lancement fut effectué sous la direction de M. Assmann, de l'Institut météorologique de Berlin. Le ballon fut confectionné en tissu caoutchouté. Il avait un volume de 250 mètres cubes et le gonflement fut fait avec de l'hydrogène. Ce ballon éclata à une certaine altitude.

Un autre ballon-sonde fut lancé peu de temps après. Cette ascension obtint plus de succès que la première. Le ballon-sonde, en effet, atterrit après avoir parcouru 1.000 kilomètres environ. Il s'était élevé à 16.375 mètres et la température la plus basse atteinte avait été de 53 degrés au-dessous de zéro.

Lors d'une autre expérience, le ballon atteignit une altitude de 18.450 mètres et enregistra une température minimum de 68 degrés au-dessous de zéro.

*Ascensions internationales* Les résultats satisfaisants obtenus dans ces diverses expériences conduisirent à l'organisation d'ascensions internationales de ballons-sondes, dans le but de contribuer à l'étude de l'atmosphère.

Il existait déjà un service météorologique international fondé par Le Verrier ayant pour fonction de recueillir, en divers points du globe, des renseignements sur les conditions atmosphériques, et de centraliser ces chiffres pour arriver à la détermination du temps probable.

Les ascensions internationales de ballons-sondes, faites simultanément, à jours fixés d'avance, devaient fournir des renseignements sur les conditions atmosphériques dans les zones élevées et compléter ainsi les résultats obtenus sur le sol par le service météorologique international.

Une commission internationale, comprenant des savants de tous les pays, fut insti-

tuée et organisa la première ascension, qui eut lieu le 14 novembre 1896.

Huit ballons s'élevèrent simultanément ce jour-là, de Paris, Berlin, Strasbourg, St-Petersbourg et Munich. Parmi eux, quelques-uns emportaient des observateurs. On put recueillir des renseignements intéressants, qui, coordonnés, servirent de bases de comparaison et permirent d'effectuer des corrections aux prévisions atmosphériques établies suivant les observations faites à la surface de la terre.

En 1899, une conférence internationale se réunit à Strasbourg pour unifier les méthodes se rapportant aux observations faites avec les ballons-sondes et pour rendre les expériences à la fois plus nombreuses et plus précises.

A la suite de cette conférence, une ascension simultanée d'aérostats fut décidée. Elle eut lieu le 8 juin. Vingt-quatre aérostats y prirent part, parmi lesquels quinze emportaient des aéronautes. Les neuf autres étaient des ballons-sondes munis des instruments enregistreurs les plus perfectionnés.

Les ascensions eurent lieu le même jour à Paris, Varsovie, Saint-Petersbourg, Strasbourg, Bruxelles, Vienne, Munich.

La plus haute altitude atteinte par les aérostats montés fut de 5.500 mètres. Celle à laquelle parvinrent les ballons-sondes fut de 15.000 mètres, et la température la plus basse enregistrée fut de 64 degrés au-dessous de zéro.

Les observations recueillies lors de cette ascension permirent de confirmer, entre autres choses, la remarque déjà faite précédemment, qu'il existe, dans les zones élevées de la couche atmosphérique, un courant aérien dirigé vers l'ouest, provoqué par la rotation de la Terre; la violence de ce courant est d'autant plus grande que l'altitude est plus considérable.

*Étude de l'atmosphère* En France, c'est surtout à l'observatoire météorologique de Trappes que s'est effectuée l'étude des hautes zones de l'atmosphère, sous la direction de M. Teisserenc de Bort, le savant membre de l'Académie des Sciences.

Dès l'année 1896, M. Teisserenc de Bort commence, à l'observatoire de Trappes, des études sur le mouvement des nuages. Ces études se continuent par des sondages répétés de la haute atmosphère, d'abord à l'aide de cerfs-volants, puis, par l'intermédiaire de ballons-sondes.

Ces observations ont aidé à déterminer les premières lois des variations de la température aux altitudes élevées et à connaître les diverses valeurs de la vitesse et de la direction des courants aériens pour des stations météorologiques différentes.

Les sondages ainsi effectués ont permis de constater que, dans les régions à haute pression barométrique, la vitesse du vent devient de plus en plus faible à mesure que la hauteur augmente jusqu'à une altitude qui dépasse rarement 2.000 mètres. Dans les zones de basses pressions, au contraire, la vitesse du vent augmente en même temps que l'altitude jusqu'à la rencontre des nuages pluvieux. Au-dessus de la zone occupée par ces nuages, la vitesse du vent devient généralement beaucoup plus faible.

M. Teisserenc de Bort a organisé et effectué avec M. Lawrence Roth, directeur de l'observatoire de Blue Hill, aux États-Unis, trois croisières sur l'Océan Atlantique, à bord de l'*Otaria*; elles ont permis, à la suite de sondages répétés, de prouver l'existence contestée du courant aérien le *contre-alizé*, au-dessus des îles Canaries, et de déterminer son amplitude, sa vitesse et l'altitude à laquelle il se manifeste.

Les observations faites ont montré que la différence de température existant entre la zone équatoriale et nos régions ne persiste que jusqu'à une altitude de 12.000 mètres. A une altitude plus élevée, la tem-

pérature s'affaiblit et peut atteindre, vers l'équateur, une valeur de 80 degrés au-dessous de zéro, chiffre qui est rarement observé à la même altitude dans nos régions.

On a pu aussi constater, à une hauteur d'environ 10.000 mètres, un écart d'environ 10 degrés entre la température mesurée pendant l'été et celle mesurée pendant l'hiver. Cette constatation est intéressante et contredit l'hypothèse d'après laquelle la variation périodique de la température, suivant les saisons, provient du voisinage du sol.

De même, on a observé à ces hautes altitudes des variations de température considérables dans un laps de temps très court, quelques jours seulement, variations parfois supérieures à celles qui ont été enregistrées pendant le même temps au niveau du sol.

Un des résultats les plus importants obtenus par le sondage de l'atmosphère est la découverte d'une couche atmosphérique dans laquelle la température cesse de s'abaisser et se maintient; malgré quelques variations de peu d'étendue, pour ainsi dire sensiblement constante. Cette couche atmosphérique, appelée *zone isotherme*, se rencontre à environ 11.000 mètres d'altitude.

Elle est précédée d'une couche aérienne dans laquelle se produit une augmentation de température. Ce phénomène, d'apparence paradoxale, avait été observé à la suite des ascensions effectuées par les ballons-sondes de MM. Hermite et Besançon, mais on avait été tenté de l'attribuer à une fausse indication des appareils. Il a depuis été confirmé, et M. Teisserenc de Bort a reconnu que l'épaisseur de cette couche, nommée aussi *couche chaude*, varie de 3.000 à 6.000 mètres. L'excès de température observé dans l'épaisseur de cette couche est en moyenne de 6 degrés; il ne descend pas au-dessous de 2 et ne dépasse pas 10.

Les ballons lancés à l'Observatoire de

Trappes qui ont recueilli ces observations ont quitté le sol la nuit pour être mis à l'abri de l'influence des rayons solaires susceptibles de fausser les indications des instruments de mesure de la température. Certains de ces ballons ont atteint 28.000 mètres.

L'un d'eux, parti le 16 décembre 1906, fournit des relevés d'après lesquels on a établi que la température, à 11.000 mètres de hauteur, était sensiblement la même que celle indiquée à 28.000 mètres, alors qu'en appliquant la loi de décroissance de cette température établie d'après les couches précédentes, on aurait dû trouver une différence de 112 degrés en moins pour l'altitude de 28.000 mètres, par rapport à celle de 11.000 mètres. Entre ces deux couches aériennes séparées par une épaisseur de 17.000 mètres, la valeur de la température s'était maintenue sensiblement constante et égale à 60 degrés au-dessous de zéro.

Aux intéressants résultats ainsi obtenus, sur la variation de la température à des altitudes différentes, il convient d'ajouter ceux relatifs à l'observation de la direction des vents, à leur distribution, ainsi qu'aux variations des pressions et à leur déplacement.

Les dépressions barométriques se déplacent constamment; mais, cependant, elles séjournent, généralement, dans des régions dont la température est plus élevée que celle des régions voisines. Il est très utile, au point de vue de la détermination des caractères des saisons, de connaître ces centres d'action de basse pression ainsi que le sens de leur déplacement.

Les observations faites à l'Observatoire météorologique de Trappes ont porté également sur la détermination de l'altitude et de la trajectoire suivie par les ballons-sondes par des visées effectuées des extrémités d'une *base*. Cette *base* est constituée par une distance, très exactement mesurée en ligne droite, séparant deux points qui sont

les extrémités de la base. Par des visées faites respectivement de chacun de ces points, on peut, puisqu'on connaît la longueur de la base, déterminer l'altitude du point observé.

La base de l'Observatoire de Trappes avait été établie pour observer les nuages.

Son emploi pour déterminer l'altitude des ballons-sondes, permet d'effectuer la comparaison des chiffres ainsi obtenus avec ceux indiqués par les instruments enregistreurs basés sur la dépression barométrique. Les chiffres ne concordaient pas d'une manière tout à fait exacte. Les différences obtenues provenaient à la fois de légères imperfections constatées dans les instruments et aussi des variations réelles de la pression par rapport à celles indiquées par le baromètre.

Depuis l'année 1898, l'Observatoire de Trappes, qui rend les plus grands services, a procédé au lancement de plus de 1.200 ballons-sondes en vue de l'étude de l'atmosphère.

*Confection  
et lancement  
des ballons-  
sondes*

Les ballons-sondes doivent être légers pour pouvoir s'élever à de très hautes altitudes, mais ils doivent,

aussi, être suffisamment résistants pour ne pas se déchirer facilement sous l'action du vent.

Le colonel Renard proposa, en 1893, l'emploi de ballons en papier. On les constitua aussi en papier pétrolé, ainsi que nous l'avons indiqué plus haut. Le gonflement et le lancement de ces ballons offraient de grandes difficultés. Il était malaisé, en effet, de mettre l'enveloppe à l'abri des détériorations produites par le vent.

Lorsque le volume du ballon dépassait quelques mètres cubes, le vent exerçant une action considérable sur son enveloppe, il fallait procéder au gonflement à l'abri, et libérer le ballon de ses attaches avant que le vent agisse sur lui. Le gonflement s'ef-

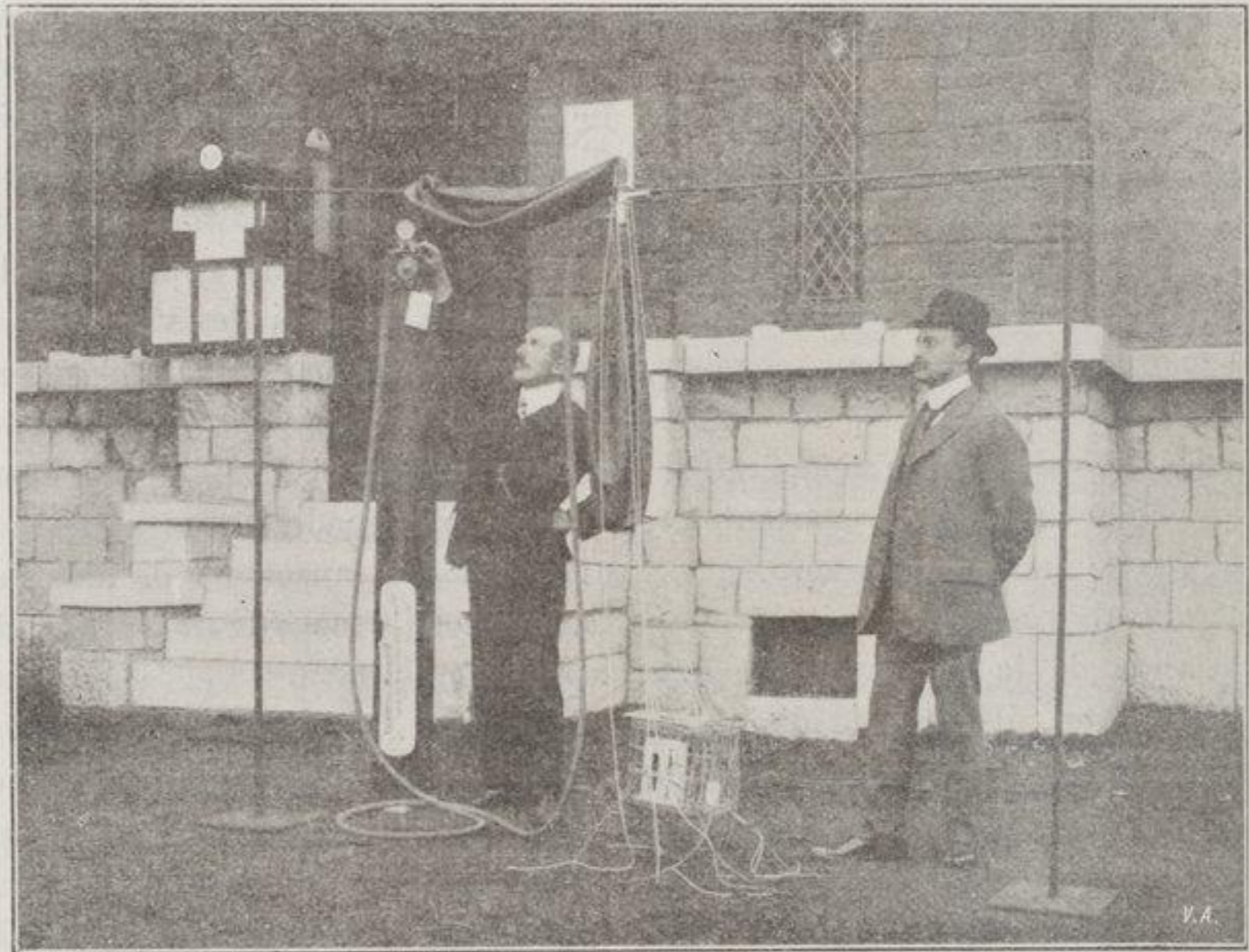
fectuait dans un hangar, et il fallait encore prendre de grandes précautions en sortant le ballon gonflé de son hangar, pour éviter qu'il ne fût pris par le vent avant d'être rendu complètement libre.

Pour remédier à ces inconvénients qui provoquaient la destruction des ballons et la détérioration des instruments qu'ils enlevaient, M. Teisserenc de Bort avait fait

inconvénient. Il se trouvait, en effet, protégé par celui-ci contre les atteintes du vent. Ce n'est qu'après le lancement, lorsque le ballon s'était élevé au-dessus du hangar, que le vent pouvait agir sur lui.

A ce moment, le danger de déchirure était moindre, puisque le ballon n'était plus retenu au sol.

Ce dispositif permit de gonfler et de lan-



Cliché Vie automobile.

Fig. 135. — Dispositif pour le gonflement de deux ballons-sondes jumeaux.

construire à l'Observatoire de Trappes un hangar pivotant.

Le hangar, carré, avait 7 mètres de longueur sur chaque face et 9 mètres de hauteur. Reposant sur une plaque tournante, il pouvait être orienté dans toutes les directions.

Une porte s'ouvrait sur une seule face qui, lors du gonflement d'un ballon, était tournée dans la direction opposée à celle du vent. Le gonflement pouvait s'effectuer ainsi dans un milieu complètement calme. De plus, lorsque ce gonflement était achevé, le ballon pouvait être sorti du hangar sans

cer des ballons-sondes de 6 mètres de diamètre, dont l'enveloppe, confectionnée en papier fort mince, pesait tout au plus 60 grammes par mètre carré.

La fragilité des ballons en papier conduisit à établir les enveloppes de ballons en *baudruche*, puis en tissu caoutchouté.

Les ballons-sondes sont gonflés avec de l'hydrogène, pour qu'ils puissent s'élever à de très hautes altitudes.

Lorsqu'on les lance, on ne les remplit pas d'une manière complète de gaz, car ce gaz se dilatera au fur et à mesure que le ballon s'élèvera. Il arrive cependant, que la dila-

tation du gaz exerce sur l'enveloppe du ballon parvenu à une altitude très élevée, une action telle que cette enveloppe cède parfois et le ballon crève. Il tombe alors d'une grande hauteur avec une vitesse accélérée, et s'il ne comporte aucun dispositif spécial pouvant ralentir la chute, les instruments emportés dans les airs sont détruits et les observations enregistrées ne peuvent être relevées. Il convient donc de constituer les enveloppes en étoffes résistantes pour éviter la déchirure du ballon même par un excès de pression intérieure.

En outre, il est prudent de munir le ballon d'un dispositif susceptible d'amortir sa chute et pouvant lui permettre, malgré la déchirure de l'enveloppe, d'atterrir sans choc. Les instruments peuvent, de la sorte, être recueillis en parfait état, et on

ne perd pas ainsi le bénéfice des observations. Le météorologiste allemand Assmann adapte aux ballons-sondes un dispositif parachute constitué par une sorte de gaine en forme de calotte enveloppant le ballon à sa partie supérieure. C'est à cette gaine qu'est suspendue, par l'intermédiaire de fins cordages, une légère nacelle contenant les instruments enregistreurs. Le ballon proprement dit est donc placé à l'intérieur du réseau de cordages et sous la

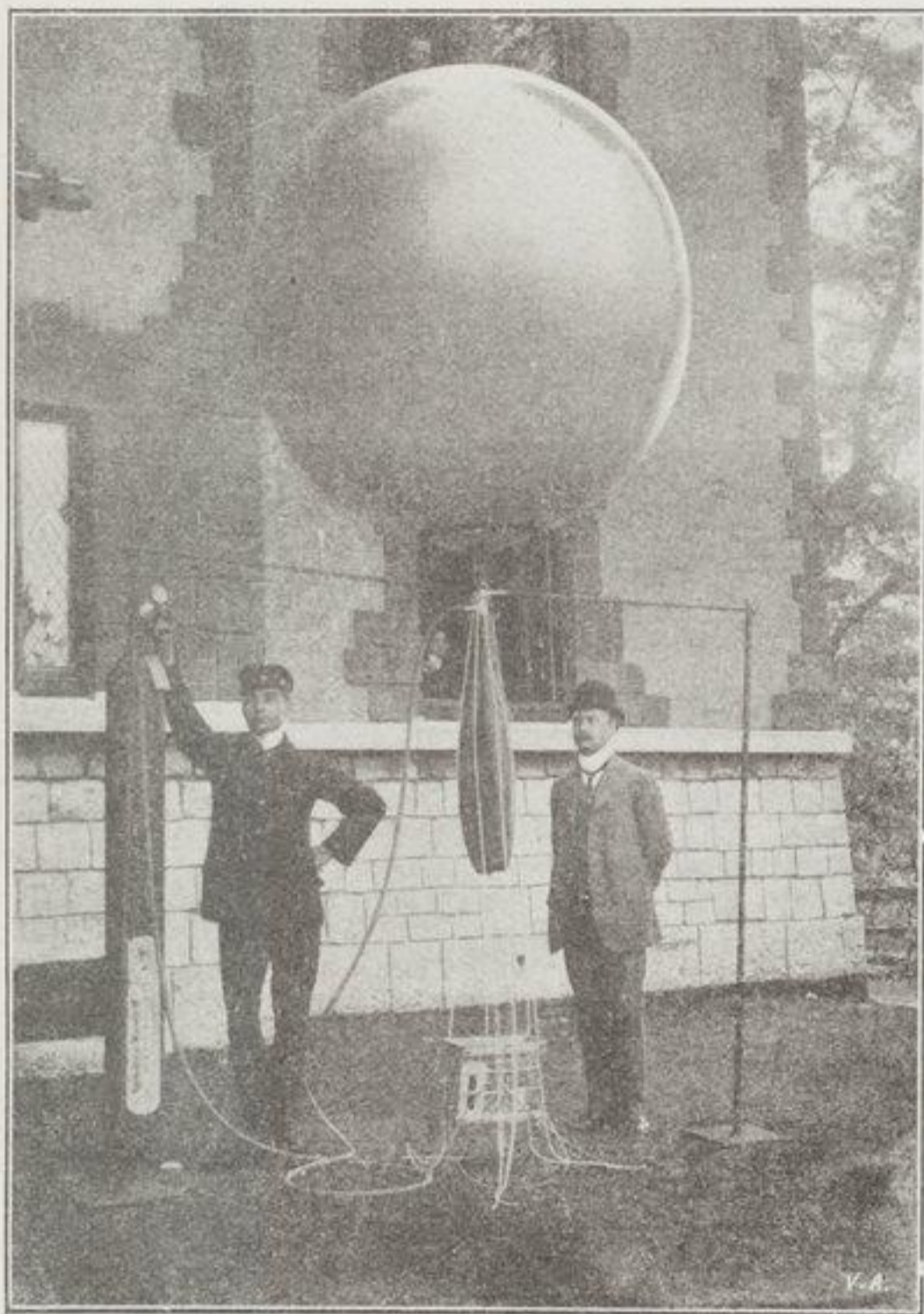
calotte formant gaine. Il entraîne nécessairement tout l'attirail quand il s'élève, mais, s'il vient à éclater, la gaine constitue un parachute. Pendant la descente, en effet, la calotte se tient ouverte, la chute est amortie et comme les instruments sont reliés à cette calotte par les cordes, ils peuvent arriver jusqu'à terre sans subir de dommages, malgré l'éclatement du ballon à une altitude élevée.

Un autre ingénieux procédé est employé par M. Saul, industriel d'Aix-la-Chapelle, pour amortir la chute des appareils, dans le cas où le ballon-sonde viendrait à éclater.

Le ballon-sonde est, en réalité, constitué par deux ballonnets rendus solidaires l'un de l'autre et superposés. L'un des ballons, celui qui est placé au-dessus, ne porte aucun instrument. Il est simplement

attaché par sa partie inférieure au second ballon placé au-dessous de lui, lequel supporte une petite nacelle où sont disposés les appareils enregistreurs.

Pour effectuer le gonflement des ballons, on fixe sur une tige horizontale, posée sur deux supports quelconques, le raccord par lequel les deux ballons sont réunis (Fig. 135). Ce raccord, qui est en aluminium pour que son poids soit le plus réduit possible, comporte un ajutage sur lequel on dispose



*Cliché Vie automobile.*

Fig. 135. — Gonflement du premier ballon.

un tuyau souple provenant d'un cylindre en acier contenant de l'hydrogène sous pression. Ce cylindre est muni d'un détenteur.

On admet l'hydrogène par le raccord d'abord dans le ballon supérieur. A mesure que son enveloppe s'emplit, le ballon se redresse et se maintient seul au-dessus de la tige-support transversale.

Lorsque le gonflement est achevé, une manœuvre d'un dispositif spécial placé sur le raccord permet d'intercepter l'arrivée du gaz dans le ballon supérieur par la fermeture d'un clapet. En même temps, cette manœuvre met en communication le tube d'hydrogène avec le ballon inférieur. Le gonflement de ce dernier ballon commence et se continue jusqu'à ce que la pression du gaz soit devenue suffisante. On

ferme alors le clapet du ballon inférieur et on retire le tube amenant l'hydrogène, de l'ajutage des ballons.

Ceux-ci se trouveront prêts à s'enlever lorsqu'on aura détaché le raccord commun de la barre-support transversale.

Le gonflement du ballon supérieur est effectué de façon que la pression intérieure du gaz soit plus élevée que celle du gaz contenu dans le ballon inférieur. Le lancement des ballons peut, à ce moment, avoir lieu.

S'ils atteignent une altitude pour laquelle la pression intérieure du gaz du ballon supérieur détermine son éclatement, il ne pourra pas en être de même pour le ballon inférieur, puisque la pression initiale du gaz qu'il contient était inférieure à celle de l'autre ballon. D'autre part, la force ascensionnelle de tout le système de ballons

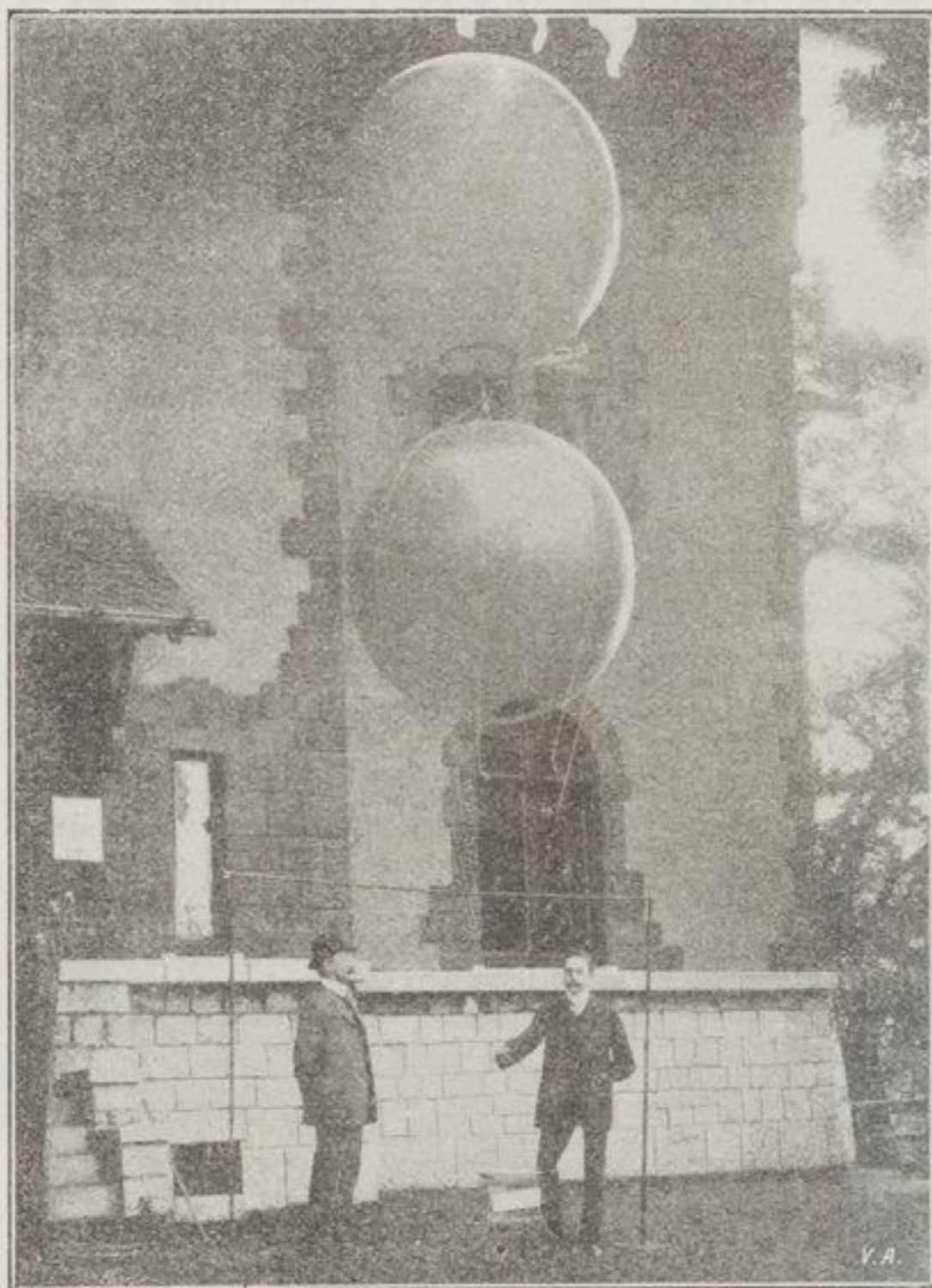
se trouvera diminuée du fait de la suppression du ballon supérieur. Le ballon inférieur ne tendra donc pas à s'élever. Il commencera au contraire à descendre; mais, comme il contient de l'hydrogène à une certaine pression, il regagnera le sol lentement et pourra atterrir sans que les instruments placés dans le panier qu'il supporte aient à souffrir du choc.

Le panier, d'ailleurs, est muni, sur sa face inférieure de ressorts

souples qui prennent les premiers contact avec le sol, ce qui adoucit encore l'arrivée à terre.

En plus des précautions prises pour amortir la chute des ballons-sondes dans le cas d'un éclatement, on munit aussi ces ballons de dispositifs destinés à retarder leur mouvement ascensionnel.

Au départ, en effet, lorsque le ballon est tout près du sol, la pression atmosphérique a sa plus grande valeur et provoque



Cliché Vie automobile.

Fig. 137. — Ballons-sondes jumeaux gonflés.

parfois, en exerçant son action sur l'enveloppe, un creux à la partie supérieure du ballon. Si le ballon s'élevait trop rapidement, la variation brusque de la pression intérieure pourrait offrir des inconvénients. Pour éviter ces inconvénients, on attache au ballon à son départ un sac de lest. La force ascensionnelle étant diminuée par ce poids supplémentaire, le ballon s'élève lentement, mais, au fur et à mesure qu'il monte, le sac se vide automatiquement, de sorte qu'il gagne une altitude de plus en plus haute.

Lorsque le sac est vide, il convient de le jeter à son tour pour alléger davantage le ballon et lui permettre d'atteindre une hauteur encore plus considérable. Un mécanisme automatique déclenché par la manœuvre du baromètre à l'altitude que l'on s'est fixée à l'avance, décroche le sac, qui tombe.

Les perfectionnements que nous venons d'examiner, apportés à la confection et au lancement des ballons-sondes, permettent l'emploi rationnel de ces aérostats spéciaux pour l'étude de la haute atmosphère. Les résultats très importants obtenus à ce jour, et que nous avons résumés plus haut, sur les états atmosphériques à haute altitude, justifient l'utilité de ces engins. Ils ont, en somme, avantageusement remplacé les cerfs-volants, dont l'excursion dans l'atmosphère est nécessairement limitée par la longueur et le poids de la corde qui les rattache au sol.

#### MONTGOLFIÈRES MODERNES.

Les premières montgolfières, qui furent les premiers aérostats libres à bord desquels s'enlevèrent dans les airs des passagers, se trouvèrent bientôt délaissées après que le physicien Charles eut démontré la possibilité de gonfler ces *machines* avec de l'*air inflammable* ou *hydrogène*.

Les aérostats montés furent, en effet,

de plus en plus constitués avec des enveloppes résistantes et gonflés avec de l'hydrogène, ce qui leur donnait, pour un volume beaucoup moindre, une force ascensionnelle au moins égale à celle des montgolfières. Nous avons relaté, dans l'historique qui est en tête de ce volume, ces étapes successives de la transformation des aérostats.

Lorsque le gaz d'éclairage put être facilement obtenu, on l'utilisa pour le gonflement des aérostats à la place de l'hydrogène, mais, en somme, depuis les premières montgolfières, on n'avait plus songé à employer ce système, car les aérostats, ainsi disposés, étaient évidemment loin de répondre aux conditions de sécurité indispensables à tout voyage aérien.

Depuis quelques années, on a apporté à la montgolfière des modifications importantes dans le but de tirer de cet aérostat tout le parti possible.

Les aérostats gonflés soit avec de l'hydrogène soit avec du gaz d'éclairage offrent certains inconvénients, dont le plus grave réside dans l'inflammabilité de ces gaz. De plus, le gonflement offre quelques difficultés, parce qu'il doit s'effectuer soit aux environs d'une usine à gaz, soit à proximité d'un appareil producteur d'hydrogène. On peut bien employer un générateur d'hydrogène mobile pour préparer le gaz en un lieu quelconque, et effectuer le gonflement, mais c'est un matériel spécial dont l'emploi ne s'applique que dans des conditions particulières.

D'ailleurs, le gaz servant à gonfler les aérostats, que ce soit l'hydrogène ou le gaz d'éclairage, est d'un prix de revient assez élevé, et comme ce gaz est perdu à chaque ascension libre, les frais de l'ascension se trouvent augmentés de la valeur de ce gaz.

Ce sont ces inconvénients qui ont incité quelques chercheurs à transformer la montgolfière, à la *rénover*, pour en faire un

aérostat d'un emploi plus pratique que l'aérostat à gaz, tout en augmentant les conditions de sécurité.

Il semble, en effet, qu'un aérostat gonflé à l'air chaud puisse être plus avantageusement employé qu'un aérostat à gaz. L'avantage est indéniable au point de vue du prix de revient du gaz. Dans la montgolfière, le prix de l'air chaud qui la remplit dépend du combustible employé pour maintenir la température de cet air, et ce combustible, qui peut être du pétrole, comme nous le verrons plus loin, est d'un prix de revient assez réduit.

De plus, le gonflement de la montgolfière peut s'effectuer partout où l'on peut trouver du combustible pour alimenter le réchaud.

Un autre avantage de la montgolfière consiste à pouvoir régler la force ascensionnelle par la variation de la température à laquelle pourra être porté l'air chaud.

On peut, de la sorte, se passer de soupape, et le lest emporté est remplacé par le combustible qui brûle au fur et à mesure pour maintenir l'enveloppe remplie d'air chaud.

Comme contre-partie à ces avantages, la montgolfière nécessite, pour une force ascensionnelle déterminée, un volume plus considérable que les aérostats à gaz. On sait, en effet, que le poids spécifique de l'air chaud est sensiblement supérieur à celui de l'hydrogène et du gaz d'éclairage. La surface d'enveloppe nécessaire étant plus considérable, cela augmente le prix d'établissement de l'appareil.

En outre, la présence, à bord, d'un foyer et de réservoirs de combustibles pour l'alimenter, peut donner lieu à quelque inquiétude. Il convient cependant de dire que dans les montgolfières de cette catégorie, construites ou projetées, les dispositions nécessaires sont prises pour parer à toute possibilité d'incendie.

L'idée de rénover la montgolfière est

certes intéressante en soi. Son succès dépendra surtout de la façon dont elle sera réalisée et de la garantie de sécurité qu'elle offrira.

Cette rénovation, qui est une intéressante question d'actualité, avait déjà préoccupé Eugène Godard, aéronaute très expérimenté, qui, en 1864, construisit un aérostat gonflé à l'air chaud.

Godard, après avoir fait de nombreuses ascensions avec des aérostats gonflés au gaz, établit sa montgolfière dans le but d'éviter les inconvénients inhérents aux aérostats à gaz, inconvénients que nous venons de signaler.

En voici les caractéristiques d'après les documents de l'époque.

Cette montgolfière (Fig. 138) *l'Aigle*, a près de 36 mètres de hauteur, un diamètre de 29<sup>m</sup>,50 et un volume de 14.000 mètres cubes.

L'enveloppe est faite en cretonne apprêtée et cylindrée, dont le poids est de 245 grammes par mètre carré.

Les parties de l'enveloppe avoisinant la *soupape*, l'*appendice* et l'*équateur* sont renforcées. L'enveloppe est constituée par 1.920 morceaux d'étoffe assemblés en 96 fuseaux. La formation des fuseaux a nécessité une longueur de piqure de 4.329 mètres et l'assemblage des fuseaux 4.528 mètres de couture.

Un réseau constitué par une série de galons disposés en treillis enveloppe la montgolfière, pour assurer la solidité de l'enveloppe. La formation du treillis a demandé 5.250 mètres de galon.

Entre l'*équateur* et le sommet, ou *pôle* de la montgolfière, est disposé un parachute, formé de 24 alvéoles en percale reliées au treillis de la montgolfière par des cordages.

Le parachute a pour but de ralentir la descente de la montgolfière dans le cas où l'air intérieur se trouvant refroidi, la force ascensionnelle diminuerait trop rapidement.



L'air, s'engouffrant sous les 24 alvéoles, amortit nécessairement la vitesse de descente.

La soupape, disposée au-dessus de la montgolfière, a un diamètre de 1<sup>m</sup>,40, et l'ouverture inférieure de l'appendice mesure 7<sup>m</sup>,37 de diamètre.

Un cercle en bois de frêne est placé à l'intérieur de cet orifice pour lui donner de la rigidité; il supporte 32 cordes qui sont fixées, à leur partie inférieure, à la nacelle.

Cette nacelle est formée par un plateau de 4 mètres de diamètre comportant un bordage de faible hauteur, environ 20 centimètres. Un cercle en bois servant de garde-fou est placé au-dessus de ce plateau et est relié à lui par 64 cordes métalliques.

Les 32 cordes fixées au cercle de l'appendice sont accrochées au cercle de la nacelle.

Il résulte de cette disposition que lorsque la montgolfière est gonflée, les cordes métalliques sont tendues et forment comme une grille sur le pourtour de la nacelle.

Au centre de la nacelle se trouve placé un calorifère d'un diamètre de 2 mètres et mesurant 5 mètres de hauteur.

C'est dans cet appareil qu'on entretient du

feu pour maintenir la montgolfière remplie d'air chaud. Le combustible employé est de la paille de seigle épurée débarrassée de ses épis.

Pour éviter le rayonnement, qui pourrait incommoder les voyageurs, le calorifère est constitué par trois cylindres laissant entre eux un intervalle d'environ 10 centimètres. Une cheminée surmonte le calori-

fère et porte, à sa partie supérieure, une soupape au-dessus de laquelle est disposé un tamis en toile métallique, qui a pour fonction d'arrêter au passage les étincelles provenant du foyer; ce tamis prévient tout danger d'incendie.

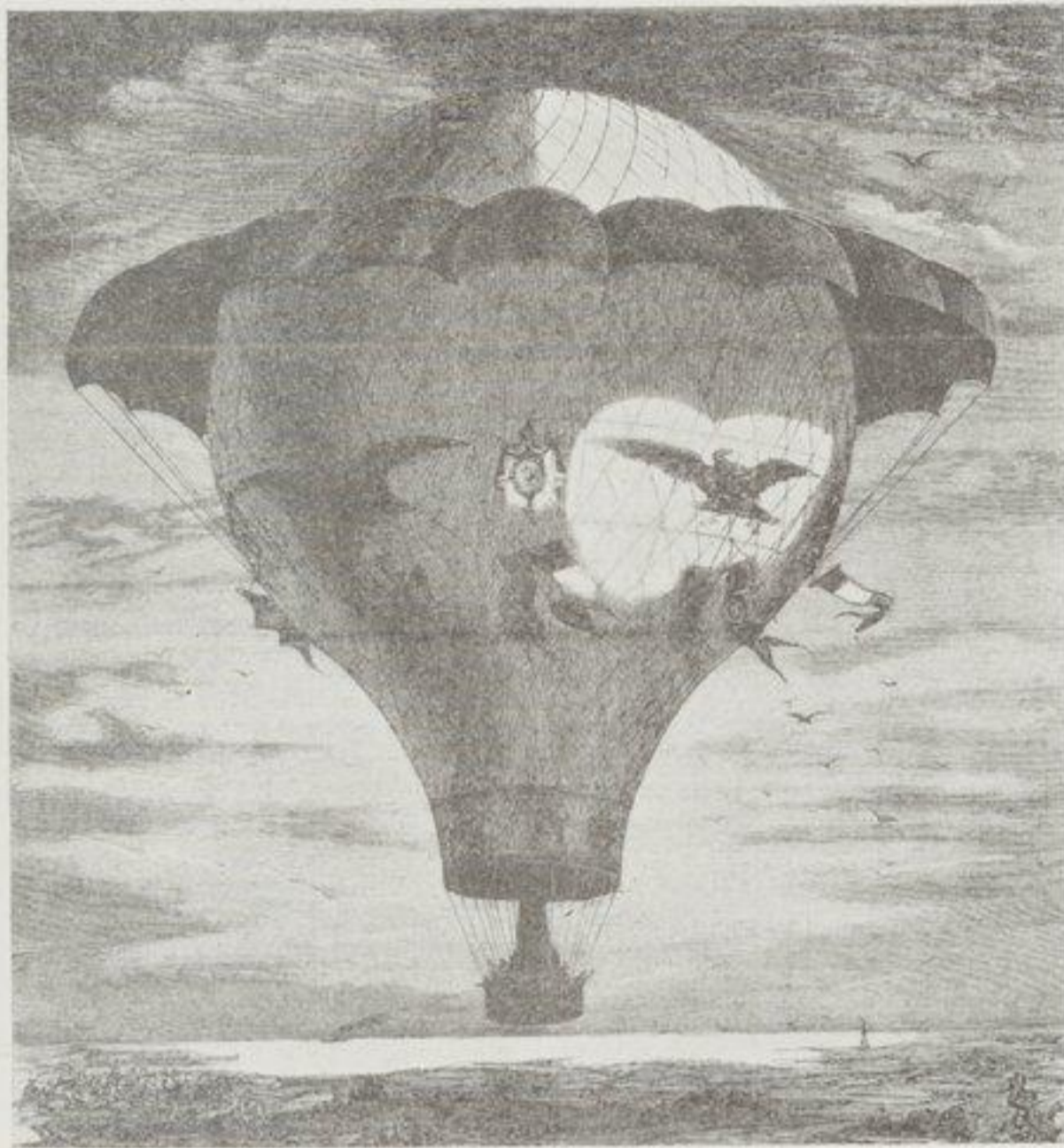
Deux guides-ropes d'une longueur de 200 à 300 mètres, et une ancre

de 70 kilogrammes complètent le gréement de la montgolfière.

Lors de sa première ascension, ce curieux aérostat enleva huit personnes dans les airs. Son poids total atteignait 3.812 kilogrammes.

M. Louis Godard, ingénieur-aéronaute, parent du constructeur de la montgolfière *l'Aigle*, a établi, aussi, en 1908, un système de montgolfière militaire dont deux unités ont été construites pour le compte du gouvernement brésilien.

Cette montgolfière est destinée à rempla-



Collection Louis Godard.

Fig. 138. — La montgolfière *l'Aigle*.

er les aérostats gonflés avec du gaz, dans le cas où, par suite d'investissement d'une place, par exemple, on ne pourrait plus fabriquer du gaz, ou lorsque, pour toute autre cause, l'utilisation des aérostats à gaz serait devenue impossible.

L'enveloppe de la montgolfière est faite en soie. Le volume du gaz qu'elle peut contenir est de 1.900 mètres cubes. Son diamètre mesure 15 mètres 40 et sa hauteur au-dessus du cercle est de 18 mètres.

Le dispositif servant à réchauffer l'air n'est plus un calorifère alimenté avec de la paille, comme dans la montgolfière d'Eugène Godard. C'est une *chaufferie* constituée par un certain

nombre de becs-brûleurs. Ces becs-brûleurs, convenablement groupés, comportent un courant d'air central. Ils sont à papillons multiples et peuvent utiliser divers combustibles liquides : essence de pétrole, alcool, benzol, etc.

Le groupe de becs-brûleurs est disposé au centre du cercle de base de la montgolfière et solidement fixé à ce cercle en bois par des croisillons bien tendus (Fig. 139).

Le liquide combustible, emmagasiné sous pression dans un réservoir emporté par la montgolfière, est distribué aux différents brûleurs; il s'allume lorsqu'il sort des becs, en produisant pour chacun d'eux une flamme

dont la longueur varie de 0<sup>m</sup>,50 à 1 mètre.

Les becs-brûleurs sont enfermés dans une cheminée disposée pour obliger l'air extérieur à traverser les flammes et à s'échauffer avant de pénétrer dans la montgolfière.

Un robinet, placé sur le conduit de distribution du combustible liquide, permet, par sa manœuvre, de régler l'intensité de la flamme des becs et, par cela même, rend variable, à volonté, l'échauffement de l'air

intérieur. La force ascensionnelle de la montgolfière peut, de la sorte, être réglée par la manœuvre du robinet de distribution de liquide combustible.

Pour effectuer le gonflement de la montgol-

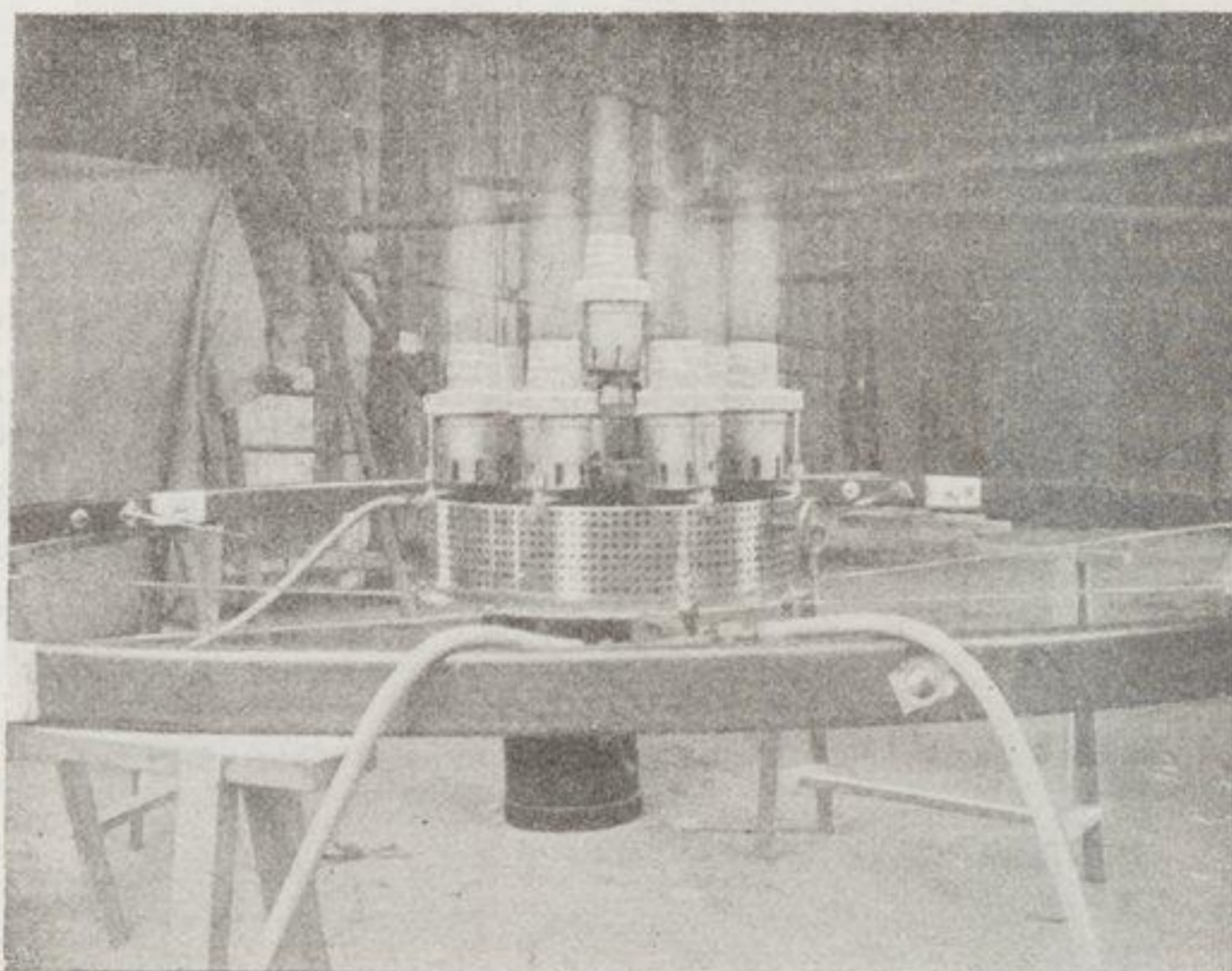


Fig. 139. — Disposition des brûleurs de la montgolfière Louis Godard.

fière, on prend le liquide combustible dans un réservoir auxiliaire d'une contenance de 30 litres, indépendant de l'aérostat.

Pour mettre les brûleurs en état de fonctionner, on allume du liquide combustible préalablement versé dans un godet de réchauffement disposé au-dessous de chaque brûleur. Lorsque le bec est allumé, la flamme se produit d'une façon continue.

La durée du gonflement est d'environ trente minutes.

Lorsque le gonflement est achevé, on interrompt la communication des brûleurs avec le réservoir de gonflement placé hors de la montgolfière et on l'établit avec deux autres

réservoirs pouvant contenir 40 litres placés dans la nacelle. On continue alors à alimenter les brûleurs avec ces deux réservoirs, et la montgolfière se trouve ainsi constamment remplie d'air chaud.

Pour maintenir, dans les réservoirs d'alimentation, la pression nécessaire au fonc-

enlever un poids d'environ 370 kilogrammes, y compris le propre poids de l'aérostat et de ses accessoires, qui est d'environ 225 kilogrammes.

Une société, la *Montgolfière*, récemment constituée, se propose, pour rendre le tourisme aérien plus économique, d'établir des



Fig. 140. — Montage d'ensemble des brûleurs sur le cercle d'une montgolfière Louis Godard.

tionnement des brûleurs, on peut employer soit une petite pompe rotative que l'on fait fonctionner à la main, soit un cylindre d'acier contenant un demi-mètre cube d'air sous pression. L'un ou l'autre de ces dispositifs doivent être, par conséquent, placés à bord de la nacelle.

En chauffant l'air de la montgolfière à une température de 90 degrés, elle peut

montgolfières comportant, comme la montgolfière de M. Louis Godard, une série de becs-brûleurs destinés à produire et à maintenir l'échauffement de l'air dans l'enveloppe.

Les autres dispositions prévues pour cette montgolfière nouvelle ne diffèrent pas sensiblement, en principe, de celles que nous venons d'examiner.



## UTILISATION DES AÉROSTATS LIBRES

ASCENSIONS MILITAIRES.

PHOTOGRAPHIE EN AÉROSTAT. — DÉTERMINATION DU POINT.

ASCENSIONS SCIENTIFIQUES : Le Zénith. — Observations physiologiques.

VOYAGES EN AÉROSTAT : Expédition au pôle Nord. — Voyages divers. — Traversée des Alpes. — Coupes Gordon-Bennett. — DRAMES AÉRIENS.

*Ascensions militaires* Nous avons précédemment examiné les premières applications des aérostats, en considérant successivement le parti qu'on avait pu en tirer pour les recherches physiques sur l'atmosphère et pour les observations météorologiques.

Nous avons aussi indiqué le rôle des premiers aérostats dans les opérations militaires des armées de la première République.

Ces aérostats, on l'a vu, étaient captifs, retenus au sol par des câbles puissants.

Mais, en 1870, les aérostats utilisés pendant le siège de Paris devaient être nécessairement des aérostats libres.

Les services rendus par ces aérostats fixèrent l'attention de l'autorité militaire sur les études commencées pendant la guerre, et, en 1872, il fut créé, à l'établissement de Chalais-Meudon, une *Ecole aérostatique* semblable à celle qui, au temps de la première République, avait fourni les compagnies d'aérostiers militaires placées sous la direction de Coutelle et de Conté. Cette école, fermée par ordre de Bonaparte, à son retour d'Égypte, fut donc réouverte,

pourvue des meilleurs instruments et d'outils perfectionnés. On plaça à sa tête deux officiers du Génie de grande valeur : le capitaine Renard et le lieutenant Krebs.

L'industrie privée s'organisa également, à Paris, pour fournir le matériel d'aérostation militaire aux puissances étrangères, lesquelles créaient aussi des services aérostatiques analogues au nôtre.

Les « parcs aérostatiques militaires » comportent surtout des aérostats captifs. Cependant, ils utilisent, à l'occasion, les aérostats libres et, depuis quelques années, grâce aux rapides progrès faits par la locomotion aérienne, les aérostats dirigeables et les aéroplanes.

On trouvera la description de ces divers appareils à leur place, au cours de ce livre. Disons seulement, pour le moment, quelques mots sur la photographie en aérostat, pouvant permettre de lever le plan d'un ouvrage militaire, ou, encore, procurant au touriste aérien la satisfaction de reproduire quelques panoramas intéressants parmi ceux qui se déroulent au-dessous de lui pendant l'ascension.

*Photographie en aérostat* C'est en 1868 que Nadar tenta tout d'abord de faire de la photographie à bord d'un aérostat. Cet aérostat, qui était captif, se trouvait à l'Hippodrome du bois de Boulogne. Les résultats obtenus ne furent pas satisfaisants.

Un autre photographe, M. Dagron, qui avait, pendant le siège de Paris, exécuté des

photographiques, vint rendre plus facile la reproduction des paysages vus de la nacelle d'un aérostat.

Un photographe parisien, M. Triboulet, exécuta, en 1879, les premières photographies aériennes utilisables. L'appareil employé permettait de photographier à la fois une image panoramique, ainsi que le ter-

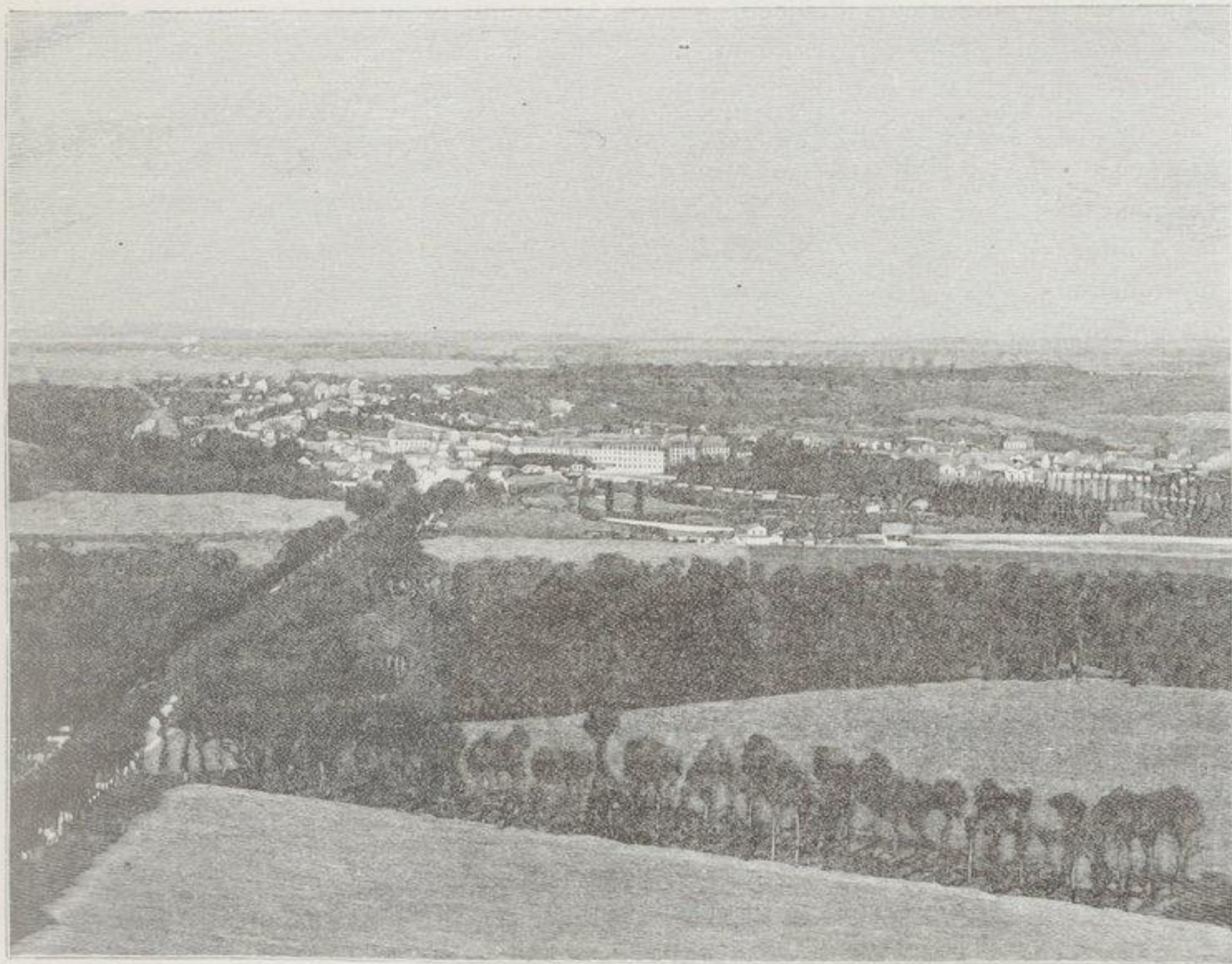


Fig. 141. — Agrandissement d'une photographie prise en aérostat.

photographies microscopiques que l'on pouvait faire transporter par des pigeons voyageurs, renouvela, en 1878, avec un peu plus de succès, les expériences de Nadar; mais on ne connaissait, à ce moment, que le collodion et l'albumine comme agents photogéniques; les résultats laissaient donc toujours à désirer.

La découverte du gélatino-bromure d'argent, qui permet de faire des *instantanés*

rain placé au-dessous de la nacelle de l'aérostat.

Il était constitué par six chambres noires disposées suivant une circonférence, et placées dans une nacelle percée d'ouvertures pour donner passage aux objectifs. Une septième chambre, placée verticalement au centre du cercle formé par les six autres, permettait de photographier le paysage *vu en plan*.

Ces photographies, comme les précédentes, étaient prises de la nacelle d'un aérostat captif, mais on provoquait, du sol, la manœuvre de l'appareil lorsqu'on jugeait que cet aérostat avait atteint la hauteur convenable.

Pour cela, un fil métallique qui se déroulait sur un chevalet au fur et à mesure que l'aérostat s'élevait, reliait le mécanisme de manœuvre des obturateurs d'objectifs à une pile. Dans le circuit était intercalé un commutateur qui, placé à terre, pouvait être actionné par l'opérateur. Le mécanisme d'obturation fonctionnait alors, découvrait l'objectif, et la photographie était faite. Ce dispositif offrait le grand inconvénient d'exiger le déroulement d'un fil de cuivre sur toute la hauteur à laquelle s'élevait l'aérostat.

On procéda, par la suite, à la manœuvre des obturateurs de la nacelle même de l'aérostat, et on exécuta, en 1880, des photographies en aérostat libre.

Après l'année 1880, la photographie en aérostat fait de sensibles progrès, et en 1885 M. Gaston Tissandier, habile aéronaute, accompagné d'un amateur instruit, M. Ducom, obtint une série de vues panoramiques qui furent présentées à l'Académie des Sciences où elles excitèrent une vive curiosité.

En 1886, Paul Nadar, le fils du photographe-aéronaute dont il a été précédemment parlé, fit des expériences de photo-

graphie aérienne lors d'une ascension libre dans laquelle il avait comme compagnons de route Gaston et Albert Tissandier. Les épreuves obtenues, ainsi que des agrandissements de ces épreuves, furent présentés à l'Académie des Sciences et trouvés fort intéressants.

On se rend compte que ces épreuves peuvent avoir un intérêt au point de vue militaire pour reconnaître un ouvrage fortifié, et au point de vue géographique, pour être renseigné sur les régions peu connues et difficilement accessibles par les voies de terre.

Au point de vue artistique aussi, l'intérêt est considérable, et cela, d'autant plus que l'on peut avoir des détails plus précis sur le paysage photographié.

Il convient donc d'opérer de façon à obtenir, de la nacelle de l'aérostat, des clichés d'une aussi grande netteté que ceux qui sont pris lorsque l'appareil photographique est à terre; mais on comprend qu'il est moins aisé de manœuvrer convenablement un appareil dans les airs que sur terre.

Dans le cas de la photographie en aérostat, il faut, en effet, considérer que le support de l'appareil est essentiellement mobile, puisque c'est la nacelle elle-même qui joue ce rôle.

Cette nacelle, comme l'aérostat, est soumise à toute une série de mouvements, provenant de la composition de son mouvement de translation, de son mouvement ver-

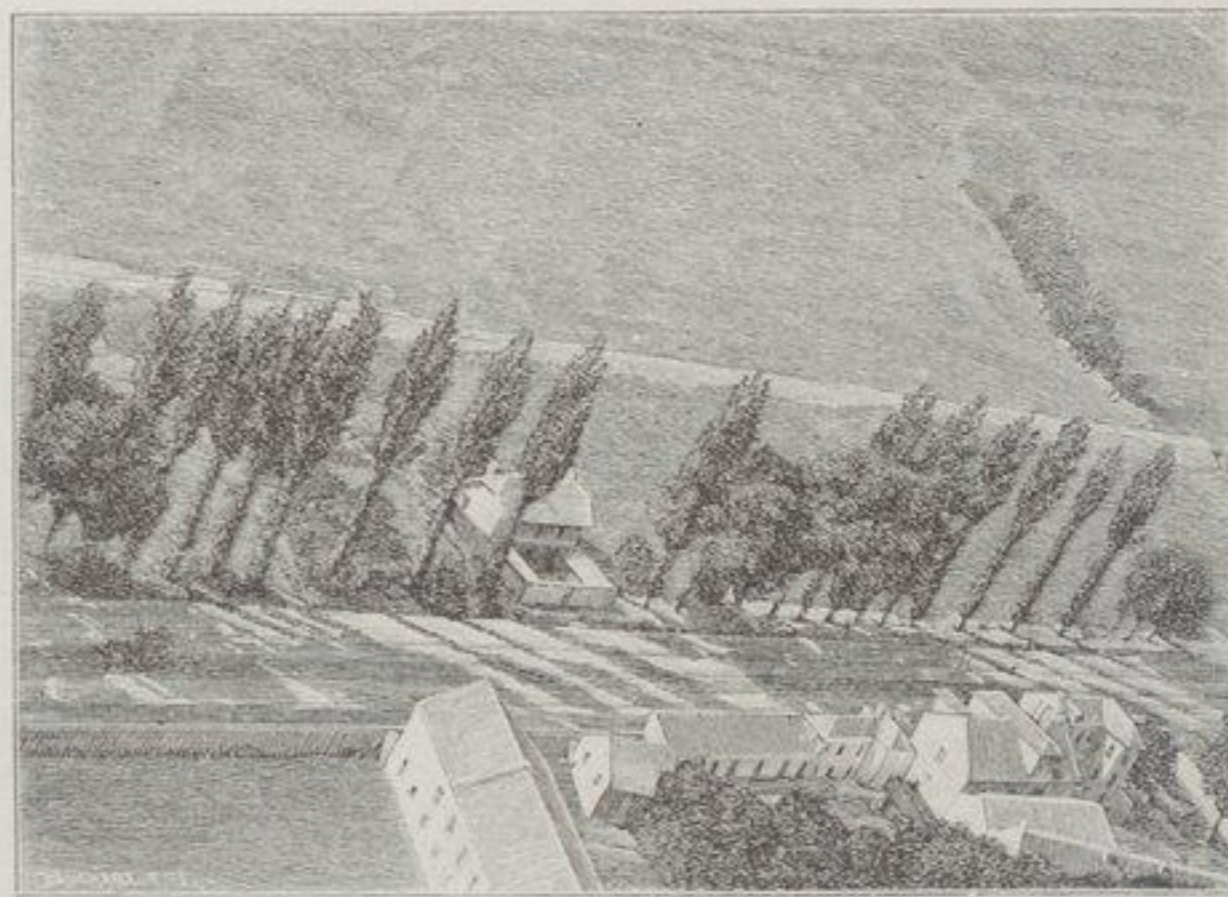


Fig. 142. — Photographie prise en aérostat. Curieux effet de perspective.

tical et de son mouvement de giration.

Pendant le mouvement de translation, c'est-à-dire pendant que l'aérostat se déplace parallèlement à lui-même, l'image qui se trouve à une distance assez grande de l'objectif peut être considérée comme ne s'étant pas déplacée pendant le temps fort court pendant lequel s'est effectuée *la pose*.

mouvement est rapide, ce qui arrive parfois, il peut empêcher l'obtention d'un cliché net. Le plus souvent, le mouvement de rotation ne s'effectue pas toujours dans le même sens. L'aérostat, tournant dans un certain sens, s'arrête, puis prend un mouvement de rotation en sens inverse. Ce mouvement oscillatoire avait été remarqué

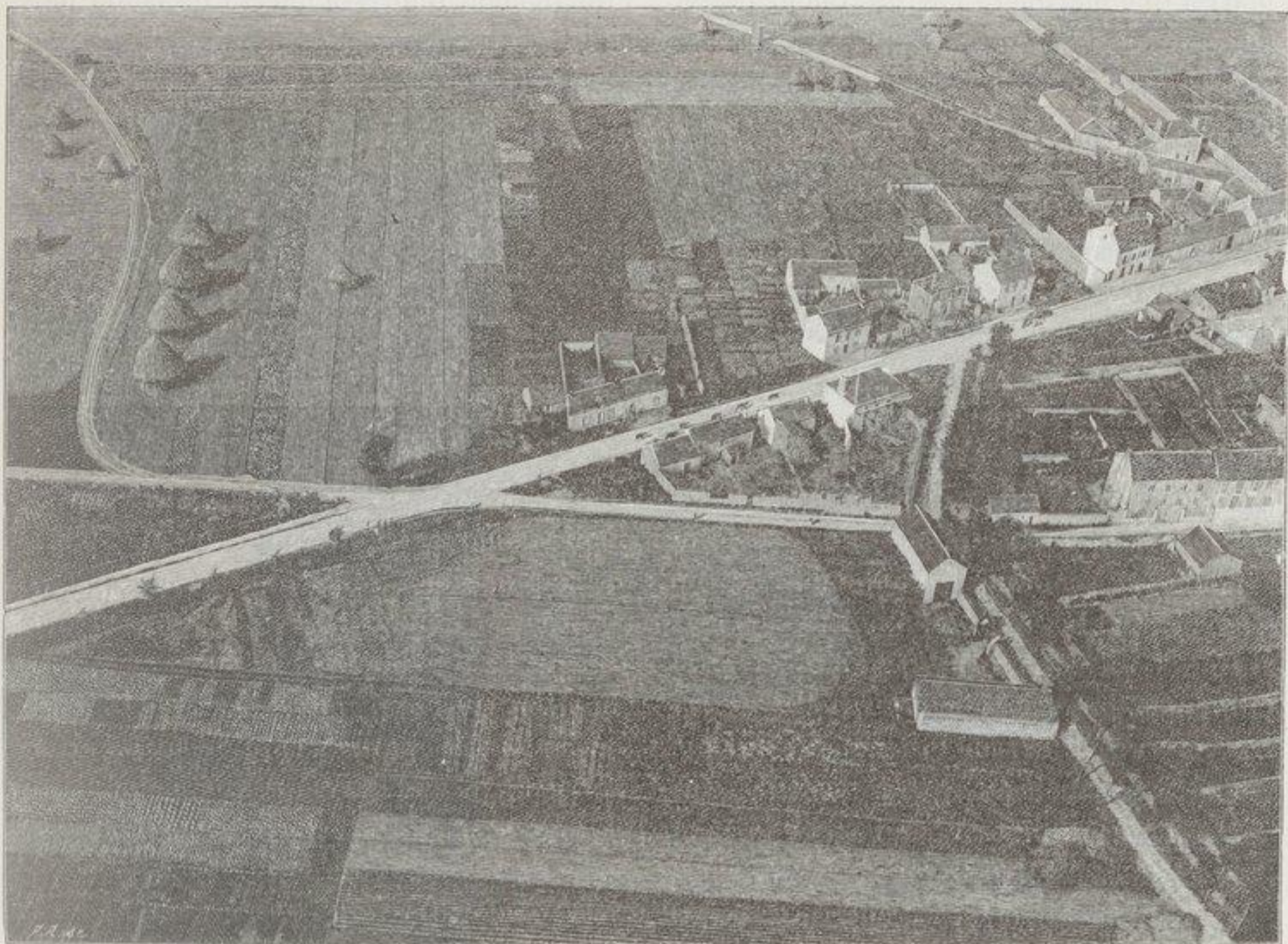


Fig. 143. — Photographie prise en aérostat. Vue verticale.

La netteté du cliché obtenu ne pourra donc pas être sensiblement modifiée par le mouvement de translation de l'aérostat, que ce mouvement se produise dans un sens tout à fait horizontal ou dans un sens légèrement oblique provoqué par la composition de son mouvement vertical et de son mouvement horizontal.

Lorsque l'aérostat est soumis à un mouvement de rotation, qui se produit généralement, autour de son axe, et quand ce

lors des ascensions de Biot et Gay-Lussac, qui profitaient, ainsi que nous l'avons précédemment indiqué, du passage de l'aérostat au *point mort* pour faire leurs observations relatives à la déviation de l'aiguille aimantée.

Il conviendra d'opérer de la même façon pour obtenir des photographies nettes, si l'aérostat possède un mouvement de rotation. Des repères convenablement choisis, qui peuvent être des nuages, indiqueront

la durée du mouvement oscillatoire de l'aérostat, et lorsqu'à la suite des observations effectuées on aura déterminé le moment où l'aérostat reste un instant immobile, parce qu'il va changer le sens de son mouvement de rotation, il conviendra de choisir ce moment pour prendre le cliché. La fraction de temps très courte pendant laquelle s'effectuera la pose sera prise sur le temps d'arrêt que marquera l'aérostat pour passer d'un sens de rotation à l'autre. On pourra, de la sorte, obtenir une image nette du paysage.

Un autre mouvement pouvant rendre difficile l'obtention d'un cliché photographique à bord d'un aérostat est le mouvement de *trépidation*; on le ressent surtout dans les aérostats captifs. Ce mouvement est provoqué par le fait de l'attache de l'aérostat au câble qui le relie au sol.

La nacelle d'un aérostat libre peut aussi avoir des mouvements de trépidation résultant de circonstances diverses.

Pour obvier aux inconvénients provenant des vibrations, on place l'appareil photographique dans une petite nacelle à suspension élastique fixée elle-même à la nacelle de l'aérostat. La suspension élastique a pour fonction d'amortir et même d'éteindre les vibrations, qui ne se transmettent pas, ainsi, à l'appareil photographique. On peut alors prendre des vues photographiques qui ont toutes chances de posséder une netteté convenable, à condition, toutefois, que, pour effectuer la pose, on ait le soin de ne pas ébranler l'appareil.

Il convient, en effet, pour se placer dans les meilleures conditions en vue de l'obtention de photographies nettes, de provoquer le fonctionnement de l'obturateur par l'intermédiaire d'un tube de caoutchouc et d'une poire. On évite ainsi les secousses que l'on pourrait occasionner en effectuant le déclenchement à la main.

En dehors de la stabilité nécessaire de

l'appareil photographique, d'autres causes interviennent pour modifier la netteté et la finesse des clichés pris dans les airs. La brume qui s'étale assez souvent à proximité du sol nuit à l'obtention d'images précises. Les détails du paysage photographié sont difficiles à définir. En outre, par un temps de brume, la lumière est moins vive et les plaques sensibles de l'appareil seront plus difficilement impressionnées. De là, la nécessité de prolonger le temps de pose, ce qui n'est passans inconvénient, étant donnés les mouvements continuels de la nacelle de l'aérostat.

Pour réduire le plus possible les effets désavantageux dus à l'insuffisance de lumière et à l'action de la brume, il est bon de munir les appareils photographiques destinés aux aérostats d'objectifs fonctionnant à très grande ouverture, c'est-à-dire permettant l'utilisation de diaphragmes de grand diamètre. De plus, les obturateurs seront réglés pour que leur vitesse de fonctionnement soit diminuée le plus possible, en tenant compte, toutefois, que le temps de pose ainsi déterminé doit être approprié à la rapidité avec laquelle les mouvements divers de l'aérostat se produisent.

Il sera bon également d'employer des plaques photographiques très sensibles à grain fin.

Un aéronaute-photographe expérimenté déterminera, d'ailleurs, aisément, les meilleures conditions à adopter pour obtenir un bon cliché, car, outre les considérations que nous venons de formuler, le choix de l'altitude intervient dans la réussite des clichés. Lorsque l'altitude à laquelle on aura opéré sera faible, les détails, sur l'image obtenue, seront nécessairement plus grands que sur une épreuve faite à une altitude supérieure, mais le paysage embrassé sera moindre.

D'autre part, dans un cliché pris à faible altitude, les objets un peu rapprochés semblent se recouvrir. La différence des plans



est quelquefois insuffisamment accusée et, à ce titre, les clichés pris à une altitude plus grande donnent une sensation plus réelle des paysages photographiés.

On choisira, pour effectuer les épreuves, le moment où la lumière a sa plus grande intensité, et si le soleil brille, on attendra qu'il soit arrivé au point culminant de sa course pour opérer. On obtiendra ainsi des images intenses avec des reliefs nettement accusés.

Des clichés faits avec une bonne lumière diffuse que l'on peut obtenir, par exemple, lorsqu'un léger nuage voile le soleil, sont plus doux et plus agréables à l'œil, mais si la photographie en aérostat a pour objet la recherche de documents topographiques, il est indispensable d'opérer avec la lumière la plus vive.

C'est, évidemment, en aérostat captif qu'on éprouve les difficultés les plus grandes à obtenir de beaux clichés. Les mouvements de translation et de rotation de l'aérostat libre sont transformés en mouvements oscillatoires, dus à l'attache fixe constituée par le câble.

En outre, ainsi que nous l'avons dit, l'aérostat captif est soumis à des mouvements de trépidation, de sorte que si, à la rigueur, on peut, à bord d'un aérostat libre, prendre des vues photographiques en posant l'appareil sur le pourtour de la nacelle et en déclenchant l'obturateur au moment con-

venable, on pourra rarement opérer ainsi à bord d'un aérostat captif.

On adopte le procédé que nous avons précédemment indiqué et qui consiste à suspendre élastiquement l'appareil photographique à la nacelle et à déclencher l'obturateur par l'intermédiaire d'un tuyau souple en caoutchouc. On attendra pour effectuer ce déclie que l'aérostat atteigne le *point mort* d'une de ses périodes d'oscillation, c'est-à-dire le court instant pendant lequel son mouvement change de sens et

est, par conséquent, nul.

Dans l'aérostat captif, la valeur de la force ascensionnelle influe sur son mouvement vibratoire. Lorsque l'enveloppe est remplie de gaz et que la force ascensionnelle est, en conséquence, con-

sidérable, les mouvements de trépidation sont importants, mais, par contre, les autres sont amoindris, et cela se conçoit aisément, car l'aérostat tire avec énergie sur son câble et tend à s'élever verticalement en résistant aux mouvements latéraux.

Quand, au contraire, l'aérostat est dégonflé, il est plus sensible à l'action du vent qui lui imprime des mouvements oscillatoires de plus grande amplitude.

Il est donc utile de tenir compte de toutes ces particularités pour opérer d'une façon correcte lorsqu'on fait de la photographie en aérostat.

En résumé, ce genre de photographie offre quelques difficultés, qui ne sont pas in-

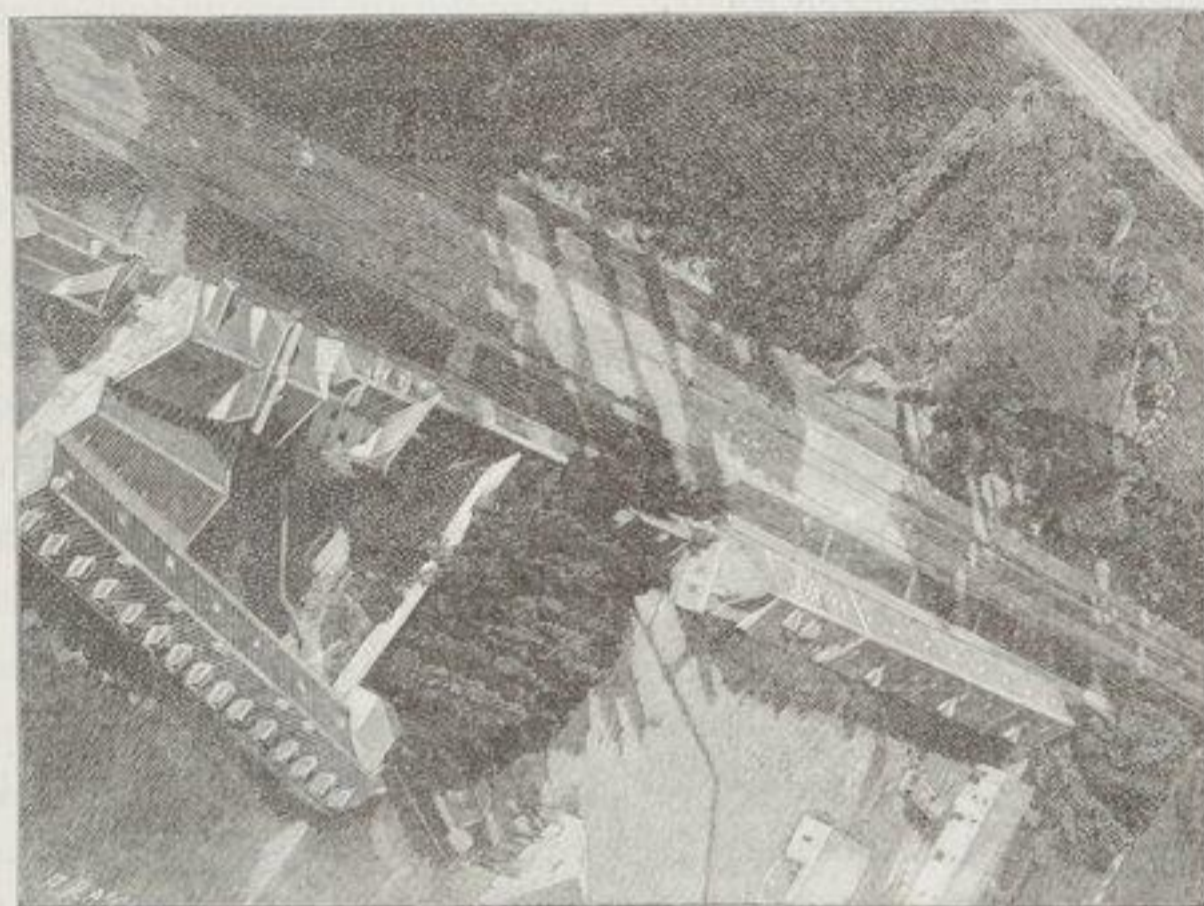


Fig. 144. — Photographie prise en aérostat. Vue verticale.

surmontables pour un professionnel. Elle peut rendre de réels services, surtout au point de vue topographique, car on peut relever, par l'obtention de clichés successifs, le plan d'un terrain, d'une agglomération bâtie, d'un ouvrage fortifié, etc... Dans ce cas, le cliché doit être pris l'appareil étant placé de telle sorte que l'objectif se trouve braqué verticalement vers le sol.

Les clichés pris sous un certain angle peuvent, également, fournir de précieuses indications.

D'ailleurs, si les clichés obtenus sont convenables, on a toujours la ressource de les agrandir pour apprécier plus distinctement les détails qui peuvent échapper à l'œil dans l'épreuve obtenue directement.

Les quelques reproductions de photographies prises en aérostat que nous donnons permettront de juger des curieux effets de perspective qui peuvent se produire. Les figures 143 et 144 représentent des vues verticales, c'est-à-dire prises l'objectif étant braqué pour ainsi dire verticalement vers le sol; la figure 141 est la reproduction d'un agrandissement de cliché pris en aérostat sous un certain angle d'incidence.

*Détermination du point en aérostat*

Il est très utile, quand on voyage en aérostat libre, de connaître constamment la direction dans laquelle l'aérostat se trouve entraîné et de déterminer sa position exacte sur une carte terrestre.

C'est ce qui s'appelle *faire le point*, par analogie avec l'opération faite à bord des bateaux pour reconnaître l'endroit exact où ces bateaux se trouvent sur la mer.

Quand l'aérostat navigue en ne perdant pas la terre de vue, l'aéronaute peut, à l'aide de cartes et de repères déterminés : villes, bois, fleuves, etc..., reconnaître sa route et déterminer d'une manière sensiblement exacte la direction suivie par l'aérostat et la vitesse avec laquelle il se déplace.

Mais lorsque des nuages s'interposent

entre la terre et l'aérostat ou, encore, pendant la nuit, il est difficile à l'aéronaute de connaître, à chaque instant, le point de la terre au-dessus duquel il se trouve, s'il n'emploie pas des moyens spéciaux.

Il est d'ailleurs indispensable de faire cette détermination, surtout lorsque l'aérostat est à proximité de la mer ou, dans le cas d'un aérostat militaire, lorsqu'il doit éviter d'atterrir en territoire ennemi.

L'aéronaute peut, à la vérité, lorsque les nuages forment le seul obstacle à la détermination de sa route, laisser descendre son aérostat au-dessous de l'écran nuageux, mais cette manœuvre pourra nécessiter une perte de gaz si la soupape est actionnée et la durée de l'ascension se trouvera réduite.

Il est toujours préférable de se donner le moyen de repérer constamment la position géographique de l'aérostat sans modifier sa phase de navigation normale. On peut obtenir ce résultat, à défaut des repères terrestres invisibles, en prenant des points de repère célestes.

A une certaine altitude le ciel est généralement pur. On choisit d'ailleurs le moment où une éclaircie se produit pour *faire le point*, le jour à l'aide du soleil, la nuit à l'aide des étoiles.

L'opération consiste à mesurer la hauteur de l'astre au-dessus de l'horizon. C'est ainsi que les marins opèrent pour faire leur point, et ils se servent, pour cela, d'un appareil nommé *sextant*.

La méthode astronomique de la mesure de la hauteur des astres permet de trouver soit par le calcul, soit en se servant d'*abaques*, tracés spéciaux établis à l'avance, la *latitude* et la *longitude* du point à reconnaître. Ce point se trouve ainsi nettement déterminé géographiquement et on peut le reporter sur une carte terrestre.

Le sextant employé dans la marine permet d'observer l'horizon réel, mais cet appareil ne peut être utilisé en aérostat de la même façon.

On a donc combiné divers appareils dans lesquels on crée un horizon artificiel qui permet d'effectuer les observations.

Parmi eux, le *sextant gyroscopique* maintient une ligne d'horizon artificielle à une position constante malgré les mouvements de la nacelle de l'aérostat. L'appareil comporte un mécanisme de gyroscope tournant à une très grande vitesse et gardant toujours la même position.

Des sextants et des boussoles à niveau sont aussi utilisés et d'un emploi plus facile que le sextant gyroscopique.

Dans le sextant à niveau, la lunette avec laquelle on vise l'astre doit permettre de voir dans son champ l'image de la bulle d'un niveau à bulle d'air. Ce niveau est posé au-dessus de la lunette et sa bulle est réfléchiée par un miroir convenablement incliné. On voit ainsi à la fois, dans la lunette, l'astre visé dont l'image se forme sur un fil horizontal et la bulle du niveau. L'éclairage nécessaire pour voir ces images pendant la nuit est fourni par une petite lampe électrique alimentée par une légère pile sèche supportée par l'appareil.

*Expériences scientifiques* A la suite des prouesses aéronautiques accomplies pendant le Siècle de Paris en 1870, les aérostats, dont on s'était assez peu occupé pendant de longues années, redevinrent en faveur. Une *Société française de navigation aérienne* fut constituée et donna à la Science aéronautique un bienfaisant essor.

L'étude de l'atmosphère aux hautes altitudes tentait toujours les savants et les chercheurs. Sous le patronage de la *Société de navigation aérienne*, des ascensions furent organisées pour compléter les résultats donnés par les ascensions scientifiques précédentes dont nous avons parlé plus haut.

En 1874, Sivel et Crocé-Spinelli s'élèvent jusqu'à 7.300 mètres d'altitude en respi-

rant de l'oxygène, et font de très intéressantes observations.

En 1875, la *Société de navigation aérienne* établit un programme d'ascensions comportant un voyage *de durée* et un voyage *d'altitude*.

Ces voyages doivent être effectués avec l'aérostat le *Zénith*, construit par Sivel et ayant un volume de 3.000 mètres cubes.

L'Académie des Sciences et les sociétés savantes patronnèrent ce projet et fournirent les ressources nécessaires pour le réaliser.

Le 23 mars 1875, à 6 h. 20 du soir, le *Zénith* part de l'usine à gaz de la Villette emportant dans sa nacelle cinq aéronautes : Sivel, Crocé-Spinelli, Jobert, et les frères Albert et Gaston Tissandier.

Dans la nacelle sont, en outre, disposés divers instruments et appareils d'expérience, et 1.100 kilogrammes de sable fin, formant lest, enfermé dans des sacs.

Suivant un intéressant récit qu'en a donné un des hardis aéronautes, Gaston Tissandier, l'aérostat, après avoir traversé Paris en passant au-dessus des Tuileries et des Invalides, se maintint à une hauteur variant de 700 à 1.100 mètres.

Sivel, détermine la direction de la route suivie, à l'aide de la boussole, et en laissant traîner jusqu'à terre une fine cordelette d'environ 800 mètres de longueur. Cette corde indique, par suite de son frottement sur le sol et de l'inclinaison qu'elle prend, l'*arrière* de l'aérostat.

Crocé-Spinelli fait des observations spectroscopiques; Jobert jette de la nacelle des questionnaires imprimés destinés à être envoyés à Paris après avoir été remplis par les personnes qui les auront recueillis. Le questionnaire comporte des demandes d'indications sur la température, la pression barométrique, et l'état atmosphérique.

Gaston Tissandier fait circuler 100 litres d'air dans un appareil spécial destiné à absorber l'acide carbonique de cet air, afin de le

doser après l'atterrissage. Albert Tissandier prend des croquis de phénomènes aériens, dont l'un observé à 4 h. 30 du matin est un *halo* entourant la Lune, d'une très vive intensité, et provenant de la réfraction de la lumière traversant des paillettes de glace rencontrées à une haute altitude.

Au matin, le *Zénith* est en vue de la Rochelle et l'Océan est à proximité. Le vent pousse cependant l'aérostat dans la direction du sud. En côtoyant la mer, le *Zénith* arrive sur la Gironde à 10 heures du matin, la traverse, et atterrit aux environs d'Arcachon, après avoir navigué à faible hauteur pour utiliser un courant aérien ayant une direction nord-ouest qui éloignait l'aérostat de la mer.

L'ascension avait duré vingt-deux heures quarante minutes et dépassé sensiblement la durée moyenne des ascensions précédemment effectuées.

Des observations utiles aux études météorologiques furent consignées pendant cette ascension, qui fournit des éléments divers intéressant la Physique du globe.

La première partie du programme tracé par la *Société de navigation aérienne* se trouvait de la sorte fort heureusement remplie.

L'exécution de la seconde partie, l'ascension d'altitude, devait se terminer de la plus tragique façon.

C'est le même aérostat le *Zénith*, qui est utilisé pour effectuer cette ascension.

Les voyageurs sont au nombre de trois : Gaston Tissandier, Crocé-Spinelli, et Sivel.

Les expériences et observations météorologiques faites dans l'ascension de durée doivent être complétées à la plus haute altitude possible.

Gaston Tissandier doit doser l'acide carbonique au moyen du même appareil, appelé *aspirateur*, emporté dans la précédente ascension, et qui se compose d'un tube à potasse dans lequel on fait circuler un volume d'air connu et qui retient l'acide

carbonique. Crocé-Spinelli doit rechercher la vapeur d'eau contenue dans l'air en effectuant des observations spectroscopiques. Sivel, aéronaute expérimenté, pilote l'aérostat.

Le *Zénith* part de l'usine à gaz de La Villette le 15 avril 1875.

A une heure de l'après-midi il est à plus de 5.000 mètres. Les observateurs avaient fait passer l'air dans l'aspirateur, effectué les expériences spectroscopiques, mesuré la température intérieure du ballon qui était de 20 degrés alors que celle de l'air extérieur était de 5 degrés au-dessous de zéro.

« Nous nous sentions tout joyeux, dit Gaston Tissandier, un des aéronautes, dans un émouvant récit de cette ascension; Sivel jette du lest; bientôt nous montons, tout en respirant de l'oxygène qui produit un effet excellent.

« A une heure vingt minutes, le baromètre marque 320, nous sommes à l'altitude de 7.000 mètres; la température est de — 10°. Sivel et Crocé sont pâles et je me sens faible. Je respire de l'oxygène qui me ranime un peu. Nous montons encore.

« Sivel se tourne vers moi et me dit : « Nous avons beaucoup de lest, faut-il en « jeter? »

« Je lui réponds : « Faites ce que vous « voudrez. »

« Il se tourne vers Crocé et lui fait la même question. Crocé baisse la tête, en signe d'affirmation très énergique.

« Il y avait dans la nacelle au moins cinq sacs de lest; il y en avait quatre encore qui pendaient en dehors par des cordelettes.

« Sivel saisit son couteau et coupe successivement trois cordes. Les trois sacs se vident et nous montons rapidement.

« Je me sens tout à coup si faible que je ne peux même pas tourner la tête, pour regarder mes compagnons qui, je crois, se sont assis.

« Je veux saisir le tube à oxygène, mais il m'est impossible de lever les bras. Mon esprit était encore très lucide; j'avais les yeux sur le baromètre, et je vois l'aiguille passer sur le chiffre de la pression 290, puis 280, qu'elle dépasse. Je veux m'écrier : « Nous sommes à 8.000 mètres ! » mais ma langue est comme paralysée.

« Tout à coup je ferme les yeux et je tombe inerte, perdant absolument le sou-

sorte de tremblement me saisit, et je retombe évanoui encore une fois. Je ressentais un vent violent qui indiquait une descente très rapide. Quelques moments après, je me sens secouer par les bras, et je reconnais Crocé qui s'est ranimé : « Jetez du lest, » me dit-il, nous descendons. » Mais c'est à peine si je puis ouvrir les yeux et je n'ai pas vu si Sivel était réveillé. Je me rappelle que Crocé a détaché l'aspirateur, qu'il l'a jeté

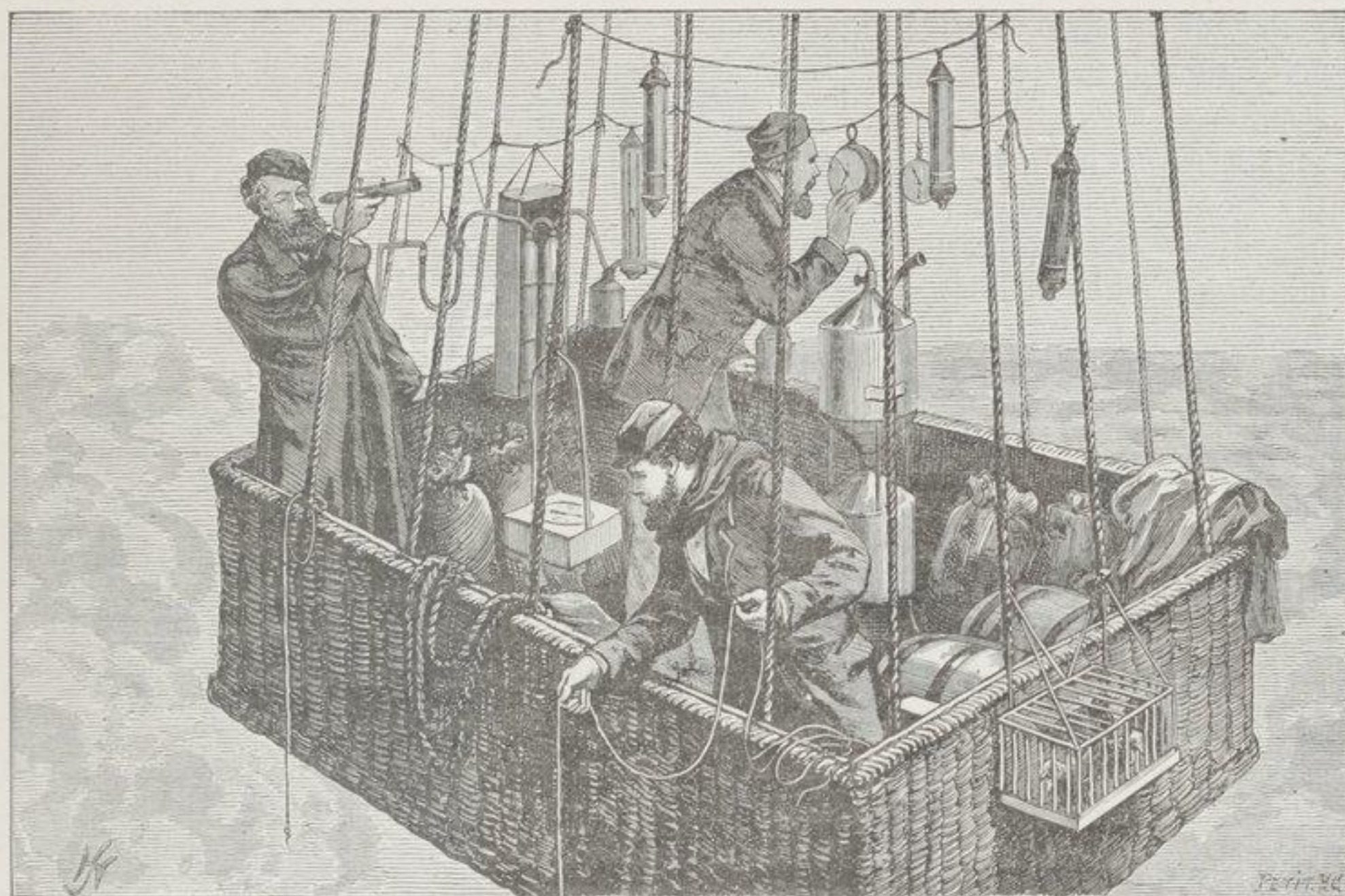


Fig. 145. — La nacelle du *Zénith* pendant la tragique ascension du 15 avril 1875.

venir : il était environ une heure et demie.

« A deux heures huit minutes je me réveille un moment; le ballon descendait rapidement, j'ai pu couper un sac de lest pour arrêter la descente, et écrire sur mon registre de bord les lignes suivantes que je recopie :

« Nous descendons. Température — 8°; je jette du lest : H = 315. Nous descendons. « Sivel et Crocé évanouis au fond de la nacelle. Descendons très fort. »

« A peine ai-je écrit ces mots, qu'une

par-dessus bord, et qu'il a jeté du lest, des couvertures, etc.

« Tout cela est souvenir extrêmement confus, qui s'éteint vite, car je retombe dans mon inertie plus complètement encore qu'auparavant, et il me semble que je m'endors d'un sommeil éternel.

« Que s'est-il passé? Je suppose que le ballon délesté, imperméable comme il l'était, et très chaud, a remonté encore une fois dans les hautes régions.

« A trois heures environ, je rouvre les

yeux, je me sens étourdi, affaissé, mais mon esprit se ranime! Le ballon descend avec une vitesse effrayante, la nacelle est balancée avec violence et décrit de grandes oscillations; je me trouve sur mes genoux et je tire Sivel par le bras, ainsi que Crocé.

« Sivel! Crocé! m'écriai-je, réveillez-vous! »

« Mes deux compagnons étaient accroupis dans la nacelle, la tête cachée sous leurs manteaux. Je rassemble mes forces et j'essaye de les soulever. Sivel avait la figure noire, les yeux ternes, la bouche béante et remplie de sang; Crocé-Spinelli avait les yeux fermés et la bouche ensanglantée.

« Vous dire ce qui se passa alors m'est impossible. Je ressentais un vent effroyable de bas en haut. Nous étions encore à 6.000 mètres d'altitude. Il y avait encore dans la nacelle deux sacs de lest que j'ai jetés. Bientôt la terre se rapproche. Je veux saisir mon couteau pour couper la cordelette de l'ancre; impossible de le retrouver! J'étais comme fou, et je continuais à appeler : « Sivel! Sivel! »

« Par bonheur j'ai pu mettre la main sur un couteau et détacher l'ancre au moment voulu. Le choc à terre fut d'une violence extrême. Le ballon sembla s'aplatir, et je crus qu'il allait rester en place; mais le vent était violent et l'entraîna; l'ancre ne mordait pas et la nacelle glissait à plat sur les champs.

« Les corps de mes malheureux amis étaient cahotés çà et là, et je croyais à tout moment qu'ils allaient tomber de la nacelle. Cependant j'ai pu saisir la corde de la soupape, et le ballon n'a pas tardé à se vider, puis à s'éventrer contre un arbre. Il était quatre heures.

« En mettant pied à terre, j'ai été saisi d'une surexcitation fébrile violente, et bientôt je me suis affaissé en devenant livide; j'ai cru que j'allais rejoindre mes amis dans l'autre monde. Cependant je me remis peu à peu.

« J'ai été auprès de mes malheureux compagnons, qui étaient déjà froids et crispés. J'ai fait porter leurs corps à l'abri dans une grange voisine! »

Ainsi donc, quelques heures après le départ du *Zénith*, Crocé-Spinelli et Sivel étaient foudroyés par l'apoplexie pulmonaire et Gaston Tissandier gisait, à demi-mort près de deux cadavres. Il dut son salut, à ce qu'il assure, à ce qu'il tomba en syncope, de sorte que sa respiration fut ainsi suspendue pendant que l'aérostat s'élevait à une altitude où l'air est extrêmement raréfié.

Voici, d'ailleurs, les notes écrites sur son carnet par Gaston Tissandier au commencement du voyage :

« Je reprends la suite de Crocé-Spinelli, pendant qu'il fait ses expériences spectroscopiques. Mes pulsations sont de 110 à la minute. Nous sommes à 3.000 mètres. Notre thermomètre, placé à l'intérieur du ballon, marque 25 degrés au-dessus de zéro dans l'intérieur, 10 degrés au-dessous dans la nacelle. Crocé-Spinelli, tâté, a 120 pulsations. — Une heure dix minutes : sommes à 6.000 mètres. Nous allons bien... Maintenant, 6.500 mètres. Un peu d'oppression. Mains gelées légèrement... Nous allons mieux... Mains gelées... Crocé souffle. Respirons oxygène dans ballonnets, Sivel et Crocé ferment les yeux... Pâles... Un peu de mieux, même un peu gais. Crocé me dit en riant : « Tu souffles comme un marsouin... » — Une heure vingt minutes : sommes à 7.000 mètres. Sivel paraît assoupi... Sivel et Crocé sont pâles... 7.400 mètres (sommeil)... 7.500. Sivel jette lest encore... Sivel jette lest. »

Ce sont les derniers mots écrits par Gaston Tissandier.

Il semble que les courageux voyageurs auraient dû être avertis lorsqu'ils eurent atteint une altitude de 7.000 mètres, par ces troubles physiologiques : la pâleur et l'assoupissement, de n'avoir plus à jeter du

lest, car ces troubles étaient les signes précurseurs des graves accidents qui devaient se produire.

L'aérostat avait bien emporté trois ballonnets de caoutchouc contenant une proportion de 70 % d'oxygène et de 30 % d'air pour faciliter la respiration des aéronautes à une altitude élevée, mais les troubles occasionnés par la raréfaction rapide de l'air les empêchèrent de se servir de ces appareils au moment propice.

Lorsque Gaston Tissandier, en revenant à lui, peu de temps après la mort de ses compagnons, les aperçoit couchés inertes dans la nacelle, il les croit évanouis. Il les appelle, les secoue, ainsi qu'il le dit dans son récit; mais ils restent sans mouvement.

Le sang s'échappait de leur nez, de leur bouche, de leurs oreilles. Gaston Tissandier se souvint alors de cette phrase dite par Sivel au moment du départ : « Celui-là de nous trois sera heureux qui reviendra. »

Affolé, Tissandier ne peut rien pour rappeler ses compagnons à la vie, et l'aérostat descend toujours. La terre est proche. Tissandier parvient à jeter l'ancre, mais sa première tentative reste sans résultat. Le *Zénith*, après avoir effleuré les arbres d'un grand parc, vient frapper contre un orme. La secousse est terrible, mais le danger a rendu son sang-froid à l'aéronaute. Il monte dans les cordages et creve l'enveloppe du ballon. Il voit des hommes courir à lui. Il se précipite hors de la nacelle pour leur donner plus facilement des instructions sur la manœuvre à effectuer.

On se suspend aux cordes, et le *Zénith* est enfin arrêté aux Néraux, commune de Ciron (Indre). Dans la nacelle gisent les deux cadavres de Crocé-Spinelli et Sivel. Gaston Tissandier, fortement contusionné, fut l'objet de soins pressés qui lui furent donnés chez un fermier voisin. Il resta sourd pendant quelques heures, mais il sortit heureusement indemne de cette ascension périlleuse.

La catastrophe du *Zénith* est due certainement à la trop grande rapidité de l'ascension.

On sait que l'air diminue de masse à mesure que l'on gagne des altitudes de plus en plus élevées. Par suite de cette raréfaction de l'air, qui se manifeste par un moindre poids pour un même volume, la respiration pulmonaire s'effectue avec d'autant plus de difficulté qu'on est à une hauteur plus grande au-dessus du sol.

A des altitudes de 5.000 à 6.000 mètres, on a déjà de la peine à respirer, et on ne

pourrait se maintenir pendant longtemps à ces hauteurs si on n'avait recours aux inhalations d'oxygène.

De plus, une autre cause, indépendante de la raréfaction de l'air, peut constituer un danger pour la vie des êtres animés : c'est la diminution de la pression atmosphérique.

Sur la terre, la pression atmosphérique qui comprime notre corps à l'extérieur est équilibrée, à l'intérieur, par les liquides qui circulent dans les organes. Si cette pression extérieure vient à diminuer, par suite du transport du corps dans une région plus élevée, cet équilibre est rompu; il y a excès

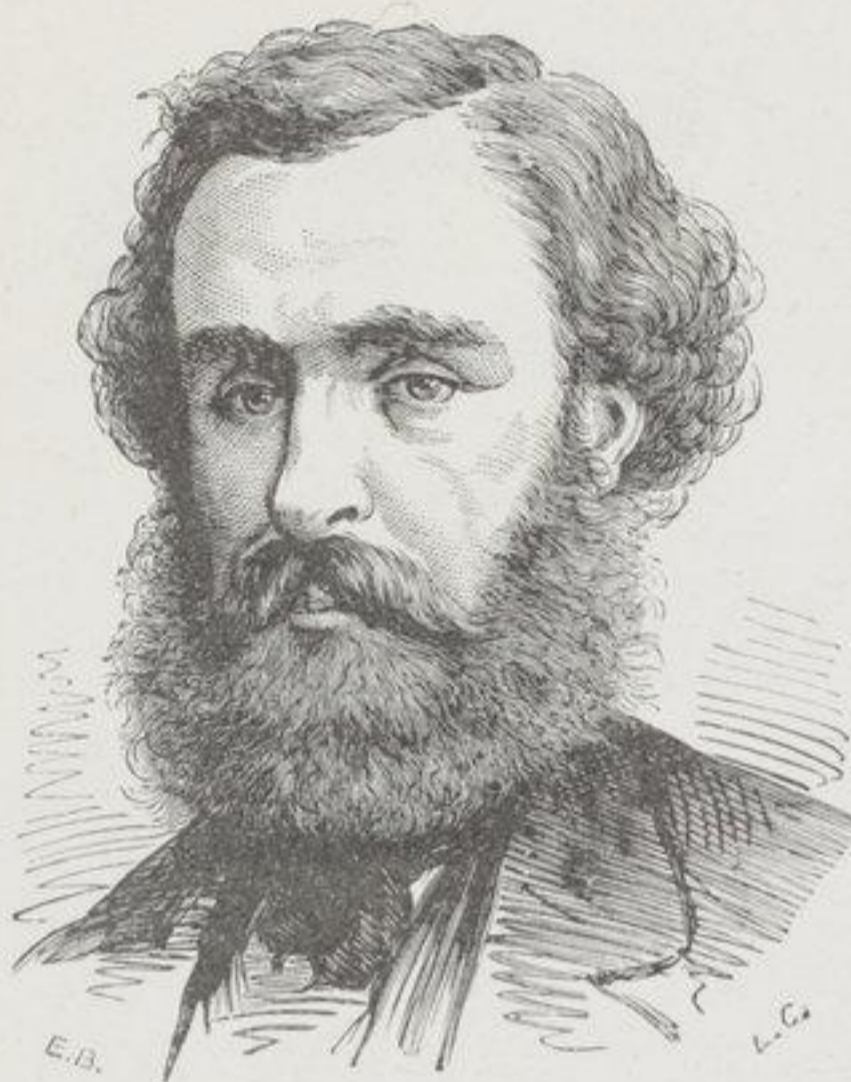


Fig. 146. — Crocé-Spinelli.

de la pression intérieure sur celle du dehors, et de là, peuvent résulter les accidents les plus graves. Ces accidents consistent surtout en un trouble dans la circulation du sang. Si l'on s'élève beaucoup, le sang sort par le nez, par les oreilles; les lèvres bleuissent : on est exposé à une apoplexie pulmonaire. Dès que l'aéronaute commence à respirer avec peine et à souffrir du manque d'air, il doit prendre garde, et ne s'élever qu'avec précaution. Il est à craindre qu'il ne soit bientôt plus assez maître de ses mouvements pour pouvoir respirer le gaz oxygène qu'il a emporté comme moyen de salut.

Ainsi, une précaution essentielle pour l'aéronaute, c'est de s'élever avec lenteur, afin que son corps ne passe pas avec une trop grande rapidité de la pression extérieure normale à une pression beaucoup plus faible.

Le passage progressif et de durée plus prolongée de la pression atmosphérique ordinaire à une pression très réduite, donne aux organes le temps de s'y préparer et permet d'éviter les accidents pouvant résulter d'un changement brusque.

On sait que les ouvriers qui travaillent dans des caissons à air comprimé pour établir les fondations des piles de pont, par exemple, ont bien soin de ménager cette transition du passage de l'air atmosphérique à l'air comprimé dans les caissons.

Les crachements de sang, les saignements de nez, les vertiges sont à craindre lorsqu'on ne prend pas les élémentaires précautions que commande la prudence.

Ce qui est vrai pour l'air comprimé l'est également pour l'air raréfié, car c'est la même cause agissant en sens inverse. L'air comprimé produit des épanchements et *intravasations* des liquides du corps, de l'extérieur à l'intérieur; l'air raréfié provoque des *extravasations*, des épanchements du sang du dedans au dehors. Mais dans l'un et l'autre cas on peut éviter ces dangers en ne se soumettant que progressivement à la différence de pression.

Il est certain que dans le cas du *Zénith*, les trois aéronautes se trouvèrent trop rapidement transportés dans une atmosphère raréfiée. Il résulta de cette transition brusque un anéantissement de leurs facultés qui détermina, ainsi qu'il arrive dans ces sortes de cas, des actes involontaires, inconscients, qui causèrent la mort de deux d'entre eux.

L'un des aéronautes, en effet, coupe les sacs de lest pour faire

monter l'aérostat encore plus haut, alors qu'il aurait dû, au contraire, ouvrir la soupape, pour descendre, tandis qu'un autre jette par-dessus bord les couvertures et les appareils emportés pour faire des expériences.

Ces divers objets jetés par Crocé-Spinelli : aspirateur, boîte contenant le spectroscope, couverture, bâche, furent retrouvés dans la commune de Courmenin (Loir-et-Cher). Ils étaient, pour la plupart, tachés de sang et tombèrent auprès d'une femme et de deux enfants qui furent fort effrayés de cette chute mystérieuse, l'aérostat étant, à ce moment, invisible.



Fig. 147. — Sivel.



Il nous reste à indiquer les quelques observations scientifiques, rapportées de cette ascension si malheureusement terminée, d'après l'exposé fait par Gaston Tissandier à l'Académie des Sciences, et dont voici un résumé : Les observations thermométriques ont donné une décroissance de la température jusqu'à la hauteur de 8.000 mètres. En partant, le thermomètre marquait 14 degrés au-dessus de zéro; le zéro était atteint à 4.387 mètres. A 7.000 mètres il indiquait 10 degrés au-dessous de zéro et 11 à 7.400 mètres.

La température intérieure de l'aérostaut était de 19 degrés au-dessus de zéro au centre et de 22 près de la soupape à une altitude de 5.000 mètres.

L'ascension s'est effectuée rapidement.

La température des couches d'air diminuait, tandis que la température intérieure de l'aérostaut restait à peu près stationnaire, ce qui diminuait sa force ascensionnelle.

Les voyageurs réservaient leurs forces pour les régions les plus élevées, sans soupçonner le dénouement funeste qui les attendait. En ce qui concerne les effets de l'ascension sur la circulation, à 4.602 mètres, il y avait 110 pulsations à la minute; à 5.300 mètres, Sivel en comptait 155, avec + 37 degrés 9 dixièmes pour la température de sa bouche. A terre, Crocé-Spinelli comptait 74 pulsations; Sivel, 76 à 86, et Gaston Tissandier, 70 à 80.

Au delà de 5.000 mètres, Crocé-Spinelli a signalé l'absence de la vapeur d'eau dans

l'air. Le ciel était bleu et limpide; une nappe de cirrus fut observée à 4.500 mètres; à 7.000 mètres la masse des cirrus était plus compacte; on distinguait une petite portion de la surface terrestre qui formait comme la base d'un cylindre. Jusqu'à 7.000 mètres les aéronautes n'éprouvèrent pas d'inconvénients sérieux.

A cette altitude ils étaient pâles; ils respirèrent de l'oxygène, ce qui leur fit beaucoup de bien.

Vers 7.500 mètres les voyageurs s'engourdissent; Sivel vide alors ses trois sacs de lest. Le corps et l'esprit s'affaiblissaient peu à peu. A ces hauteurs, on ne souffre pas, on devient indifférent, on ne pense plus au danger, on est heureux de s'élever de plus en plus. Le vertige des hautes régions n'est donc pas un vain mot. Bientôt Sivel s'assit, comme l'était Crocé-Spinelli, Gaston Tissandier s'appuya com-



Fig. 148. — Gaston Tissandier.

me il put; il devint très faible, sans pouvoir tourner la tête; il ne pouvait lever les bras, pour saisir le tube et respirer l'oxygène. Son esprit avait cependant conservé quelque lucidité, il lut la pression de 290 à 280 millimètres; mais sa langue était paralysée.

A une heure trente minutes, il tombe inerte. A deux heures huit minutes, il se réveille et vide un sac de lest; il note la pression de 315 millimètres et l'altitude de 7.059 mètres, il était alors deux heures vingt minutes. Il s'affaisse de nouveau; le vent était violent. Crocé-Spinelli se réveille

à son tour et jette du lest; il lance par-dessus bord l'aspirateur, qui pesait 17 kilogrammes. Le ballon, imperméable et très chaud, remonte encore. Aucun des trois aéronautes ne peut tirer la soupape pour redescendre, et Gaston Tissandier perd encore connaissance.

Ce ne fut qu'à trois heures trente minutes qu'il se ranima; la hauteur était de 6.000 mètres. Ses compagnons avaient cessé de vivre. Leur visage était noir, ils avaient les yeux à demi fermés, la bouche entr'ouverte, ensanglantée et froide.

La descente eut lieu à quatre heures, à 250 kilomètres de Paris, après un séjour de quatre heures vingt-cinq minutes dans les airs.

La boîte renfermant les *tubes barométriques* fut ouverte dans le laboratoire de la Sorbonne, huit jours après l'événement, pour connaître quelle était la hauteur maximum atteinte.

Ces *tubes barométriques*, qui ont été imaginés par le savant et regretté Janssen, sont construits en fer; ils ont 60 centimètres de long; ils sont remplis de mercure et recourbés en bas. Sous l'influence de la dépression, le mercure s'échappe en gouttelettes, et, après le voyage, la quantité de mercure qui reste dans le tube permet de déterminer la pression correspondante. L'un de ces tubes était cassé, d'autres fonctionnaient mal, mais deux ont présenté une marche régulière. On a trouvé ainsi que la plus faible pression était de 264 à 260 millimètres, ce qui porte à 8.600 mètres la hauteur maximum à laquelle est parvenu le *Zénith*. Gaston Tissandier est persuadé que la hauteur de 8.600 mètres répond à la première montée, et que ses amis ont perdu la vie lorsque le ballon a atteint, pour la deuxième fois, les régions élevées.

Avant la catastrophe du *Zénith* une autre ascension d'altitude avait failli finir aussi tragiquement. C'est celle effectuée par les aéronautes Glaisher et Coxwell, voyage aé-

rien dont nous avons précédemment parlé et qui avait pour but des observations scientifiques. On sait que dans cette ascension Glaisher faillit perdre la vie, après avoir dépassé l'altitude de 8,000 mètres, et ne dut son salut qu'à un miraculeux hasard. Arrivé à cette hauteur, en effet, Glaisher tomba subitement sans connaissance au fond de sa nacelle, et, s'il ne périt pas, c'est que Coxwell, tout défaillant lui-même, eut cependant la force de tirer, avec ses dents, la corde de la soupape et de provoquer ainsi une descente rapide de l'aérostat.

Dans une autre ascension, postérieure à celle-ci, Glaisher affirme, d'autre part, avoir atteint 10.000 mètres. Il est peu probable que cette hauteur ait pu être atteinte sans que l'aéronaute se soit entouré de précautions spéciales, telles qu'on les prend, de nos jours, dans les ascensions d'altitude. Peut-être, aussi, y-a-t-il eu, sur la mesure de l'altitude maximum, une erreur due au fonctionnement défectueux des appareils.

On peut, cependant, s'élever à des altitudes considérables sans trop de danger, depuis qu'on fait usage d'appareils respiratoires remplaçant les ballonnets à oxygène qui distribuaient leur gaz à l'aide d'un tube de caoutchouc qu'on se plaçait dans la bouche.

Le 23 septembre 1900, deux intrépides aéronautes français, MM. Jacques Balsan et Louis Godard, atteignaient une altitude de 8.500 mètres, et le 31 juillet 1901 un courageux aéronaute allemand, M. Berson, s'élevait jusqu'à 10.500 mètres de hauteur, ce qui constitue le record du monde d'altitude pour aérostat libre monté.

*Observations physiologiques en aérostat*

Les troubles physiologiques qui se manifestent à des altitudes élevées et qui ont causé la mort de Crocé-Spinnelli et de Sivel, ont été l'objet d'études et d'observations au cours d'ascensions spécialement effectuées dans ce but.

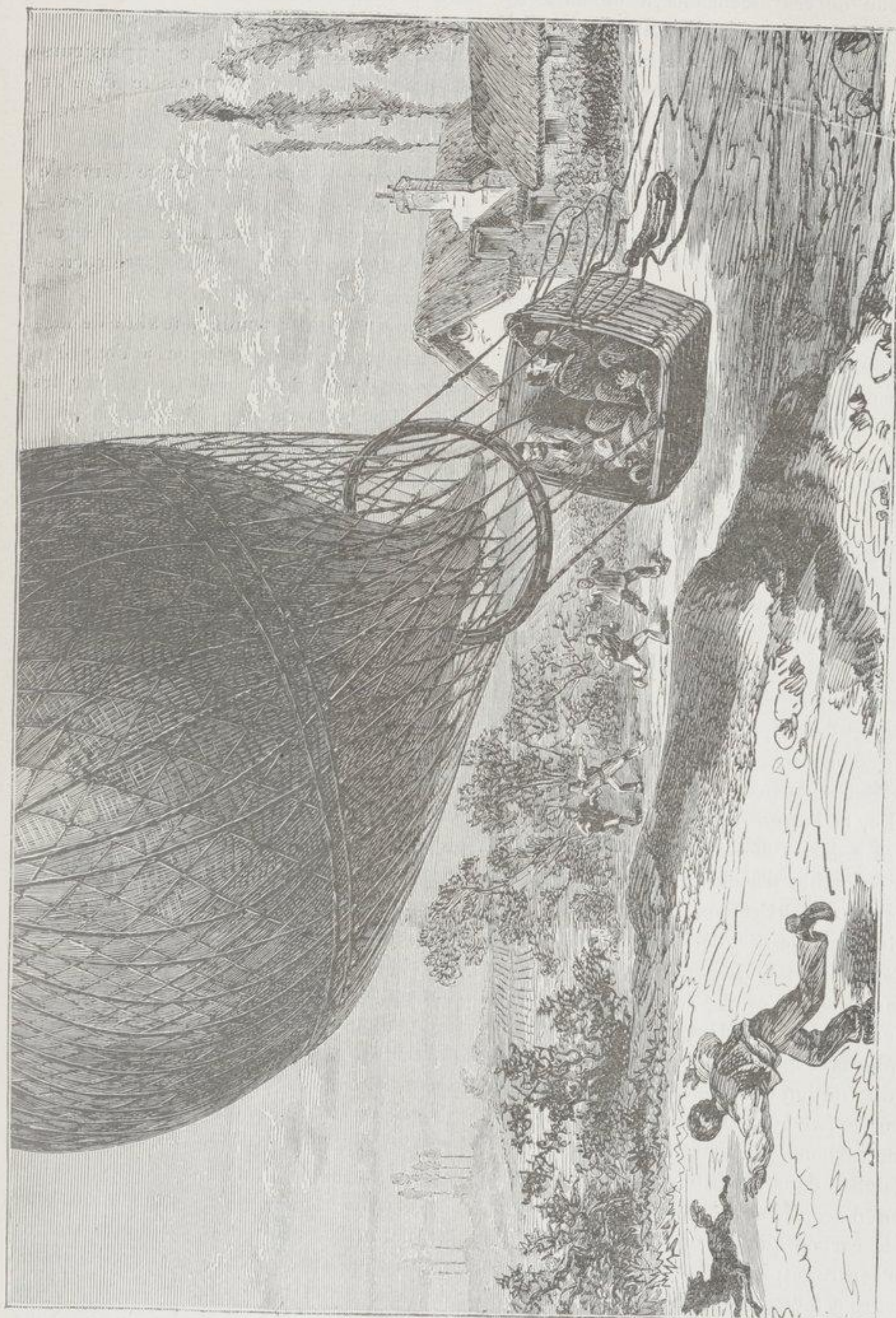


Fig. 119. — Atterrissage du Zénith.

L'une de ces ascensions a été faite le 3 juillet 1908. C'est sous le patronage de la Commission scientifique de l'Aéro-Club de France que les docteurs Jacques Soubies et O. Crouzon, accompagnés de l'aéronaute Albert Omer-Décugis, ont procédé, à haute altitude, à des recherches relatives au *mal en ballon*, aux modifications de la pression artérielle, de la force musculaire, de la sensibilité.

Voici un résumé du très intéressant rapport présenté par les observateurs à la Commission scientifique de l'Aéro-Club de France, dans sa séance du 27 juillet 1908.

Le *mal en ballon* est un ensemble de symptômes qui surviennent chez les aéronautes entre 5.000 et 6.000 mètres et dont le développement peut entraîner la mort.

D'après l'ouvrage du docteur Soubies sur la *Physiologie de l'aéronaute*, ces symptômes se manifestent par la fréquence et la profondeur des inspirations, la soif, les nausées, ou les vomissements, la diminution de la force musculaire, la fréquence du pouls et les palpitations, la congestion veineuse de la face, la *céphalalgie*, ou douleurs de tête, la torpeur et la paresse intellectuelle, la somnolence.

On a donné des explications diverses de cet ensemble d'accidents, mais deux théories ont surtout retenu l'attention des physiologistes : la première rapportant ces accidents à l'insuffisance d'oxygène contenu dans le sang, et que les spécialistes désignent sous le nom d'*anocyhémie*, la seconde expliquant les troubles physiologiques par la diminution de l'acide carbonique dans le sang ou par la trop grande exhalaison d'acide carbonique. Cette seconde théorie est désignée dans les milieux spéciaux sous le nom d'*acapsie* et repose sur ce fait que l'acide carbonique est un excitant énergique du centre respiratoire. A une altitude supérieure à 5.000 mètres, il y aurait une trop grande quantité d'acide carbonique rejeté et l'insuffisance d'acide carbonique dans le

sang provoquerait le *mal en ballon* et le *mal des montagnes*.

Cette théorie a été défendue par plusieurs physiologistes, parmi lesquels le docteur Agazzotti, qui a, d'ailleurs, fait, sur lui-même, une expérience assez démonstrative. Il a pu, en respirant un mélange formé de 13 % d'acide carbonique et de 87 % d'oxygène, supporter en 1906, l'énorme dépression de 112 millimètres de mercure correspondant à une altitude de 14.852 mètres, et il admet qu'il est indispensable de mélanger de l'acide carbonique à l'oxygène pour combattre les malaises causés par les fortes dépressions à des altitudes élevées.

C'est une étude comparative de l'action de l'oxygène pur et du mélange préconisé par le docteur Agazzotti que se sont proposé de faire les docteurs Soubies et Crouzon dans l'ascension du 3 juillet 1908.

Ils avaient emporté pour cela de l'oxygène pur et un mélange de 13 % d'acide carbonique et 87 % d'oxygène que les trois aéronautes pouvaient, à volonté, respirer. Chacun d'eux était muni d'un masque respiratoire. Le départ eut lieu à cinq heures vingt minutes du matin dans l'aérostat *Walhalla*, cubant 2.250 mètres, du parc de l'Aéro-Club, à Saint-Cloud. L'ascension s'effectua lentement, mais d'une façon régulièrement progressive, et quatre heures et demie après le départ, à neuf heures cinquante minutes, l'aérostat avait atteint son altitude maximum 5.350 mètres, le lest se trouvant, à ce moment, presque complètement épuisé.

« Jusqu'à 4.000 mètres, dit le docteur Crouzon dans son rapport, nous n'éprouvâmes aucun symptôme. Jacques Soubies et moi fîmes, à ce propos, la comparaison entre nos sensations de cette ascension et celle d'une ascension précédente où nous avions atteint l'altitude de 3.400 mètres en deux heures, et où nous avions éprouvé de la lassitude, de la congestion veineuse de la face et de la surdité. Nous avions peut-être profité d'un certain en-

traînement, mais il est certain, d'autre part, que nous avons suivi, pendant l'ascension un régime plus recommandable : alors que la première fois, nous avons usé de champagne et d'alcool avec l'idée de nous reconforter, nous nous étions contents, cette fois, de prendre, au départ, du café, et pendant l'ascension, de temps en temps, une gorgée de vin de kola ou une tablette de chocolat à la kola. « Entre 4.000 et 4.050 mètres, nous notâmes tous trois que notre respiration était un peu plus haletante. Mais nous n'avions pas de congestion veineuse de la face ni de troubles auriculaires.

« A 4.050 mètres, Soubies présente de la congestion veineuse de la face; il ressent une légère *céphalée* de la nuque. Je lui administre pendant une minute un débit de 3 litres d'oxygène pur par minute. La *céphalée* disparaît. A 4.200 mètres, nous ressentons encore tous les trois la respiration haletante. A 4.300 mètres, Soubies éprouve un peu de somnolence : je lui donne, pendant une minute, le mélange d'Agazzotti : sa somnolence cesse.

« A 4.350 mètres, Soubies est de nouveau repris de somnolence : il a la vision trouble de la terre, ses paupières sont lourdes. Je lui donne de l'oxygène pur pendant vingt-cinq secondes. Il est aussitôt ranimé et refuse de prendre plus longtemps l'oxygène : il a repris son entrain, il est gai et chantonne. « A 4.500 mètres, Soubies est plus haletant; sa respiration est profonde et fréquente. Il est guéri après 10 secondes du mélange. Il ressent à partir de ce moment un froid très vif aux pieds.

« Decugis et moi nous ne sommes nullement incommodés. Decugis continue sans fatigue la manœuvre du lest.

« Je surveille Soubies et je règle l'administration du gaz. Je me contente de temps en temps de m'aérer avec un éventail. Je cherche si l'oxygène ou le mélange peuvent me donner une sensation quelconque de

mieux-être : je n'en éprouve aucune. A cette altitude, nous lâchons deux oiseaux que nous avons emportés : ils volent pendant une centaine de mètres en décrivant d'instinct une grande spire, puis disparaissent.

« A 4.800 mètres, Soubies éprouve un malaise plus grand; il est fatigué, veut s'asseoir et s'effondre au fond de la nacelle; il est haletant, ne peut prendre aucune note; j'écris pour lui : une minute d'inhalation d'oxygène pur le ranime complètement.

« A 5.000 mètres, Soubies veut aider Decugis à prendre la température : il ne peut manier le thermomètre-fronde; il est fatigué, s'assoit de nouveau dans la nacelle, ne répond plus aux questions, ou demande qu'on le laisse tranquille et qu'on attende encore avant de lui donner de l'oxygène : il désire éprouver jusqu'au bout les sensations du mal en ballon. Je le secoue, le frappe sur le bras et lui applique le masque. Je lui donne le mélange d'acide carbonique et d'oxygène, qui ne lui apporte pas un bien-être suffisant. Il réclame alors l'oxygène pur qui le remet presque instantanément.

« A 5.100 mètres, Soubies observe que Decugis, dont le pouls était de 80 pulsations à 4.050 mètres, a 102 pulsations.

« De 5.000 à 5.350 mètres, Decugis et moi n'éprouvons aucun malaise. Soubies respire d'une façon discontinue l'oxygène pur et se trouve beaucoup mieux. Un poisson rouge et une grenouille que nous avons emmenés sont en parfait état.

« La plus haute altitude est atteinte à 5.350 mètres. La descente se fait assez rapidement à la vitesse de 2<sup>m</sup>,50 à 4 mètres à la seconde, suivant les moments. Nous n'éprouvons aucun malaise à la descente. Soubies est complètement remis dès 3.000 mètres : au moment de l'atterrissage il tire la corde de la soupape. Après l'atterrissage, il s'occupe seul du pliage du ballon et déjeune ensuite parfaitement.

Et le rapport formule des conclusions dont voici un résumé :

« L'un de nous, Jacques Soubies, a éprouvé, dès 4.050 mètres, les premiers symptômes du mal en ballon. Il a éprouvé six malaises qui ont nécessité une inhalation gazeuse pour le ranimer : trois malaises ont été dissipés avec l'oxygène pur, trois avec le mélange d'Agazzotti.

« Le seul avantage du mélange semble avoir été une guérison obtenue en dix secondes à 4.550 mètres, alors que celles dues à l'oxygène ont demandé 25 et 60 secondes à diverses altitudes ; mais il est à noter qu'à 4.550 mètres il s'agissait surtout de troubles respiratoires et il est possible que l'acide carbonique ait agi, là, comme excitateur de la respiration.

« Aux autres malaises, la guérison n'a pas été plus rapide, et au dernier, l'amélioration était si peu nette que Jacques Soubies a réclamé l'oxygène et s'en est servi de 5.000 à 5.350 mètres d'une façon discontinue.

« Nous ne pouvons donc, de ces recherches, conclure à l'efficacité du mélange d'Agazzotti et il semble bien plutôt que ce soit l'oxygène pur qui soit encore le meilleur gaz à recommander aux aéronautes. C'est à lui que nous donnons notre préférence. »

Les recherches faites pendant la même ascension sur la pression artérielle, la sensibilité, la force musculaire, l'ouïe ont confirmé les observations déjà faites sur ces questions : la pression artérielle varie, mais n'est pas régulièrement influencée par l'altitude ; la force musculaire, la sensibilité et l'ouïe diminuent d'une façon générale.

L'aérostat, parti à cinq heures vingt minutes du matin, atterrit à dix heures trente minutes à Broglie (Eure), après être resté cinq heures dix minutes en l'air et avoir parcouru 118 kilomètres.

*Voyages en aérostat* En dehors des applications militaires et scientifiques, les aérostats libres ont été très souvent utilisés pour effectuer des voyages aériens :

simples promenades, voyages de durée, voyages de distance, traversées de bras, de mer, et même véritables expéditions dont l'une est malheureusement restée célèbre : celle d'Andrée au Pôle Nord.

Nous allons résumer quelques-uns de ces voyages pris parmi les plus importants.

Nous avons précédemment examiné le rôle des aérostats libres pendant le Siège de Paris et fait le récit des ascensions diverses effectuées dans la capitale, pour essayer de maintenir ses communications avec la province, malgré son investissement.

Il convient de citer, comme voyages aérostatiques aussi aventureux que curieux, les tentatives effectuées en cette même année 1870 pour forcer le blocus et pénétrer dans Paris par la voie des airs, la seule libre.

On se proposait de faire partir, de plusieurs points du territoire non occupés par l'ennemi, des aérostats qui, poussés dans la direction de Paris par des vents favorables, iraient planer sur la capitale et effectuer leur descente dans l'enceinte même de la ville.

Ce projet assez audacieux n'était pas irréalisable et il aurait certainement pu être couronné de succès s'il eût été poursuivi avec persévérance, malgré les difficultés matérielles provenant des variations brusques de la direction des vents.

On envoya des aérostats et des pilotes à Orléans, Chartres, Évreux, Dreux, Rouen, Amiens, villes peu distantes de Paris possédant des usines à gaz et non occupées par les Allemands.

Chaque aéronaute devait posséder une boussole et connaître l'angle de route vers Paris. Il devait observer les nuages au moyen d'une glace horizontale fixe, où était tracée une ligne indiquant la direction de Paris.

Lorsque les nuages suivraient cette direction, c'est-à-dire lorsqu'un courant aérien supérieur pourrait conduire l'aérostat sur Paris, il devait gonfler à la hâte cet aérostat,

demander télégraphiquement des instructions au Gouvernement, à Tours, prendre les dépêches et partir aussitôt que possible.

Le point de départ étant relativement peu éloigné de Paris et ses forts offrant une étendue assez considérable pour l'atterrissage, on pouvait réussir à y pénétrer, et en tout cas, on pouvait lancer par-dessus bord

La première tentative fut faite à Chartres, par M. Révillier; mais les Allemands s'étant présentés devant Chartres, cet aéronaute dut s'échapper de la ville avec son matériel.

Albert et Gaston Tissandier, envoyés au Mans avec un aérostat de 2.000 mètres cubes, le *Jean-Bart*, durent attendre plusieurs

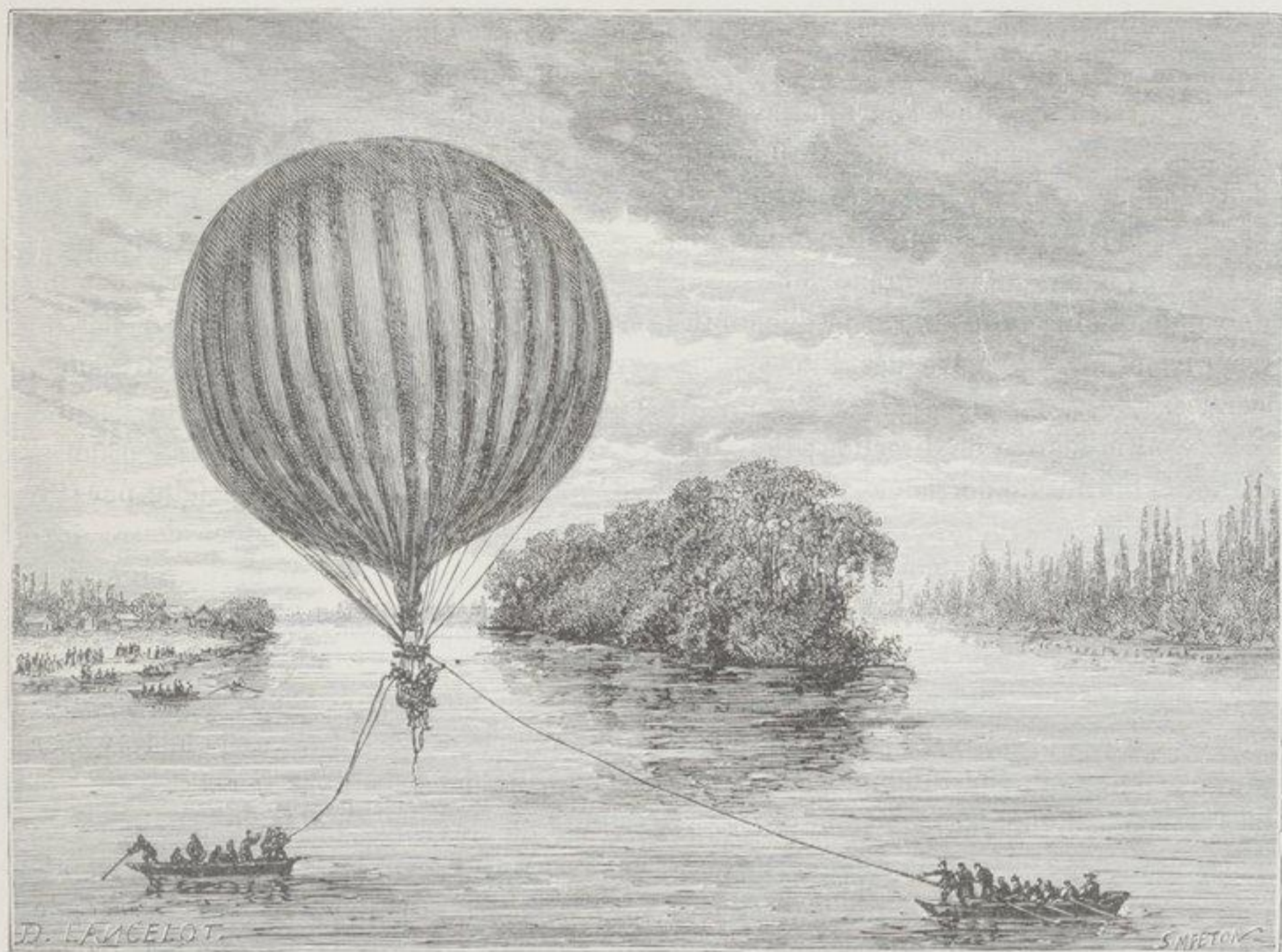


Fig. 150. — Descente de l'aérostat le *Jean-Bart* sur la Seine.

des lettres et des dépêches apportées de province.

Si l'aérostat passait à côté de la capitale, il devait continuer son voyage et descendre au delà des lignes ennemies.

En choisissant des points de départ échelonnés sur les diverses lignes de la *rose des vents*, les tentatives pouvaient être nombreuses et certaines devaient aboutir.

Tel était le programme tracé aux aéronautes répartis dans les diverses stations de départ.

semaines que le vent vint du sud-ouest, direction favorable à la réussite.

Pendant ce temps, le projet primitif dut être modifié, car les armées ennemies s'emparaient de la plupart des villes où les ascensions devaient s'effectuer. Malgré ces conditions défavorables, les frères Tissandier, encouragés par le gouvernement de la Défense nationale, se rendirent à Rouen avec l'aérostat le *Jean-Bart*, et ils entreprirent deux voyages aériens dans des conditions vraiment dramatiques.

Ils partirent de Rouen le 7 novembre 1870 à une heure de l'après-midi, pour tenter de descendre dans Paris. Le vent soufflait du Nord-Ouest et les ballons d'essai lancés avant le départ avaient tracé la route vers la capitale.

Toute la population rouennaise salua de ses applaudissements le départ des courageux aéronautes. Ils emportaient 350 kilogrammes de lettres adressées de tous les points de la France aux Parisiens.

Le vent était faible; l'aérostat avançait doucement. De plus, une épaisse brume vint l'envelopper et les aéronautes ne purent, pendant deux heures, reconnaître leur route.

Ils se décident alors à prendre terre. Ils descendent dans un avant-poste de mobiles français à un kilomètre des lignes prussiennes.

Le vent a changé de direction; il souffle du nord. Inutile de persister dans la tentative. L'aérostat est remorqué par des paysans jusqu'à un prochain village possédant une usine à gaz, et le *Jean-Bart* est regonflé, prêt à partir aussitôt que le vent sera favorable.

Le lendemain, quatre heures et demie, les aéronautes, après avoir observé les courants aériens des hautes régions, repartent. Ils s'élèvent à 3.000 mètres; la nuit arrive; mais, malgré la clarté de la lune, ils ne peuvent déterminer la route suivie et jugent prudent de descendre à proximité du sol. La nuit est froide; le thermomètre marque 14 degrés au-dessous de zéro, et aux faibles altitudes un vent sud-est les pousse vers l'océan.

On jette du lest; l'aérostat remonte, traverse cinq fois la Seine, aux environs de Rouen. Il arrive au-dessus de Jumièges, ayant perdu une grande partie de son gaz. Il est à peine à 100 mètres au-dessus de la Seine et le vent le pousse vers la mer qui n'est pas éloignée.

Il faut donc, de toute nécessité, descendre et au-dessus du fleuve même, fort large à cet endroit. Un aéronaute tire la corde de

la soupape et l'aérostat vient planer à quelques mètres au-dessus de la surface de l'eau, où il reste immobile. De la nacelle, on jette des cordes et les habitants du village d'Hartrouville, à l'aide de barques, tirent vers la terre le *Jean-Bart* échoué (Fig. 150). Cette tentative courageuse ne fut pas renouvelée, parce que la ligne d'investissement se resserrait de jour en jour et rendait de plus en plus improbable la possibilité d'effectuer une descente dans la capitale.

*Traversée de la Manche* La traversée de la Manche a tenté un grand nombre d'aéronautes, et cela peu de temps après l'invention des aérostats.

On a lu, précédemment, les péripéties du voyage de Blanchard d'Angleterre en France, qui fut la première traversée du Pas-de-Calais en aérostat libre, et nous avons aussi donné le récit de la tentative faite par Pilâtre de Rozier pour effectuer cette traversée en sens inverse, de France en Angleterre, dramatique ascension où l'infortuné Pilâtre de Rozier trouva la mort avec son compagnon Romain. Depuis lors, de multiples tentatives furent faites pour traverser la Manche dans les deux sens.

En 1883, le colonel Burnaby, parti de Douvres, parvint à effectuer la traversée en atterrissant près de Dieppe. C'était la seconde fois seulement qu'on réussissait à passer d'Angleterre en France au-dessus de la mer.

En cette même année, un jeune aéronaute français, Lhoste, résolut de traverser le détroit du Pas-de-Calais, en partant des côtes de France. Cette traversée en aérostat offre plus de difficulté que celle faite d'Angleterre en France, car les vents qui soufflent généralement au-dessus du détroit n'ont pas une direction favorable. A Calais, notamment, les vents d'est, qui permettraient la traversée du détroit, ne soufflent presque jamais.

En partant de Cherbourg, la traversée pourrait s'effectuer plus aisément par une bonne brise du sud.



Lhoste espéra, cependant, franchir le détroit en partant de Calais. Il fit cet essai le 6 juin 1883, avec l'aéronaute Eloy. Ils partirent dans un aérostat de 800 mètres cubes : le *Pilâtre-de-Rozier*.

L'aérostat s'éleva à 1.200 mètres et fut entraîné par un courant nord-ouest avec tendance à l'ouest.

En gagnant une altitude plus faible, il changea de sens de marche en tournant brusquement sur lui-même de droite à gauche.

A 600 mètres l'air était humide et froid. 15 kilogrammes de lest sont jetés et l'aérostat monte à 1.000 mètres. On voit la mer dont on distingue nettement le fond à cette hauteur.

L'ascension se continue par la recherche, à des altitudes diverses, d'un courant favorable pour franchir le Pas-de-Calais. Quoique l'aérostat ait atteint un moment une hauteur de 4.100 mètres, la tentative fut vaine et le courant aérien propice ne fut pas trouvé.

A midi et demi, le voyage, qui avait duré près de huit heures, se termina, vis-à-vis des dunes d'Étaples, par une sorte de chute sur le sol, d'une hauteur de 700 mètres. L'atterrissage eut lieu à Lottinghen.

L'insuccès de ce premier essai redoubla l'ardeur de Lhoste, qui s'éleva seul, quelques jours après, le 8 juin, dans le même aérostat.

Parti à minuit de l'usine à gaz de Boulogne, par un vent favorable, il traverse la ville à une altitude de 600 mètres. A une heure, il double le Cap Gris-Nez. La mer est devant lui, mais un brouillard intense l'enveloppe.

A quatre heures, l'aérostat est à 1.600 mètres. A sept heures, il a atteint 4.000 mètres par suite du séchage de son enveloppe.

A huit heures, une condensation se produit qui alourdit l'aérostat. Il y a descente rapide; la chute est arrêtée à 500 mètres. A huit heures et demie, l'aéronaute se laisse descendre sur la place de l'Esplanade, à Dunkerque. A peine descendu, Lhoste s'aperçoit que les vents ont pris une direction favorable à son entreprise. Décidé, malgré

tout, à tenter de nouveau la traversée du Pas-de-Calais, il fait ses adieux aux habitants de Dunkerque, et reprend son voyage aérien, s'élevant d'un bond à 2.000 mètres d'altitude.

Une heure après, le *Pilâtre-de-Rozier* était surpris par un violent orage. Les coups de tonnerre secouaient terriblement l'aérostat et étourdissaient l'aéronaute. A peine remis de ces violentes émotions, Lhoste voit la mer au-dessous de lui et l'aérostat, descendu avec une grande rapidité des hau-

tes régions, était à 800 mètres au-dessus de l'eau.

La provision de lest commençait à s'épuiser, une chute dans la mer paraissait inévitable.

A quatre heures, le lest était épuisé. Lhoste avait lancé dans les flots tous les objets dont il pouvait se débarrasser. L'aérostat était presque au ras des vagues. Il finit par toucher l'eau; la nacelle fut submergée et le vaillant aéronaute n'eut que la ressource de grimper dans le filet, pendant que l'aérostat flottait sur la mer.

Après une heure d'angoisse une voile ap-



Fig. 151. — Lhoste.

parut à l'horizon. C'était un lougre français, *Noémi*, se dirigeant vers Anvers et qui se trouvait à quelques milles seulement de la côte anglaise.

Aux cris de détresse poussés par l'aéro-

arriver à franchir le détroit et vint s'échouer en mer à 16 kilomètres des côtes de l'Angleterre.

Lhoste fut plus heureux dans une autre tentative faite le 6 septembre 1883. Il réus-

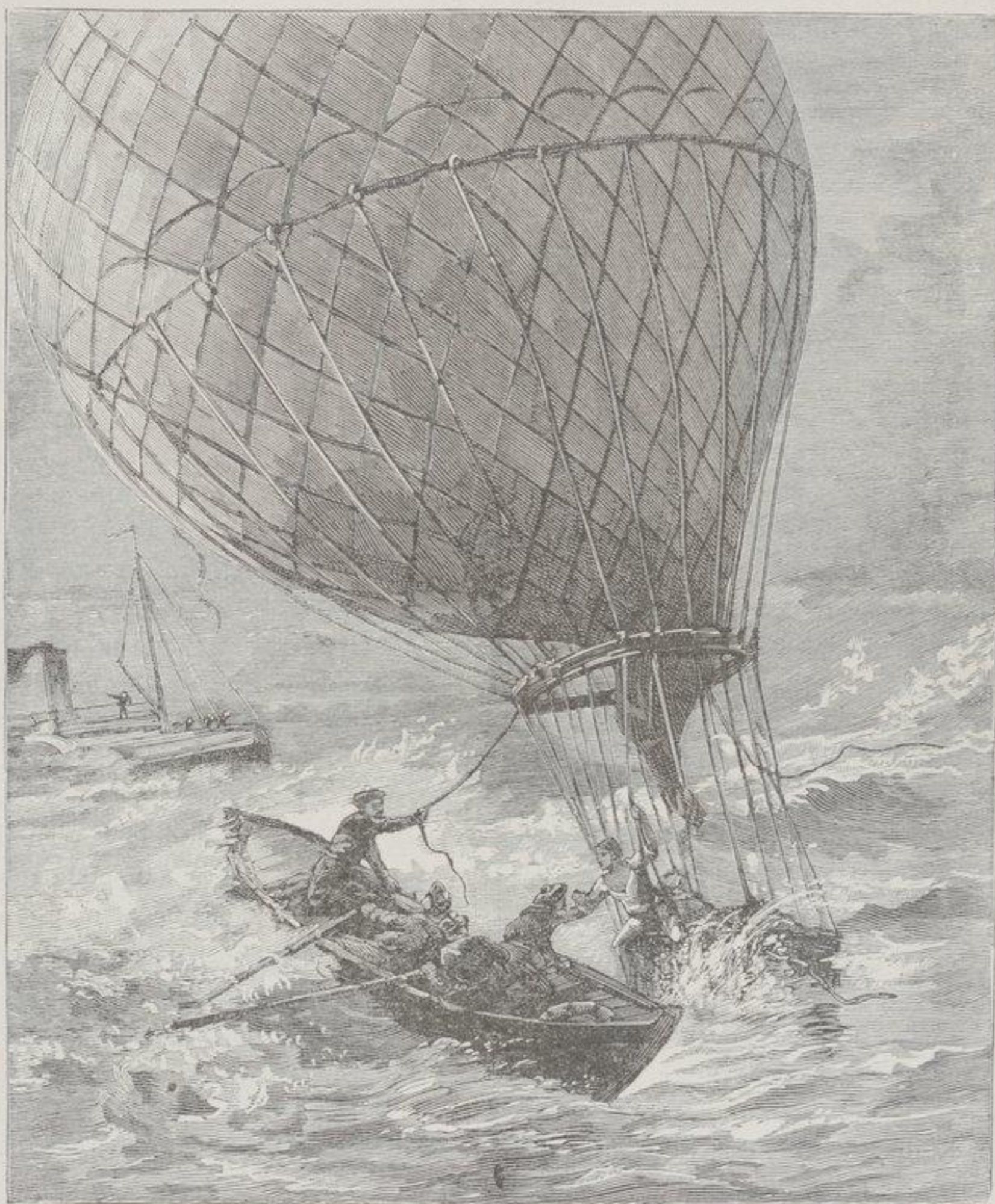


Fig. 152. — Lhoste sauvé par le capitaine du *Noémi* (8 juin 1883).

naute, le capitaine du *Noémi*, envoya une barque de sauvetage qui, après de grandes difficultés, recueillit Lhoste et son aérostat à demi détruit.

En résumé, dans cette tentative, qui avait comporté dix-huit heures de navigation aérienne, pleine de périls, Lhoste ne put

sit, enfin, à franchir le bras de mer qui sépare la France de l'Angleterre dans son aérostat *la Ville-de-Boulogne*, en profitant très habilement des courants aériens dont il avait su reconnaître la direction. C'était la première fois que la traversée était faite dans ce sens.

Voici un extrait du récit donné par Lhoste de son heureuse traversée.

« Le dimanche 9 septembre 1883, je m'élève de la ville de Boulogne à 5 heures du soir, avec mon ballon *la Ville-de-Boulogne*, du cube de 500 mètres. En quelques minutes je suis porté à l'altitude de 1.000 mètres; je plane au-dessus des jetées et ne tarde pas à gagner le large, poussé par un vent sud-sud-ouest. Désirant connaître le courant inférieur, je laisse descendre l'aérostat dans le but de me renseigner auprès des pêcheurs dont les bateaux sont au-dessous de moi. En se rapprochant ainsi de la surface maritime ou terrestre, quand le temps est calme, il est facile d'entretenir une conversation avec ceux qui se trouvent dans le voisinage de l'aérostat.

« Édifié sur ce point, que le courant inférieur est d'est, je pensai, dès ce moment, qu'en utilisant alternativement ces deux courants, il me serait possible de gagner la côte anglaise.

« Ayant jeté du lest, je me relevai à l'altitude de 1.200 mètres et continuai ma route, poussé par un vent sud-sud-ouest, qui me porta à proximité du cap Gris-Nez. A 6 heures 30, je redescendis dans le courant est, afin de me maintenir dans une direction favorable.

« Vers 7 heures 30, le soleil se coucha, et je fus enveloppé d'un brouillard assez intense qui me masquait les côtes de France, aussi bien que celles d'Angleterre.

« Pourtant, vers 8 heures, la lune se leva, et, grâce à ses faibles rayons, je pus apercevoir deux bateaux à vapeur, qui se dirigeaient vers l'Océan. Un peu plus tard, j'aperçus deux feux, qui n'étaient autres que les phares de Douvres. Me basant sur ces lumières, il m'était plus facile de me maintenir dans une direction favorable.

« A 9 h. 30, mes regards furent attirés par un groupe de lumières qui m'indiquaient d'une façon certaine la présence d'une grande ville. J'appelai à plusieurs reprises

et mes appels furent répétés par l'écho.

« Enfin, vers 10 heures 15, je franchissais la côte anglaise. Je passai au-dessus d'une petite ville, que je suppose être une station balnéaire; bientôt j'aperçus de petits bois et d'immenses prairies.

« La lumière de la lune était assez vive, mais le brouillard qui régnait dans les couches inférieures me fit juger prudent de ne pas pousser plus loin mon voyage, de crainte de reprendre la mer. J'ouvris la soupape, et quelques minutes après j'atterrissais dans une vaste prairie, où un troupeau de moutons se trouvait parqué. Il était alors 11 heures.

« Après une rapide inspection autour de moi, je reconnus que tout était désert, et je m'organisai le plus commodément possible pour passer la nuit à la belle étoile.

« Le lendemain, au point du jour, je fus réveillé par les cris des animaux domestiques, que ma présence, dans des conditions aussi anormales, semblait vivement intriguer.

« Je me levai, et me dirigeai vers une habitation où je trouvai le fermier, qui m'apprit que j'étais à Hent; il m'offrit une voiture pour me conduire à la station de Smeeth, où je pris le train pour Folkestone.

« J'arrivai dans cette ville juste à temps pour prendre le paquebot, qui me débarqua à 3 heures de l'après-midi à Boulogne, heureux d'avoir le premier réalisé le passage du détroit de France en Angleterre. »

Le jeune aéronaute avait d'autant plus de mérite à avoir enfin réussi dans une entreprise où tant d'autres avaient échoué avant lui, que, sans fortune, sans appui, fils d'un simple artisan, d'un ferblantier, il s'imposait les plus grandes privations pour construire ses ballons et exécuter ses voyages aériens, et qu'il ne devait qu'à son zèle passionné pour l'aéronautique le succès qui avait couronné sa persévérance et son courage dans la traversée du Pas-de-Calais.

Lhoste avait réussi à grouper un matériel comportant la plupart des engins employés

jusque-là dans les ascensions au-dessus des mers et que nous avons décrits précédemment : le *cône-ancre* de Sivel et celui à clapet de Jovis, le bordage insubmersible en liège de Jobert, divers flotteurs métalliques, dont certains à remplissage automatique et à renversement, un *déviateur* composé d'une voile sur laquelle s'exerce l'action du vent et d'un frein retardeur immergé dans l'eau, enfin un *compensateur* utilisant le principe de la prise d'eau de mer pour former lest, compenser les variations de la force ascensionnelle de l'aérostat et prolonger son séjour dans l'air.

On reprochait cependant au jeune aéronaute son excessive témérité et d'aucuns lui prédisaient une fin tragique. Ce pressentiment devait malheureusement se réaliser, ainsi que nous le verrons par la suite.

En 1886, une autre traversée fut effectuée de France en Angleterre par les aéronautes Hervé et Alluard, mais cette traversée eut lieu, par suite de la direction des vents, tout entière sur la mer du Nord et aurait pu avoir un dénouement tragique sans l'efficacité des *déviateurs* qu'expérimentait, dans cette ascension, l'ingénieur aéronaute Hervé.

Partis de Boulogne le 12 septembre 1886, à 6 heures 30 du soir, les aéronautes furent poussés par le vent sur la mer du Nord. Le voyage au-dessus des flots se prolongea pendant vingt-quatre heures et demie et l'aérostat n'aurait pas pu rejoindre l'extrême pointe est de l'Angleterre s'il n'avait été dévié

de la direction que lui imprimait le vent. Cette direction, en effet, conduisait l'aérostat en pleine mer et il n'aurait pu aborder qu'en Norvège ou s'abimer dans les flots.

L'emploi du *déviateur à maxima*, que nous avons examiné, permit de modifier la marche de l'aérostat, pendant plusieurs heures vers l'ouest, et il arriva au banc de Cross-Sand, à 5 milles au large de Yarmouth, à l'extrême côte est de l'Angleterre, le 13 septembre, à 7 heures du soir. Un remorqueur, envoyé du port à la vue de l'aérostat, vint recueillir les aéronautes.



Fig. 153. — Andrée.

Expédition au Pôle Nord	P a r - m i l e s v o y a - g e s e n a é r o s t a t, l e p l u s a u d a c i e u x, l e p l u s t é m é r a i r e, c e r - t a i n e m e n t, m a l g r é t o u t e s l e s p r é c a u - t i o n s q u i a v a i e n t é t é p r i - s e s p o u r a b o r d e r l ' i n - c o n - n u, e s t l ' e x p é d i - t i o n o r g a n i s é e e n 1 8 9 6 e t e n 1 8 9 7, p a r u n i n - g é n i e u r S u é d o i s, A n - d r é e, p o u r a t t e i n - d r e l e p ô l e N o r d e n a é - r o s t a t l i b r e.
-------------------------------	---

On sait combien la découverte du pôle a passionné de savants et d'explorateurs et combien d'expéditions ont été organisées pour atteindre ce point mystérieux de la terre, dont la recherche a déjà fait tant de victimes.

Devant les difficultés rencontrées pour mener à bien les expéditions par voie de terre, Andrée eut l'idée d'aborder au pôle Nord par la voie des airs ou tout au moins de franchir ce point pour l'observer et pour dissiper le mystère qui s'y attache.

Andrée s'était adjoint deux compagnons, Strindberg et Frankel.

Aucun des trois héroïques voyageurs ingénieur en chef du bureau des brevets, à n'est revenu de cette téméraire expédi- Stockholm, avait fait construire, en 1896,

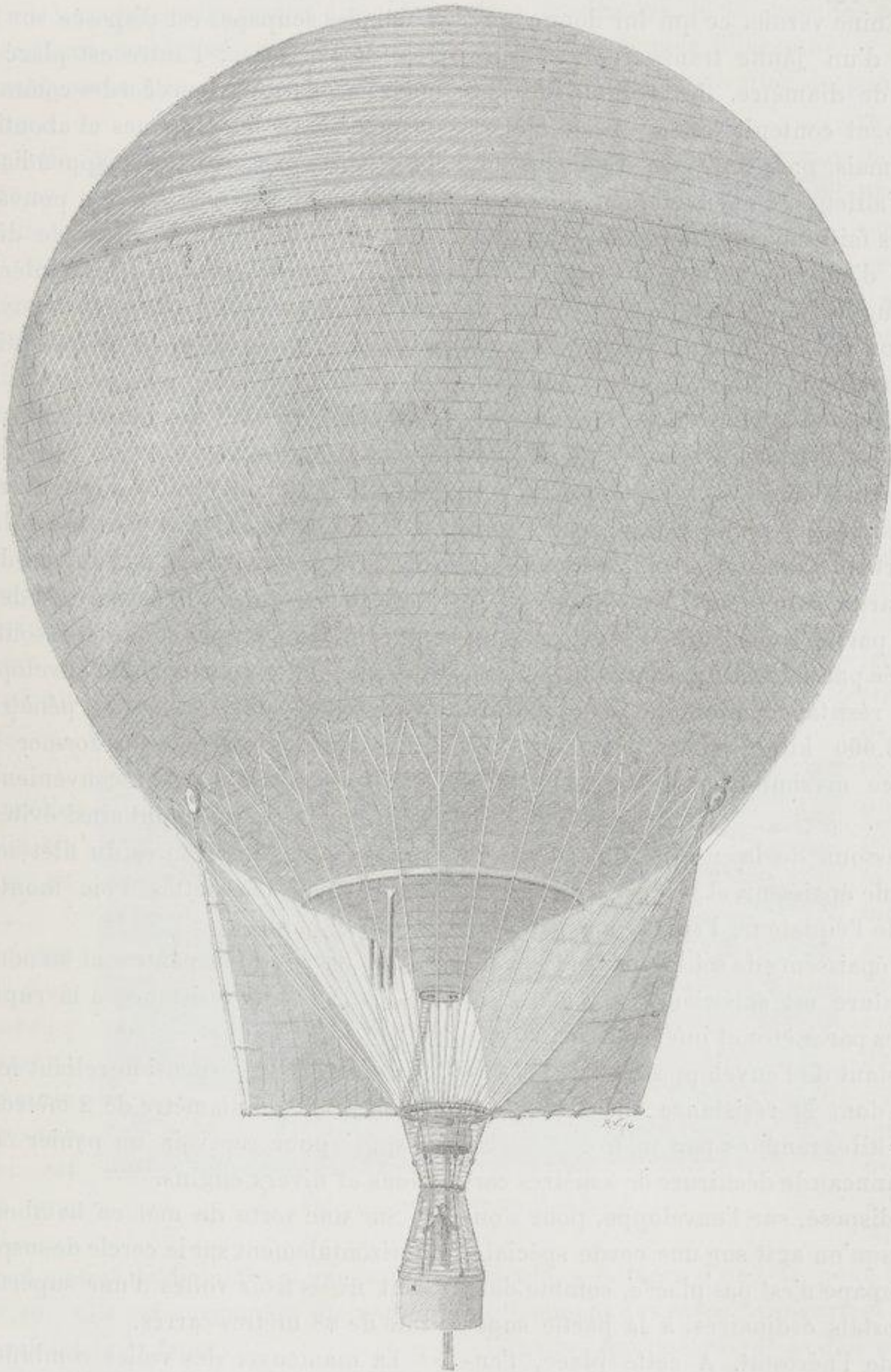


Fig. 154. — Aérostat de l'expédition Andrée.

tion. Le Pôle a fait trois victimes de plus. auxateliers Lachambre, à Paris, un aérostat, Et cependant, les dispositions prises pour à la confection duquel ont été apportés des soins tout spéciaux. Nous en résumons les

caractéristiques d'après une note fournie à l'époque par le constructeur.

L'enveloppe de l'aérostat (Fig. 154), en soie de Chine vernie, ce qui lui donne une couleur d'un jaune transparent, mesure 20<sup>m</sup>,50 de diamètre. Le volume de gaz qu'elle peut contenir est de 4.800 mètres cubes; mais par suite du relâchement, prévu d'ailleurs, de l'enveloppe, à la suite des essais faits sous une pression de 50 millimètres d'eau, le volume du ballon s'est trouvé augmenté de 300 mètres cubes, ce qui fait un volume total de 5.100 mètres cubes. L'enveloppe est formée par 3.360 panneaux *chevauchés*, ayant une forme trapézoïdale. Ils sont rendus solidaires les uns des autres par des coutures comportant trois et quatre rangées de piqûres. Les piqûres sont recouvertes de bandes de soie de 4 centimètres de large, collées sur l'enveloppe.

A sa partie supérieure, l'enveloppe est constituée par un tissu en quatre épaisseurs, dont la résistance minimum à la rupture est de 6.000 kilogrammes par mètre. La résistance maximum est de 10.000 kilogrammes.

Au-dessous de la partie supérieure en quadruple épaisseur, et jusqu'à 4 mètres au-dessus de l'équateur, l'enveloppe est faite en trois épaisseurs de soie, dont la résistance à la rupture est supérieure à 3.000 kilogrammes par mètre et inférieure à 5.000.

Le restant de l'enveloppe est fait en soie double, dont la résistance varie de 2.000 à 3.000 kilogrammes par mètre.

Un panneau de déchirure de 4 mètres carrés est disposé, sur l'enveloppe, pour s'ouvrir lorsqu'on agit sur une corde spéciale.

La soupape n'est pas placée, comme dans les aérostats ordinaires, à la partie supérieure de l'aérostat. A cette place, l'enveloppe est recouverte d'une chemise de soie en simple épaisseur, qui recouvre également le filet, laquelle est destinée à empêcher la pluie et la neige de séjourner sur l'aérostat et de l'alourdir.

Sur l'enveloppe sont placées deux soupapes pouvant découvrir un orifice d'écoulement de gaz de 20 centimètres de diamètre. L'une des soupapes est disposée sur l'équateur de l'aérostat; l'autre est placée à un mètre au-dessous. Deux cordes commandent la manœuvre des soupapes et aboutissent à la nacelle. La manche d'appendice comporte un clapet automatique pouvant découvrir un orifice de 1 mètre de diamètre sous l'excès de pression du gaz intérieur.

Chacune des soupapes de manœuvre pèse 6 kilogrammes et le clapet d'appendice a un poids de 25 kilogrammes.

Le poids total de l'enveloppe est de 1.320 kilogrammes.

Le filet, fait en ficelles de chanvre, comporte 19.000 mailles et pèse 442 kilogrammes. Il est constitué par 384 cordelettes, dont la résistance à la rupture est de 400 kilogrammes pour chacune et qui sont réparties sur tout le pourtour de l'enveloppe. Ces cordelettes sont tressées et pénètrent les unes dans les autres pour former le filet.

Les nœuds, qui ont l'inconvénient d'user l'enveloppe en soie, sont ainsi évités.

Les mailles inférieures du filet sont continuées par des pattes d'oie montées sur *cosses* et poulies.

Les cordes de suspension sont au nombre de 48, offrant une résistance à la rupture de 3.000 kilogrammes.

Le cercle de suspension reliant le filet à la nacelle a un diamètre de 2 mètres et est disposé pour recevoir un panier à provisions et divers engins.

Sur une sorte de mât en bambou, placé horizontalement sur le cercle de suspension, sont fixées trois voiles d'une superficie totale de 88 mètres carrés.

La manœuvre des voiles combinée avec celle de trois guides-ropes devait permettre une certaine déviation de la direction suivie par l'aérostat sous l'action du vent.

Les guides-ropes ont un diamètre d'environ 40 millimètres, sont faits en chanvre de

coco et graissés de vaseline. Ils ont une longueur suffisante pour maintenir l'aérostat à une altitude de 150 à 180 mètres au-dessus du sol. Le poids des longueurs de guides-ropes trainant sur le sol et remorqué par l'aérostat, pourra être d'environ 500 kilogrammes.

La partie inférieure des guides-ropes, destinée à prendre contact avec le sol, est disposée de façon à présenter des points faibles pour que les parties usées puissent se détacher successivement.

La nacelle est faite en jonc et en osier.

Elle est munie d'un couvercle également en vannerie au-dessus duquel est placée une toile. La na-

celle a 2 mètres de diamètre et une hauteur de 1<sup>m</sup>,40. Elle est surmontée du *pont* ou couvercle et de la *hune*.

La nacelle forme la chambre à coucher des aéronautes, qui pourront se reposer à tour de rôle; des peaux et des fourrures y sont placées et deux ouvertures servant de fenêtres sont percées dans ses parois.

Une autre ouverture est percée dans le fond de la nacelle, afin de donner accès à une cuisine portative suspendue à dix mètres au-dessous de la nacelle, cela pour éviter tout danger d'incendie.

Les provisions extraites du panier supé-

rieur seront placées sur un réchaud qu'on descendra à l'aide de cordelettes. Ce réchaud sera ensuite allumé par un procédé électrique. Lorsque la cuisson sera achevée, le feu pourra être éteint de la nacelle et la cuisine portative pourra être aisément remontée. Le *pont*, constitué par le couvercle de la nacelle, laquelle forme, pour ainsi dire la *cale*, est en

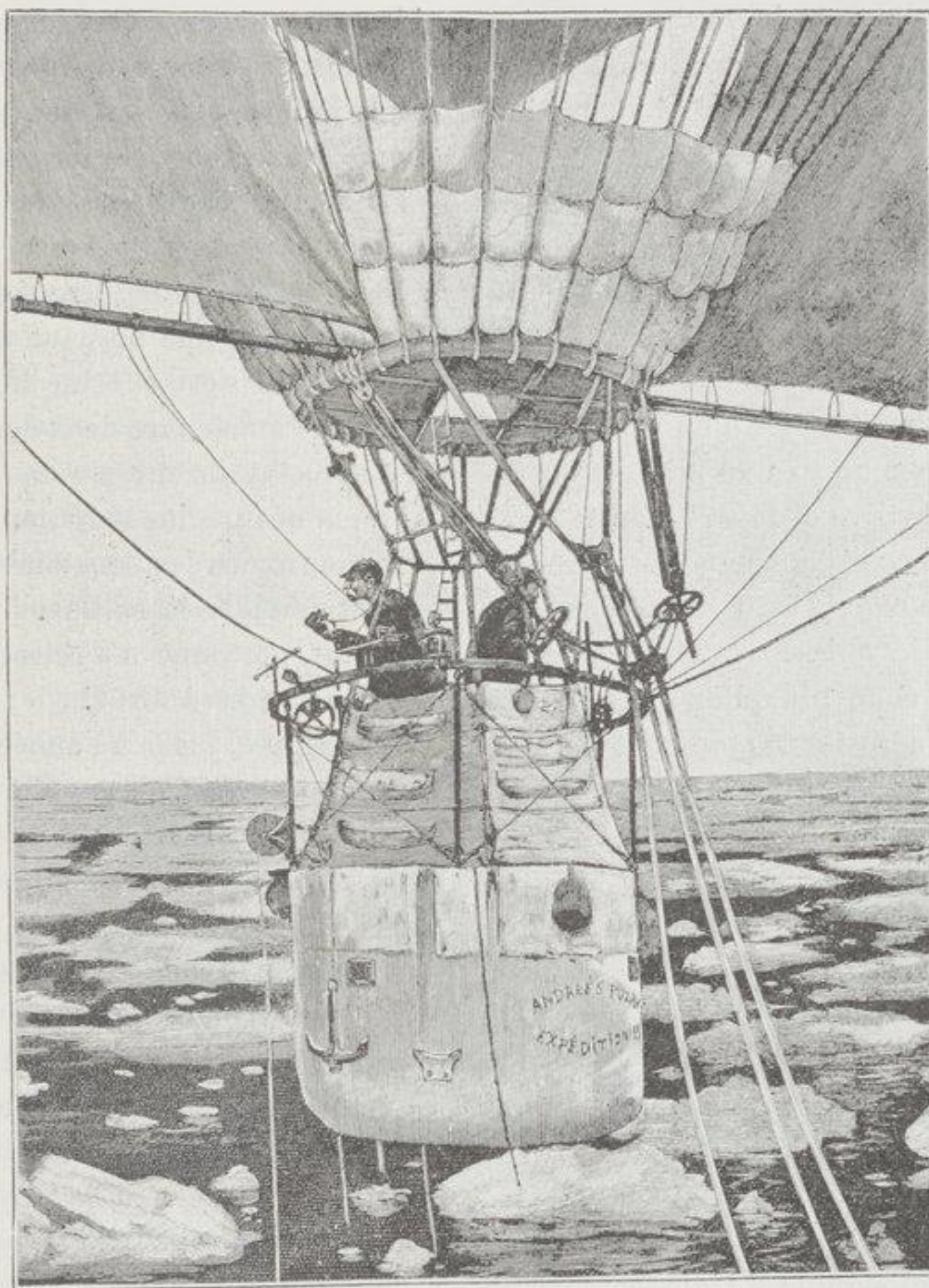


Fig. 155. — Andrée au Pôle Nord.

penne, à la façon d'un toit, pour faciliter le glissement des corps étrangers, et surtout de la neige, qui pourraient se déposer dessus.

Les aéronautes se tiendront le plus souvent sur ce toit et seront protégés contre les chutes possibles par de la toile enroulée tout autour des cordages jusqu'à une certaine hauteur

Une échelle de corde conduit de la nacelle au cercle de suspension, constituant la *hune* avec son mât horizontal supportant les voiles.

Le poids de la nacelle est de 179 kilogrammes sans son aménagement.

L'aérostat, gonflé à l'hydrogène, peut se maintenir pendant 30 jours dans les airs. Son poids total, y compris les aéronautes et le matériel, est d'environ 5.000 kilogrammes.

Son chargement comporte des lunettes, boussoles, appareils pour recueillir et analyser l'air et l'eau, divers appareils enregistreurs, appareils photographiques, sextants, etc...

Andrée voulait profiter d'un vent très vif ayant une vitesse de 15 à 20 mètres par seconde pour partir. Le départ devait avoir lieu du Spitzberg et la distance à parcourir pour atteindre le pôle était sensiblement la même que celle qui sépare Paris de Marseille. Andrée comptait qu'un vent violent entraînerait l'aérostat rapidement vers le but.

L'aérostat emportait néanmoins des vivres pour quatre mois, un traîneau en aluminium pouvant servir de bateau et des armes.

Malgré toutes les dispositions prises, il semblait imprudent de se hasarder vers les régions mystérieuses du pôle Nord et on ne pouvait, en outre, prévoir comment s'effectuerait le retour.

Cependant, le 11 juillet 1897, l'aérostat *Oernen*, ce qui signifie *l'Aigle*, emportant Andrée et ses deux compagnons, partit de l'île des Danois située à la partie septentrionale du Spitzberg. Un hangar avait été construit sur le rivage par une équipe d'ouvriers amenés de Suède, en même temps que les explorateurs, par le vapeur le *Virgo*. L'aérostat était abrité dans ce hangar et le gonflement avait pu être effectué à l'hydrogène pur.

Le jour du départ un vent assez vif

soufflait du sud. Les derniers préparatifs sont faits. On ne néglige aucun détail, et lorsqu'enfin tout est au point, l'aérostat n'est retenu à la terre que par trois cordes et les aéronautes sont debout sur le toit de la nacelle. Andrée commande d'une voix énergique : « Un, deux, coupez ! » Trois aides coupent, en même temps, à l'aide de couteaux, les trois cordes de retenue et l'aérostat s'élève dans les airs, partant héroïquement à la conquête du Pôle.

En arrivant au-dessus de la mer, il s'abaisse un moment jusqu'à toucher l'eau avec sa nacelle ; mais il remonte et franchit bientôt une colline bornant, du côté nord, la baie d'où s'est effectué le départ. Pendant cette manœuvre deux des guides-ropes de l'aérostat furent perdus, mais celui-ci continua néanmoins sa route, emportant les trois courageux explorateurs, et disparut bientôt derrière la colline.

Depuis, personne n'a retrouvé des traces de l'expédition Andrée !

On a espéré, jusqu'à l'année 1900, que les voyageurs, après trois ans d'hivernage pourraient encore revenir ; hélas ! le temps a passé, et ni Andrée ni aucun de ses compagnons n'ont donné de leurs nouvelles. Ils sont considérés comme perdus et ensevelis à tout jamais dans les glaces du Pôle.

Le manque de renseignements précis sur les vents qui soufflent dans les régions polaires a causé certainement la mort de ces imprudents et intrépides voyageurs.

La baie d'où est parti l'aérostat d'Andrée a été nommée baie de *la Virgo*, du nom du bateau qui amena jusqu'à cette terre inhospitalière le matériel et l'équipage de l'expédition tragique au pôle Nord en aérostat.

On peut lire encore sur un rocher une inscription tracée par Andrée : *Virgo*, dont les caractères ont déjà été un peu effacés par le temps, et au-dessous, la première lettre de son nom : A.

Un monument commémoratif constitué par un monticule de pierres surmonté d'un



drapeau suédois en métal, a été placé, en 1900, par des marins suédois, à l'endroit d'où est parti Andrée.

*Autres voyages en aérost* Les ascensions en aérostat libre de professionnels et surtout d'amateurs de sport sont devenues de plus en plus fréquentes à mesure que les progrès de la Science aéronautique se sont affirmés, et on peut enregistrer des ascensions mémorables de distance et de durée.

Le 11 octobre 1900, l'aérostat le *Centaure*, piloté par l'habile aéronaute le comte de la Vaulx, accompagné du comte de Castillon de Saint-Victor, partait de Vincennes, de l'annexe de l'Exposition universelle de Paris, et atterrissait à Korostyscheff, dans la Russie méridionale, après un voyage d'une durée de 35 heures 45 minutes.

L'aérostat avait parcouru d'une seule traite une distance de 1.925 kilomètres. Depuis lors, aucun autre aérostat n'a parcouru une distance plus grande en un seul trajet.

Le comte de la Vaulx, d'ailleurs, a effectué quelques autres voyages remarquables, parmi lesquels celui de la traversée de la Méditerranée de Toulon à Port-Vendres, en 1901, voyage dont nous avons parlé lors de l'examen des engins de déviation employés à cette occasion. La durée de cette ascension, particulièrement intéressante au point de vue des résultats obtenus, avait été de 41 heures.

L'année d'après, le comte de la Vaulx compléta ses expériences



Fig. 156. — Départ du comte de la Vaulx pour la traversée de la Méditerranée.

d'engins spéciaux utilisés en aérostat libre au-dessus de la mer, par des ascensions effectuées sur la Méditerranée, en partant de la plage de Palavas (Hérault).

Deux autres ascensions dont l'intérêt réside dans leur durée ont eu lieu en 1908. L'une d'elles a été faite par M. Victor de Beauclair dans son aérostat *Cognac*. Le pilote, accompagné d'un passager, M. Ricken, se proposait de gagner le prix offert par M. Santos-Dumont au premier pilote-aéronaute membre de l'Aéro-club de France qui effectuerait, en partant d'un point quelconque du continent européen, un voyage sans escale d'au moins 48 heures.

Le départ eut lieu de Bitterfeld (Allemagne), le 4 décembre 1908 à 3 heures 30 du soir. L'aérostat, de 2.200 mètres cubes, était gonflé à l'hydrogène pur. Sa force ascensionnelle totale était de 2.240 kilogrammes. La quantité de lest emporté était de 1.400 kilogrammes.

Le 6 décembre, à 11 heures 30 du soir, après un voyage aérien d'une durée de 56 heures, l'aérostat atterrissait au sud de Casale, dans la province de Pise (Italie), à 3 kilomètres de la Méditerranée, et par un vent soufflant à 60 kilomètres à l'heure.

Il restait dans la nacelle environ 400 kilogrammes de lest disponible.

L'aérostat était demeuré fort longtemps dans les airs, mais la distance parcourue n'était que de 900 kilomètres environ.

L'autre ascension de durée a été effectuée par le colonel Schaeck, le gagnant de la Coupe Gordon-Bennett de 1908. Cette ascension, faite avec l'aérostat l'*Helvetia*, de 2.200 mètres cubes, s'est prolongée pendant 73 heures.

Le départ avait été donné à Berlin le 11 octobre 1908. L'aérostat naviguant au guide-rope sur la mer du Nord, à proximité des côtes ouest de la Norvège, fut remorqué par des pêcheurs jusqu'à terre, où l'aéronaute prit pied le 14 octobre.

Nous reparlerons de ce voyage ultérieu-

rement, à propos des Coupes Gordon-Bennett.

*Traversée des Alpes* La plupart des expéditions qui offrent par les voies de terre des difficultés presque insurmontables, ont été tentées par la voie des airs. Certaines, comme la malheureuse expédition au pôle Nord, ont fait des victimes; d'autres, comme la traversée du Sahara en aérostat libre projetée par le regretté capitaine du génie Deboveau et par M. Dibos, ingénieur maritime, capitaine du génie territorial, sont restées à l'état de projet. Cette expédition, d'ailleurs, sera peut-être réalisée d'ici peu, grâce à un autre vaisseau aérien : l'aéroplane.

Il est enfin des expéditions qui ont fort heureusement atteint leur but, malgré les nombreux obstacles qu'il y avait à surmonter.

La traversée des Alpes en aérostat libre est un de ces voyages; il a été effectué à plusieurs reprises par un aéronaute courageux et expérimenté, de nationalité suisse, le capitaine Spelterini.

La traversée des Alpes, offre, comme tout voyage aérien au-dessus de massifs montagneux, des difficultés qu'il y a quelque danger à affronter pour les voyageurs.

Le pilote de l'aérostat doit parfaitement connaître les conditions atmosphériques habituelles des régions à traverser, faire preuve du plus grand sang-froid et être un habile manœuvrier.

Il convient de choisir judicieusement le point de départ, car de ce choix dépend, le plus souvent, la réussite du voyage. Il faut s'attendre, en cours de route, à être pris dans des remous d'air, au-dessus des vallées, ou à l'entrée de gorges, puis à voir subitement se déchaîner un orage.

En outre, l'aérostat devant se maintenir à de hautes altitudes, on s'expose à ressentir des malaises provenant des troubles physiologiques occasionnés par la trop

grande dépression atmosphérique. Le froid est généralement vif à ces hauteurs; il rend peu aisées la manœuvre et les observations. Mais le plus grand danger à éviter est l'atterrissage forcé. Il faut que le pilote reste toujours suffisamment maître de la manœuvre de son aérostat pour choisir son lieu d'atterrissage. Ce lieu est, assez souvent, bien difficile à trouver parmi les rochers à bords escarpés et surmontés d'aiguilles, au bas desquels sont creusés d'insondables ravins.

Atterrir sur ces rochers, ces aiguilles, au fond des précipices, c'est la mort certaine. Il faut pouvoir, si l'on est obligé d'atterrir dans le massif montagneux, trouver un plateau assez spacieux pour y aborder ou un espace propice pour prendre terre. L'esprit de décision et le sang-froid de l'aéronaute sont de précieux éléments de sécurité dans ce cas.

Le capitaine Spelterini, qui a effectué plus de 600 ascensions s'était proposé de traverser la chaîne des Alpes pour faire des observations *météorologiques* et *orographiques*, c'est-à-dire pour connaître la conformation exacte de ce massif montagneux.

A six reprises le capitaine Spelterini s'est élevé en aérostat libre au-dessus des Alpes. Le 3 octobre 1903, parti de Sion, dans le Valais, à 11 heures 1/2, dans l'aérostat *Véga*, de 3.350 mètres cubes, fait en soie, et gonflé à l'hydrogène pur, il atterrit près de Langres à 4 heures 1/2, après avoir traversé les Alpes.

Le gonflement de l'aérostat avait nécessité le transport d'un générateur à hydrogène au point choisi pour le départ, ce qui ne s'était pas fait sans difficulté. L'aérostat avait emporté trois passagers et avait atteint une altitude de 6.800 mètres. La température s'était abaissée jusqu'à 22 degrés au-dessous de zéro.

Dans d'autres ascensions, faites avec les aérostats *Jupiter* et *Stella*, en partant respectivement du Righi-First et de Zermatt,

l'aéronaute put explorer une partie de la chaîne des Alpes formant la limite de la Suisse et de l'Italie.

Le départ de l'une des ascensions eut lieu à l'altitude de 2.322 mètres où s'effectua le gonflement. C'était à la station Eiger Gletscher du chemin de fer de la Jungfrau. L'aérostat *Stella* longea le massif des Alpes Bernoises, traversa la vallée du Rhône, atteignit presque au Mont-Blanc et revint, poussé par un vent contraire, atterrir près de Adelboden.

Une cinquième ascension, faite dans l'aérostat *Augusta*, de 1.700 mètres cubes, gonflé à l'hydrogène pur, permit, en partant d'Andermatt, de franchir le massif du Saint-Gothard et, de passer au-dessus des lacs italiens.

L'atterrissage eut lieu près de Bergame (Italie).

La plus complète traversée des Alpes en aérostat fut effectuée par M. Spelterini, le 6 septembre 1908, dans l'aérostat le *Sirius* de 2.000 mètres cubes, gonflé au gaz d'éclairage. Le départ eut lieu d'Interlaken. Les massifs des Alpes bernoises et des Alpes Pennines furent traversés dans une direction Nord-Sud, et l'atterrissage s'effectua sans incident en Italie, près de Brusson.

Dans presque toutes ces ascensions, le capitaine Spelterini avait à bord de l'aérostat des passagers.

Des observations météorologiques purent être faites, et de nombreuses et intéressantes photographies des Alpes, vues d'altitudes supérieures à celles de leurs plus hautes cimes, furent rapportées de ces divers voyages aériens.

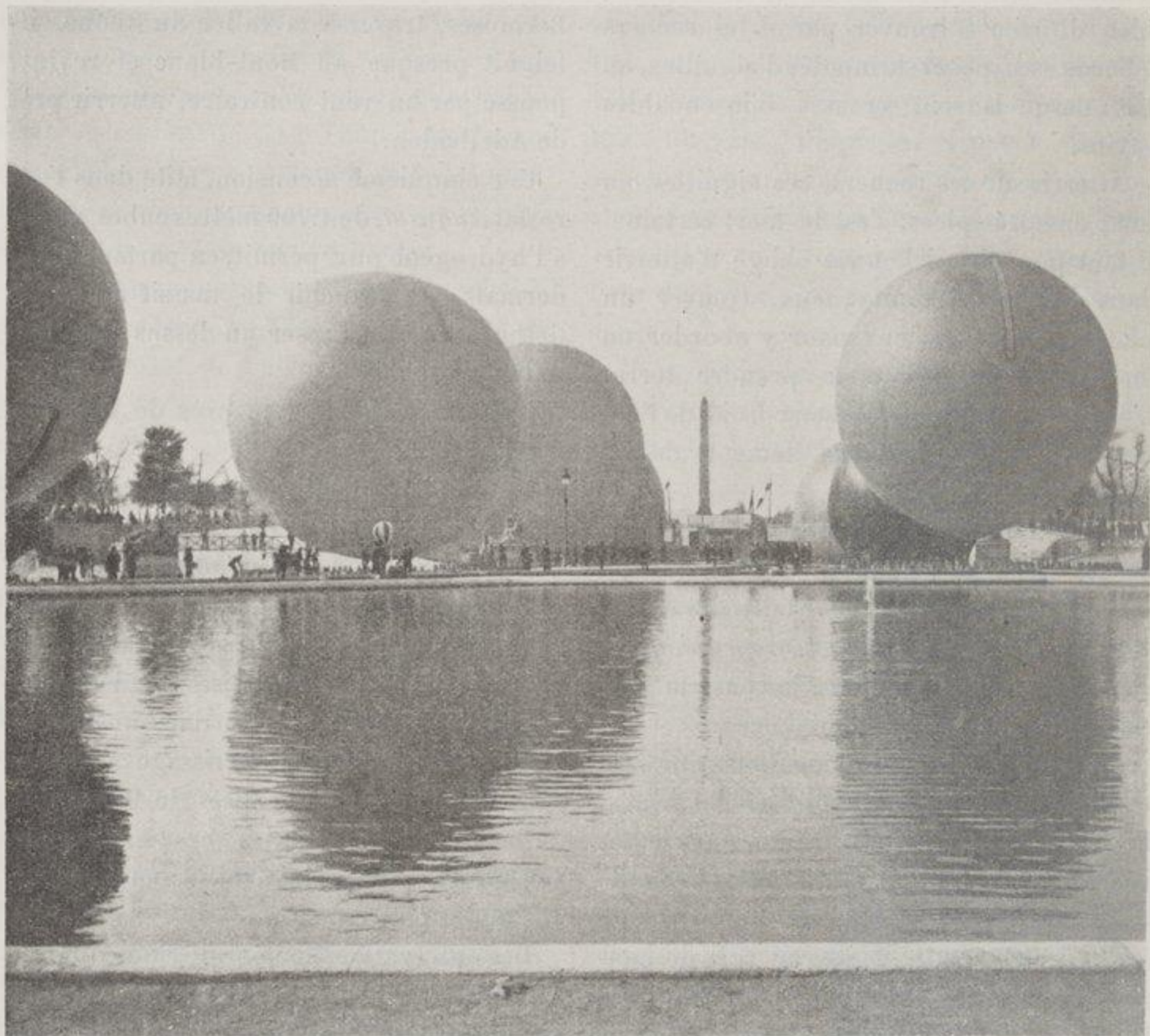
*Coupes Gordon-Bennett* Le goût des ascensions libres s'est considérablement développé pendant ces dernières années. Ces ascensions sont aujourd'hui très fréquentes; on pourrait presque dire quotidiennes.

En vue d'encourager le sport aéronautique et de développer l'émulation entre

aéronautes de diverses nationalités, M. Gordon-Bennett, Directeur du grand journal américain le *New-York-Herald*, institua une sorte de course d'aérostats libres, ayant pour but de parcourir la plus grande distance sans escales. Le Club auquel appartient le vainqueur reçoit en dépôt une

donné à l'épreuve annuelle dans laquelle un certain nombre d'aérostats, pilotés par des aéronautes de tous pays, partent d'un point déterminé et cherchent à parcourir la plus grande distance possible.

C'est en 1906 que le départ pour la coupe Gordon-Bennett fut donné pour la première



Cliché Vérascope Richard.

Fig. 157. — Coupe Gordon-Bennett 1906. Départ des Tuileries.

coupe, objet d'art en argent massif valant 12.500 francs, qui devient sa propriété après trois victoires successives, et organise l'épreuve de l'année suivante. Le pilote vainqueur reçoit une somme de 12.500 francs et la moitié des droits d'inscription. Le second et le troisième se partagent l'autre moitié des droits.

De là, le nom de *Coupe Gordon-Bennett*

fois. Ce départ eut lieu à Paris, dans le jardin des Tuileries.

Un grand nombre d'aérostats prirent part à la course, et ce fut le lieutenant américain Franck Lahm qui en fut le vainqueur. Pilotant l'aérostat *United States*, il atterrit à Scarborough, près de Hull, port situé sur la côte orientale de l'Angleterre, sur la mer du Nord.

L'aérostat avait parcouru 645 kilomètres et avait traversé le nord de la France et la mer du Nord pour atterrir sur les côtes anglaises.

D'après la clause du règlement de la Coupe Gordon-Bennett se rapportant à l'organisation des épreuves, le départ de la Coupe Gordon-Bennett de 1907 s'effectua en Amérique, pays du lieutenant Lahm, vainqueur de la première course.

Il eut lieu à Forest-Park, à Saint-Louis, le 21 octobre 1907.

Neuf aérostats, dont deux français, trois américains, trois allemands et un anglais participèrent à cette épreuve.

D'une façon générale, les aérostats furent poussés par les vents dans une direction ouest-est, de sorte que la plupart des aéronautes furent obligés d'atterrir en arrivant sur les côtes de l'Océan Atlantique, après avoir traversé de l'ouest à l'est une grande partie des États-Unis.

Le vainqueur fut l'aéronaute allemand Oscar Erbsloh, qui devait périr plus tard dans un accident de dirigeable. Il montait l'aérostat le *Pommern*, d'un volume de 2.200 mètres cubes. L'atterrissage eut lieu sur les bords de l'Atlantique, au sud de New-York.

L'ascension, commencée le 21 octobre à 4 heures du soir, s'était terminée le 23 octobre à 8 heures du matin et avait duré quarante heures; la distance parcourue était de 1.403 kilomètres 500.

L'aérostat avait encore du lest pour continuer le voyage, mais le vent le dirigeant sur l'Océan obligea l'aéronaute à atterrir.

Le pilote classé deuxième fut M. Alfred Leblanc, un Français à qui la pratique de l'aérostat libre devait permettre, plus tard, de cueillir d'autres lauriers en aéroplane.

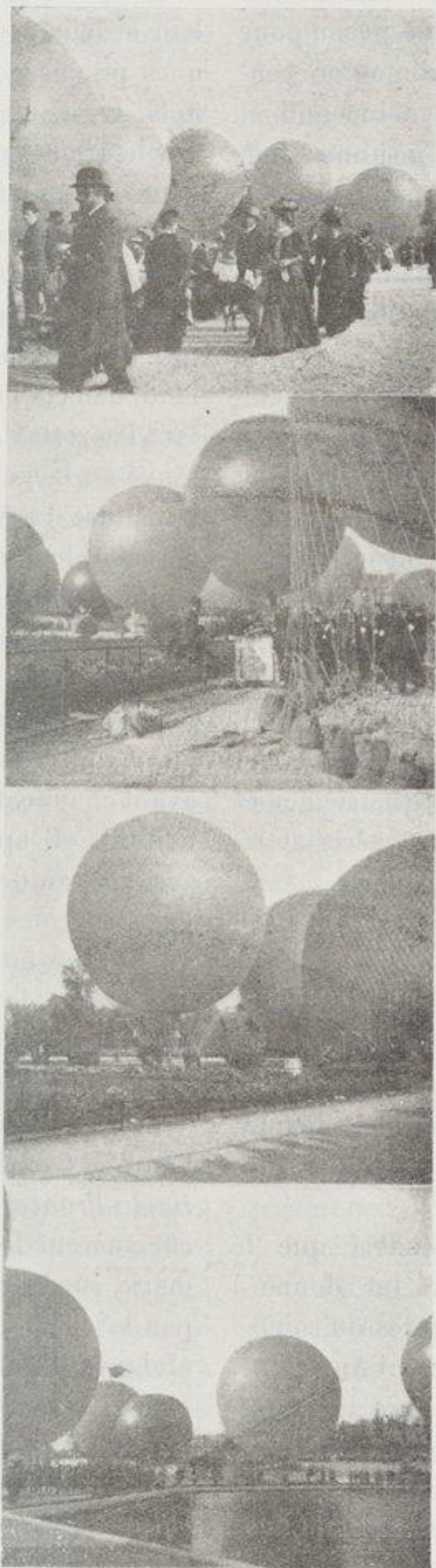
M. Leblanc, ayant comme compagnon de route M. Mix, ingénieur américain, atterrit à peu de distance du vainqueur, arrêté, lui aussi, par l'Océan Atlantique.

La distance parcourue avait été de 1.394 kilomètres 500.

L'aérostat monté par MM. Leblanc et Mix, l'*Ile-de-France*, avait 2.270 mètres cubes.

Parti le 21 octobre, à 4 heures 10 du soir, de Saint-Louis, il atterrisait à Herbertsville, le 23 octobre, à midi 13. Il avait parcouru quelques kilomètres de moins que le *Pommern*, mais, par

contre, il était resté plus longtemps dans les airs : quarante-quatre heures environ.



Cliché Vérascope Richard.

Fig. 158. — Coupe Gordon-Bennett de 1906.

Les aéronautes espérant être conduits vers les grands lacs du nord de l'Amérique et de là, peut-être, dans le Canada, s'étaient munis d'engins de chasse et de pêche pour pouvoir, le cas échéant, s'alimenter pendant quelque temps en pays inconnu et peu fréquenté. Leur nacelle insubmersible pouvait leur permettre de se maintenir sur l'eau dans le cas d'une descente dans les lacs américains ou même sur la mer.

La plus grande altitude atteinte par l'*Ile-de-France* fut de 1.950 mètres.

L'aérostat était muni d'un ventilateur pour remplir un ballonnet contenu dans l'enveloppe et éviter ainsi des variations trop brusques d'altitude.

Six autres aérostats parcoururent plus de 1.000 kilomètres. Un seul, l'aérostat anglais, n'atteignit pas cette distance. Il atterrit à Sabina, dans l'Ohio, après un parcours de 578 kilomètres.

Deux aérostats américains : *America* et *Saint-Louis*, furent classés quatrième et cinquième, après le *Dusseldorf*, aérostat allemand, qui eut la troisième place.

Le second aérostat français l'*Anjou*, de 2.200 mètres cubes, piloté par M. Gasnier ayant comme second M. Levée, parcourut 1.082 kilomètres, resta trente-huit heures en l'air et fut classé septième.

Le départ de la Coupe Gordon-Bennett pour l'année 1908 a eu lieu en Allemagne.

C'est de Berlin-Schmargendorf que le 11 octobre 1908, le départ fut donné à 23 aérostats, entre 3 et 5 heures du soir.

La France, l'Allemagne, l'Amérique, l'Angleterre, l'Italie, l'Espagne, la Suisse, la Belgique étaient représentées par leurs meilleurs aéronautes.

Le vent poussa d'abord les aérostats dans la direction sud-est; mais, par suite de la variation des courants aériens, quelques-uns, parmi eux étaient signalés à une trentaine de kilomètres seulement de Berlin le lendemain matin. Enfin, un vent nord-ouest di-

rigea les aérostats vers la mer du Nord et le Danemark.

On pouvait craindre qu'emportés par leur ardeur et leur désir de vaincre, quelques pilotes ne vissent échouer dans les flots. C'est, d'ailleurs, ce qui se produisit; fort heureusement, tous les courageux aéronautes tombés à la mer purent être sauvés.

Les aérostats le *Castilla*, monté par le pilote espagnol M. Montojo, et le *Busley*, ayant à bord le docteur allemand Niemeyer furent recueillis au large de l'île d'Héligoland, dans la mer du Nord. M. Arnold, pilotant l'aérostat américain le *Saint-Louis*, fut sauvé au large de Wilhemshaven, et à l'embouchure du Weser on recueillit un autre aérostat, le *Ruwenkori*, monté par un aéronaute italien, M. Uselli.

Le vainqueur de la Coupe, le colonel suisse Schaeck, parti dans l'aérostat l'*Helvetia*, resta 73 heures dans les airs. L'aérostat passa d'abord sur Magdebourg, puis, le vent ayant changé de direction, il fut poussé vers le nord, et, après 43 heures de navigation aérienne au-dessus de la mer, se trouva en vue des côtes de Norvège. La marche au guide-rope fut utilisée au-dessus de l'eau et une barque de pêcheur remorqua l'aérostat jusqu'à la côte, où le débarquement s'effectua à la station d'Ersholmen.

Les aéronautes français, MM. Leblanc, Faure et Carton, qui pilotaient les aérostats *Ile-de-France*, *Condor II* et *Brise d'automne*, effectuèrent leur descente au sud du Danemark, sur la côte ouest du Slesvig, arrêtés par la mer du Nord, en trois points peu éloignés les uns des autres. Ils avaient parcouru, à vol d'oiseau, environ 390 kilomètres et étaient restés dans les airs pendant 34 et 36 heures.

Deux accidents dont les suites furent heureusement peu graves, se produisirent pendant la course.

Un aérostat américain, le *Conqueror*, ayant comme pilote M. Forbes accompagné d'un aide, se déchira après le départ, à

500 mètres en l'air. Les aéronautes avaient eu l'imprudence de prolonger la manche d'appendice de l'aérostat par un tuyau de plus faible diamètre, pour conserver le plus longtemps possible le gaz intérieur.

La pression du gaz avait atteint, à un moment, une valeur telle, que l'étoffe constituant l'enveloppe ne fut plus assez solide pour résister à cette pression.

L'enveloppe se déchira à sa partie inférieure, à l'endroit où elle n'est pas consolidée par les mailles du filet qui ne repose pas sur elle.

L'aérostat tomba rapidement; cependant, l'enveloppe faisant effet de parachute amortit la chute, et les aéronautes se trouvèrent sains et saufs sur le toit d'une maison de Friedenau, près de Berlin, où les pompiers les recueillirent.

Le second accident arriva à l'aérostat espagnol *Montana*, piloté par le lieutenant Herrera, accompagné d'un aide.

Cet aérostat était à l'altitude d'environ 2.000 mètres, lorsqu'on le vit descendre brusquement. Le panneau de déchirure qui aurait dû être fixé par des coutures et des points de sûreté, avait été simplement collé au dernier moment.

L'action du soleil avait, peu à peu, provoqué le décollage du panneau sur une certaine longueur et l'aérostat s'était mis à descendre avec une grande vitesse. Fort heureusement, les aéronautes purent amortir la chute dans une certaine mesure et éviter ainsi des accidents graves.

Le départ de la quatrième épreuve aéronautique internationale Gordon-Bennet a été donné le 3 octobre 1909, sur la pelouse de Schlieren, près de Zurich (Suisse), à 17 aérostats. Ces aérostats se répartissent ainsi, suivant la nationalité de leurs pilotes : 1 autrichien, 3 allemands, 1 américain, 3 belges, 2 italiens, 3 français, 1 anglais et 3 suisses.

L'aérostat *America*, piloté par le champion américain M. Mix, qui avait déjà parti-

cipé à la coupe de 1907 à Saint-Louis, comme second de M. Leblanc, ayant parcouru la plus grande distance, a été classé premier, et M. Mix déclaré vainqueur de la coupe Gordon-Bennett 1909.

L'aéronaute, accompagné de son second, M. Roussel, a atterri à Ostrolenka, au nord de Varsovie, le 5 octobre, à 3 heures du matin, après avoir franchi une distance d'environ 950 kilomètres.

Le deuxième aérostat classé est l'*Ile-de-France*, piloté par M. Leblanc, ayant comme second M. Delebecque. Il a atterri à Zazriva, en Hongrie, après un parcours de 832 kilomètres.

L'aérostat *Azuréa*, monté par le pilote suisse, M. Messner et un passager, M. Givodan, est classé troisième, avec une distance parcourue de 828 kilomètres.

L'atterrissage s'est effectué en Silésie, à Thule.

Cette course a eu lieu dans des conditions atmosphériques peu favorables, sous la pluie et avec un vent soufflant en tempête qui a dirigé les aérostats vers des régions accidentées et boisées.

C'est dire que le voyage aérien de la plupart des concurrents ne manqua pas de péripéties quelquefois émotionnantes.

Les trois pilotes français, MM. Leblanc, Émile Dubonnet et Bienaimé effectuèrent des voyages mouvementés, surtout les deux premiers.

Le guide-rope de l'aérostat le *Condor*, monté par M. Dubonnet, se prend à 11 heures du soir dans un arbre. Le pilote sacrifie son guide-rope, le coupe et l'aérostat bondit à 2.000 mètres d'altitude. Quelques heures après, en pleine obscurité, la nacelle rencontre une maison située sur le point culminant d'une montagne. L'aérostat se déchire près de l'appendice; il s'élève néanmoins jusqu'à 3.000 mètres, puis plus tard, par l'action du soleil il atteint 6.000 mètres malgré la déchirure, et la descente s'effectue de cette hauteur considérable sans ac-

cident, grâce au sang-froid et à l'habileté des aéronautes.

Le voyage de M. Leblanc se termina par un atterrissage des plus durs.

Voici un extrait du récit du courageux aéronaute, publié par l'*Aérophile* :

« Le lest s'épuise toujours... Le baromètre marque maintenant 6.000 mètres.

« Oppressés par la raréfaction de l'air, nous grelottons dans nos fourrures. Le thermomètre indique — 11 degrés.

« Il est 2 heures de l'après-midi et il va falloir songer à reprendre terre.

« Nous n'avons plus, en effet, que deux sacs et demi de lest, ce qui représente un très strict minimum pour descendre d'une altitude de 6.000 mètres. Aussi nous gardons-nous bien de contrarier le premier mouvement de descente de l'*Ile-de-France*. Au début, tout va bien. Mais, vers 3.500 mètres, nous traversons une épaisse couche de nuages, ce qui a pour résultat d'accélérer considérablement cette chute. Tout à coup, la terre nous apparaît sous la forme d'un chaos de montagnes aux formes abruptes d'un aspect peu rassurant. Néanmoins, il n'y a pas d'alternative, il faut atterrir.

« Nous arrivons au sol à grande vitesse, au bas d'une pente boisée, à l'entrée d'une vallée. L'endroit est, somme toute, passable. A quelques mètres du sol, je tire la corde de déchirure. Tout est sauvé.

« Non, tout est compromis, car la corde de déchirure ne fonctionne pas. Emporté par une rafale de vent formidable, l'*Ile-de-France* s'engouffre dans la vallée et remonte, avec une rapidité vraiment impressionnante, la pente couverte de bois et semée de rochers. Désormais les instants sont précieux. Nous jetons par-dessus bord nos provisions, nos tubes d'oxygène. Deux ou trois chocs brutaux, puis le ballon s'arrête brusquement : la corde qui attachait notre sac à bâches vient de se prendre dans les racines. Et immédiatement, sous la pression du vent, l'appendice s'arrache au-dessus du cercle.

« La situation est évidemment mauvaise. Nous sommes ballottés le long d'une paroi de rochers presque à pic, à une centaine de mètres au-dessus de la vallée.

« Impossible de maîtriser le ballon. Delebecque tire sur la soupape de toutes ses forces, mais cette manœuvre risque de devenir dangereuse, car si l'*Ile-de-France* finit par se vider, la nacelle, entraînée par le poids de l'enveloppe, risque fort de nous précipiter le long du mur rocheux contre lequel le vent nous rabat sans cesse. Aussi nous décidons-nous à quitter notre nacelle. Au moment où, pour la dixième fois peut-être, nous sommes rejetés le long du rocher, profitant d'un moment d'arrêt dans les soubresauts du ballon, que nous jugions devoir être les derniers, nous nous accrochons à la paroi presque verticale de la montagne. Nous sommes sauvés. Mais, par malheur, l'*Ile-de-France* ne l'est pas, car le vent s'engouffre dans les plis de notre pauvre ballon qui forme alors cerf-volant et qui, se détachant des racines auxquelles il restait accroché, s'élève lentement et disparaît dans les airs, emportant nos instruments, nos provisions, nos pardessus et... nos chaussures.

« Un moment de stupéfaction, puis, malgré les désagréments de la situation, nous éclatons de rire. Ce qui aurait pu être un drame s'achève en vaudeville. Nous sommes dans un pays perdu, à peine habillés et en pantoufles. Dégringolant avec précaution au fond de la vallée, nous apercevons quelques paysans vêtus de peaux et coiffés de larges chapeaux aux bords retroussés. Ils commencent par s'enfuir à notre approche. Enfin l'un d'eux, plus hardi, s'avance près de nous timidement, nous tâte, puis nous débite un flot de paroles en une langue inconnue. De guerre lasse, nous le quittons et nous prenons au hasard un sentier rocailleux.

« Une demi-heure plus tard, nous parvenons à un groupe de maisons et nous avisons,



sur le pas de sa porte, un gros homme à la face bourgeonnante qui fume une énorme pipe. Chance inespérée, il comprend quelques mots d'allemand. Désormais nous sommes hors d'affaire. On nous conduit aux principaux du village et nous apprenons que nous sommes à Zazriva, dans les Karpathes, sur les confins de la Hongrie et de la Galicie.

« Le reste du voyage se passe sans péripéties. Un horrible chariot nous mène en deux heures à une station de chemin de fer, où nous prenons le train pour Budapest. Nous y arrivons le lendemain matin, dans une tenue qui provoque chez les Hongrois civilisés un étonnement visible. Par bonheur, en face de la gare, un magasin de chaussures nous ouvre ses portes hospitalières. Nous nous y précipitons. Désormais nous pouvons nous promener par les rues sans être remarqués. Nous ne sommes certes pas élégants, mais nous ne sommes plus grotesques.

« Quarante heures plus tard nous étions de retour à Paris sans rapporter, hélas ! la coupe Gordon-Bennet, mais avec la conscience d'avoir fait tout ce qu'il fallait pour la gagner. »

La coupe Gordon-Bennet 1910 a été courue en Amérique, pays de M. Mix, vainqueur de la coupe 1909. Elle a été de nouveau gagnée par un aéronaute américain, de sorte que si, en 1911, un pilote de même nationalité est proclamé vainqueur, la coupe restera la propriété définitive du Club américain, qui aura remporté trois fois de suite la victoire.

Le départ a été donné à Saint-Louis, choisi par sa situation géographique favorable, au centre des États-Unis, le 17 octobre 1910.

Dix aérostats ont pris part à la course ; ils se répartissent ainsi par rapport aux nationalités : 3 américains, 3 allemands, 2 français et 2 suisses.

L'aérostат américain, *America II*, piloté

par M. Hawley, accompagné de M. Post, a atterri dans le nord-ouest du Canada en pleine forêt, à Péribouka-River, au nord du lac Chilonga, après avoir parcouru 1.884 kilomètres.

On a cru un moment que le record de la distance détenu par le comte de la Vaulx par 1.925 kilomètres franchis en aérostat libre sans escales venait d'être battu, mais, après contrôle et rectification, la distance parcourue par l'*America* fut estimée égale à 1.884 kilomètres et le record du comte de la Vaulx établi en 1900 tient toujours.

On a été pendant quelques jours fort inquiet sur le sort des aéronautes de l'*America II* dont on n'avait plus eu de nouvelles depuis le passage de l'aérostat au-dessus du lac Huron, dans lequel on avait cru le voir descendre.

C'est qu'après leur atterrissage dans la forêt, qui eut lieu dans l'après-midi du 19 octobre, les vainqueurs passèrent la nuit dans leur nacelle, puis, le lendemain, ils abandonnèrent l'aérostat après l'avoir abrité dans une hutte et partirent à pied, à la rencontre d'un lieu habité.

C'est seulement le quatrième jour que, grâce à des chasseurs enfin rencontrés, ils purent atteindre Saint-Ambroise, d'où ils avisèrent qu'ils étaient sains et saufs.

Le deuxième aérostat classé a été le *Dusseldorf*, piloté par le lieutenant allemand, Hans Gericke qui a parcouru 1.820 kilomètres.

Un autre aérostat allemand, *Germania*, ayant comme pilote le capitaine von Abercorn, a pris la troisième place avec une distance parcourue de 1.376 kilomètres. Les deux aérostats français : l'*Ile-de-France*, monté par M. Leblanc, et le *Condor*, piloté par M. Faure, furent classés respectivement septième et neuvième, l'un avec un parcours de 1.166 kilomètres, l'autre de 660.

L'industrie française, cependant, a eu sa part de succès dans les deux coupes Gordon-Bennett 1909 et 1910, gagnées par des Amé-

ricains, car le même aérostat *America II*, monté par ces deux vainqueurs, a été construit dans les ateliers de la Société Astra, à Billancourt, près de Paris.

*Drames aériens* Nous avons, précédemment, dans l'historique des aérostats, raconté comment se sont produits les principaux drames de l'air jusqu'à l'année 1870. Depuis cette époque, quelques ascensions ont été troublées par des accidents qui ont malheureusement occasionné, parfois, la mort de quelques courageux aéronautes. Nous allons donner le récit de quelques-unes de ces ascensions les plus mouvementées, dont celle de l'aérostat le *Zénith*, racontée plus haut, est une des plus dramatiques.

Il convient de remarquer, cependant, que les accidents dus à l'aérostation libre, quoique évidemment encore trop nombreux, sont relativement peu fréquents par rapport au nombre considérable d'ascensions qui s'effectuent depuis quelques années.

Le 31 août 1874, l'aéronaute Duruof, à l'occasion de grandes fêtes données à Calais, tenta de traverser la Manche en passant de France en Angleterre, à l'inverse du célèbre voyage qu'avait fait Blanchard en 1812.

Duruof était cet aéronaute qui partit le premier de Paris pendant le siège. Le 23 septembre 1870, il s'élevait de la place Saint-Pierre, à Montmartre, emportant 125 kilogrammes de dépêches et remplit heureusement sa mission en atterrissant près d'Évreux.

Dans l'ascension du 31 août 1874, la femme de Duruof, qui n'était jamais montée dans un aérostat, l'accompagnait. Cette ascension était leur voyage de noces, voyage fort accidenté et qui faillit avoir un dénouement tragique.

La direction du vent devait pousser infailliblement l'aérostat le *Tricolore* sur la mer du Nord. Le maire de Calais et le capitaine du

port s'opposaient vivement au départ, et le gros de la foule commençait à quitter la place. Mais, dans certains groupes, on murmurait, et on lançait des propos désobligeants contre l'aéronaute. Il fallait rendre la recette ou partir. En présence des mauvaises dispositions de la foule, Duruof retourne vers son aérostat, il y monte avec sa femme, et donne le signal du départ (Fig. 159).

Les cordes sont coupées, le vent pousse l'aérostat vers la mer du Nord, et on le perd de vue.

Pendant trois longs jours, on n'eut aucune nouvelle des voyageurs et on les crut perdus.

On ne pouvait supposer, en effet, que l'aérostat d'un volume si réduit, car il ne cubait que 800 mètres, ait pu se maintenir assez longtemps dans les airs pour avoir quelques chances de gagner soit les côtes d'Angleterre, soit le continent.

Ces craintes furent heureusement vaines, malgré le danger couru par les aéronautes.

Le *Tricolore*, en effet, prit son essor à 7 heures et demie du soir et fut immédiatement poussé vers la haute mer.

Jusqu'au lever du jour, il flotta au-dessus de la mer, sans trop s'élever, l'aéronaute ménageant son lest. Heureusement le ballon était neuf et d'une étoffe solide; il faisait bonne contenance.

Mais, au matin, la situation commença à devenir terriblement inquiétante. L'aérostat flottait à une faible hauteur au-dessus de l'eau. Duruof compte ses sacs de lest; il en a cinq, ce qui lui assure, d'après son estimation, dix à douze heures de séjour dans l'air. Le vent le poussait vers les côtes de la Norvège, et il pouvait espérer y atteindre. Mais le vent change, et le ballon demeure immobile. Il faut absolument prendre un parti. Duruof attend qu'un navire apparaisse à l'horizon, pour faire descendre son aérostat au niveau de l'eau. Une voile se montre précisément, presque au-dessous de lui. Il ouvre la soupape et descend au-dessus des

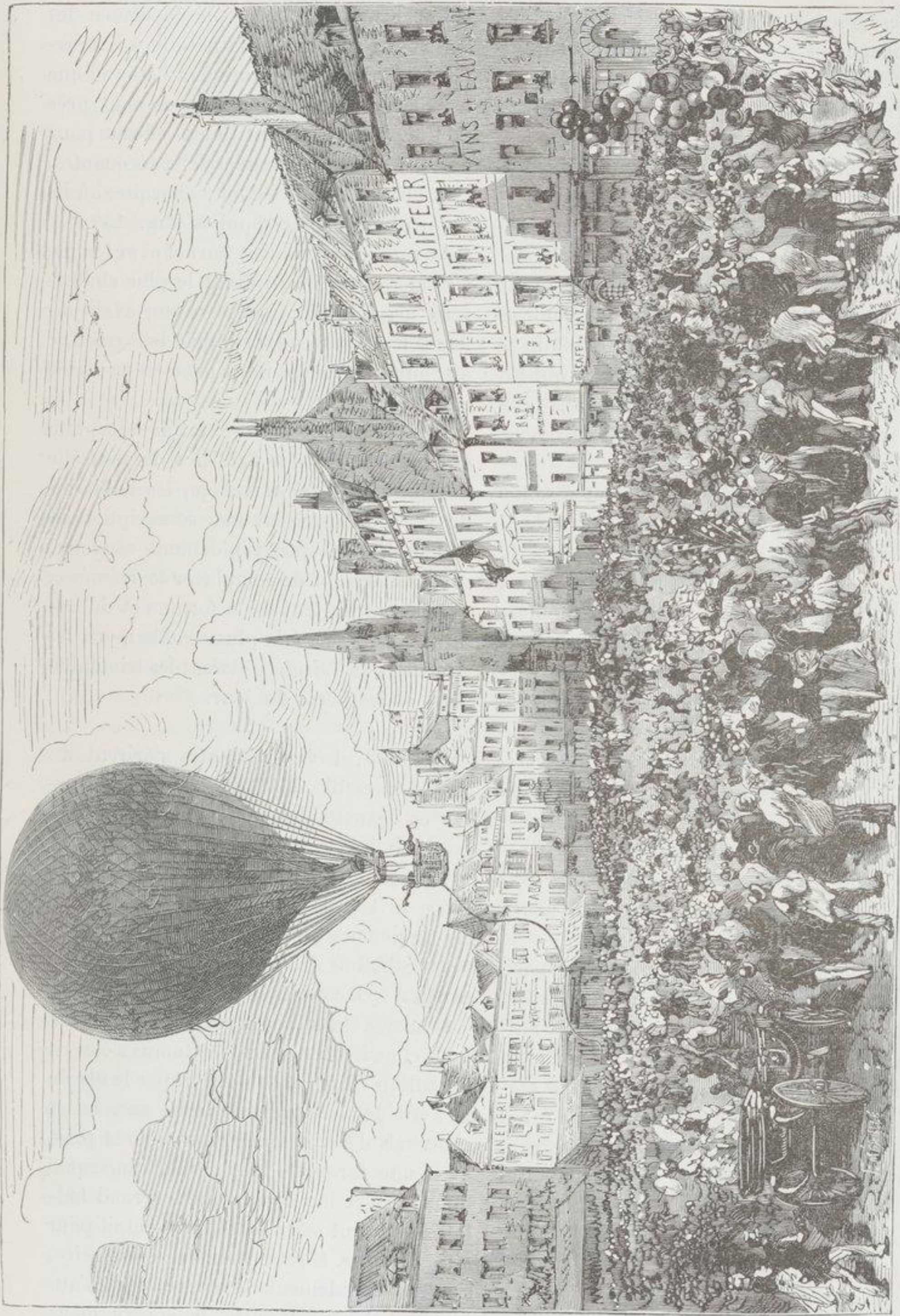


Fig. 159. — Duruof partant de Calais pour son essai de traversée de la Manche.

flots, décidé à se laisser trainer sur les vagues, jusqu'à ce qu'il soit recueilli par l'équipage du navire en vue. Il encourage sa femme, qui montre, d'ailleurs, beaucoup de résignation et d'énergie.

Ici commencent de terribles angoisses. L'aérostat fait des bonds énormes à la surface des flots, tantôt enlevé par le gaz, tantôt submergé par les vagues. Accroupis dans la nacelle, ou suspendus au cercle qui retient les cordages, les naufragés sont complètement trempés. Leurs membres s'engourdissent, et Duruof voit sa malheureuse compagne, épuisée, perdre ce qui lui restait de forces. Il la prend dans ses bras et l'encourage, en lui montrant le navire qui s'approche d'eux.

Depuis deux heures, ils étaient assaillis par les vagues, et M<sup>me</sup> Duruof était à demi morte de froid. Appuyée contre la paroi de la nacelle, sa tête seule sortait de l'eau, et quelquefois une lame énorme la submergeait complètement. Ils étaient emportés à la surface des flots, avec une vitesse vertigineuse. Quelquefois, Duruof plongeait au fond de la nacelle, pour en retirer un sac de sable, transformé par l'eau en une véritable boue, mais qui, jeté par-dessus bord, n'en allégeait pas moins l'esquif, et lui permettait de mieux flotter.

A bout de forces, M<sup>me</sup> Duruof était évanouie, quand le navire qui s'était mis à leur poursuite finit par les atteindre.

C'était un petit navire anglais, frété pour la pêche du hareng. Son capitaine s'efforçait, depuis deux heures, de joindre le ballon en détresse à la surface de la mer. Parvenu enfin à s'en approcher à 200 mètres, il fait mettre la chaloupe à l'eau; il y descend lui-même, avec un matelot, et il parvient à saisir une des cordes flottantes du malheureux aérostat. Mais la vaste surface de l'enveloppe forme une grande voile, qui sous l'action du vent entraîne la chaloupe et manque de la faire chavirer. Le moment est critique. Les deux marins

vont-ils périr avec les naufragés de l'air?

Duruof se met en devoir de couper les cordes qui suspendent la nacelle à l'aérostat, mais il n'a pas terminé sa besogne que les deux courageux sauveteurs sont près de lui. Ils réunissent leurs efforts pour prendre dans leurs bras les deux aéronautes, et les font descendre dans la barque, où ils tombent eux-mêmes épuisés (Fig. 130).

Le capitaine conduisit Duruof et sa femme à Grimsly. Là, ils reçurent le plus chaleureux accueil. En Angleterre, on avait annoncé leur mort, de sorte qu'à leur passage à Londres ils furent reçus avec un véritable enthousiasme.

Plus grandiose encore fut la réception qui leur fut faite à Calais. A la nouvelle de leur périlleux sauvetage, les habitants de la ville ouvrirent une souscription de 10.000 francs, qui, rapidement couverte, permit à Duruof de remplacer le *Tricolore*.

Tels sont les jeux de la fortune et du hasard. Condamnés à la plus cruelle mort, les passagers du *Tricolore* étaient les triomphateurs et les héros du jour.

En 1880, trois aéronautes périrent au Mans, à Marseille, et à Paris, dans les circonstances dramatiques que nous allons rapporter.

La mort de l'aéronaute Petit, qui périt au Mans, le 4 juillet 1880, a été racontée en ces termes par un témoin oculaire.

« Le ballon l'*Exposition* partit du quinconce des Jacobins, le dimanche 4 juillet, à 6 heures du soir, emportant l'aéronaute Petit et sa femme. En même temps s'élevait un ballon moins gros, conduit par le fils de M. Petit, jeune garçon de treize ans. Je les observais de mes fenêtres et de très près, avec une lorgnette marine. Je remarquai de suite avec inquiétude que le grand ballon jetait tout son lest et ne montait pour ainsi dire pas. L'autre ballon, au contraire, s'élevait rapidement. D'une seconde à l'autre, sa distance au grand ballon augmen-

tait tellement qu'il était évident qu'il n'était plus retenu. Petit avait lâché la corde, criant à son fils : « Tu vas seul maintenant ! »

« Quelques secondes encore, et je vis avec épouvante le grand ballon se déchirer du haut en bas, et disparaître, dans une chute terrible, derrière les maisons. Je m'élançai vers l'endroit où la chute devait avoir eu lieu, à quelques minutes de la ville.

« L'accident avait été observé de partout, et tout le monde s'était précipité, car une foule nombreuse stationnait déjà à cet endroit, entourant la maison où les aéronautes recevaient les premiers soins. Je vis là M. Petit étendu sur un matelas, sanglant... Il n'était pas mort... il parlait... Sa femme n'avait rien, du moins extérieurement; elle pouvait marcher, et ils venaient de faire une chute de 1.600 mètres!... Peu de jours après, l'aéronaute Petit était mort. »

L'aéronaute Charles Brest périt à Marseille, le 8 août 1880.

Charles Brest avait fait dans cette ville, le 1<sup>er</sup> août, sa première ascension, avec le ballon le *Nautilus*. Parti à 5 heures du Prado, par un temps très calme, il franchissait, vers 5 heures et demie, la chaîne des montagnes de l'Esterel, et atterrissait, peu après, dans les plaines de Peyrolles, près d'Aix.

Le dimanche, suivant, 8 août, malgré un vent violent du nord-ouest, Charles Brest s'élevait, pour la deuxième fois, avec le *Nautilus*, et disparaissait bientôt à l'horizon, poussé vers la mer par le mistral.

Depuis ce moment, on n'a plus revu le malheureux voyageur aérien. Seulement, le lendemain, on trouvait près d'Ajaccio, au bord de la mer, le *Nautilus*, avec sa nacelle vide!

Le capitaine d'un bateau à vapeur, *Segesta*, allant de Marseille à Palerme, vit en mer le ballon de Charles Brest, dans une situation des plus critiques, courant presque

à fleur d'eau, suivant les ondulations des vagues et disparaissant à moitié dans les creux formés entre elles.

L'aérostat atteignit et dépassa le vapeur, et disparut à l'horizon avec une rapidité vertigineuse. L'aéronaute, dans la nacelle, se hissait sur une échelle de corde pour échapper aux chocs produits par les coups de mer qui la secouaient violemment.

Une autre victime du métier d'aéronaute forain est un pauvre diable qui n'avait jamais fait d'ascension, et qui, avec la plus étonnante témérité, se hasardait, pour la première fois, à faire des exercices de trapèze au-dessous, non d'un aérostat à gaz, mais d'une simple montgolfière, ce qui ajoutait encore au danger d'une telle aventure.

C'est à Courbevoie, le 21 octobre 1880, que s'est passé cet événement.

La montgolfière s'élevait, à quatre heures trois quarts, emportant, en guise de nacelle, un trapèze sur lequel un jeune gymnasiarque, nommé Navarre, devait faire dans les airs des tours de force et d'adresse.

La foule, le voyant s'élever, applaudit. Lui, montait en saluant, se tenant au trapèze, d'un seul bras. Mais à une hauteur de 100 mètres environ, on le vit s'accrocher des deux mains à la barre du trapèze, et ne plus bouger.

La montgolfière traversa la Seine. Elle était à 600 mètres de hauteur au moins, et celui qui la montait ne paraissait pas plus grand que la main.

Vous figurez-vous un homme, accroché à un trapèze suspendu sous une montgolfière qu'il ne peut diriger, à 600 mètres au-dessus du sol, perdu dans l'espace, voyant un vide effroyable au-dessous de lui, et n'ayant pour se cramponner dans cette immensité, qu'un faible rouleau de bois, qu'il serre de ses mains crispées! C'est ce spectacle dont furent témoins les habitants de Neuilly et de Courbevoie, qui sui-

vaient la montgolfière emportant le téméraire acrobate.

Tout à coup, la foule poussa un cri d'horreur; les femmes se cachaient la figure avec leurs mouchoirs. Le malheureux lâchait prise, et tombait, de cette hauteur effroyable, en tournoyant sur lui-même. On eut le temps de le suivre du regard, pendant cette longue chute.

Navarre alla se brayer dans une propriété particulière, située sur l'avenue du Roule. Son corps fit dans la terre un trou de 60 centimètres de profondeur; puis il rebondit, à quatre mètres de là, affreusement disloqué.

Les empreintes de la tête, du buste, des jambes, des bras et même des doigts, étaient gravées par de profonds sillons dans le sol, très dur en cet endroit. Les os étaient broyés, le crâne était brisé, et le sang s'échappait par les oreilles.

Pendant ce temps, brusquement allégée du poids de l'aéronaute, la montgolfière faisait un brusque saut dans les airs et, poussée par le vent sur Paris, elle venait s'enflammer et tomber sur la place Saint-Michel, sans occasionner d'accidents de personnes.

Un autre drame semblable s'était produit en 1879, en Angleterre. Un gymnasiarque, à Falborough, tomba des nues et s'abattit sur le toit d'une maison qu'il défonça.

En 1881, c'est un personnage politique anglais, Powel, membre de la chambre des Communes, qui est victime de l'aérostation.

Powel, Gardner et le capitaine Templer, se proposaient, avec l'aérostat le *Saladin*, de faire des observations et des expériences scientifiques dont ils devaient rendre compte à la Société météorologique de Londres.

Ils partirent de Bath le 10 décembre 1881, à midi. L'aérostat prit la direction d'Exeter et arriva vers 5 heures à environ 1 kilomètre de la mer, vers laquelle il était en-

traîné. Les aéronautes décidèrent d'atterrir.

L'aérostat descendit si rapidement que la nacelle vint heurter violemment le sol et que Gardner et le capitaine Templer furent projetés hors de cette nacelle : le premier voyageur se brisa la jambe, l'autre se contusionna gravement. Powel était demeuré dans la nacelle. Le capitaine Templer cramponné à la corde de manœuvre de la soupape dut lâcher prise sous l'action du vent.

L'aérostat s'élança d'un bond dans les airs, emportant Powel qui, debout dans la nacelle, envoyait de la main un dernier adieu à ses amis. Il prit la direction de la mer et disparut bientôt dans l'obscurité.

Devant l'absence de nouvelles de l'aéronaute, les recherches les plus actives furent entreprises pour découvrir ses traces.

Quelques indices parurent, à divers intervalles se rapporter à cette catastrophe; mais la plupart des nouvelles furent, après vérification, reconnues erronées.

Cependant, on avait trouvé près de Portland, sur le rivage, un fragment de thermomètre brisé qui fut reconnu comme appartenant au capitaine Templer. Un chapeau avait été également retrouvé en mer, près de Bridport.

Neuf jours après le départ, des dépêches de Madrid annonçaient le passage de l'aérostat près de Santander, puis près de Bilbao et vers la fin de décembre, le *Saladin* fut trouvé dans les montagnes de la Galice, en Espagne, montagnes sauvages et très peu habitées. On retrouva le corps de l'infortuné Powel au fond de la nacelle.

En 1885, deux catastrophes du même genre coûtèrent la vie à deux hommes de cœur et d'énergie, Eloy et Gower.

Eloy était un aéronaute de profession. Il avait exécuté divers voyages aériens, dont certains sur le Pas de Calais, avec Lhoste.

Il s'était engagé à entreprendre une ascension à Lorient à l'occasion de la fête

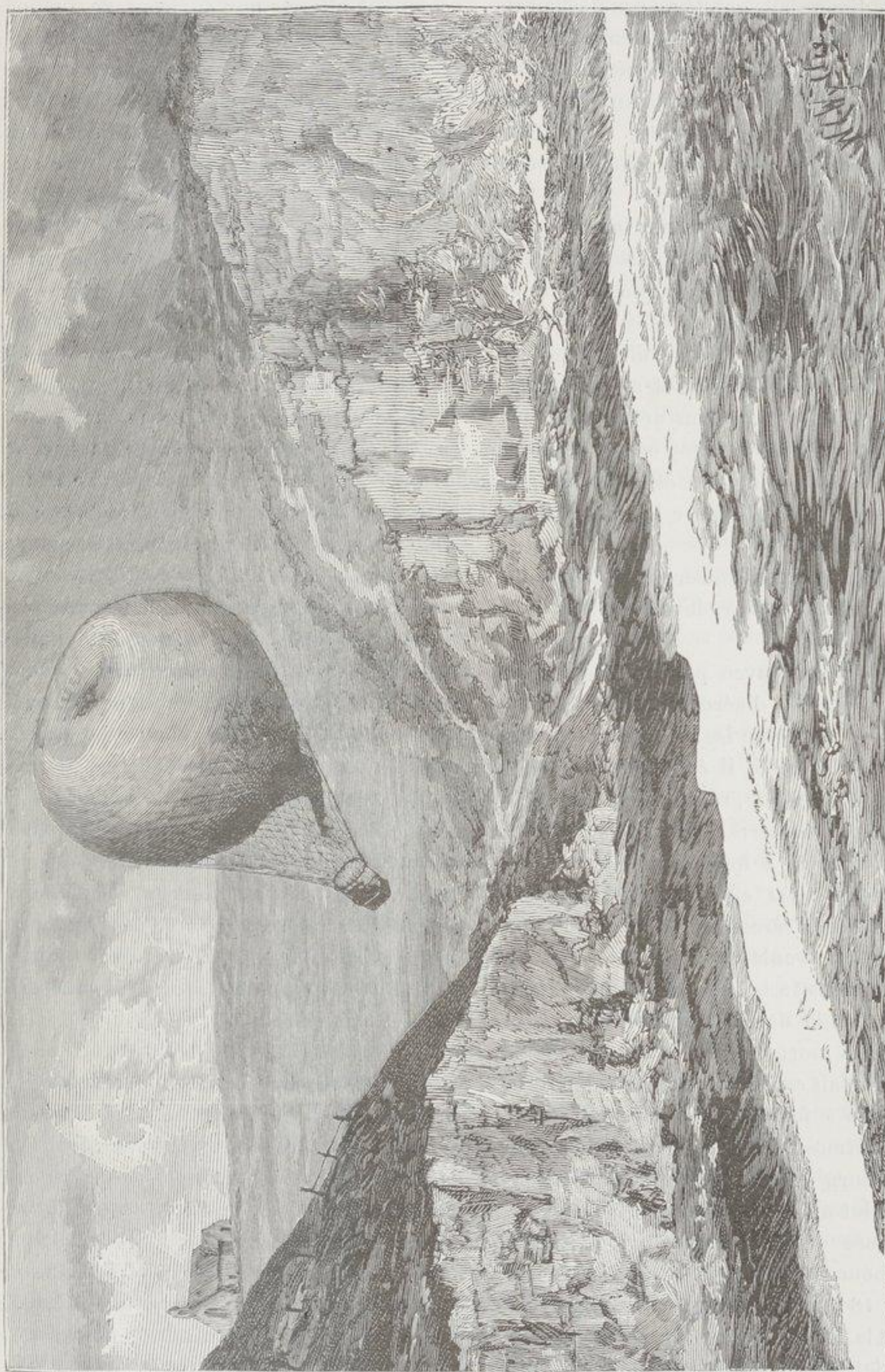


Fig. 160. — Le ballon le *Saladin* tombant dans la montagne de la Galice (Espagne), avec le corps de Powel.

nationale du 14 Juillet, dans un aérostat de petite dimension, gonflé au gaz d'éclairage.

Il s'éleva à 6 heures et demie; mais le vent poussa l'aérostat sur l'Océan.

Bientôt il dépassa les bateaux du port qui étaient partis à sa poursuite; il fut impossible aux marins de le rejoindre et on le perdit de vue.

Deux jours après, des marins trouvèrent au large de l'île de Groix, flottant sur la mer, la casquette et la jaquette de l'aéronaute.

Un peu plus tard, un voilier rencontra, au delà de Belle-Isle-en-Mer, un aérostat, encore gonflé, mais sans aéronaute.

Il est probable qu'Eloy essaya de gagner l'île de Groix à la nage et qu'il ne put, à bout de forces, atteindre le rivage. Il périt dans les flots.

L'autre victime, Gower était un ingénieur américain de valeur, inventeur d'appareils téléphoniques.

Il s'occupait avec passion, depuis plusieurs années, d'aéronautique et il avait réussi à traverser la Manche en aérostat. Le 1<sup>er</sup> juin 1885, il était parti de Hythe, près de Folkestone, vers midi. Il s'était élevé seul et avait atterri sur les côtes de France, vers Etaples, à 4 heures du soir.

Il avait aussi effectué plusieurs ascensions avec les frères Tissandier et avec Lhoste.

C'est en voulant continuer cette série d'ascensions, à la suite de sa brillante traversée de la Manche, que Frédéric Gower trouva la mort.

Il voulait créer un système « d'aérostatorpilles » fonctionnant automatiquement dans l'atmosphère, et il s'était installé à Cherbourg pour effectuer ses expériences. Il voulut alors tenter une seconde fois la traversée de la Manche, en partant de Cherbourg pour atterrir en Angleterre.

Le 18 juin, Gower partit seul dans l'aérostat la *Ville d'Hyères*, précédé de son petit aérostat automatique. Le temps était beau, mais la direction du vent ne pouvait pas

permettre la traversée de la Manche. Gower comptait atterrir aux environs de Dieppe.

Parti à 1 heure 45 de l'après-midi, l'aérostat fut signalé par le sémaphore de Gatteville à 3 heures, puis personne ne donna de ses nouvelles pendant deux jours. Au bout de ce temps, un petit navire rentrant à Cherbourg rapporta le petit aérostat automatique trouvé au large de Barfleur, et le capitaine déclara avoir vu le grand aérostat avec sa nacelle descendant sur la mer, s'élever et s'abaisser plusieurs fois, puis s'élever de nouveau très rapidement et disparaître.

Il ne put dire si, à ce moment, l'aérostat était encore pourvu de sa nacelle. D'autre part, une barque de pêche trouva l'aérostat la *Ville d'Hyères* au large de Dieppe, sans nacelle; les cordages avaient été coupés au couteau.

Il est à supposer que son aérostat traînant sur l'eau et s'éloignant du bateau dont il espérait des secours, Gower coupa les cordages pour flotter dans la nacelle d'osier et permettre au bateau d'arriver. Mais le secours attendu n'était pas venu.

Il est encore possible que la nacelle ait été abandonnée pour alléger l'aérostat, l'aéronaute s'étant placé sur le cercle de suspension jusqu'au moment où l'épuisement de ses forces le força à abandonner ce dernier et fragile appui. Quoi qu'il en soit, Gower périt dans la mer et son corps ne fut pas retrouvé.

Le voyage en aérostat à travers la Manche, en allant de France en Angleterre, fit, en 1887, encore deux victimes: le jeune aéronaute Lhoste dont nous avons raconté les voyages aéronautiques, et un de ses compagnons, Mangot.

Nous avons dit que l'intrépide Lhoste joignait à son grand courage une témérité excessive qui faisait craindre pour lui une fin tragique. Ce pressentiment devait malheureusement se réaliser.



Lhoste mit à tenter une seconde traversée de la Manche, qu'il avait réussie une première fois, un tel empressement, qu'il partit avec un aérostat en mauvais état et un outillage défectueux; il trouva la mort dans cette entreprise, en entraînant dans la même destinée un ami qui partageait sa confiance exagérément audacieuse et son mépris du danger.

Lhoste partit le 13 novembre 1887 au matin, dans l'aérostat l'*Arago*, pour traverser la Manche, accompagné des jeunes Mangot et Archdéacon. L'aérostat était un vétéran qui avait porté différents noms et subi beaucoup de vicissitudes; il était très fatigué et laissait apparaître bien des blessures à son enveloppe de soie. Lhoste l'avait muni de deux ballonnets pour ne pas recourir à la manœuvre de la soupape avant l'atterrissage.

A 11 heures du matin, l'*Arago* atterrit près de Quillebeuf et un des passagers, Archdéacon, descendit et essaya de dissuader ses deux compagnons de leur tentative. Il ne put les convaincre; le voyageur descendu fut remplacé par son poids de lest, et à 11 heures 15 l'aérostat repartit, entraîné vers la mer.

On le suivit de terre, jusqu'à 1 heure 55. L'aérostat variant constamment d'altitude perdait beaucoup de gaz et de lest pendant ces manœuvres pour chercher un courant aérien favorable. Puis on le perdit de vue.

On demeura longtemps sans nouvelles des malheureux aéronautes. Enfin, le capitaine d'un navire anglais, qui les avait rencontrés se débattant à la surface de la mer avec les débris de leur aérostat et avait vainement essayé de leur porter secours, fit le récit de ce drame poignant.

Les aéronautes étaient venus au contact des flots vers 4 heures du soir. Le capitaine du navire, apercevant l'aérostat en détresse, chercha à l'aborder.

Malheureusement la mer était très grosse,

le vent très violent, et il tombait une pluie abondante. Successivement les deux aéronautes, étourdis, assommés par des lames furieuses qui déferlaient avec violence, lâchèrent prise. Le capitaine comprenait bien que l'aérostat en détresse, bondissant dans l'espace pour retomber bientôt au milieu des vagues, avait à bord des êtres humains qui luttèrent contre la tourmente, mais lorsque l'*Arago* passa sur le travers du bateau, la nacelle était vide. Des recherches furent vainement effectuées: il n'y avait plus traces d'aéronautes.

Bientôt le vent, qui continuait son œuvre, finit de détruire l'aérostat. L'enveloppe s'ouvrit; les débris tombèrent sur la mer qui les engloutit.

Les drames aériens comme ceux dont nous venons de relater les péripéties ont heureusement été peu nombreux. Il y a eu quelques ascensions parmi celles effectuées, fort nombreuses, qui ont été très mouvementées: il y a eu aussi des atterrissages périlleux, mais, le plus souvent, on n'a eu à déplorer aucun accident de personne.

Le 7 mars 1909, un aérostat, le *Risque-tout*, monté par deux aéronautes, MM. H. Leblanc et Dupont-Degoud, parti de Rueil à 7 heures 20 du matin, arrivait à 1 heure 40 minutes vers l'embouchure de l'Escaut, où les aéronautes décidaient d'atterrir. L'Escaut, à cet endroit, a 12 kilomètres de large, et il importait d'éviter les marais qui sont à son embouchure.

La soupape est ouverte, l'aérostat descend dans des conditions normales; mais en traversant, entre 400 et 200 mètres, un nuage chargé d'eau, l'aérostat s'alourdit brusquement et la descente s'accélère rapidement. 50 kilogrammes de lest sont dépensés sans pouvoir diminuer la vitesse de chute, et la nacelle tombe dans l'eau à 200 mètres du rivage.

L'ancre, qui était décrochée, prête à être jetée, tombe, par suite du choc, au fond du

fleuve et retient l'aérostat captif au-dessus de l'eau. L'enveloppe dégonflée forme voile, et sous l'action du vent la nacelle est immergée. Les aéronautes se suspendent aux cordages et, pour sortir de cette situation dangereuse, coupent la corde de l'ancre. L'aérostat s'élève aussitôt, arrive sur le sable marécageux, où les voyageurs sont recueillis par un yacht qui les amène à terre. L'aérostat, qui avait dû être abandonné, fut retrouvé le même jour, à 5 heures du soir, sur la mer du Nord et recueilli par un vapeur norvégien.

Une descente plus tragique d'un aérostat sur la mer eut lieu le 4 avril 1909, en face du petit port de Gouville (Manche).

L'aérostat le *Gay-Lussac* partait, ce jour-là, du parc de l'Aéro-Club de France, à Saint-Cloud. Il emportait trois passagers, MM. Panion et Wateau et M<sup>me</sup> Masson. Poussé par un vent d'Est assez vif, l'aérostat arrivait à proximité de la Manche, au sud de Coutances, vers 4 heures. Il était, à ce moment, à une altitude de 1.500 mètres.

Les aéronautes manœuvrèrent pour atterrir avant de gagner la mer; mais, par suite de la vitesse de plus en plus grande du vent et du manque d'un espace libre propice à l'atterrissage, l'aérostat tomba malheureusement dans la mer, à peine à 100 mètres du rivage.

La nacelle fut complètement immergée; les passagers purent, à grand'peine, se hisser jusqu'au filet. M<sup>me</sup> Masson s'évanouit et fut entraînée par un paquet de mer. Les deux autres aéronautes parvinrent à la saisir, mais l'enveloppe se dégonflait de plus en plus, la soupape étant restée ouverte, elle s'enfonçait et obligeait les naufragés à remonter de plus en plus haut dans le filet. Pendant ces mouvements dont la difficulté était accrue par la violence des vagues, M<sup>me</sup> Masson évanouie fut arrachée à ses compagnons par une vague plus impétueuse que les autres, et, malgré les efforts des deux

voyageurs, elle disparut dans les flots.

Vingt minutes plus tard, une barque envoyée de la côte au secours des naufragés recueillait les survivants. Ce n'est que dans la nuit que le corps de l'infortunée voyageuse fut retrouvé.

Nous terminerons l'énumération des drames aériens en faisant le récit de la catastrophe survenue le 3 avril 1910 à l'aérostat allemand, le *Pommern*, qui avait participé à la Coupe Gordon-Bennett de 1906 et avait triomphé en 1907 aux États-Unis dans cette même Coupe, ayant comme pilote l'aéronaute Erbsloh.

Le *Pommern*, partait le 3 avril, dans la matinée, de Stettin, emportant quatre aéronautes : le pilote D<sup>r</sup> Delbruck, député au Reichstag, MM. Hein, Benduhn et Semmelhack.

Au départ, il accrocha des fils télégraphiques, heurta par deux fois le toit d'une fabrique en démolissant des cheminées, et fut poussé par le vent à vive allure dans une direction Nord-Ouest.

Les chocs successifs reçus par la nacelle avaient occasionné de graves blessures aux passagers, dont deux avaient un bras et une jambe brisés. Tous avaient, en outre, reçu des blessures assez graves à la tête.

Le filet avait été détérioré en frottant contre les fils télégraphiques; un certain nombre de mailles s'étaient rompues, ce qui faisait pencher la nacelle.

La situation des aéronautes était périlleuse. Le pilote voulait atterrir, mais la corde de manœuvre de la soupape avait été emportée dans les accidents du départ. Comme l'aérostat s'était élevé brusquement à une altitude de près de 2.000 mètres, il eût été fort téméraire d'ouvrir le panneau de déchirure.

Malgré leurs graves blessures, les aéronautes attendirent le mouvement de descente naturel de l'aérostat.

Cependant le vent les avait poussés sur

la mer Baltique et ils pouvaient avoir l'espoir d'atterrir en Suède, lorsqu'un courant de direction différente les conduisit vers l'île de Rügen et Sassnitz.

A 500 mètres de la côte, le pilote ouvrit le panneau de déchirure ; l'aérostat tomba dans la mer.

Les aéronautes blessés purent sortir de la nacelle ; mais, épuisés, ils ne purent résister assez longtemps pour recevoir les

secours qui leur furent envoyés et qui tardèrent à arriver, par suite de l'état de la mer.

Trois d'entre eux furent engloutis dans la mer. Un seul, M. Semmelhack, put s'accrocher à l'épave du filet et fut recueilli évanoui.

On put le rappeler à la vie, et c'est lui qui donna tous les détails de cette malheureuse ascension.



## AÉROSTATS CAPTIFS

*EMPLOI DES AÉROSTATS CAPTIFS.*

*GRÈEMENT DES AÉROSTATS CAPTIFS.*

*SUSPENSIONS : Giffard. — Yon. — Godard. — Renard.*

*AÉROSTATS CAPTIFS MILITAIRES. — CABLES. — TREUILS.*

*PARCS AÉROSTATIQUES MILITAIRES.*

*AÉROSTATS CAPTIFS DIVERS.*

*Emploi des aérostats captifs.* L'emploi des aérostats captifs, quoique moins développé que celui des aérostats libres, est cependant justifié dans quelques cas particuliers.

On se souvient des entreprises diverses, faites, le plus souvent, à l'occasion d'Expositions universelles, ayant pour objet d'organiser des ascensions captives publiques. Il était aisé, de la sorte, de se procurer, pour une somme relativement réduite, un aperçu des sensations que l'on ressent en ascension libre.

Un certain nombre de ces entreprises ont eu un grand succès, et nous examinerons plus loin le mode d'installation de plusieurs d'entre elles.

Mais l'application la plus importante des aérostats captifs a été leur emploi pour les observations militaires.

Dès le début de l'invention des aérostats, l'utilisation des aérostats captifs aux armées de la première République rendit, ainsi que nous l'avons dit précédemment, de précieux services.

Depuis la réouverture de l'École aérostatique de Chalais-Meudon, les aérostats captifs sont toujours employés utilement dans l'Armée et peuvent l'être également dans la Marine.

Ils sont surtout utilisés comme postes d'observations, et, quoique la portée des armes à feu actuelles les oblige à se tenir à de grandes distances de l'ennemi, ils n'en constituent pas moins un observatoire précieux du haut duquel on peut, rapidement, à l'aide du téléphone, indiquer aux chefs de corps amis les mouvements divers que l'on aperçoit plus aisément à une certaine altitude. On peut, aussi, contribuer à régler avec précision le tir de l'artillerie en indiquant exactement les corrections à y apporter d'après la chute des projectiles.

Malgré la distance qui sépare un aérostat captif des lignes ennemies, les aéronautes peuvent, cependant, suivre aisément les mouvements de troupes à l'aide des lunettes spéciales utilisées de nos jours dans l'armée.

Ils peuvent même faire des photographies

à distance à l'aide des procédés de *téléphotographie*.

D'autre part, les aérostats captifs sont sensiblement à l'abri des projectiles ennemis, puisqu'ils peuvent s'élever à 1.000 mètres de hauteur.

l'ennemi, et surtout pour se garer des attaques des torpilleurs qui perdraient ainsi leur dangereux incognito devant ces vigies aériennes.

En outre, l'aérostaut captif pouvait être d'un grand secours pour la surveillance

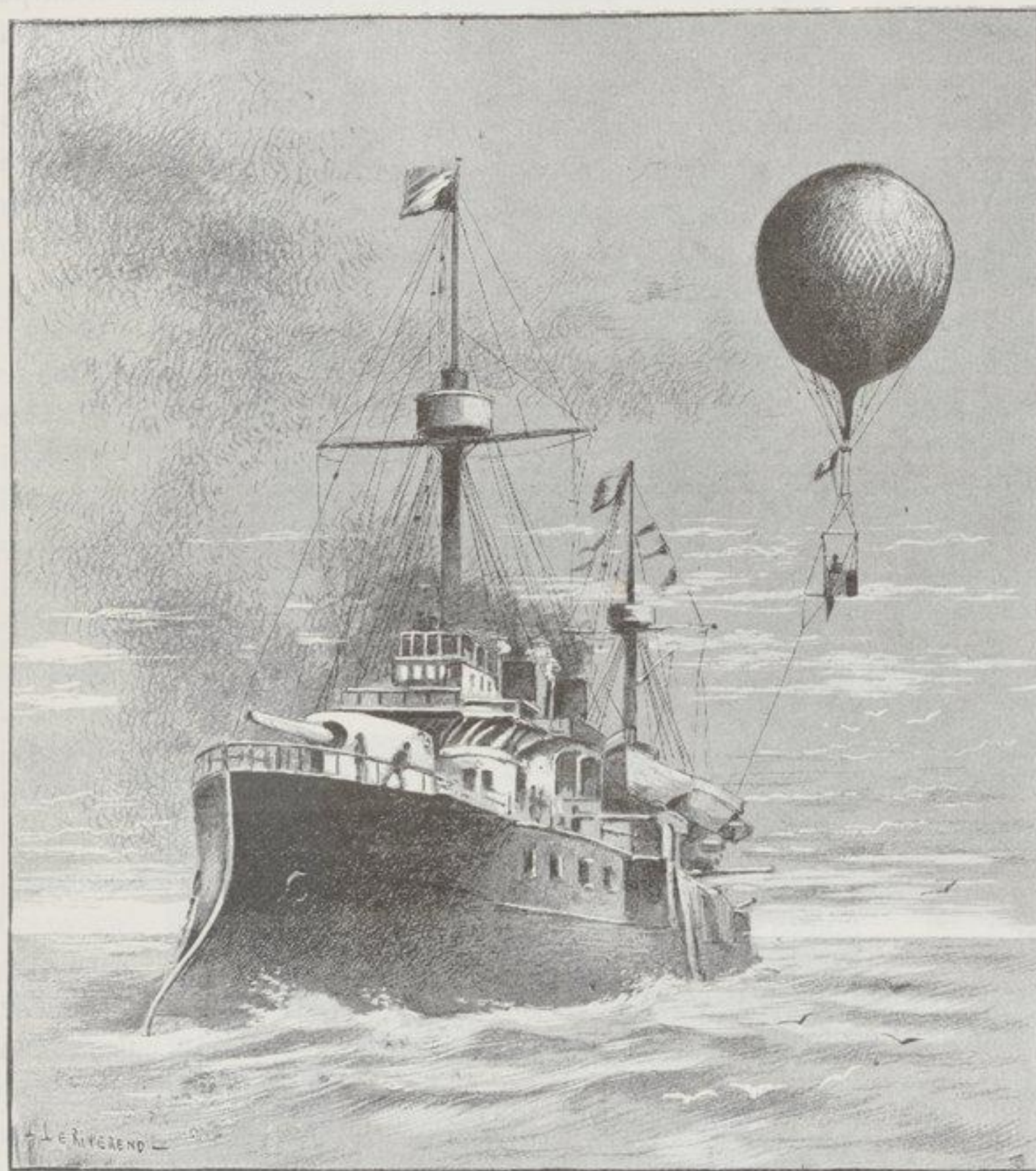


Fig. 161. — Aérostaut effectuant une ascension captive du bord d'un cuirassé.

On a fait aussi d'intéressants essais d'aérostats captifs appliqués à la Marine de guerre.

En 1888, l'escadre d'évolution de la Méditerranée fit, en rade de Toulon, l'expérience de l'emploi des aérostats captifs pour l'observation des mouvements d'une flotte ennemie. On voulait établir, à bord des bâtiments d'escadre, des observatoires volants destinés à découvrir les mouvements de

des mouvements de l'ennemi sur les côtes.

Un appareil téléphonique, reliant la nacelle de l'aérostaut au bateau portant son amarre, permettait de correspondre rapidement et de connaître, au fur et à mesure qu'ils se produisaient, les mouvements des adversaires.

Diverses expériences furent exécutées avec succès, mais, néanmoins, l'emploi des

aérostats captifs ne s'est pas généralisé dans la marine de guerre.

Un autre engin de combat maritime créé depuis ces expériences, peut, aussi, être observé par la vigie d'un aérostat captif.

Nous voulons parler du sous-marin.

Nous avons déjà eu l'occasion de signaler cette particularité que de la nacelle d'un aérostat planant au-dessus de la mer, on pouvait apercevoir nettement, dans la plupart des cas, soit le fond de la mer, soit, à une profondeur considérable, les objets ou

rayons lumineux provenant de cet objet, qui devient, pour lui, invisible.

La surface du liquide forme ainsi une sorte d'écran masquant l'objet observé.

De la hune d'un navire, l'obliquité du rayon d'observation est évidemment moindre que du pont du bateau et on peut voir à une plus grande profondeur dans l'eau; cependant le champ de visibilité reste assez limité. Par contre, il est évident que si l'observateur se place dans la nacelle d'un aérostat captif, il peut fouiller plus effica-

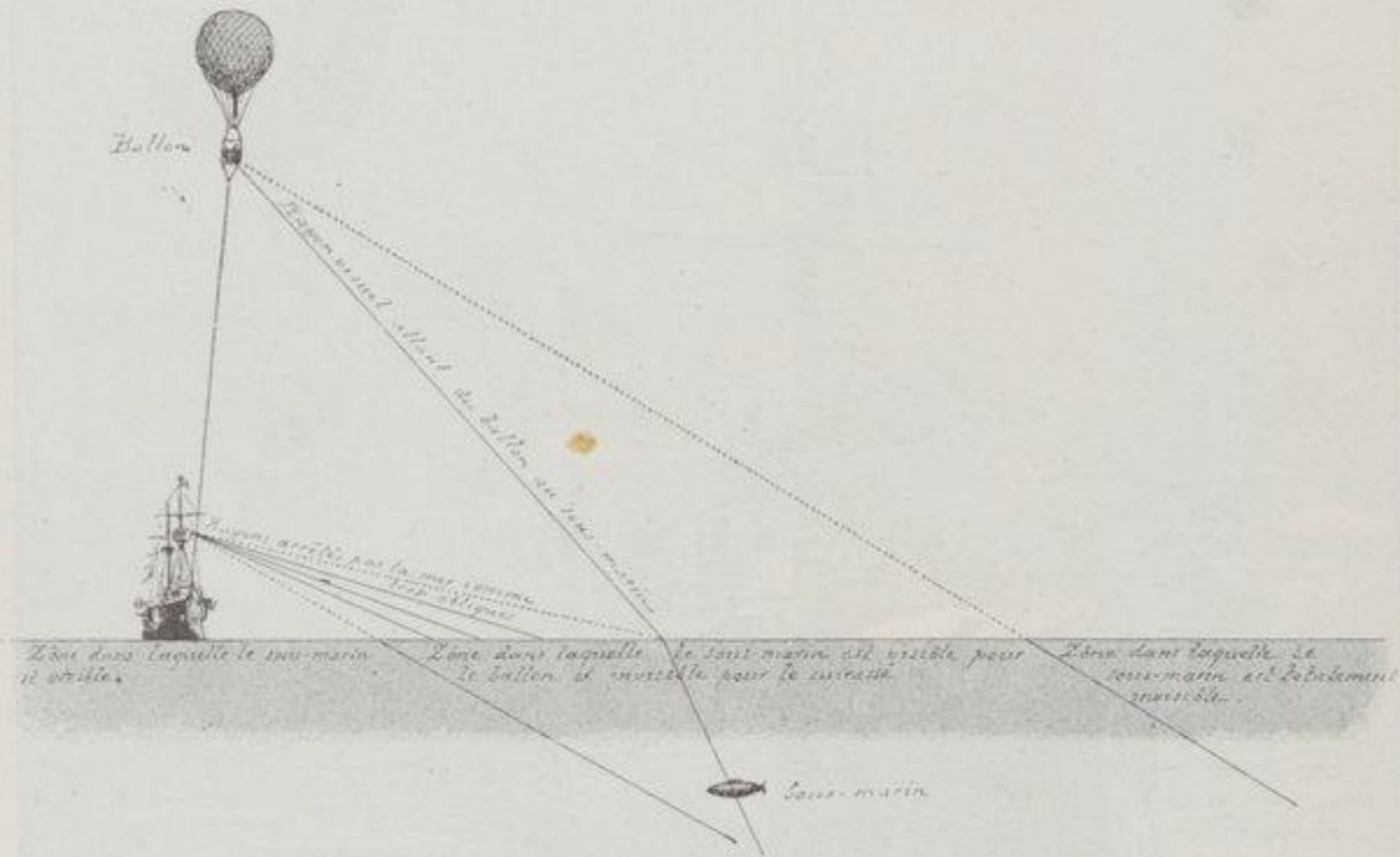


Fig. 162. — Zones de vision d'un cuirassé et de son aérostat.

les êtres vivants nageant entre les eaux.

En effet, quand un observateur est placé sensiblement au niveau de la surface de la mer, il ne peut apercevoir un objet qui est enfoncé dans l'eau, même à une faible profondeur. Cela s'explique en considérant que les rayons lumineux, en passant du milieu liquide au milieu aérien, sont *déviés*, par suite du phénomène de *réfraction*, et l'angle que ces rayons font avec la surface de l'eau, appelé *angle de sortie*, peut, pour une certaine position de l'observateur, devenir assez grand pour que le rayon ne sorte pas du milieu liquide. L'observateur placé, dans ce cas, trop obliquement par rapport à l'objet immergé, ne reçoit aucun des

rayons lumineux provenant de cet objet, qui devient, pour lui, invisible. La surface du liquide forme ainsi une sorte d'écran masquant l'objet observé. De la hune d'un navire, l'obliquité du rayon d'observation est évidemment moindre que du pont du bateau et on peut voir à une plus grande profondeur dans l'eau; cependant le champ de visibilité reste assez limité. Par contre, il est évident que si l'observateur se place dans la nacelle d'un aérostat captif, il peut fouiller plus effica-

ment au sein des flots et signaler, d'une manière plus sûre, au cuirassé auquel il est attaché, l'approche d'un sous-marin en plongée (Fig. 162).

Les diverses utilisations des aérostats captifs ne manquent certainement pas d'intérêt. Ces aérostats militaires captifs furent utilisés avec succès pendant la campagne du Tonkin, en 1884, pendant la campagne des Anglais au Soudan, et pendant la guerre russo-japonaise en 1904.

Ils rendirent, dans ces circonstances, de réels services au point de vue des reconnaissances.

Dans la campagne malheureuse engagée par l'Italie contre l'Abyssinie en 1896, les

aérostats captifs furent employés, mais on n'en put tirer, dans ce pays trop accidenté, tout le parti qu'on était en droit d'en attendre.

*Grèement  
des aérostats  
captifs*

Les aérostats captifs sont des aérostats constitués de la même façon que les aérostats libres que nous venons d'examiner, mais qui comportent, en outre, un dispositif d'attache qui les relie avec le sol ou plutôt à un treuil dont la manœuvre permet de faire varier l'altitude de l'aérostat.

Il résulte de cette disposition qu'alors qu'en aérostat libre on ne sent aucun vent, puisque l'aérostat chemine avec la vitesse même de ce vent, en aérostat captif, au contraire, le vent exerce une action considérable sur l'enveloppe. L'aérostat se trouve soumis

à des oscillations d'autant plus grandes que la vitesse du vent est plus considérable et que cette vitesse est plus variable. Un aérostat captif prend, en effet, une position oblique, par rapport au point d'attache du câble sur le sol, laquelle position est une

résultante de la force ascensionnelle, d'une part, et de la force exercée par le vent sur l'enveloppe, d'autre part.

Le câble qui retient l'aérostat sera donc

de plus en plus oblique au fur et à mesure que l'action du vent augmentera par rapport à la force ascensionnelle.

Si l'on se contentait d'attacher simplement la nacelle au point fixe du treuil par un câble sans aucun dispositif intermédiaire, cette nacelle suivrait nécessairement toutes les oscillations de l'aérostat : elle s'inclinerait plus ou moins suivant la violence du vent, et par à coups, de sorte que l'observateur pourrait difficilement remplir sa mission, en admettant, toutefois, que les chocs brusques et répétés ne lui occasionnent aucun accident.

Il convient donc que, malgré les

oscillations de l'aérostat, la nacelle puisse toujours revenir à une position d'équilibre ayant une direction verticale. Pour cela, le câble qui retient l'aérostat ne doit pas être attaché directement à la nacelle. On place entre elle et lui un dispositif de *suspension*

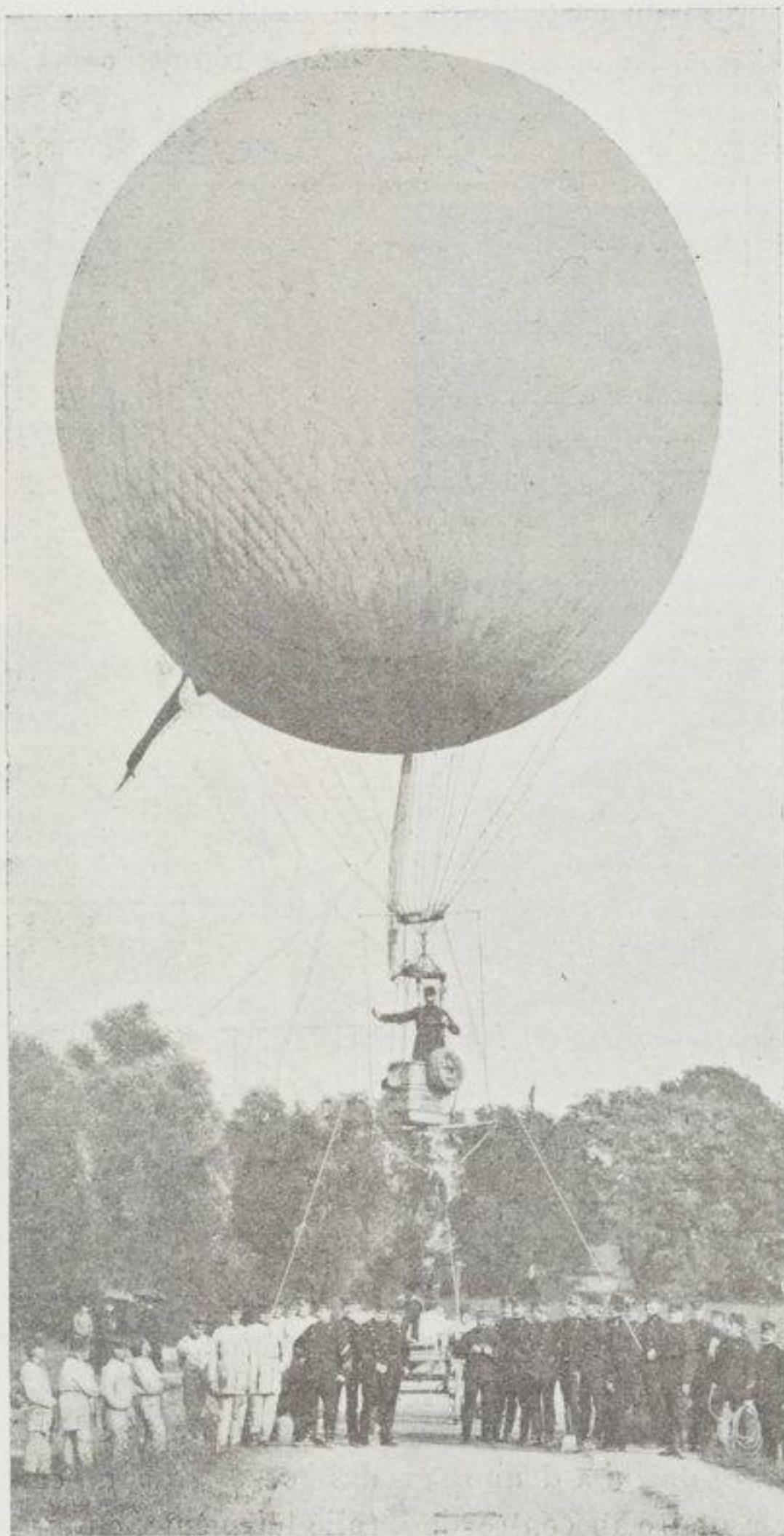


Fig. 163. — Aérostat captif militaire au départ.

destiné à permettre à la nacelle d'avoir cet équilibre vertical.

Il importe aussi que le câble exerce uniformément son action sur les diverses parties de l'enveloppe, par l'intermédiaire du filet, et sur les cordes de suspension de la nacelle.

C'est pour répondre à ces conditions que différents modèles de suspension ont été créés.

*Suspension Giffard* (Fig. 164.)

Cette suspension, réalisée par l'ingénieur Giffard pour son aérostat captif construit en 1867, consiste à attacher l'extrémité supérieure du câble A en un point B où viennent se réunir les cordages terminant le filet qui recouvre l'enveloppe de l'aérostat.

La nacelle C est suspendue à l'aide de cordes qui aboutissent également au même point B et afin que cette nacelle ne soit pas gênée, pour reprendre sa position d'équilibre verticale, par l'obliquité du câble, on lui a donné la forme d'une galerie circulaire au centre de laquelle est ménagé un grand espace libre. C'est dans cet espace, de forme circulaire, que passe le câble pour aller rejoindre le point d'attache supérieur B.

On comprend que pour une inclinaison du câble limitée, la nacelle peut prendre une position verticale malgré l'oscillation de l'aérostat, sans que ses parois in-

térieures viennent toucher contre le câble.

Cette suspension, qui convenait à l'aérostat captif de Giffard, dont le volume était considérable, et qui avait, par conséquent, une force ascensionnelle importante, aurait été insuffisante pour un aérostat captif, de volume réduit, car l'inclinaison du câble

aurait pu être telle qu'il aurait rencontré la nacelle. Cette nacelle aurait alors participé à l'inclinaison du câble et sa suspension n'aurait pas été libre.

*Suspension Yon* (Fig. 165.)

Cette suspension remédie, par sa disposition, à l'inconvénient que nous venons de signaler dans la suspension Giffard.

Elle permet de munir l'aérostat captif d'une nacelle ordinaire qui est plus légère que la nacelle à galerie circulaire et cette nacelle peut toujours prendre une position d'équilibre verticale, quelle que soit l'obliquité du câble

d'attache. La nacelle A est suspendue par des cordages à un cercle de suspension B, relié lui-même, en un seul point C, aux cordages provenant d'un second cercle D auquel le filet est attaché.

Sur le cercle de suspension supérieur D est fixée horizontalement une traverse robuste en bois E, des extrémités de laquelle partent deux câbles F attachés solidement, à leur partie inférieure, à une autre traverse G. Deux cordes obliques H relient, en outre, le

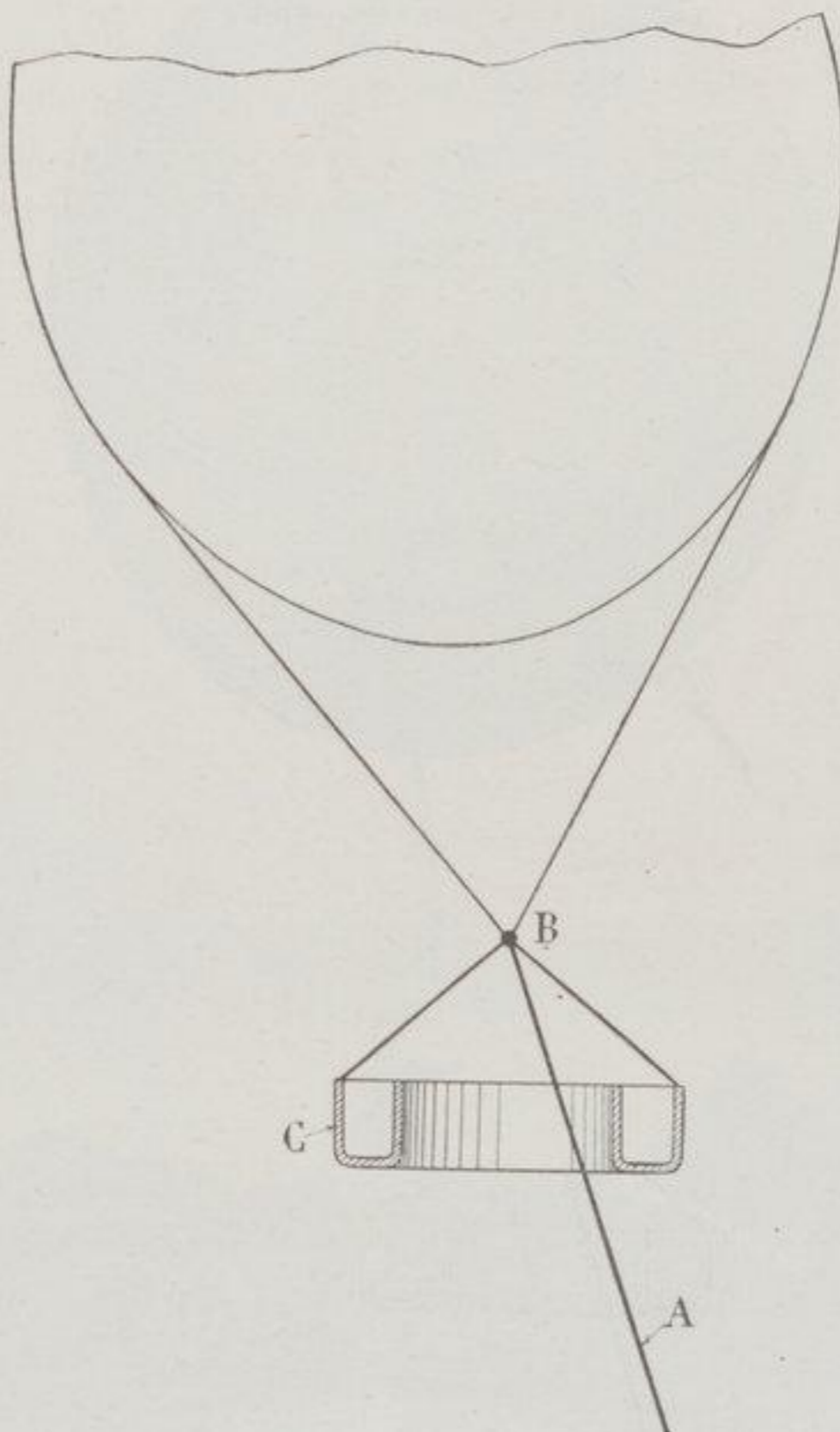


Fig. 164. — Suspension Giffard.



cercle de suspension supérieur D aux câbles verticaux F.

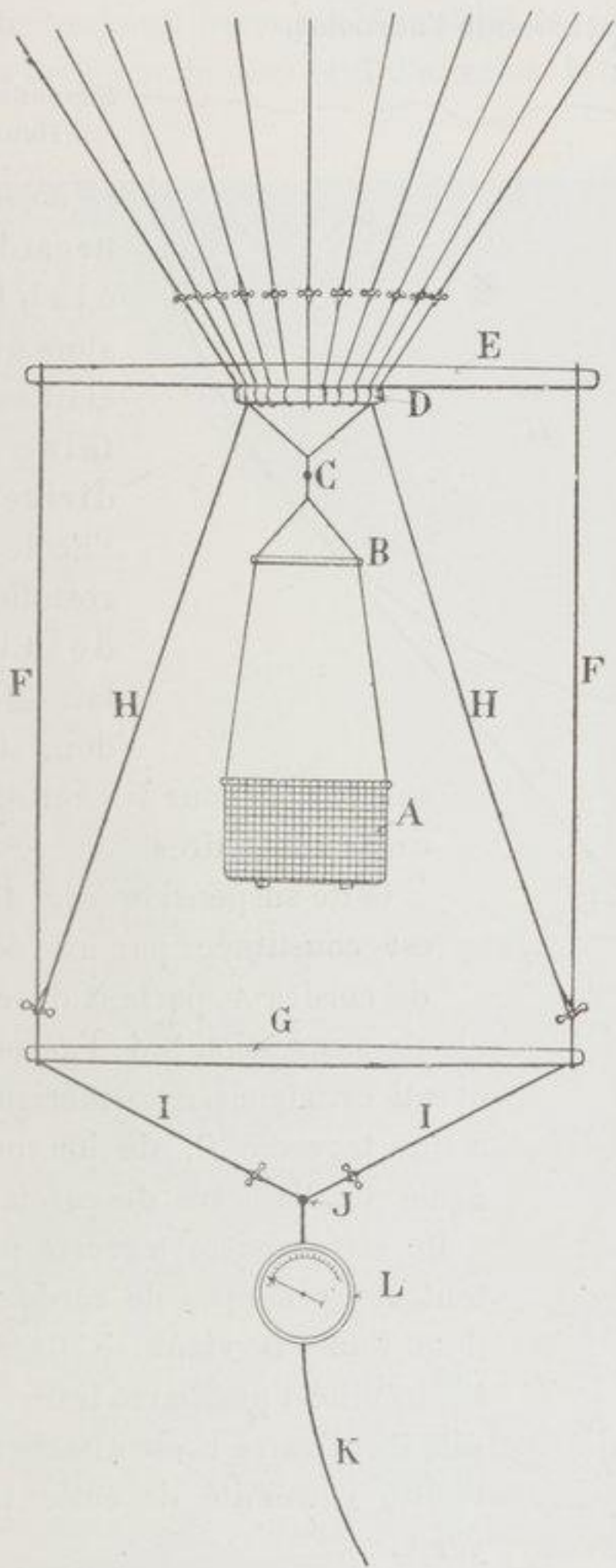


Fig. 165. — Suspension Yon.

Des extrémités de la traverse inférieure partent deux autres câbles obliques I qui se réunissent en un seul point J, lequel est le point d'attache du câble de manœuvre K. Entre le câble et le point de jonction J on dispose assez souvent un dynamomètre L. Cet instrument indique, à chaque instant, l'effort de traction exercé par le câble pour retenir l'aérostaf. On peut, de la sorte, en

suivant sur le cadran de l'appareil l'excursion de l'aiguille et en lisant le chiffre indiqué, savoir si la tension que supporte le câble est normale et s'il n'y a pas à craindre une rupture.

Cette suspension répond aux deux conditions que nous avons précédemment indiquées. Elle permet, en effet, de répartir,

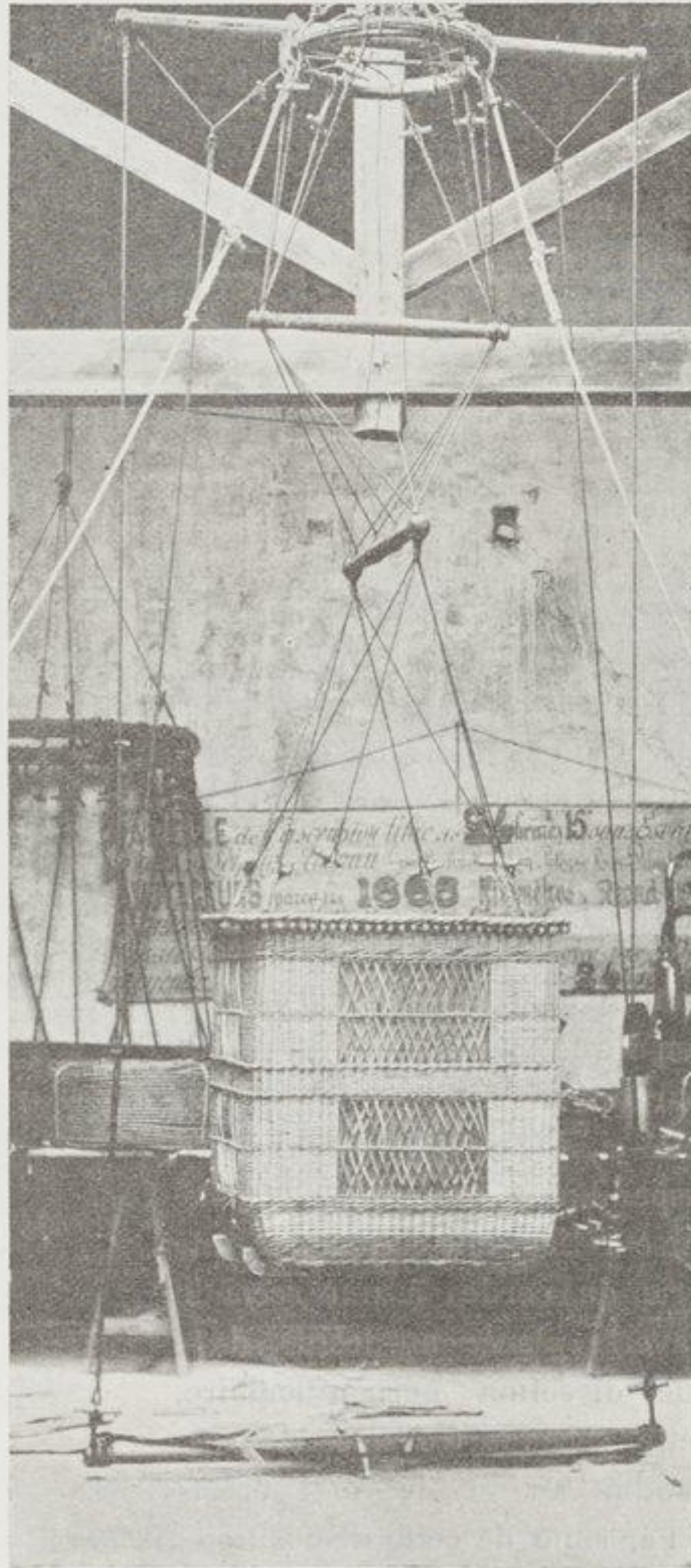


Fig. 166. — Suspension trapézoïdale d'aérostaf captif. (L. Godard.)

uniformément sur l'enveloppe de l'aérostaf, par l'intermédiaire du filet, l'effort de trac-

tion exercé par le câble et, d'autre part, elle laisse à la nacelle toute liberté de se maintenir verticale, malgré l'obliquité de l'aérostat, grâce au point de suspension unique C de cette nacelle.

L'aérostat militaire captif représenté par la figure 163 au moment où il commence son ascension, est muni de la suspension Yon.

*Suspension Godard* (Fig. 166.) Cette sus-

pension diffère de la précédente par le mode d'attache de la nacelle au filet de l'aérostat.

Dans la suspension précédente, en effet, la nacelle étant suspendue par un seul point peut encore prendre un mouvement d'oscillation d'une certaine amplitude autour de cet axe vertical. Dans celle-ci, la nacelle est d'abord suspendue à une première traverse reliée elle-même par une série de cordes à une seconde traverse placée au-dessus, dans une direction perpendiculaire. Cette seconde traverse est suspendue au cercle de l'aérostat.

Par suite de cette disposition, la nacelle peut toujours garder sa position d'équilibre dans un axe vertical et les oscillations autour de cet axe ne peuvent se produire.

L'attache du câble s'effectue, comme dans

le dispositif précédent, à une traverse inférieure reliée par des câbles à une autre traverse supérieure fixée sur le cercle de suspension de l'aérostat.

*Suspension Renard*

Le colonel Renard a établi, alors qu'il était capitaine et dirigeait l'Ecole aérostatique de Chalais-Meudon, une

suspension pour les aérostats captifs militaires.

Cette suspension (Fig. 167) est constituée par une série de cordes A, partant du cercle de suspension B de l'aérostat et reliées, à leur partie inférieure, à une traverse C, de longueur égale au diamètre du cercle B.

De cette courte traverse partent deux nappes de cordages, dont l'une D vient se fixer à l'extrémité d'une barre transversale F et l'autre E est attachée à l'autre extrémité de cette traverse.

Un autre barre transversale G est disposée au-dessous de la barre F, à une distance suffisante pour que la nacelle ne puisse venir y toucher lors des oscillations

effectuées par l'aérostat sous l'action du vent.

De chaque extrémité de la traverse G part une corde et ces deux cordes, H et I se réunissent en un point commun, duquel part le câble J qui retient l'aérostat captif.

La nacelle K est suspendue à la traverse F

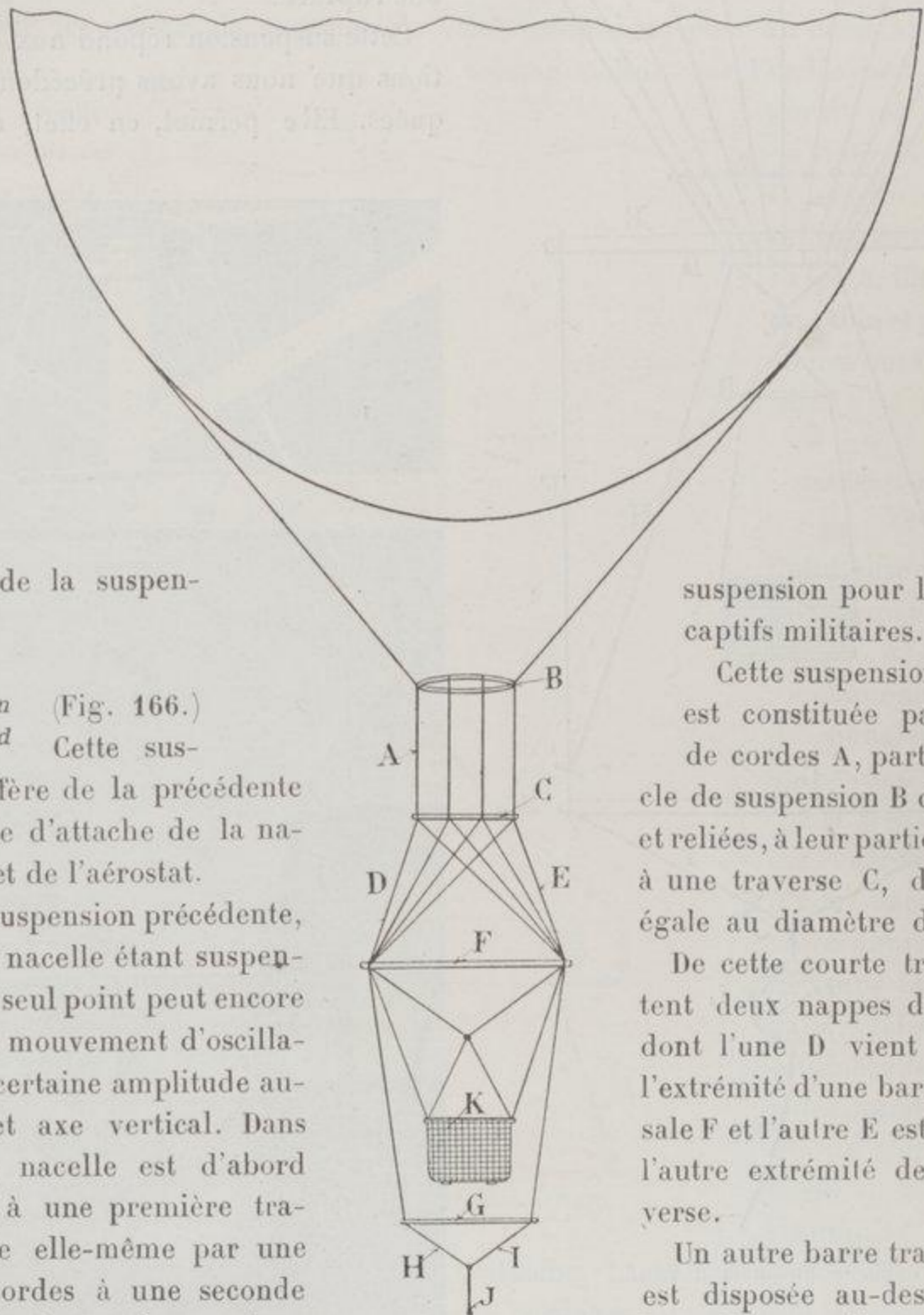


Fig. 167. — Suspension Renard.

par une série de cordages dont la disposition en forme de triangles rend la nacelle solidaire de la traverse. Comme la traverse F reste toujours horizontale malgré la position prise par le dispositif d'attache, la na-

sidérable que les autres. On ne pouvait guère, cependant, avec les câbles de chanvre, permettre à un aérostat captif de s'élever à plus de 500 mètres d'altitude.

On emploie généralement, aujourd'hui,

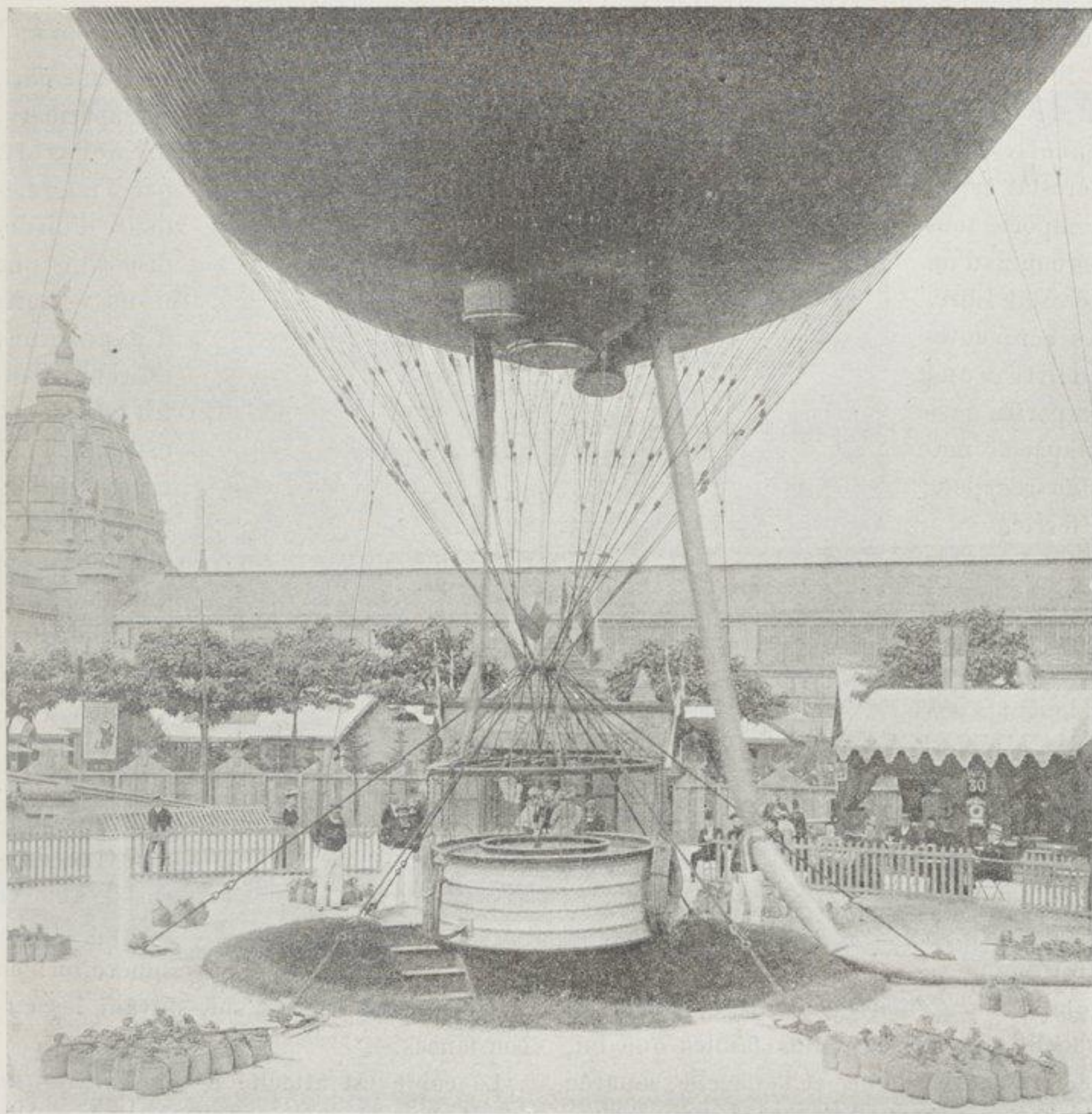


Fig. 168. — Suspension de Louis Godard pour ballon captif. Exposition du Champ-de-Mars, à Paris, 1895.

celle peut garder aisément sa position d'équilibre verticale.

*Câbles* Les câbles retenant les aérostats au sol ont été primitivement faits en chanvre. C'était, en somme, un cordage d'une importance un peu plus con-

des câbles en fil d'acier, dont la solidité a contribué à augmenter l'excursion des aérostats captifs dans l'atmosphère et à leur permettre d'atteindre une altitude de 1.000 mètres.

Le câble d'un aérostat captif doit avoir assez de solidité pour ne pas se rompre par

suite de la tension exercée sur lui par l'aérostat. Cependant, il convient de donner à ce câble des dimensions telles que, dans le cas d'un effort exceptionnel et imprévu exercé par le vent, par exemple, sur l'aérostat, ce soit le câble d'attache qui se rompe plutôt que les autres cordages qui servent de suspension à la nacelle.

Il arrive, dans ce cas, que l'aérostat captif devient un aérostat libre, et comme la nacelle d'un aérostat captif comporte tous les engins d'un aérostat libre, les aéronautes subitement emportés dans l'espace manœuvrent pour atterrir.

Si le câble offrait plus de résistance que les cordages retenant la nacelle, il pourrait se produire de graves accidents lors d'un coup de vent anormal.

Le câble ne se romprait pas, mais les cordages reliant la nacelle à l'aérostat, plus faibles que lui, pourraient se rompre et la nacelle, séparée du ballon, s'écraserait sur le sol tandis que le ballon libéré ferait un bond dans l'espace.

La sécurité des observateurs et des passagers montés en aérostats captifs exige donc que les câbles d'attache de ces aérostats n'aient pas des dimensions exagérées quoiqu'en apparence des dimensions de ce genre semblent devoir ôter toutes craintes.

Il convient simplement de proportionner les diamètres des câbles et ceux des cordages

de la nacelle de façon que si, par suite d'un effort extraordinaire, une rupture se produit, ce soit le câble qui cède.

Il est bien évident que cette éventualité se produit très rarement, mais il importe cependant de parer aux inconvénients graves qu'elle peut occasionner.

*Treuil* Le câble attaché, d'une part, à son extrémité supérieure,

à l'aérostat, par l'intermédiaire d'un des dispositifs que nous venons d'examiner, est relié, d'autre part, à son extrémité inférieure, à un mécanisme placé sur le sol qui doit permettre de l'enrouler et de le dérouler à volonté.

On laisse, par ces manœuvres, l'aérostat s'élever dans l'atmosphère, ou bien

on le ramène vers le sol, suivant les circonstances.

Le câble est attaché à un *tambour* de treuil. Ce tambour (Fig. 169), sorte de poulie de grande longueur, est un cylindre sur la surface duquel sont pratiquées des rainures servant à recevoir le câble.

Le tambour est actionné par un mécanisme, mû soit à la main, soit à l'aide d'un moteur. Le tambour peut prendre un mouvement de rotation dans les deux sens.

Pour l'un des sens de marche, le câble se déroule et l'aérostat fixé à son extrémité

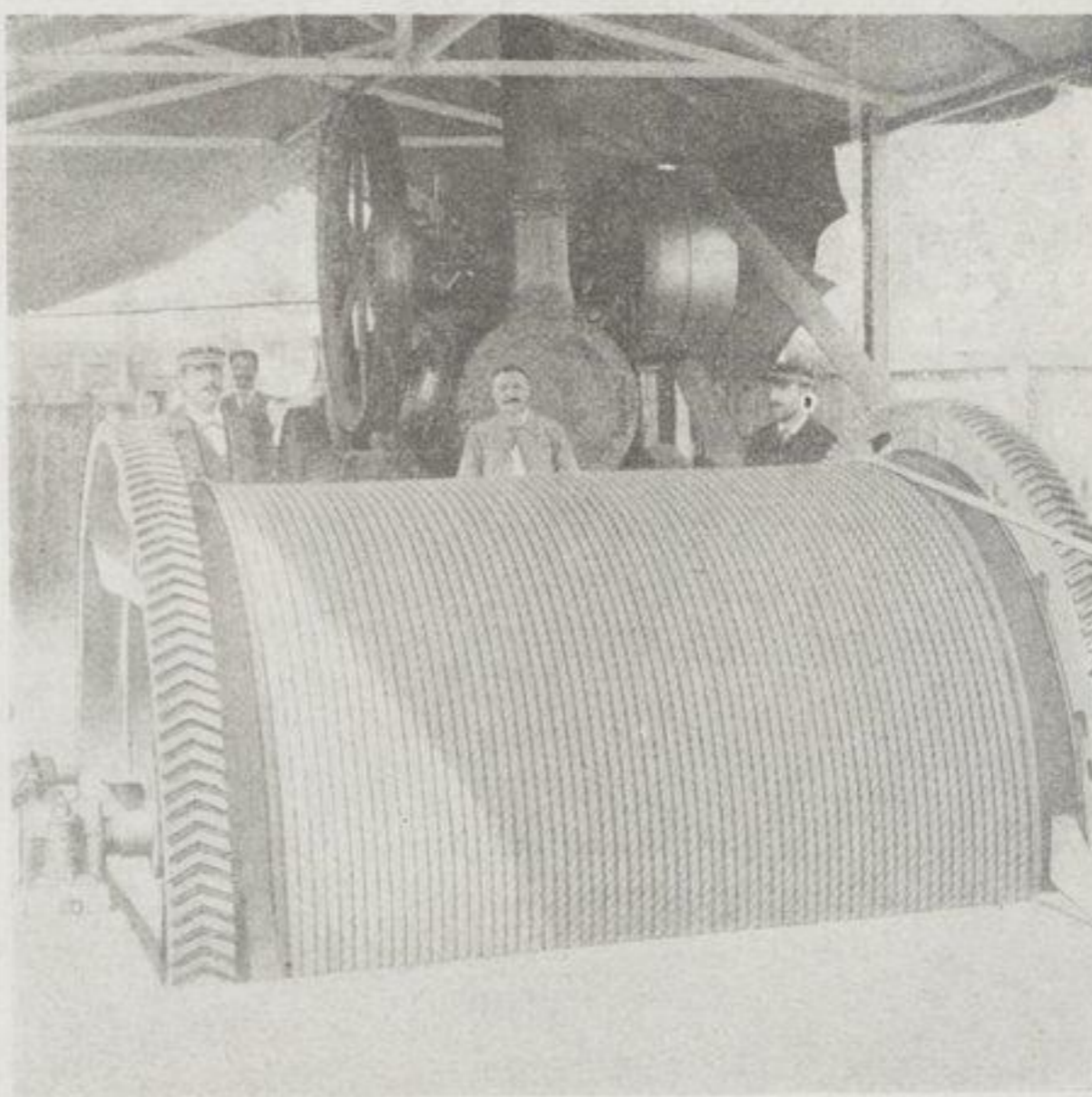


Fig. 169. — Treuil Louis Godard pour aérostat captif. Tambour à gorges.

s'élève ; pour l'autre sens de marche, le câble s'enroule sur le tambour et l'aérostat est tiré et, par conséquent, descend. On peut de la sorte régler la hauteur de l'aérostat, en faisant effectuer au tambour du treuil un certain nombre de tours en avant ou en arrière.

sable de rendre le matériel mobile et facilement transportable.

On a établi, dans ce but des *parcs aérostatiques* comportant généralement un chariot destiné à transporter l'appareil producteur d'hydrogène et une *voiture-treuil* sur laquelle est monté tout le mécanisme,

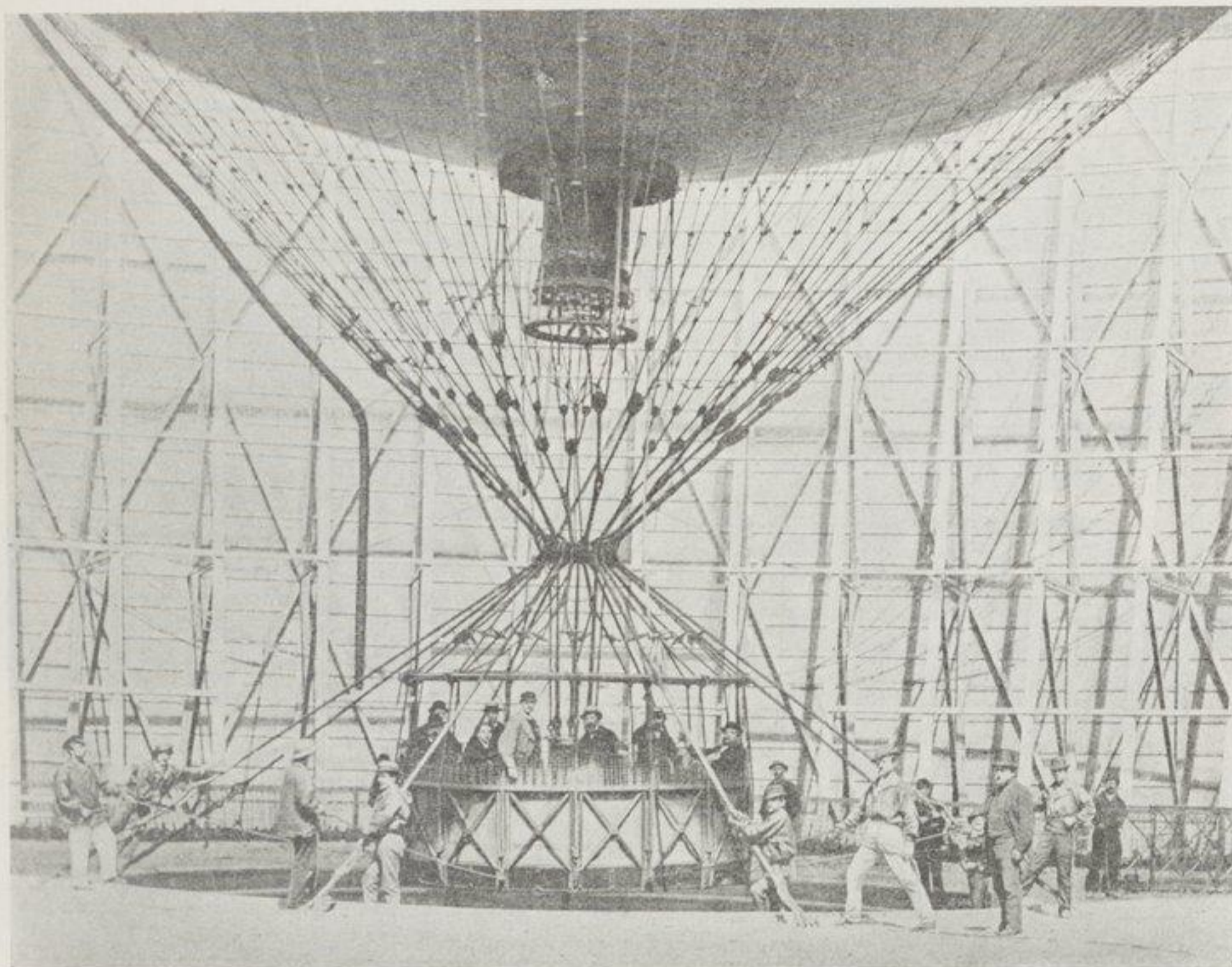


Fig. 170. — Aérostat captif H. Giffard de 10.000 mètres cubes. Exposition de Londres, en 1868.  
Aéronaute L. Godard.

Lorsque les aérostats captifs sont établis pour le public, comme « attractions », les treuils qui les manœuvrent sont fixes et les machines actionnant ces treuils peuvent aussi être établies à demeure. Ils peuvent, également, comme dans l'installation Louis Godard représentée par la figure 169, être actionnés par des machines *demi-fixes* ou des *locomobiles*.

Quand les aérostats captifs sont destinés à des observations militaires, il est indispen-

deur d'avoir un moteur et rouages, qui provoquent l'enroulement et le déroulement du câble.

*Parcs aérostatiques militaires*

Nous examinerons plus loin la disposition des chariots destinés au transport des générateurs d'hydrogène.

Nous allons indiquer simplement, à cette place, comment sont constituées les *voitures-treuils*.

Une des premières voitures-treuils pour

pare aérostatique militaire est celle construite aux ateliers Lachambre et dont la figure 171 donne une vue d'ensemble.

Elle est constituée par un châssis métallique monté sur quatre roues et muni d'un avant-train permettant d'y atteler des chevaux.

Le chariot comporte un siège S où se placent le conducteur et deux aides,

poulies de renvoi A avant d'aller s'attacher à la suspension de l'aérostat. Un dispositif à cliquet sert à assurer la position du tambour pendant la manœuvre d'enroulement.

D'autre part, un frein spécial permet de modérer la vitesse de déroulement du câble pendant l'ascension.

A l'arrière de la voiture et sous le châssis est placé un rouet B sur lequel le câble



Fig. 171. — Voiture-treuil Lachambre.

Le mécanisme de manœuvre du câble est disposé partie au-dessus et partie au-dessous du chariot. Il est commandé à la main au moyen de plusieurs manivelles M. Ces manivelles, actionnées par des hommes de manœuvre, permettent de donner à un tambour cylindrique placé transversalement sous le chariot, un mouvement de rotation. Le câble s'enroule sur ce tambour ou se déroule suivant le sens du mouvement des manivelles.

Du tambour, le câble passe sur deux

vient s'emmagasiner en spires régulières, au fur et à mesure que l'aérostat descend. Cette bobine reçoit un mouvement de rotation par l'intermédiaire de poulies reliées par une courroie et actionnées par la manœuvre des manivelles.

Sur le chariot peut être placée la nacelle N de l'aérostat, dans laquelle on loge son enveloppe pendant les voyages ou les séjours. En outre, un coffre C est disposé à l'avant, derrière le siège, et contient les divers accessoires.

Cette *voiture-treuil*, construite pour un aérostat n'emportant qu'un seul observateur, peut fonctionner tout attelée et peut transporter l'aérostat tout gonflé d'un lieu d'observation à un autre.

Le câble adapté à cette voiture est en chanvre et tressé en trois torons.

Il a une forme cylindro-conique, forme que l'on doit à Giffard, et qui a pour effet

Les fils sont placés chacun dans un toron de la corde, de sorte qu'ils sont à l'abri et suivent sans effort toutes les variations de longueur du câble.

L'un des trois fils peut être utilisé pour relier un poste situé à une certaine distance de l'aérostat. Il reste à établir la communication entre l'extrémité inférieure du câble et le poste correspondant.

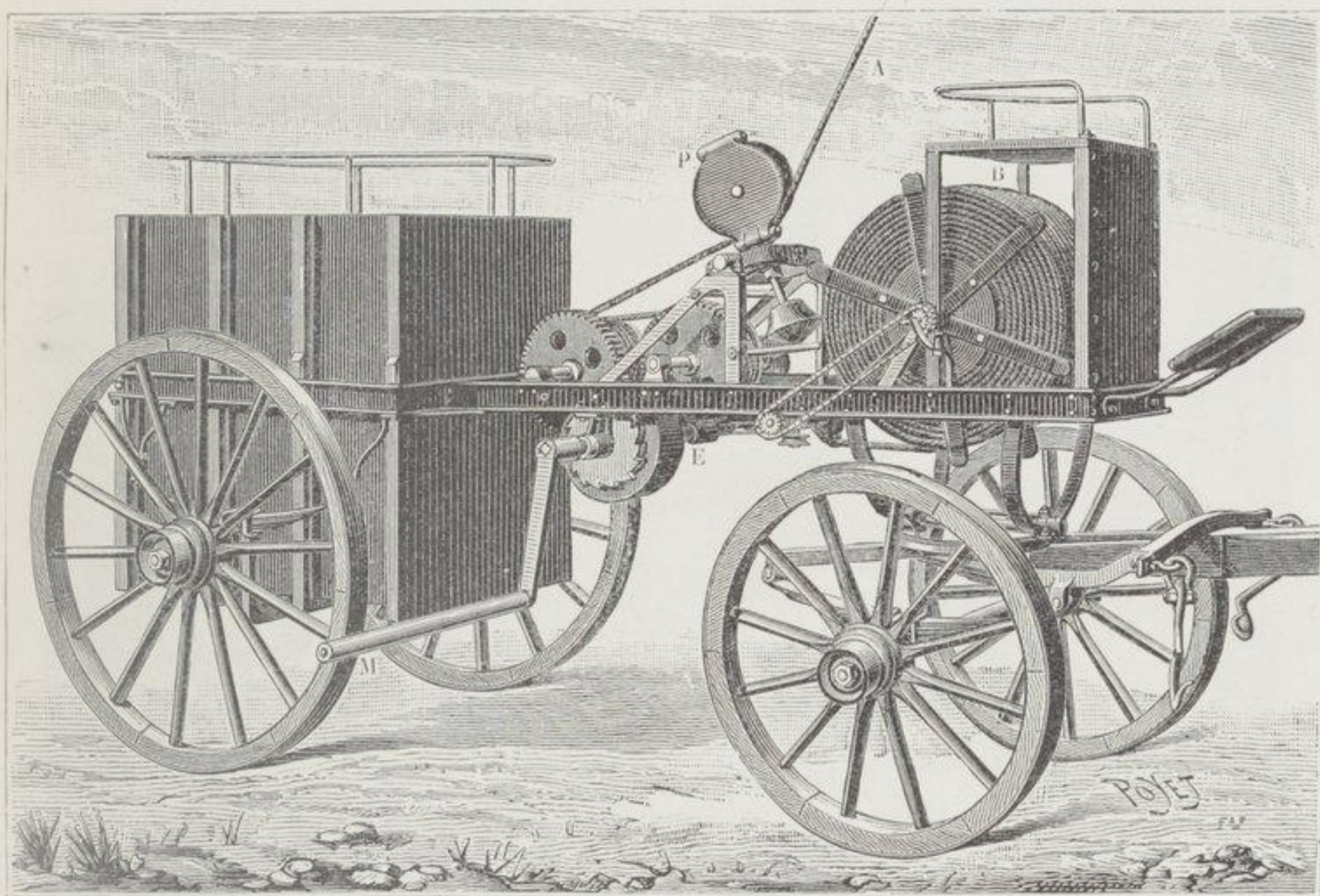


Fig. 172. — Voiture-treuil de Yon servant au transport de l'hydrogène.

de proportionner le diamètre de ce câble à la force ascensionnelle de l'aérostat. Ce diamètre diminue, en effet, au fur et à mesure que la force ascensionnelle de l'aérostat s'affaiblit. Le câble devient ainsi progressivement plus léger pour une certaine longueur.

A l'intérieur du câble sont placés des fils de cuivre qui servent de fils conducteurs à un appareil téléphonique mettant en communication l'observateur placé dans la nacelle avec ceux restés à terre.

Généralement, on prend le contact par les tourillons du treuil, mais on opère aussi d'une façon plus sûre en reliant l'extrémité des fils avec des bagues en cuivre, isolées de la masse métallique, lesquelles, placées sur le tambour d'enroulement, plongent, par leur rebord extérieur, dans un godet contenant du mercure. Le contact est ainsi assuré d'une façon permanente et efficace.

Une autre *voiture-treuil* comportant une manœuvre à bras d'hommes a été construite par Yon (Fig. 172).

Ce véhicule a été établi pour porter, en même temps que le mécanisme de manœuvre du câble, le gaz hydrogène servant au gonflement de l'aérostat.

Les aérostats militaires anglais, dans la campagne du Soudan, transportaient l'hydrogène comprimé dans des tubes d'acier afin de pouvoir, dans un pays aussi nu que certaines plaines d'Afrique où le bois et

sens et munie d'un contrepoids qui sert à l'équilibrer. De la poulie P, le câble passe sur un tambour auquel un mouvement de rotation est imprimé par la manœuvre d'une manivelle M actionnant un train d'engrenages.

Un dispositif de frein à cliquet E assure, à chaque instant, la position de la manivelle et empêche le déroulement trop rapide pendant l'ascension.

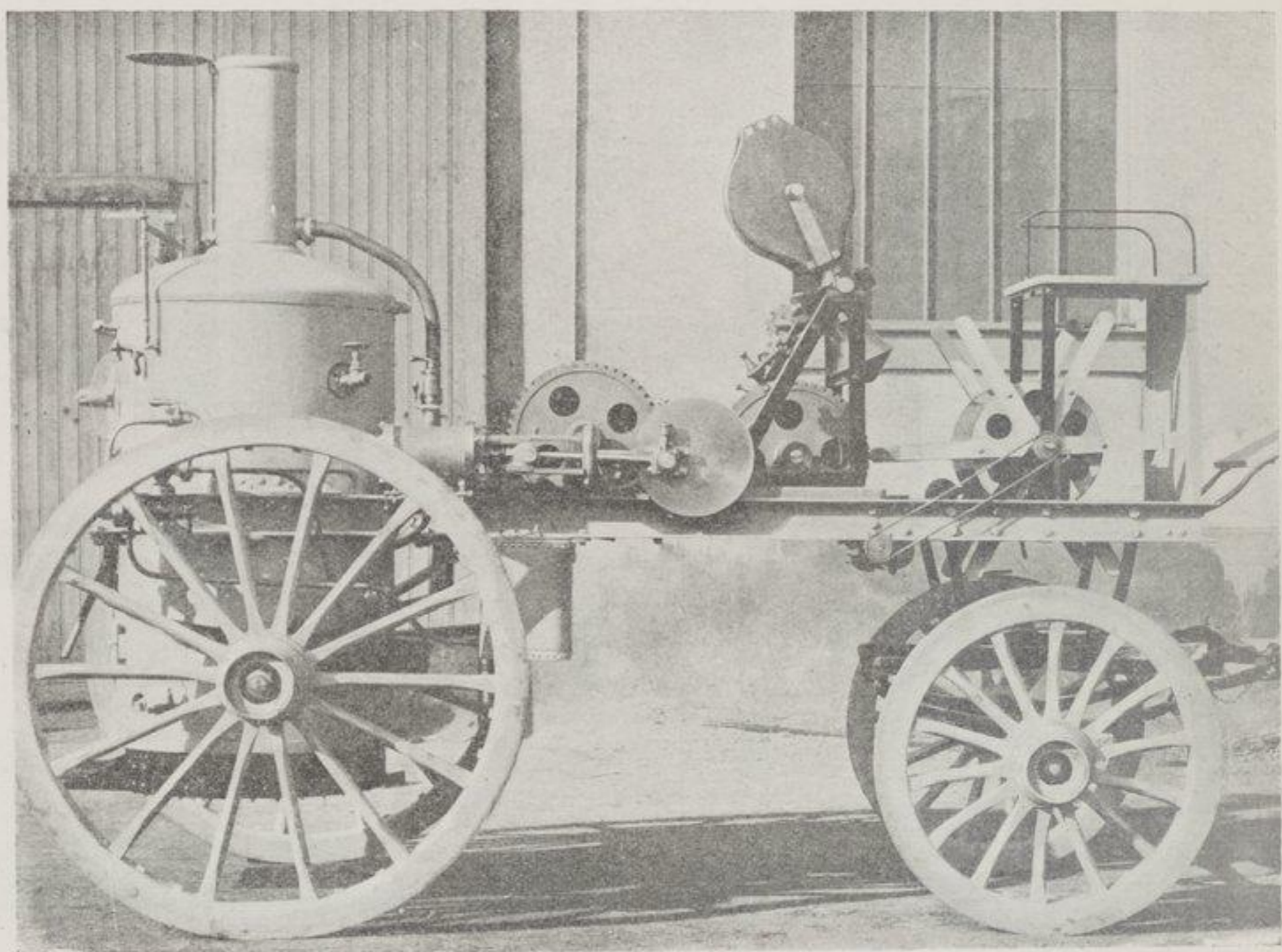


Fig. 173. — Voiture-treuil à vapeur Louis Godard, pour parc de campagne militaire.

même l'eau peuvent manquer, gonfler un aérostat captif sans être obligés de fabriquer l'hydrogène sur place.

Le caisson disposé à l'arrière de la voiture-treuil de Von peut contenir des tubes remplis d'hydrogène comprimé.

Le mécanisme d'enroulement et de déroulement du câble est placé en avant du caisson.

Le câble A retenant l'aérostat passe sur une poulie P pouvant osciller dans tous les

La bobine B, sur laquelle le câble est emmagasiné lorsque l'aérostat est ramené à terre, reçoit son mouvement de rotation du rouage mis en marche par la manivelle.

Les treuils d'aérostats captifs militaires manœuvrés à bras d'hommes s'appliquent à des aérostats de petit volume.

On emploie aussi des aérostats d'un volume plus considérable pouvant enlever plusieurs observateurs. Le volume de ces aérostats dépasse 550 mètres cubes.



Il devient indispensable, dans ce cas, de remplacer la manœuvre à bras par une manœuvre au moyen d'un moteur. L'enroulement et le déroulement du câble s'effectuent ainsi plus aisément, et ces opérations immobilisent un moins grand nombre d'hommes. C'est pour répondre à ces conditions qu'un treuil semblable au précédent a été installé sur un chariot, pour pouvoir être commandé par un moteur à vapeur. Cette voiture-treuil à vapeur (Fig. 173) est construite dans les ateliers Louis Godard.

Le mécanisme proprement dit de manœuvre du câble comporte, comme dans le système précédent, une poulie oscillante et équilibrée, sur laquelle le câble passe avant de s'enrouler sur le tambour. Cette poulie peut se mouvoir dans tous les sens pour faciliter l'enroulement du câble sur le tambour. La bobine servant de magasin est disposée sous le siège du conducteur et reçoit un mouvement de rotation du mécanisme, actionné lui-même par un petit moteur à vapeur.

Ce moteur comporte deux cylindres disposés horizontalement, dont les pistons sont attelés, par l'intermédiaire de bielles, à deux plateaux - manivelles. Les manivelles sont calées à angle droit pour régulariser le mouvement.

L'arbre portant les plateaux-manivelles transmet son mouvement de rotation au tambour du câble par l'intermédiaire de roues d'engrenage.

La vapeur nécessaire au fonctionnement du moteur est fournie par une chaudière verticale du type Field disposée à l'arrière du chariot.

Le chariot se compose d'un châssis métallique monté sur quatre roues. Des ressorts de suspension sont interposés entre les essieux et le châssis pour amortir les chocs.

Le chariot peut être trainé par des chevaux, permettant ainsi le déplacement facile de l'aérostat même gonflé.

*Aérostats captifs divers* C'est l'ingénieur Henry Giffard, bien connu pour ses intéressantes inventions, parmi lesquelles la plus remarquable est l'*injecteur* qui porte son nom, qui, le premier, conçut le projet d'un aérostat captif pour enlever au milieu des airs des amateurs et des curieux.

Cette entreprise fut réalisée avec plein succès, pendant l'Exposition universelle de Paris, en 1867.

Le volume de l'aérostat captif construit par Giffard était de 5.000 mètres cubes. Pour retenir attachée au sol une semblable masse, et pour combattre l'effet du vent s'exerçant sur elle, il fallait à l'aérostat une force ascensionnelle suffisante et le concours d'un moteur mécanique pour effectuer aisément les manœuvres de montée et de descente.

C'est une machine à vapeur qui fut employée par Giffard, dans ce but.

Ce moteur actionnait l'arbre d'un tambour de 1 mètre de diamètre et de 6 mètres de longueur.

Le câble, de 330 mètres de longueur, et d'un poids de 900 kilogrammes avait, comme nous l'avons dit, un diamètre de plus en plus faible depuis son point d'attache à la nacelle jusqu'à son extrémité inférieure fixée au treuil. Sa résistance à la rupture était de 50.000 kilogrammes à son extrémité de gros diamètre et de 12.000 kilogrammes à son extrémité de petit diamètre.

La machine à vapeur, alimentée par une chaudière placée hors de l'enceinte où se trouvait l'aérostat, avait une puissance de 50 chevaux. Elle comportait quatre cylindres.

Une coulisse de changement de marche permettait d'intervertir le sens du mouvement de rotation du tambour, de laisser l'aérostat s'élever ou de le ramener à terre.

Pour modérer la vitesse de déroulement du câble, le treuil était muni de deux freins manœuvrés par deux aides.

Le câble partant du treuil aboutissait,

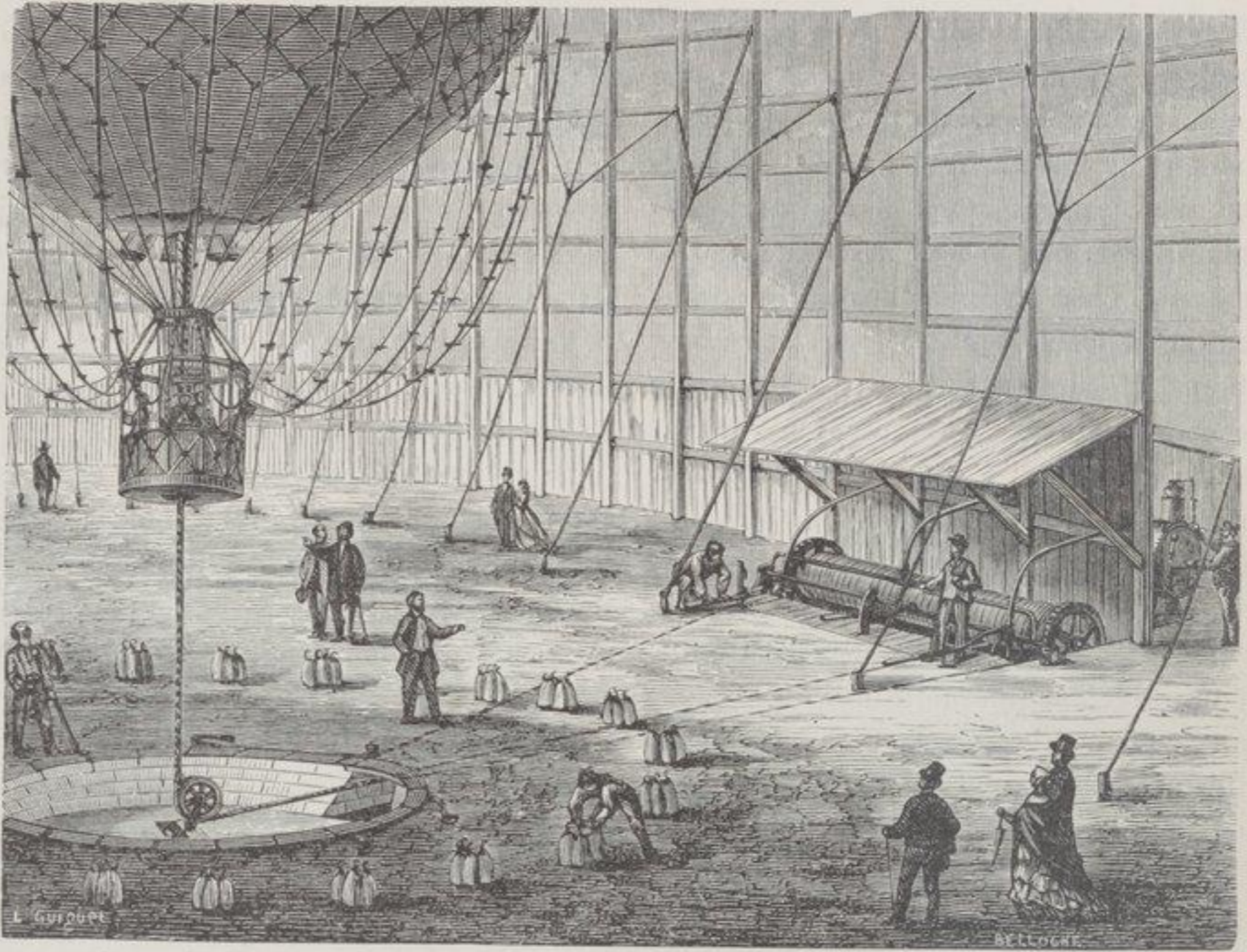


Fig. 174. — Le ballon captif construit par Giffard en 1867. (D'après une gravure de l'époque.)

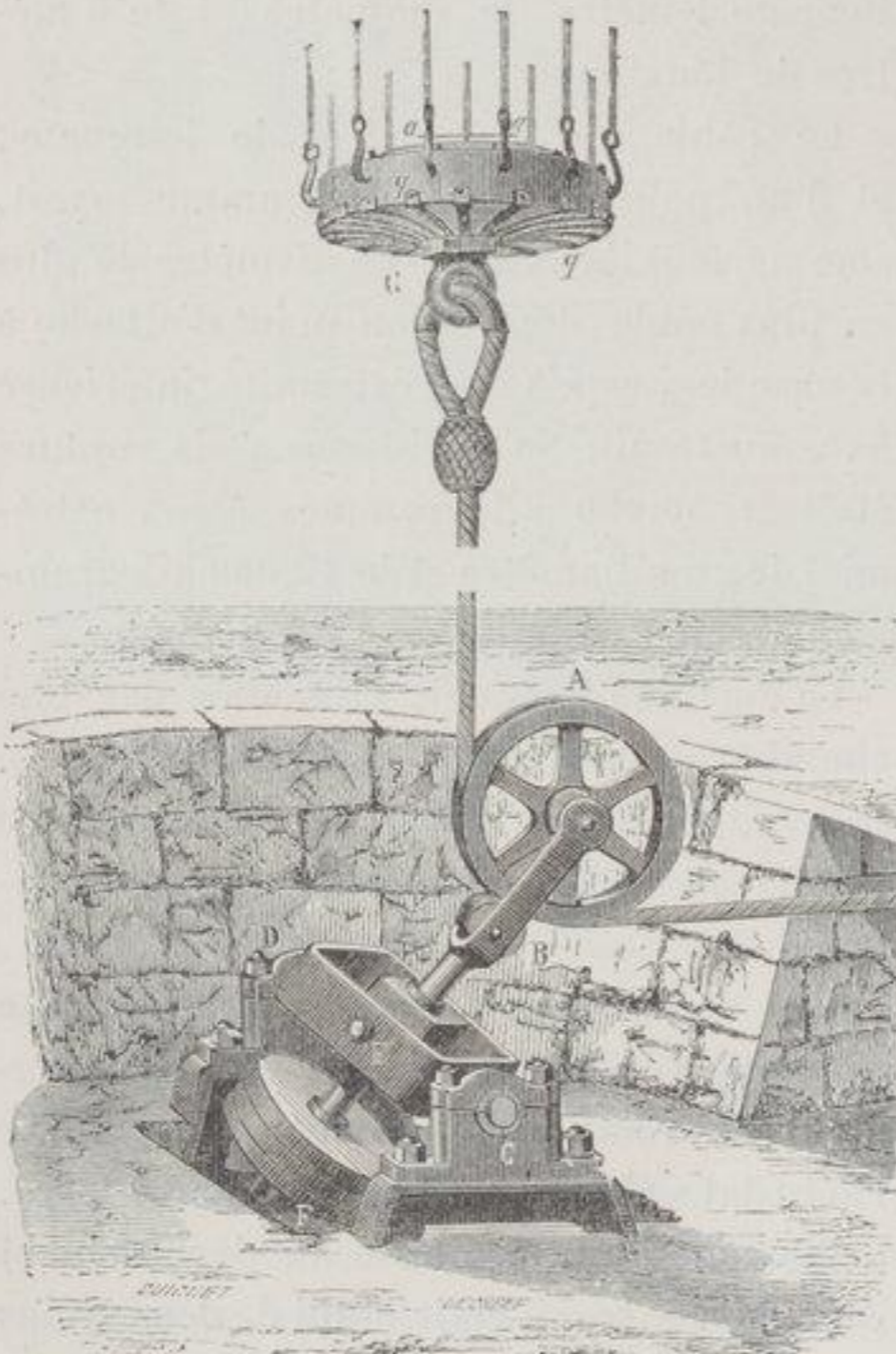


Fig. 175. — Système de suspension du ballon captif de Giffard.

par un couloir creusé dans le sol, à une cavité circulaire creusée au milieu de l'enceinte et dans laquelle pouvait descendre la nacelle. Il s'attachait à l'aérostat après avoir passé sur une poulie A (Fig. 175) rendue mobile dans tous les sens par une articulation à la Cardan. Cette poulie, en effet, pouvait osciller autour de l'axe E, supporté lui-même par un cadre rectangulaire pouvant pivoter autour de l'axe fixe CD disposé perpendiculairement à l'axe E. Un contrepoids F équilibrait la poulie.

L'enveloppe de l'aérostat était constituée par deux toiles, réunies par une dissolution de caoutchouc et enduites, à l'extérieur, d'un vernis à l'huile de lin. L'aérostat fut gonflé à l'hydrogène préparé au moyen de la réaction de l'acide sulfurique sur le fer, dispositif que nous décrirons dans le chapitre suivant. L'aérostat ne comportait pas de manche d'appendice, car ne devant s'élever qu'à 300 mètres on n'avait pas à craindre l'effet d'une dilata-

tion du gaz pouvant nuire à la conservation de l'enveloppe. D'ailleurs, trois soupapes étaient établies à la partie inférieure de l'enveloppe et pouvaient, le cas échéant, s'ouvrir de l'intérieur vers l'extérieur pour laisser échapper le gaz porté à une pression trop considérable.

Une autre soupape, placée à la partie supérieure de l'aérostat, pouvait être manœuvrée à la main par l'intermédiaire d'une corde.

Un manomètre à mercure indiquait la pression du gaz à l'intérieur de l'enveloppe.

Un dynamomètre constitué par une série de lames d'acier, sur lesquelles l'effort de tension du câble se transmettait, faisait connaître, par le déplacement, devant un cadran gradué, d'une aiguille actionnée par le mouvement des lames, la valeur en kilogrammes de cet effort. Le dynamomètre était placé à la portée du regard des aéronautes.

L'aérostat captif de Giffard effectua avec succès un grand nombre d'ascensions.

En 1868 un autre aérostat captif fut établi par Giffard à Londres. Son volume était de 10.000 mètres cubes. La figure 170 représente une vue d'ensemble de la nacelle, maintenue immobile avant le commencement de l'ascension par de forts cordages attachés, sur le sol, à des pieux disposés tout autour de l'aérostat.

Le câble, relié à un cercle de suspension supérieur, passait au centre de la nacelle disposée en forme de galerie circulaire comportant un espace libre en son milieu. Lors de l'Exposition universelle de Paris de 1878, Giffard construisit un autre aérostat captif, dont

les dimensions extraordinaires dépassèrent tout ce qui avait été fait jusqu'à ce moment.

Le volume de l'aérostat atteignait 25.000 mètres cubes. L'enveloppe était formée de

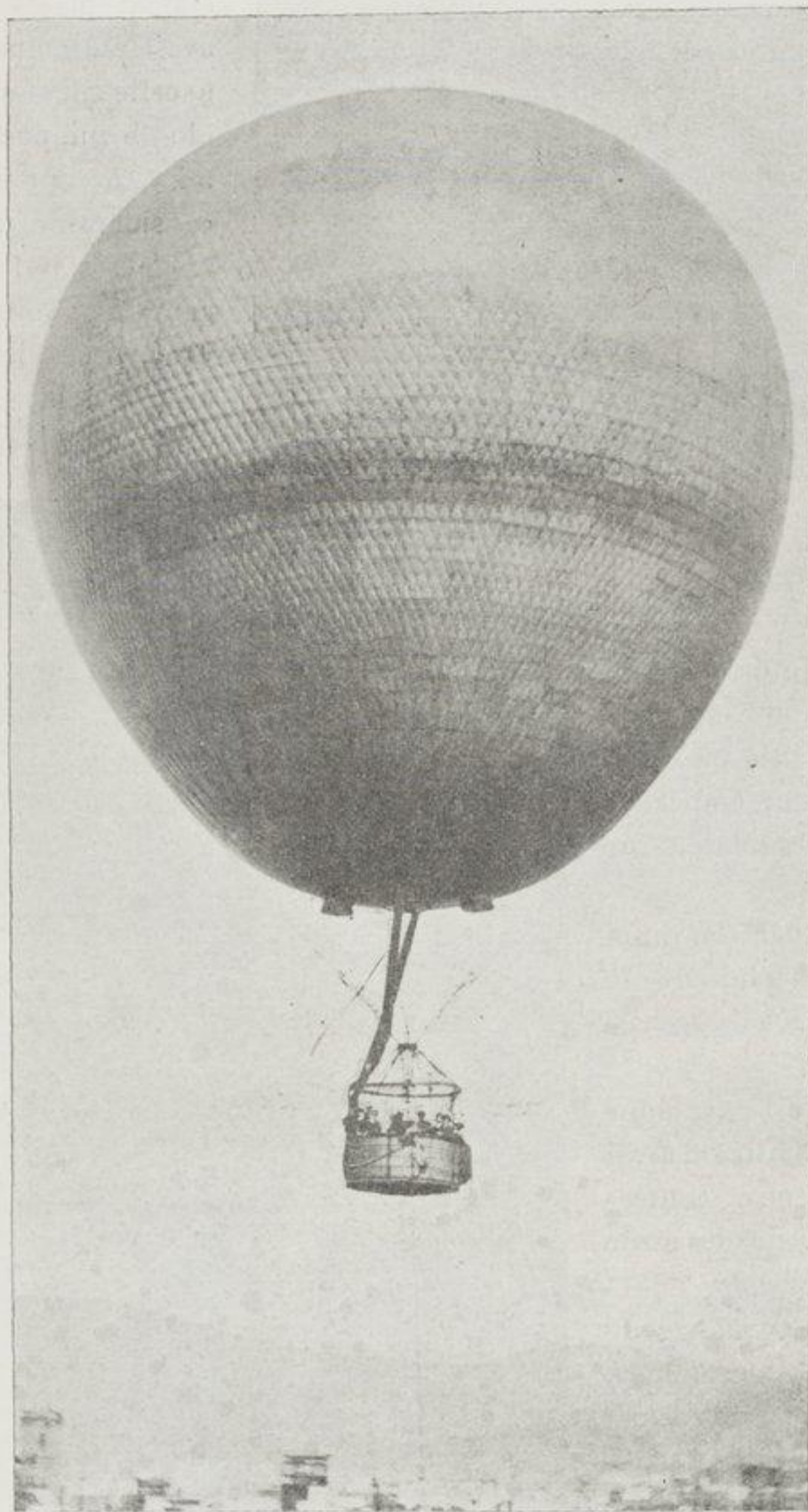


Fig. 176. — Aérostat captif à vapeur construit par Gabriel Yon et Louis Godard, Exposition de Barcelone (1888).

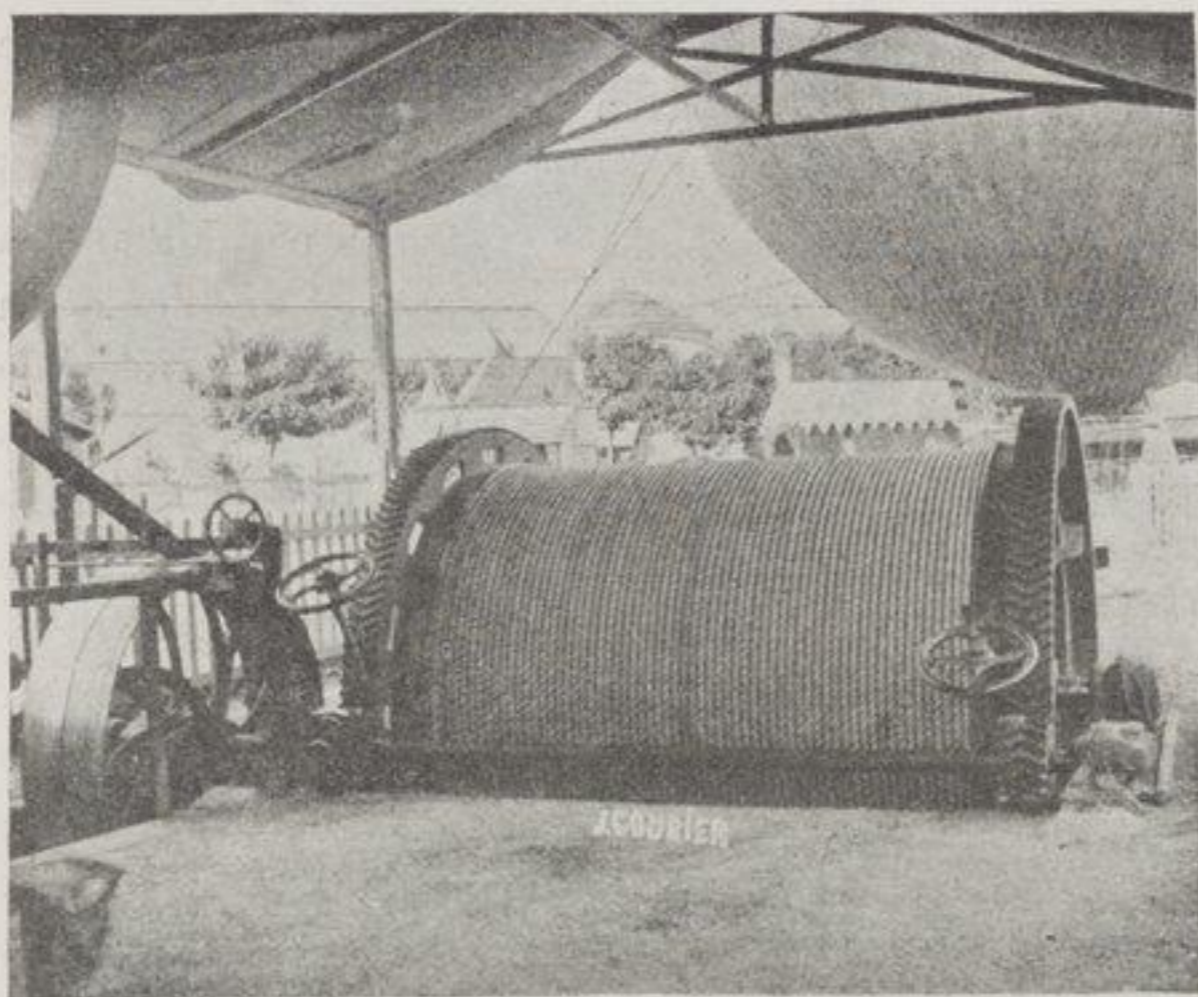


Fig. 177. — Treuil fixe Louis Godard, pour aérostat captif, avec changement de marche et freins.

six couches d'étoffe de toile, de soie et de caoutchouc superposées. Elle était peinte en blanc extérieurement pour empêcher l'action des rayons solaires sur le gaz intérieur.

La hauteur de l'aérostat muni de ses accessoires était de 55 mètres, son diamètre de 38 mètres.

Le filet posé sur l'enveloppe comportait 6.000 mailles et avait demandé, pour être confectionné, une longueur de corde de 35.000 mètres.

Le câble, de 650 mètres de long, pesait 2.500 kilogrammes. Il était manœuvré par un treuil dont le tambour avait un diamètre de 2 mètres et 7 mètres de longueur. Le treuil était actionné par une machine à vapeur à quatre cylindres d'une puissance de 200 chevaux.

La nacelle, d'un diamètre de 15 mètres, était pourvue de tous les engins nécessaires à

une ascension libre, pour parer au cas de la rupture accidentelle du câble. Des grappins, des ancrés, des guides-ropes étaient placés à bord. Du lest avait été emmagasiné dans la nacelle sous forme de poudre de plomb qui, pour un poids déterminé, occupe un volume moins considérable que le sable.

L'aérostat fut établi dans la cour des Tuileries et effectua avec succès de nombreuses ascensions.

Un grand nombre d'aéros-

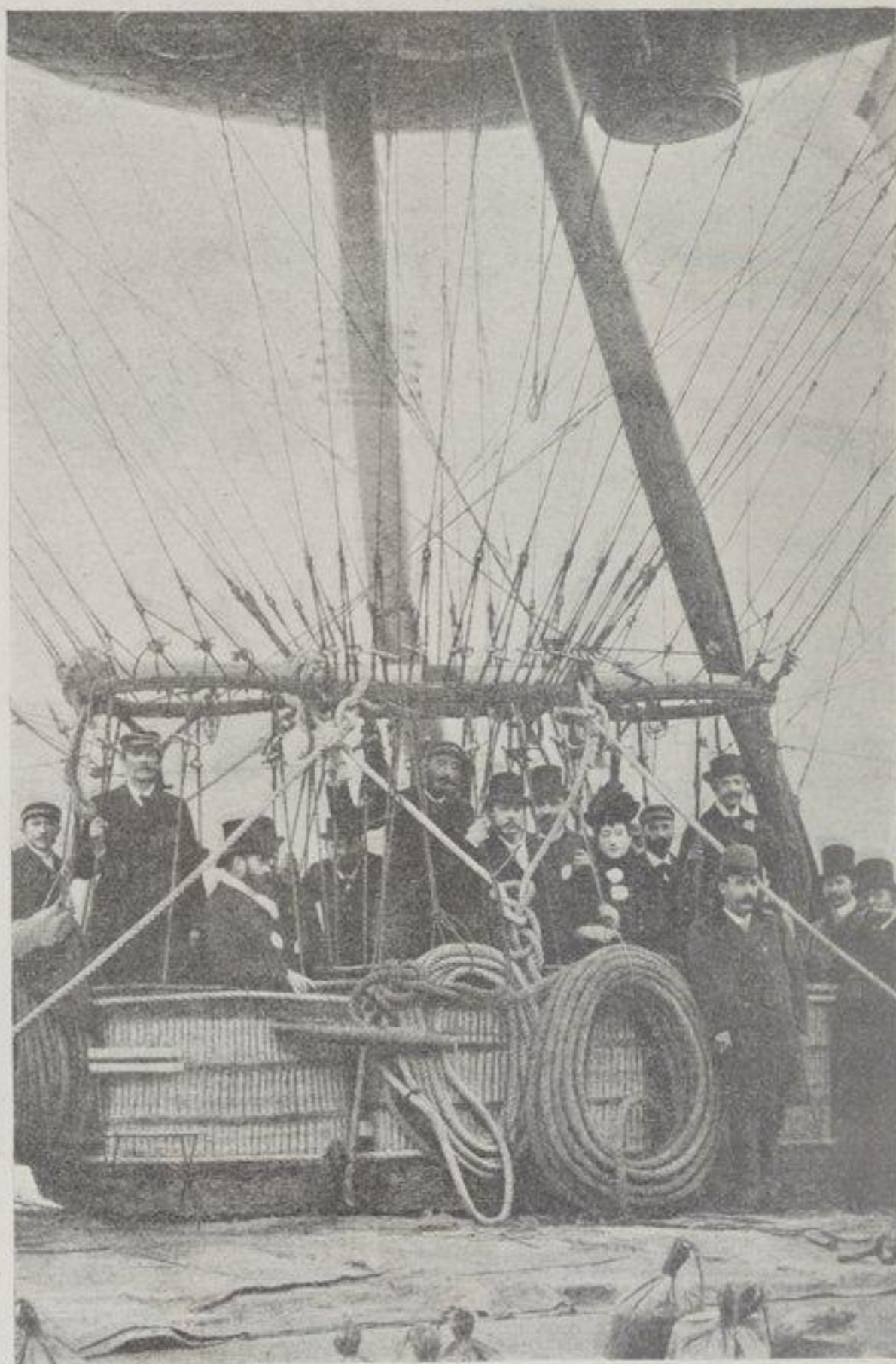


Fig. 178. — Ascension libre d'un ballon captif de 3.050 mètres cubes, de l'Exposition de 1889, avec vingt voyageurs à bord. Aéronaute Louis Godard.

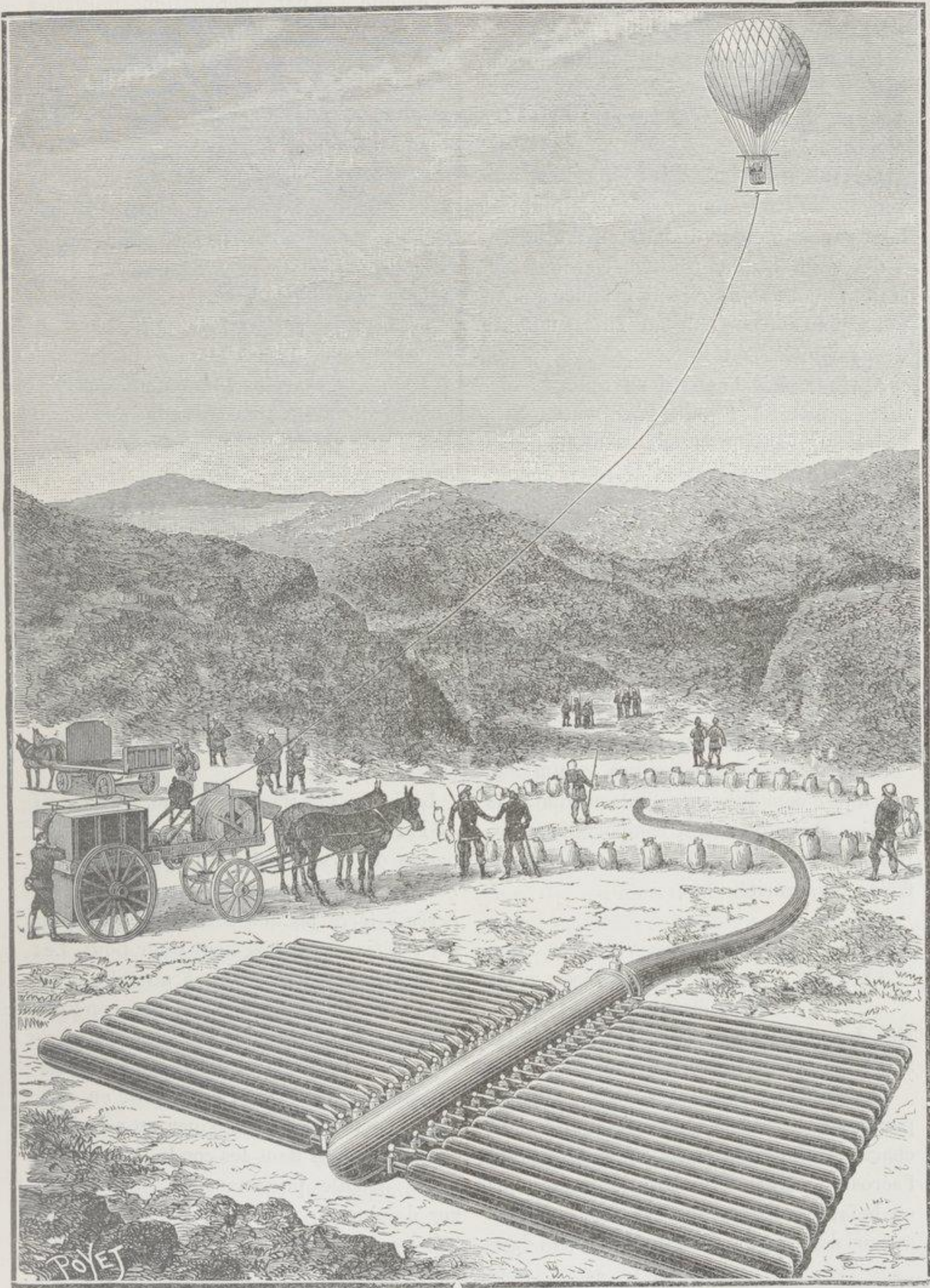


Fig. 179. — Ascension d'un ballon captif gonflé par le gaz hydrogène comprimé dans des tubes d'acier.  
(Armée italienne d'Abyssinie.)

tats captifs ont été établis depuis, dans quelques grandes villes.

La figure 176 représente celui qui a été installé à Barcelone en 1888 par les ateliers Yon et Godard. L'aérostat est en pleine ascension.

En 1889, à l'occasion de l'Exposition universelle de Paris, un aérostat captif fut installé par les ateliers Godard, au Trocadéro.

Cet aérostat, d'un volume considérable, était muni d'une nacelle de grandes dimensions pouvant contenir un grand nombre de personnes (Fig. 178).

Après la série d'ascensions captives effectuées pendant 161 jours sans interruption, l'aérostat, avant son dégonflement, fut utilisé pour faire une ascension libre. Il emportait vingt passagers dans la nacelle. Le voyage aérien s'accomplit sans incident.

En 1895, un autre aérostat captif, construit par les mêmes ateliers, fut placé au Champ-de-Mars à Paris.

Cet aérostat à nacelle circulaire (Fig. 168), était manœuvré par l'intermédiaire d'un treuil à vapeur (Fig. 177), muni d'un tambour cylindrique à rainures.

Le mécanisme de manœuvre, commandé par une locomobile, par l'intermédiaire de poulies et de courroies, comportait un dispositif de changement de marche et des freins de sécurité.

*Aérostats captifs militaires*

Nous avons vu, dans l'histoire des aérostats, comment était constitué le matériel des parcs aérostatiques militaires des armées de la première République.

Le treuil de manœuvre était remplacé par quarante soldats aérostatiers, qui, tenant chacun un bout de cordage, maintenaient l'aérostat captif et le laissaient remonter ou le faisaient descendre suivant les indications données par les officiers placés dans

la nacelle. Les parcs aérostatiques militaires sont mieux outillés actuellement; nous venons d'examiner les voitures-treuil successivement employées pour la manœuvre des aérostats captifs militaires, dont un type comporte un mécanisme à vapeur.

Les aérostats captifs ont été employés dans quelques expéditions militaires: par la France au Tonkin, par l'Angleterre au Soudan, par l'Italie en Abyssinie, lors de la guerre russo-japonnaise.

Le matériel aérostatique utilisé lors de la campagne d'Abyssinie et fourni par des ateliers français, comprenait une voiture-treuil semblable à celle que nous avons décrite (Fig. 172), pouvant recevoir dans un caisson spécialement aménagé des tubes d'hydrogène comprimé pour gonfler l'aérostat sur place.

Le gaz hydrogène, produit dans une station fixe où on pouvait se procurer aisément les matières nécessaires à sa fabrication, était emmagasiné, sous une pression de 135 atmosphères, dans une série de tubes en acier de 2<sup>m</sup>,40 de longueur, 130 millimètres de diamètre et 13 millimètres d'épaisseur.

La figure 179 représente l'aérostat captif de l'armée italienne utilisé pendant la campagne d'Abyssinie. Pour le gonflement de l'aérostat, les tubes pleins de gaz sont disposés à terre les uns contre les autres en deux séries opposées bout pour bout. Les deux groupes sont réunis à un tube commun qui alimente le tuyau de conduite aboutissant à l'aérostat. Les tubes sont ouverts les uns après les autres pour donner passage au gaz, car on risquerait, en opérant autrement, de provoquer un refroidissement excessif dans les conduits par suite de la détente provenant du passage du gaz de plusieurs tubes, de 135 atmosphères à la pression atmosphérique.



## HYDROGÈNE

### HYDROGÈNE INDUSTRIEL.

PRÉPARATION CHIMIQUE DE L'HYDROGÈNE : Appareil à tonneaux. — Appareil Tissandier. — Appareil à circulation Renard. — Appareil Yon.

### APPAREILS MOBILES.

PRÉPARATION ÉLECTROLYTIQUE DE L'HYDROGÈNE.

AUTRES PROCÉDÉS DE FABRICATION : Procédé à l'hydrolithe. — Procédé à l'hydrogénite. — Procédé au silicol.

LIQUÉFACTION ET SOLIDIFICATION DE L'HYDROGÈNE. — EMMAGASINEMENT ET TRANSPORT DE L'HYDROGÈNE. — DÉTERMINATION DU POIDS SPÉCIFIQUE DE L'HYDROGÈNE.

*Hydrogène industriel* L'hydrogène est un gaz léger qui avait été observé dès le commencement du dix-septième siècle; mais ce n'est que vers 1775 qu'il fut étudié avec précision et, en quelque sorte, classé par l'illustre chimiste et physicien anglais Cavendish; on observa qu'il pesait quatorze fois et demie moins que l'air atmosphérique et on lui donna le nom singulier d'*air inflammable*.

C'est grâce à sa faible densité par rapport à celle de l'air et aussi à celle du gaz d'éclairage, que l'hydrogène joue un grand rôle en aéronautique.

Si, le plus souvent, en effet, les aérostats libres sont gonflés avec du gaz d'éclairage, plus lourd mais d'un prix de revient moins élevé, emploi justifié par la nécessité de perdre le gaz à la fin de chaque ascension, les aérostats captifs que nous venons d'examiner et les aérostats dirigeables dont nous allons nous occuper dans le chapitre suivant, sont gonflés avec du gaz hydrogène.

Il y a, à cela, deux raisons : la première, c'est que pour ces deux sortes d'aérostats il y a intérêt à avoir une force ascensionnelle considérable pour le volume le plus réduit possible, et la seconde, c'est que le même gaz hydrogène sert, pour chacun des aérostats, à effectuer un grand nombre d'ascensions. On n'a qu'à remplacer au fur et à mesure de la déperdition du gaz, par suite de la perméabilité de l'enveloppe, la quantité de gaz échappée, par un volume égal de nouveau gaz hydrogène.

La densité de l'hydrogène est de 0,0692 si l'on prend pour unité la densité de l'air. Le mètre cube d'hydrogène pris à la pression atmosphérique et à une température de 0 degré pèse 0 kilog. 09 environ, soit 90 grammes.

C'est le poids de l'hydrogène chimiquement pur, mais celui qui est utilisé pour gonfler les aérostats contient toujours d'autres gaz et, parmi eux, de la vapeur d'eau, qui l'alourdissent, de sorte que l'on compte

un poids moyen de 120 grammes par mètre cube pour l'hydrogène impur, appelé aussi *hydrogène industriel*.

Cet hydrogène industriel, qui s'obtient par des procédés différents de ceux des laboratoires et que nous allons indiquer, est constitué, pour la plus grande partie, par de l'hydrogène, ce qui lui assure une densité encore très réduite, par rapport à celle du gaz d'éclairage, laquelle est de 0,44.

*Préparation chimique de l'hydrogène*

L'hydrogène peut se préparer de diverses façons, soit directement en décomposant l'eau en ses deux éléments, oxygène et hydrogène, soit indirectement, c'est-à-dire en traitant un produit composé, dans lequel on l'a préalablement emmagasiné, ou encore, en l'extrayant d'un corps qui en contient en proportion considérable.

Pour obtenir chimiquement le gaz hydrogène par la décomposition de l'eau, on peut aussi employer plusieurs méthodes : les procédés chimiques et le procédé électrolytique.

Au début de l'aérostation, le physicien Charles, pour fabriquer l'hydrogène nécessaire au gonflement de ses aérostats, plaçait, ainsi que nous l'avons vu, dans des tonneaux remplis d'eau, de la limaille de fer, et il y versait de l'acide sulfurique.

L'eau est décomposée par le fer en raison de la présence de l'acide sulfurique. L'hydrogène se dégage et il reste du sulfate de fer.

Ce procédé, encore très employé, consiste, en principe, à attaquer à froid un métal ayant une grande affinité pour l'oxygène en présence d'un réactif : *alcali* ou *acide*. Généralement, on emploie comme métaux le fer et le zinc, dont on peut se procurer des débris à un prix peu élevé, et, comme réactifs, des acides parmi lesquels l'acide sulfurique et l'acide chlorhydrique.

On obtient donc au fond des récipients des sulfates ou des chlorhydrates, et l'hydrogène qui est libéré est recueilli.

L'emploi de l'acide chlorhydrique offre

l'inconvénient, s'il se produit des entraînements dans l'enveloppe de l'aérostat, de corroder cette enveloppe et de la détériorer. Aussi ne se sert-on presque exclusivement que d'acide sulfurique comme réactif dans ce procédé de préparation de l'hydrogène.

Une autre méthode de préparation de l'hydrogène employée pour fabriquer le gaz destiné aux aérostats captifs des armées de la première République consistait à décomposer l'eau par son contact avec du fer porté au rouge.

Par ce procédé, préconisé par Guyton de Morveau, pour éviter l'emploi du soufre réservé à la fabrication de la poudre, l'oxygène de l'eau forme avec le fer un oxyde et l'hydrogène se dégage.

Plus tard, Coutelle organisa même une installation comportant un fourneau dans lequel un tuyau de fonte de 1 mètre de longueur et de 40 centimètres de diamètre était rempli de rognures et de copeaux de fer. Un autre tuyau contenait de l'eau. Sous l'action de la chaleur, de la vapeur d'eau était produite, et, en passant sur les rognures de fer portées, elles aussi, à une haute température, la décomposition de cette eau donnait lieu à un dégagement d'hydrogène.

C'est à l'aide de cette installation (Fig. 38) que fut produit le gaz hydrogène qui permit de gonfler l'aérostat captif l'*Entreprenant*, lequel fut utilisé lors du siège de Maubeuge.

Ce procédé de décomposition de l'eau en présence du fer porté au rouge est encore employé dans les expériences des cours de chimie pour obtenir l'hydrogène, ce qui a permis de donner aux élèves la formule poétique de préparation que voici :

Pour préparer de l'hydrogène,  
Prenez un tube en porcelaine,  
Mettez-y du fer et de l'eau,  
Placez le tout sur un fourneau.  
L'eau, par le fer décomposée,  
Sera bientôt analysée :  
L'oxygène s'unit au fer,  
L'hydrogène s'en va dans l'air.



*Appareil à tonneaux* Le procédé de préparation de l'hydrogène indiqué par Charles a été longtemps utilisé pour obtenir le gaz destiné aux aérostats.

La figure 180 représente l'ensemble d'une installation de ce genre, pouvant fournir une quantité importante d'hydrogène, établie par Giffard pour gonfler son aérostat captif de l'Exposition de 1867. Elle comporte

aussitôt que l'acide sulfurique est versé dans les tonneaux. Elle s'accompagne d'une effervescence plus ou moins vive, laquelle donne lieu à une production plus ou moins considérable de gaz.

Il convient d'agiter de temps à autre le contenu du tonneau pour que toutes les parcelles de fer qu'il contient se trouvent en contact avec l'acide sulfurique.

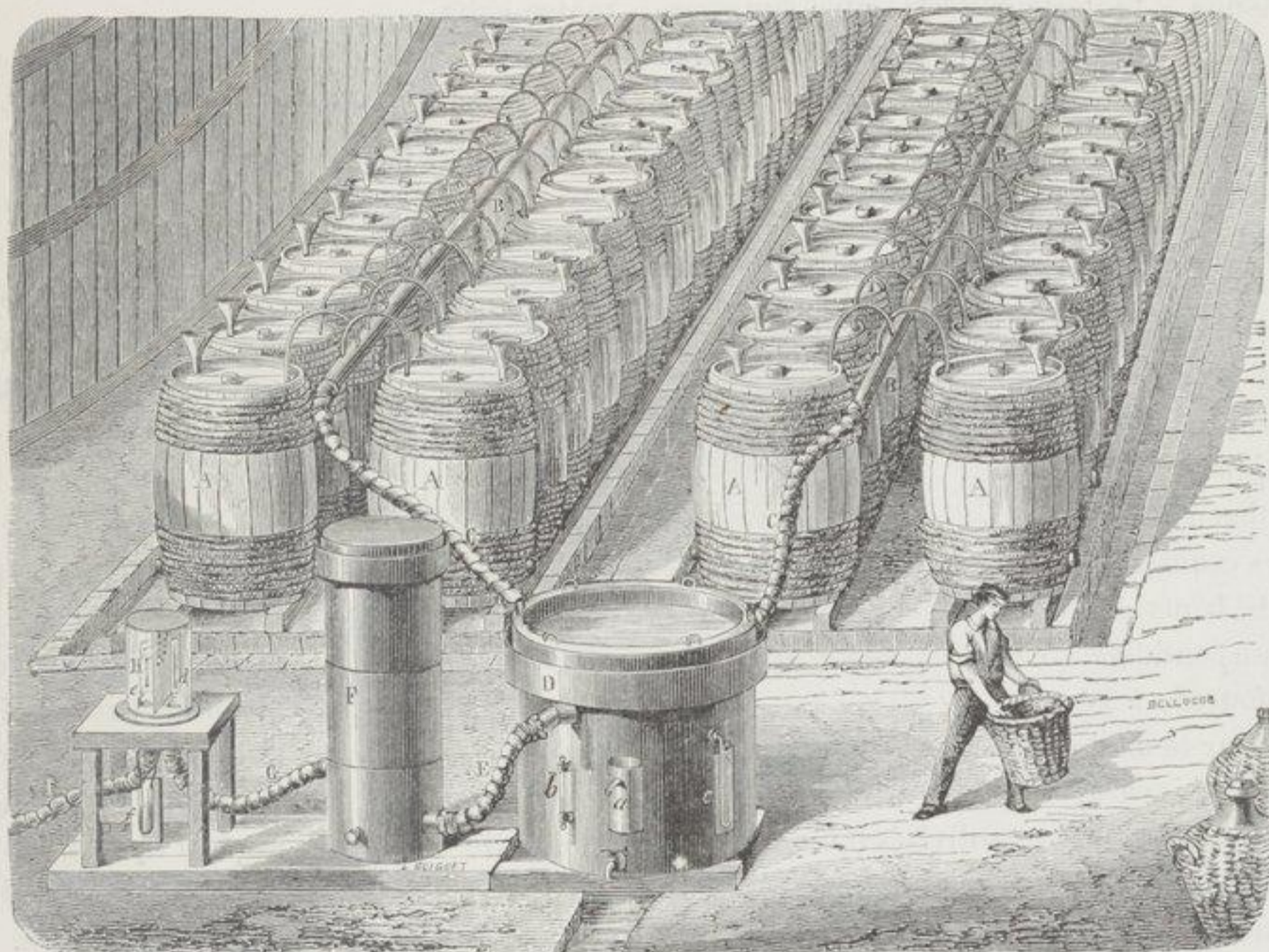


Fig. 180. — Appareil à tonneaux pour la préparation de l'hydrogène.  
(D'après une gravure de l'époque.)

une série de tonneaux A dont le fond supérieur est percé de deux trous donnant passage à deux tubes en plomb. L'un des tubes est surmonté directement d'un entonnoir par lequel on verse l'acide sulfurique dans le tonneau. L'autre tube est recourbé et communique avec un collecteur B, qui conduit le gaz produit dans un récipient de lavage D.

Nous savons que l'on met dans les tonneaux de l'eau, des rognures de fer et de l'acide sulfurique. La réaction se produit

L'acide sulfurique tend à se combiner avec l'oxyde de fer produit par suite de l'affinité de l'oxygène pour le fer. L'eau est ainsi décomposée et l'hydrogène qu'elle contient se dégage.

Dans cette installation, on comptait que 3 kilogrammes de fer et 5 kilogrammes d'acide sulfurique à 66 degrés de l'*aréomètre* fournissaient un mètre cube de gaz.

L'hydrogène obtenu par ce procédé n'est pas pur. Comme, en effet, le fer et l'acide sulfurique employés contiennent des impu-

retés, il se produit, par la réaction, de l'acide sulfureux et de l'hydrogène sulfuré. Ces deux gaz étant solubles dans l'eau, il est indispensable de laver le gaz produit pour le débarrasser de ces éléments qui en augmentent le poids.

Pour cela, les deux collecteurs de gaz B débouchent dans un conduit unique C (Fig. 181) qui pénètre dans la cuve de lavage D. Le conduit d'arrivée de gaz se prolonge à l'intérieur de la cuve sur presque toute sa longueur et porte une grande quantité de trous / par lesquels le gaz s'échappe dans la cuve pour ressortir par un conduit E placé à la partie supérieure du récipient.

Pendant son trajet dans la cuve, le gaz rencontre une nappe liquide provenant de nombreux filets d'eau qui s'écoulent par de petits trous *a* percés sur un conduit *c*. L'eau est fournie à ce conduit par la manœuvre d'un robinet *d*. Elle

se répand en jets très divisés dans la cuve, lave le gaz qui la traverse et tombe à la partie inférieure du récipient.

Un dispositif de *trop-plein*, établi sur le côté de la cuve, empêche l'eau de la remplir et permet l'évacuation de celle qui a été utilisée. Le gaz se trouve ainsi soumis à l'action de l'eau non encore employée et le lavage est efficace.

Le gaz contient, en outre, une faible quantité d'acide carbonique et il est humide. Avant de l'admettre dans l'aérostat, il convient de le débarrasser de ce gaz et de le sécher.

On interpose, à cet effet, entre la cuve de lavage et le conduit qui débouche dans l'enveloppe, un récipient cylindrique F rempli de chaux vive, dans lequel le gaz lavé aban-

donne son acide carbonique et se dessèche.

Un hygromètre et un thermomètre contenus dans un manchon de verre H complètent l'installation et servent à connaître, à chaque instant, le degré d'humidité ainsi que la température de l'hydrogène qui pénètre dans l'aérostat.

Le gaz hydrogène préparé de cette façon par Giffard était d'un prix de revient assez élevé : il revenait à environ 1 franc le mètre cube.

Aussi Giffard eut-il recours à un autre procédé pour obtenir l'hydrogène nécessaire à son aérostat captif.

Le principe de la décomposition de l'eau est conservé dans ce second procédé, mais cette décomposition est opérée par des moyens différents.

L'eau réduite en vapeur est dissociée par son passage sur un foyer chargé de coke incandescent. La réaction produite donne naissance à la combi-

naison de l'oxygène et de l'hydrogène de l'eau avec le carbone et forme de l'hydrogène carboné et de l'oxyde de carbone.

Pour transformer l'hydrogène carboné en hydrogène et l'oxyde de carbone en acide carbonique, on fait arriver, à l'autre extrémité du fourneau, un nouveau courant de vapeur d'eau. Cette vapeur, en réagissant par son oxygène sur les deux gaz qui remplissent le fourneau, donne lieu à de l'hydrogène et à de l'acide carbonique.

Ce mélange d'hydrogène et d'acide carbonique est alors dirigé à travers un *dépurateur*, plein de chaux. L'hydrogène y abandonne l'acide carbonique et on peut, à la sortie du *dépurateur*, utiliser le gaz pour gonfler l'aérostat.

Cette manière de procéder fournit de

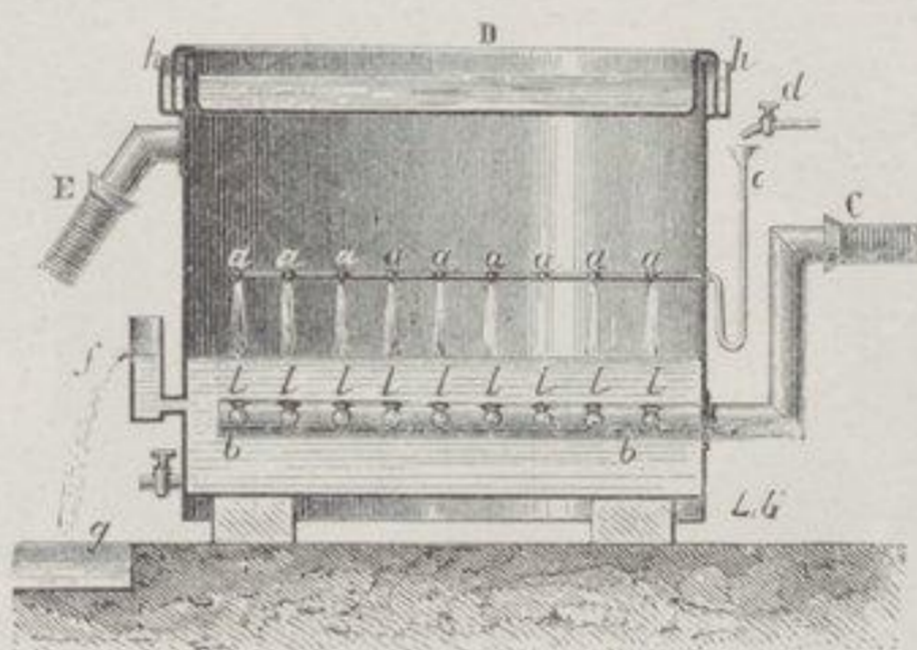


Fig. 181. — Coupe de la cuve de lavage du gaz produit dans l'appareil à tonneaux.

l'hydrogène à un prix de revient bien inférieur à celui du gaz obtenu par la méthode précédente, mais elle exige des dispositions plus compliquées qui se prêtent peu à une installation mobile de production d'hydrogène.

En outre, on ne parvient pas à débarrasser complètement le gaz hydrogène, ainsi obtenu, d'une certaine quantité d'oxyde de carbone dont la densité est relativement

verre pilé. Ce même ciment a été employé pour garnir les joints des tuyaux et les rendre solidaires les uns des autres.

Certains de ces tuyaux sont munis de deux tubulures qui permettent de brancher sur le générateur des conduits de plus petit diamètre.

Le générateur étant rempli de tournure de fer, on introduit, à sa partie inférieure, par l'intermédiaire du conduit A,

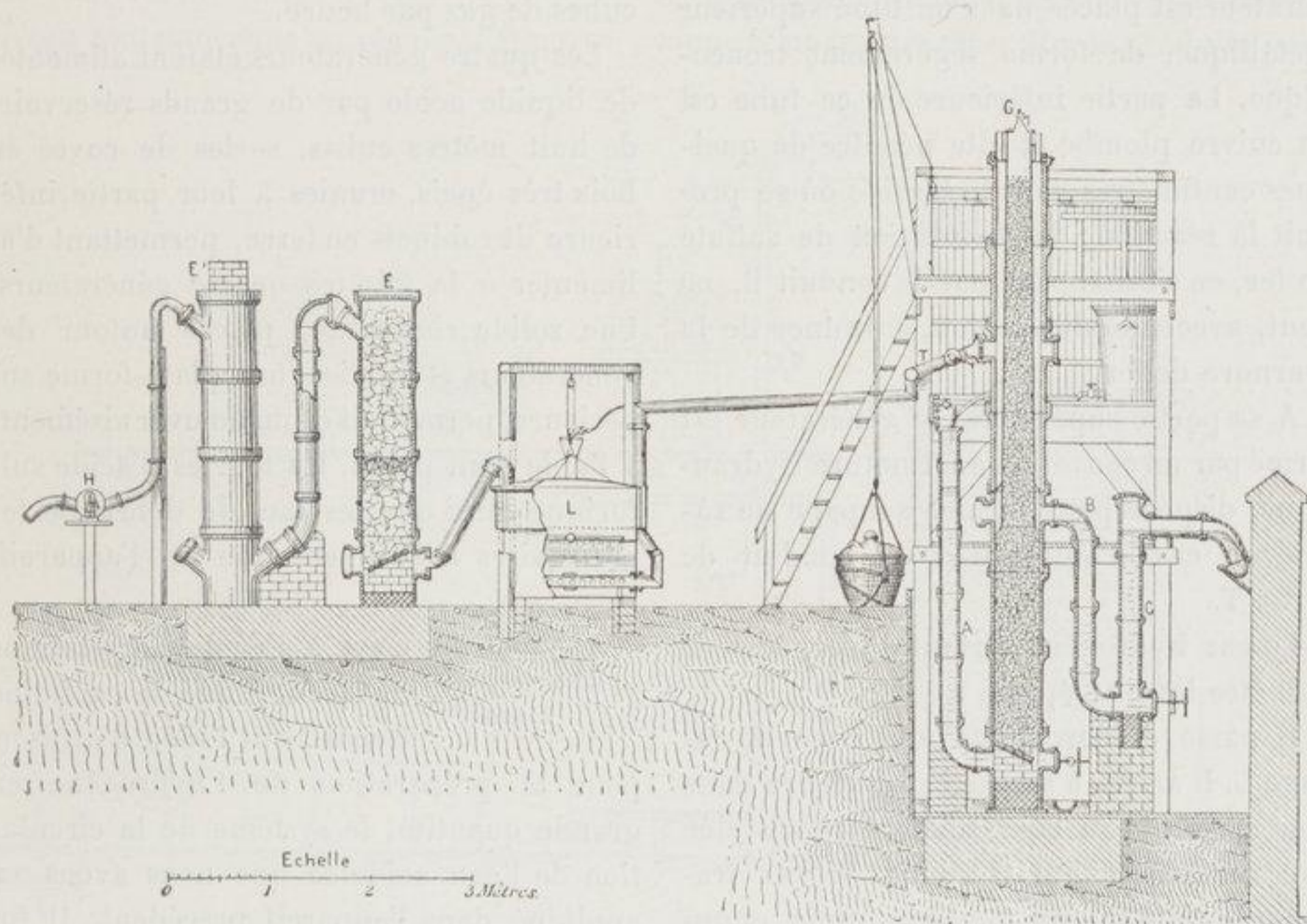


Fig. 182. — Appareil de Gaston et Albert Tissandier pour la préparation du gaz hydrogène.

considérable, ce qui diminue notablement la force ascensionnelle de l'aérostat.

*Appareil Tissandier* En 1883, les frères Tissandier ont construit un appareil dans lequel le gaz hydrogène est obtenu par l'action de l'acide sulfurique sur le fer et l'eau.

Le générateur vertical C (Fig. 182), formé d'une série de tuyaux de grès superposés, est fermé, à sa partie inférieure, par une maçonnerie de briques cimentées par un mélange de soufre fondu, de résine, de suif et de

de l'eau additionnée d'acide sulfurique.

Le liquide traverse un double fond percé de trous, et il s'élève à travers la tournure de fer en l'attaquant progressivement. On sait que le fer, sous l'action de l'acide sulfurique, décompose l'eau, dont il fixe l'oxygène; il se forme ainsi du sulfate de fer et il se produit un abondant dégagement de gaz hydrogène.

Ce gaz sort du générateur par un tuyau supérieur T. Le liquide ayant produit son action et chargé de sulfate de fer s'écoule par l'intermédiaire des conduits B et G

dans un caniveau qui le mène à l'égout.

L'écoulement de l'eau acidulée a lieu d'une façon continue, de sorte que la production d'hydrogène est également continue et à mesure que les débris de fer sont dissous dans la partie inférieure du générateur, ils sont sans cesse renouvelés par la quantité en réserve contenue dans la partie supérieure du tuyau.

Cette réserve de fer qui alimente le générateur est placée dans un tube supérieur métallique, de forme légèrement tronconique. La partie inférieure de ce tube est en cuivre plombé et elle pénètre de quelques centimètres dans le liquide où se produit la réaction; la dissolution de sulfate de fer, en s'échappant par le conduit B, ne peut, avec cette disposition, entraîner de la tournure de fer.

A sa partie supérieure, le générateur est fermé par un couvercle à fermeture hydraulique, disposé pour former soupape de sûreté en cas d'obstruction du conduit de sortie T.

Le gaz hydrogène sortant du générateur doit être lavé et épuré.

Il passe d'abord dans une cuve de lavage L. Il arrive à sa partie inférieure dans une masse d'eau constamment renouvelée par un écoulement continu; le gaz traverse le liquide, qui tombe en pluie, et qui se divise en un grand nombre de jets provenant de nombreux trous percés sur le tuyau adducteur.

A la sortie de la cuve, qui s'effectue par un tuyau placé à sa partie supérieure, le gaz traverse deux épurateurs E et E', contenant de la soude caustique et du chlorure de calcium. Le gaz doit être alors desséché, refroidi et avoir perdu l'acide qu'il contenait.

Une cloche de verre H contenant un hygromètre, un thermomètre, et du papier de tournesol, est traversé par le gaz avant son arrivée dans l'aérostat. On peut, ainsi, connaître le degré de dessiccation du gaz, sa

température et son acidité, car on sait que le papier de tournesol a la propriété de devenir rouge sous l'action d'un acide.

L'hydrogène obtenu dans ces conditions a une force ascensionnelle de 1.190 grammes par mètre cube.

Pour obtenir une production considérable d'hydrogène, les frères Tissandier employaient quatre générateurs semblables au générateur C, ce qui donnait 300 mètres cubes de gaz par heure.

Les quatre générateurs étaient alimentés de liquide acide par de grands réservoirs de huit mètres cubes, sortes de cuves en bois très épais, munies à leur partie inférieure de robinets en terre, permettant d'alimenter à la fois les quatre générateurs. Une solide charpente, placée autour des générateurs et munie d'une plate-forme supérieure, permettait de manœuvrer aisément, à l'aide d'un palan, les touries d'acide sulfurique ainsi que les sacs de débris de fer nécessaires à l'alimentation de l'appareil.

*Appareil à  
circulation  
Renard*

C'est à l'École aérostatique de Meudon que le capitaine Renard eut l'idée d'utiliser, pour la préparation de l'hydrogène en grande quantité, le système de la circulation de l'eau acidulée que nous avons vu appliqué dans l'appareil précédent. Il fut établi, au parc aérostatique de Chalais-Meudon, une installation fixe pouvant produire 3.000 mètres cubes d'hydrogène à l'heure. On étudia et l'on réalisa également, pour produire l'hydrogène, une installation mobile dont nous parlerons plus loin.

L'appareil à circulation Renard (Fig. 183) comporte un générateur A fait en fonte de fer et doublé intérieurement de plomb. Dans ce récipient on verse, par un orifice supérieur fermé par un couvercle B, de la tournure de fer. Le couvercle B est muni d'un joint hydraulique C pour empêcher toute fuite de gaz, mais il est néanmoins disposé pour pouvoir, le cas échéant, faire

office de soupape de sûreté s'il se produit une pression anormale du gaz à l'intérieur du générateur A.

Par un conduit P, on fait arriver à la partie inférieure du générateur, de l'eau acidulée, dans de certaines proportions, par de l'acide sulfurique.

Cette eau acidulée provient d'un bac G, dans lequel s'effectue le mélange de l'eau pure et de l'acide sulfurique.

L'eau contenue dans un récipient F arrive

tourne de fer placée dans le générateur, provoque la réaction que nous connaissons : l'hydrogène se dégage, monte à la partie supérieure du générateur et sort par le conduit Q après avoir traversé une boîte D.

Le conduit amène le gaz dans le laveur K, qui a pour but de débarrasser le gaz de l'acide sulfurique qu'il pourrait contenir et de le refroidir. La vapeur d'eau, qu'il tient en suspension quand il sort du générateur, à une température assez élevée produite par

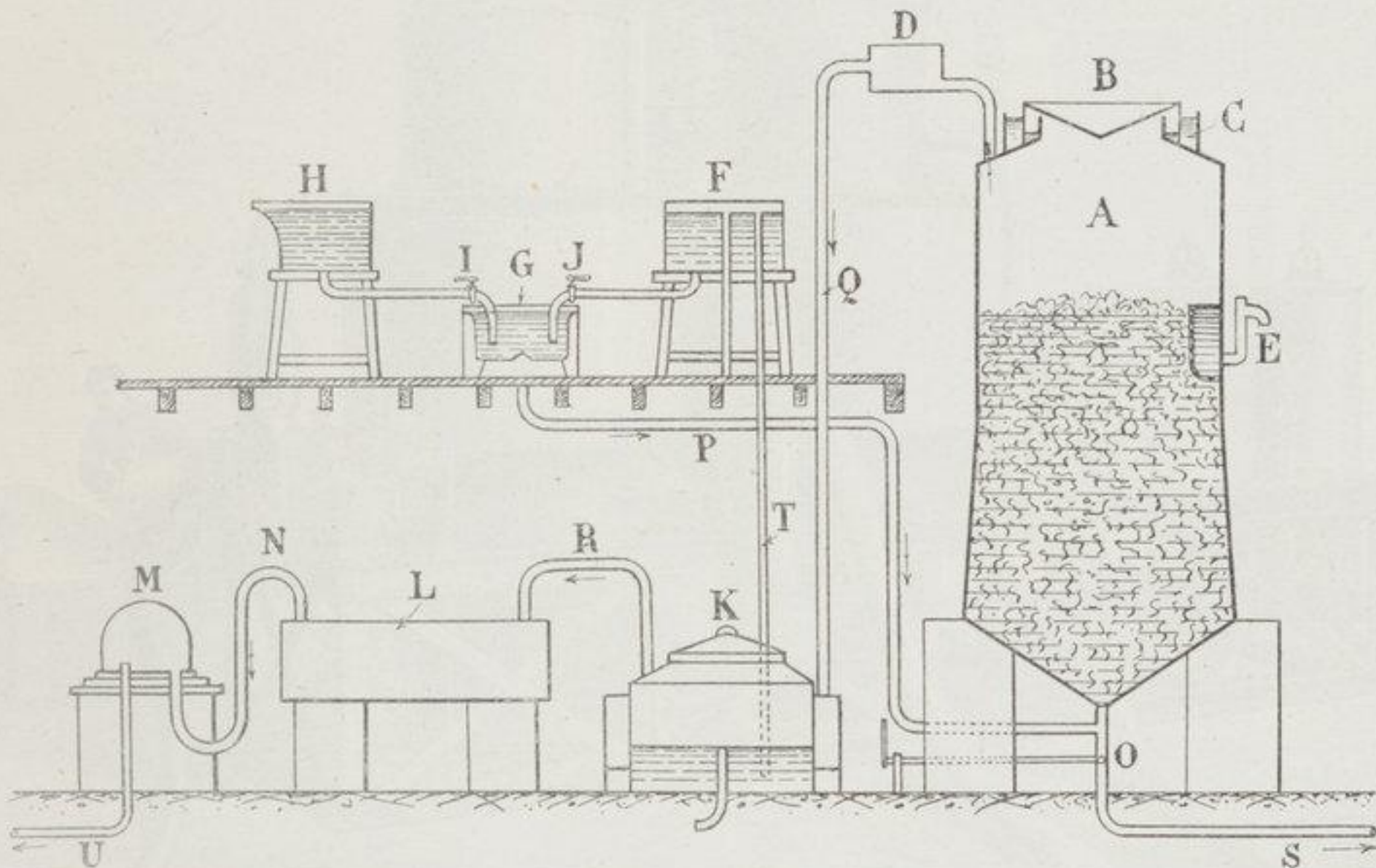


Fig. 183. — Appareil à circulation Renard pour la préparation de l'hydrogène.

dans le bac G par un conduit muni d'un robinet J. L'acide sulfurique placé dans la cuve H est amené dans le réservoir G par un tuyau portant un robinet I.

Par la manœuvre appropriée des robinets I et J on règle la proportion d'acide que doit contenir l'eau envoyée dans le générateur. Lorsque le réglage est effectué, il suffit d'alimenter la cuve F avec de l'eau et la cuve H avec de l'acide sulfurique pour que l'eau acidulée, dans une proportion bien définie, pénètre constamment dans le générateur.

Cette eau, se trouvant au contact de la

la réaction, se trouve ainsi en grande partie condensée.

Le laveur contient une certaine quantité d'eau froide qui se renouvelle d'une façon permanente et que le gaz est obligé de traverser.

L'eau qui arrive dans le laveur est fournie par la cuve à eau F. Un conduit de trop-plein évacue l'eau qui a été utilisée.

Par un conduit R, le gaz qui sort du laveur est amené dans un récipient L dans lequel sont disposés des réactifs ayant pour but d'arrêter les impuretés qu'il contient et principalement l'hydrogène sulfuré ou

l'hydrogène arsénié qui offre quelque danger pour le personnel. Cette disposition a aussi pour résultat d'enlever son humidité au gaz. A sa sortie de l'épurateur, celui-ci arrive par un conduit N dans une cloche d'épreuve M, qui contient, comme nous l'avons déjà vu dans d'autres installations, un hygromètre, un thermomètre et du papier de tournesol.

teurs à gaz A (Fig. 185), grands récipients dans lesquels est placée de la tournure de fer. Par un tuyau B placé entre les deux générateurs arrive l'eau mélangée avec l'acide sulfurique. Cette eau pénètre dans les récipients A par la partie inférieure, baigne la tournure de fer jusqu'à une certaine hauteur, puis s'écoule à l'extérieur par des conduits de trop-plein.

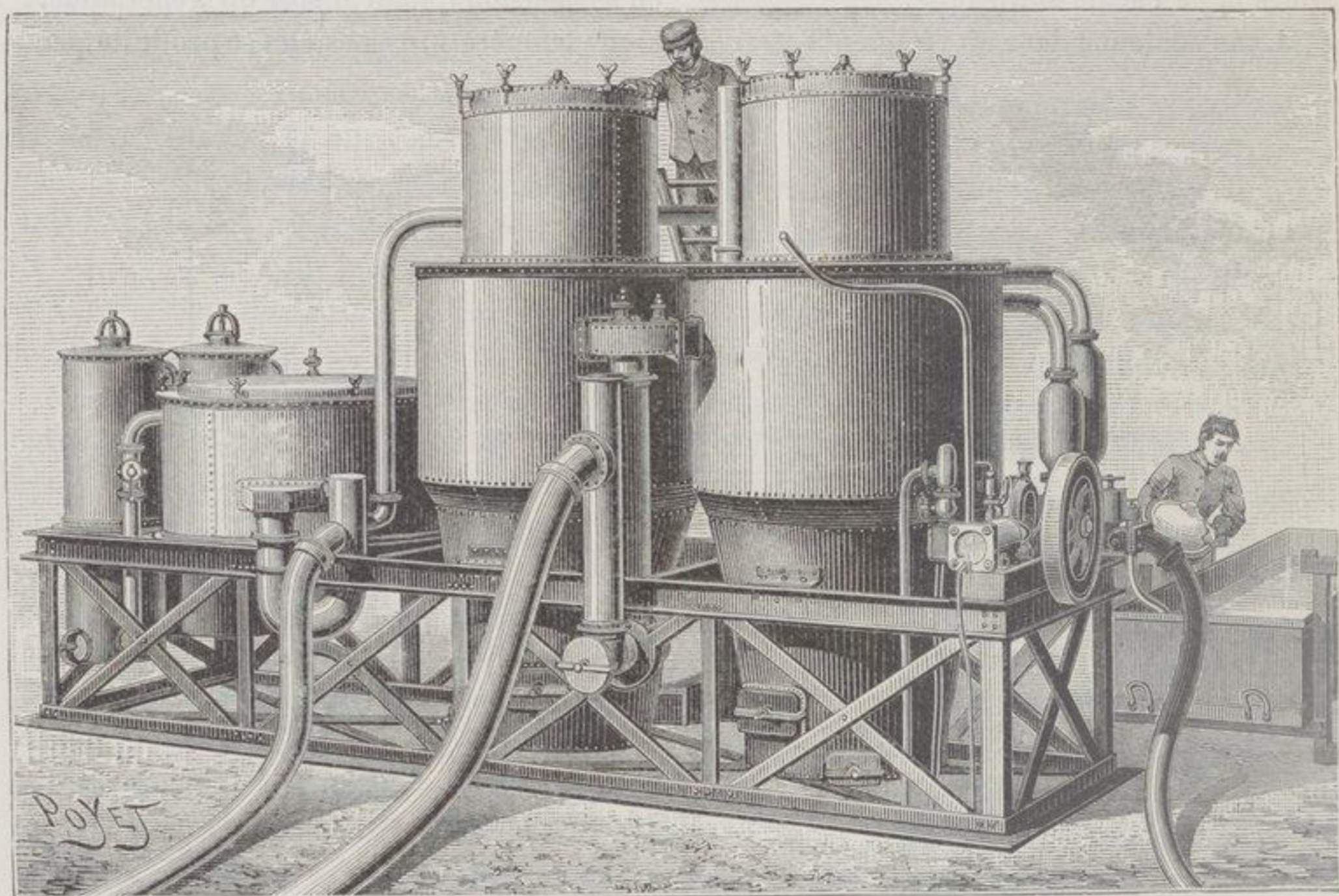


Fig. 184. — Appareil Yon pour la préparation du gaz hydrogène. Vue d'ensemble.

*Appareil Yon* (Fig. 184 et 185.) Le Gouvernement italien, au moment de la campagne d'Abyssinie, ayant voulu munir le corps expéditionnaire d'aérostats légers, facilement transportables et pouvant être gonflés sur place rapidement, s'adressa au constructeur français Yon, qui fabriqua le matériel aérostatique nécessaire. Nous avons donné, précédemment, la description de la voiture-treuil établie; voici comment l'appareil producteur du gaz hydrogène a été constitué.

Cet appareil se compose de deux généra-

La réaction se produit au fur et à mesure que l'eau acidulée prend contact avec la tournure de fer : l'hydrogène produit sort, par un tuyau, de chaque générateur. Les deux tuyaux se rejoignent pour pénétrer dans une cuve à lavage F aux deux tiers remplie d'eau. Le gaz abandonne là ses impuretés et il est refroidi par l'action de l'eau constamment renouvelée. Cette eau arrive par un conduit E et est évacuée par un tuyau de trop-plein H.

Le gaz prêt à être employé sort par un tuyau supérieur C.

Tous ces organes sont montés sur un châssis métallique : l'ensemble peut être assez facilement transporté à proximité du champ d'opération d'une armée. Les deux générateurs peuvent être rechargés de tournure de fer, à tour de rôle, sans arrêter le dégagement du gaz, en les séparant alternativement du circuit par la manœuvre d'un robinet.

L'appareil ne comporte pas de sécheur, organe qui n'a pas paru indispensable pour une installation de campagne.

de l'appareil construit par les ateliers Lachambre. Il se compose de quatre générateurs A, B, C, D, faits en tôle doublée de plomb intérieurement, qui peuvent fonctionner soit ensemble, soit séparément.

A la partie inférieure de chaque générateur débouche un tuyau en plomb par lequel arrive le mélange d'eau et d'acide sulfurique, mélange que l'on refoule de bas en haut au moyen de deux pompes P.

Les quatre générateurs sont reliés par un cylindre en fonte b, émaillé intérieurement,

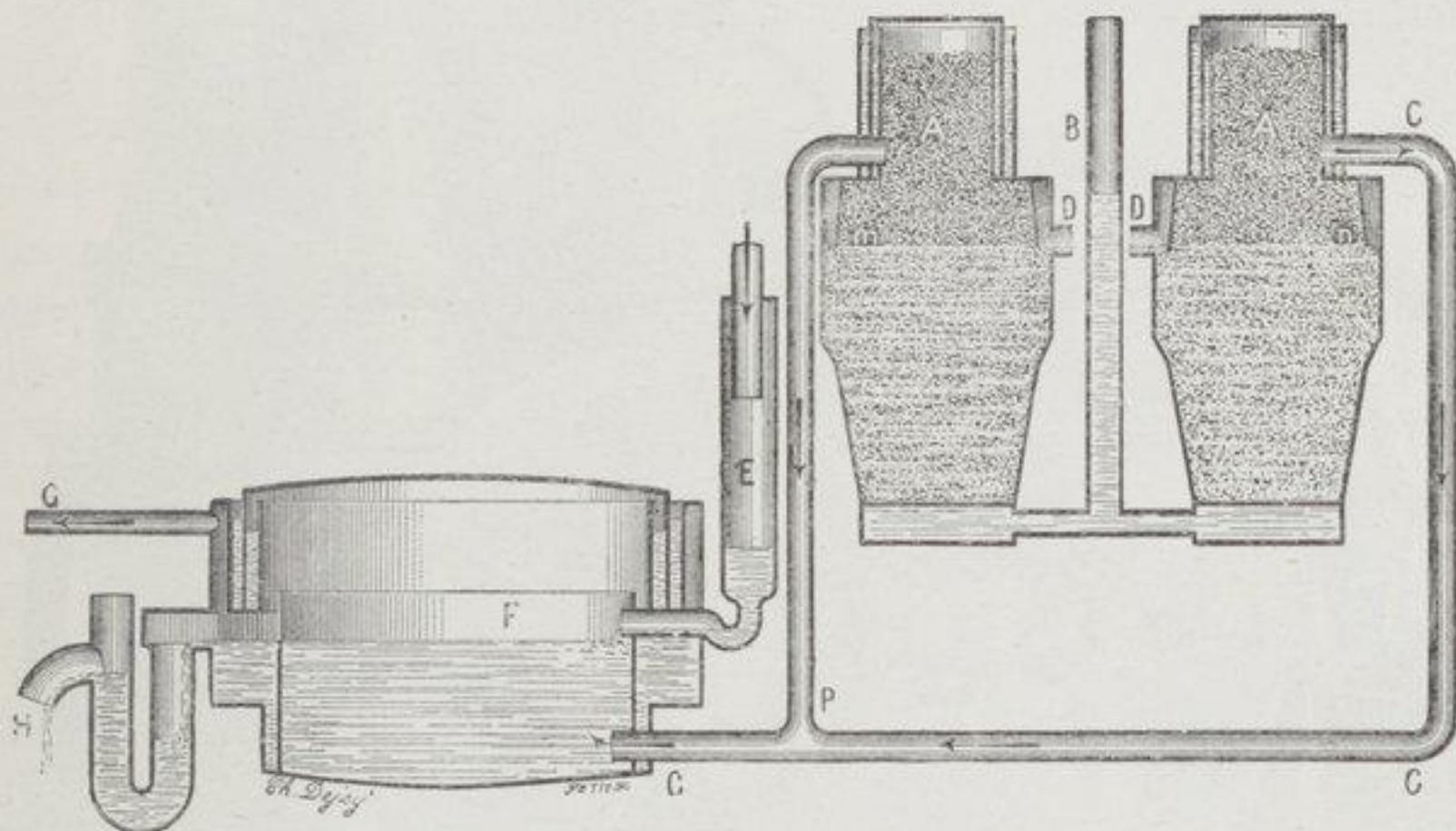


Fig. 185. — Coupe de l'appareil Yon.

A, A'. Générateurs contenant de la tournure de fer baignée dans de l'acide sulfurique étendu d'eau. — B. Tuyau distribuant l'acide étendu d'eau dans les deux générateurs A, A'. — m. Niveau du liquide acidulé. — D. Trop-plein. — P. Arrivée du gaz venant des générateurs se rendant au barboteur à gaz, ou laveur F. — F. Laveur du gaz. — C. Sortie du gaz lavé. — H. Déversoir du trop-plein d'eau de lavage à écoulement intermittent.

*Appareils mobiles*

L'appareil à circulation Renard, établi d'abord à poste fixe, a été ensuite disposé pour pouvoir être facilement déplacé, afin de faciliter son emploi dans les expéditions militaires.

Les divers organes ont reçu une forme appropriée et sont fixés sur un châssis métallique supporté par quatre roues. L'installation complète peut être aisément déplacée à l'aide de chevaux.

L'industrie privée a construit également des appareils mobiles pour produire l'hydrogène.

La figure 186 donne une vue d'ensemble

nommé *boîte à siphons*, par lequel s'écoule le sulfate de fer en dissolution. La boîte à siphons est disposée de façon à former joint hydraulique pour s'opposer à la sortie du gaz.

Celui-ci doit quitter les générateurs par des tuyaux supérieurs qui, réunis en un même collecteur E, le conduisent au laveur L.

A la partie inférieure de chaque générateur est disposé un trou d'homme, qui sert à extraire la tournure de fer restant dans le générateur après l'opération.

L'orifice est fermé, pendant le fonction-

nement, par un tampon portant au centre un ajutage qu'on peut ouvrir pendant la marche de l'appareil, pour évacuer du liquide.

Le laveur L est constitué par une caisse rectangulaire dans laquelle est disposée une série de tubes percés de petits trous destinés à déverser le gaz en jets multiples. La caisse contient de l'eau que le gaz tra-

ments de chlorure de calcium ou de chaux. Les dernières traces d'acide sulfurique et de vapeur d'eau que peut encore renfermer le gaz en sortant du laveur se trouvent absorbées.

A l'orifice de sortie du sécheur, le gaz traverse un compartiment grillagé, contenant de la paille de fer qui, sans faire obstacle à son passage, arrête toutes les

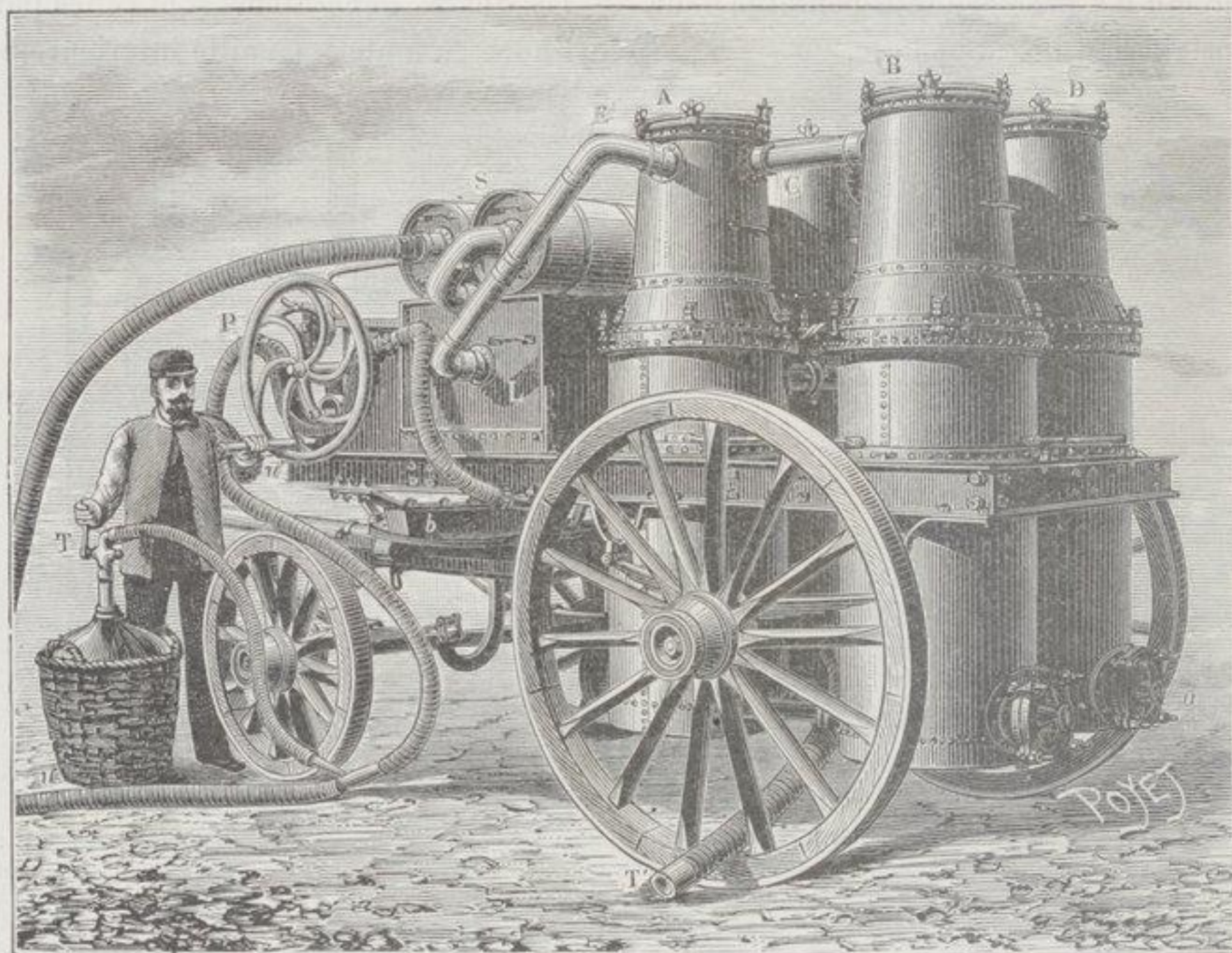


Fig. 186. — Appareil Lachambre, pour la préparation du gaz hydrogène.

verse en abandonnant l'acide sulfurique qu'il peut entraîner. En outre, un courant permanent d'eau froide entretenu dans le laveur par une des deux pompes P condense la vapeur d'eau que le gaz contient.

Un tuyau de trop-plein conduit l'excédent d'eau, du laveur dans la boîte à siphons; elle s'y mélange avec les eaux sulfatées.

Après le laveur, le gaz pénètre dans le sécheur S, constitué par deux cylindres disposés horizontalement et remplis de frag-

poussières qui pourraient être entraînées hors du sécheur.

Les pompes P servant à refouler, dans les générateurs, l'eau mélangée d'acide sulfurique, sont au nombre de quatre, attelées deux à deux. Elles sont du type à piston plongeur avec clapet à boule. On les manœuvre à la main à l'aide d'une manivelle placée sur un volant.

L'acide sulfurique peut être ainsi aspiré directement dans les touries par le tuyau T en même temps que l'eau d'un réservoir



voisin, par le conduit *u*. Les proportions de mélange des deux liquides peuvent être réglées.

Tout l'appareil repose sur un chariot constitué par un châssis métallique monté sur quatre roues. L'avant-train du chariot est articulé pour lui permettre de passer dans les chemins non nivelés.

Un autre appareil mobile, représenté par la figure 187, a été construit dans les ateliers Louis Godard. Il comporte deux générateurs, un laveur et deux sécheurs, destinés à laver le gaz, à le refroidir, le sécher, et le débarrasser de ses impuretés.

La pompe d'alimentation des générateurs en eau acidulée est placée à l'arrière du chariot qui supporte tous les organes. Ce chariot métallique roule sur quatre roues.

La pompe est actionnée par une petite machine à vapeur qui est alimentée de vapeur par un tuyau provenant de la chaudière de la voiture-treuil que nous avons précédemment décrite, et qui fait partie du parc aérostatique.

Cette pompe est, en réalité double. Un corps de pompe envoie l'eau dans les générateurs, l'autre envoie l'acide.

La quantité d'acide admis dans les générateurs est proportionnée, par suite d'un réglage, à la quantité d'eau admise.

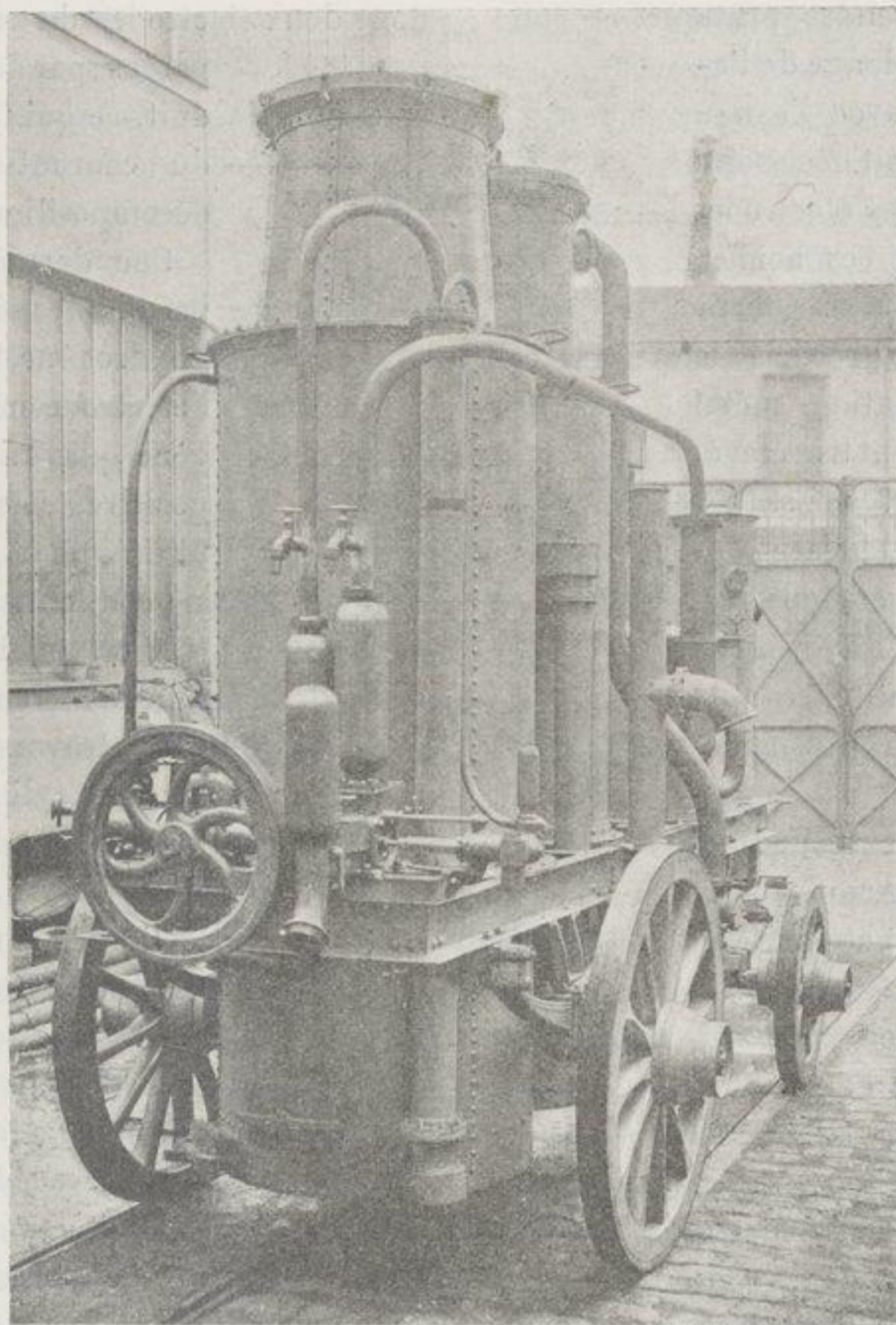


Fig. 187. — Appareil mobile à production d'hydrogène.  
Louis Godard.

*Préparation  
électrolyti-  
que de l'hy-  
drogène*

Dans les procédés directs d'obtention de l'hydrogène, on peut placer la méthode électrolytique.

Nous avons vu dans le tome II des *Merveilles de la Science* (1), qu'en faisant passer un courant à travers une masse d'eau, cette eau se trouve décomposée en ses deux éléments : l'oxygène se porte à l'électrode positive et l'hydrogène à l'électrode négative.

Pour que le courant électrique puisse s'établir d'une électrode à l'autre à travers l'eau, il faut que cette masse liquide soit rendue conductrice, ce qui s'obtient en mélangeant, généralement, à cette eau de l'acide sulfurique.

(1) *Merveilles de la Science*, Tome II, ÉLECTRICITÉ.

Ce procédé, très répandu dans les laboratoires et dans les cours de Chimie pour démontrer, par l'emploi du *voltamètre*, la constitution de l'eau, peut évidemment être appliqué, en principe, pour obtenir de l'hydrogène pur destiné aux aérostats, mais il a fallu modifier certaines dispositions primitives pour le rendre pratique.

Par suite du mélange de l'acide sulfurique avec l'eau à décomposer, il était nécessaire en effet d'avoir des électrodes inattaquables par ces acides, ce qui obligeait à les constituer en métaux précieux et notamment en platine, métal d'un prix de revient très élevé.

On ne pouvait constituer des électrodes de surface considérable avec ce coûteux métal pour produire l'hydrogène en grande quantité, car la dépense eût été trop considérable.

A la suite des recherches du professeur d'Arsonval, de l'ingénieur russe Latchinow et du colonel Renard, celui-ci établit un appareil *électrolytique* dans lequel l'acide était remplacé par un *alkali*, tel que la *soude caustique*.

Cette simple et ingénieuse substitution a permis de rendre le procédé industriel, car les électrodes peuvent être constituées en métaux ordinaires dont le prix est abordable.

Le *voltamètre* construit par le colonel Renard (Fig. 188) se compose d'un récipient cylindrique en métal A, qui constitue l'électrode négative, c'est-à-dire que ce récipient est mis en communication avec le pôle négatif de la source électrique. Dans ce réservoir on verse de l'eau rendue conductrice par un alkali.

La seconde électrode est fournie par un cylindre en fer B placé concentriquement à l'intérieur du premier, bien isolé électriquement de celui-ci et communiquant avec l'électrode positive de la source électrique.

Le voltamètre ainsi constitué comporte donc deux électrodes de grande surface séparées par un intervalle réduit, ce qui facilite le passage du courant électrique et la décomposition de l'eau.

Une dernière disposition a permis de séparer nettement l'hydrogène, lequel se porte sur l'électrode négative, de l'oxygène qui, lui, va à l'électrode positive, cela afin que le gaz utilisé pour gonfler l'aérostat ne contienne pas d'oxygène.

A cet effet, une cloison en toile d'amiante C est interposée à travers le liquide entre les deux cylindres métalliques faisant office d'électrodes. Cette cloison laisse aisément circuler le liquide, mais elle empêche le passage des gaz à condition que la pression se maintienne sensiblement la même de chaque côté de la cloison.

Le procédé électrolytique de production de l'hydrogène, s'il donne un gaz très pur, a le grand inconvénient de ne

le fournir que d'une manière fort peu rapide, car il serait nécessaire, pour obtenir de l'hydrogène en grande quantité et rapidement, d'employer un très grand nombre de *voltamètres*, ce qui ne répond pas aux conditions pratiques de fabrication industrielle.

Il pourrait cependant être employé pour produire de l'hydrogène destiné à être emmagasiné dans des tubes en vue d'être utilisé ultérieurement au fur et à mesure des besoins.

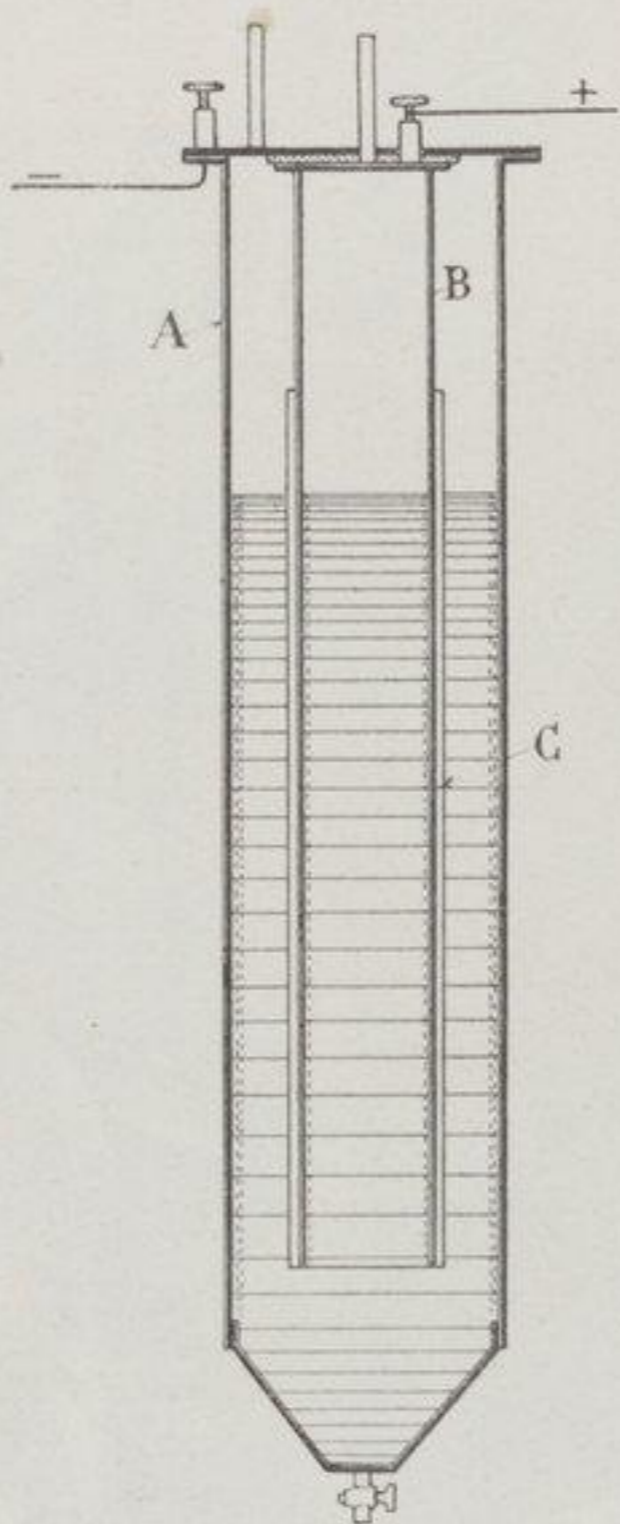


Fig. 188. — Voltamètre du colonel Renard.

Autres procédés de fabrication

On peut produire l'hydrogène par un certain nombre d'autres procédés, parmi lesquels nous allons citer les principaux.

En Allemagne, on emploie la méthode Richter-Majest, qui consiste à décomposer, par le zinc, l'eau contenue dans l'hydrate de chaux.

L'eau se décompose, oxyde le zinc, et son hydrogène se dégage. Il reste comme résidu, du zincate de chaux, l'oxyde de zinc formé jouant le rôle d'acide.

Cette réaction se produit à une température relativement basse. Il convient que le zinc soit à l'état pulvérulent, tel, par exemple, qu'on le retire des cornues des mines, et que l'on désigne sous le nom de *cadmie*.

Pour fabriquer l'hydrogène par ce procédé, on charge le mélange de zinc et de chaux hydratée dans des coupelles qui sont introduites dans des cornues de fonte. Ces cornues sont disposées sur plusieurs rangs dans une sorte de four portatif monté sur roues. Le foyer peut être chauffé au bois.

Ce procédé donne un dégagement très lent d'hydrogène.

On emploie également en Allemagne le procédé français d'obtention d'hydrogène Hubun, qui a été utilisé notamment pour produire le gaz destiné au gonflement des aérostats dirigeables du type *Zeppelin*.

Ce procédé repose sur l'emploi de l'acétylène. Ce gaz, fortement comprimé, explose et se décompose en carbone, qui se présente sous forme de noir de fumée très fin, et en hydrogène pur qui se dégage.

On obtient ainsi économiquement le gaz hydrogène, mais cette méthode, reposant sur un dispositif à explosion, demande à être pratiquée avec une grande prudence.

La méthode C. P. Claus consiste à faire passer du gaz à l'eau dans des cornues contenant de l'oxyde de fer chauffé au rouge. L'oxyde de fer se réduit à l'état de fer métallique sur lequel on lance un cou-

rant de vapeur d'eau surchauffée vers 1.000 degrés; le fer devient du peroxyde et l'hydrogène se dégage.

Le gaz pauvre obtenu dans les gazogènes, par les diverses méthodes que nous avons décrites dans le troisième volume des *Merveilles de la Science* (1), peut permettre de fabriquer l'hydrogène.

Ce gaz est, en effet, un mélange complexe d'hydrocarbures, d'oxyde de carbone, d'acide carbonique, d'azote. En le traitant par des moyens appropriés, on peut en extraire l'hydrogène. On isole d'abord, par l'épuration, l'oxyde de carbone et l'hydrogène, mélange que l'on envoie dans une cornue chauffée au rouge, en même temps que l'on y fait pénétrer un courant de vapeur d'eau.

Il se forme de l'acide carbonique, par l'action de l'oxygène de l'eau sur l'oxyde de carbone, et de l'hydrogène. On retient l'acide carbonique en le faisant circuler dans de la lessive de soude et l'hydrogène, purifié par un barbotage dans l'acide sulfurique, se dégage.

Le procédé Georges Claude consiste à extraire l'hydrogène du gaz d'éclairage par l'emploi de l'air liquide. L'inventeur des remarquables méthodes et des appareils de fabrication de l'air liquide a montré qu'en faisant passer le gaz d'éclairage dans un serpentín entouré d'air liquide qui l'amène à la température de 193 degrés au-dessous de zéro, tous les gaz : méthane, ou gaz des marais, oxygène, oxyde de carbone, contenus dans le gaz d'éclairage, sont liquéfiés ou solidifiés, à l'exception de l'hydrogène.

L'hydrogène seul, qui entre dans la composition du gaz d'éclairage pour une proportion de 60 %, sort du serpentín dans un état de très grande pureté.

M. George F. Jaubert, à la suite de persévérantes recherches sur la question de la préparation sur place, en campagne, de l'hydrogène nécessaire au gonflement et

(1) *Les Merveilles de la Science*, Tome III, MOTEURS.

au ravitaillement des aérostats captifs et dirigeables, a établi trois procédés de préparation de ce gaz, fort intéressants.

Ces diverses méthodes ont été décrites en détail par leur savant auteur, dans la *Revue générale de Chimie pure et appliquée*. Nous allons indiquer, d'après cette description, en quoi consistent ces trois procédés, qui sont : le procédé à l'*hydrolithe*, le procédé à l'*hydrogénite* et le procédé au *silicol*.

Le procédé à l'*hydrogénite* est le seul,

zontales portées à haute température. Dans ces cornues circule, en même temps, un courant d'hydrogène pur; le calcium l'absorbe peu à peu pour se transformer complètement, au bout d'un certain temps, en *hydrure*.

Le *calcium métallique*, d'autre part, s'obtient par l'électrolyse du *chlorure de calcium fondu*. Il se présente en barres cylindriques d'une couleur blanche, pesant quelques kilogrammes.

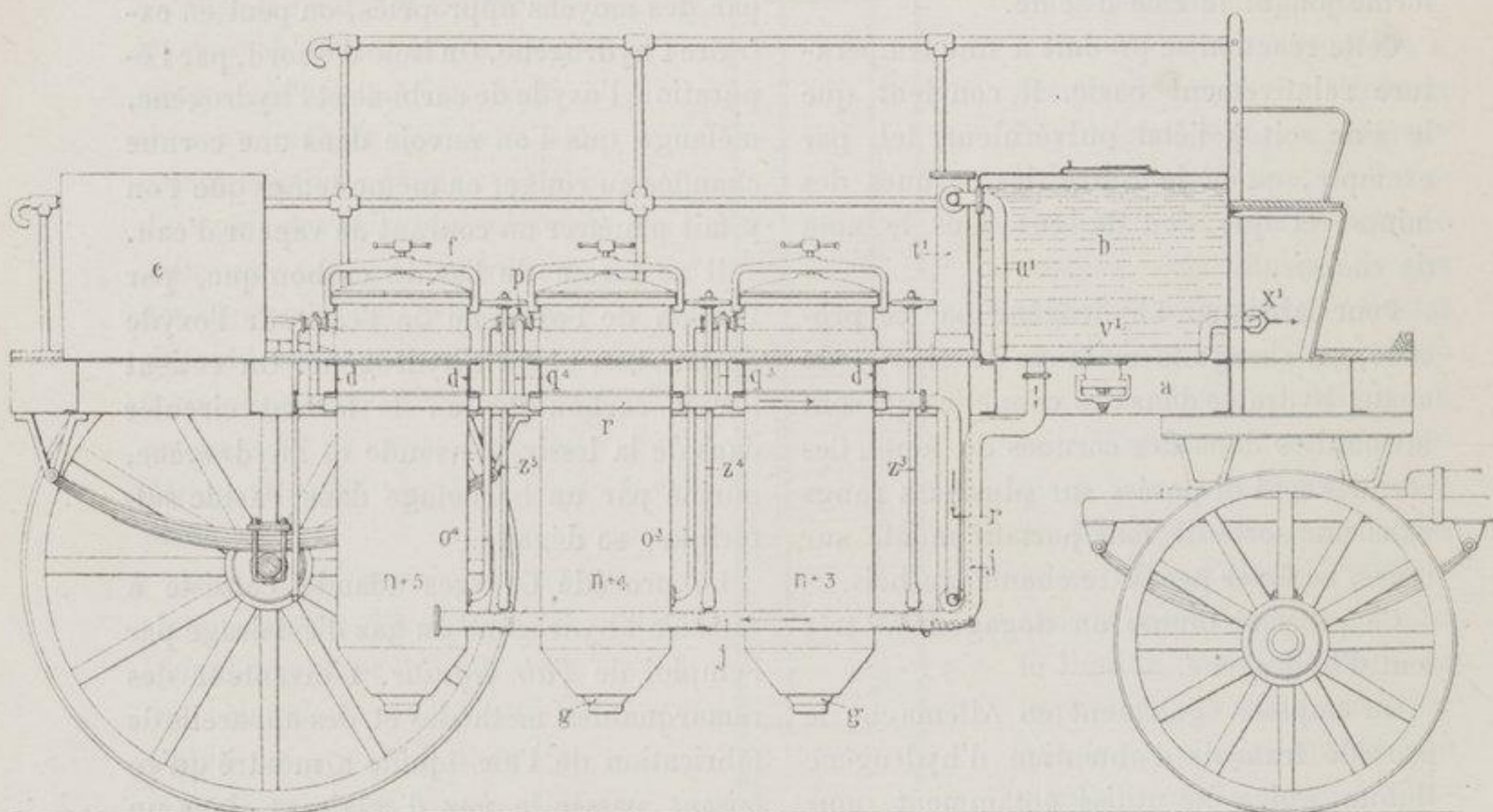


Fig. 189. — Appareil à hydrolithe de 500 mètres cubes à l'heure. Élévation et coupe.

parmi les trois, qui emploie la voie sèche, procédé dans lequel on n'a pas besoin d'eau. Les deux autres emploient la voie humide.

*Procédé à l'hydrolithe* L'*hydrolithe* est un *hydrure de calcium* qui se décompose sous l'action de l'eau, d'une façon semblable au carbure de calcium, en donnant lieu à un très vif dégagement d'hydrogène pur. Un kilogramme d'*hydrolithe* pure dégage 1.143 litres d'hydrogène mesurés à une température moyenne.

Pour fabriquer l'*hydrolithe*, on chauffe le *calcium métallique* dans des cornues hori-

L'*hydrolithe* chimiquement pure se présente sous forme d'une matière blanche, fondue, cristalline, dissociable à 600 degrés dans le vide. L'*hydrolithe* industrielle a l'aspect irrégulier et une couleur gris ardoise. Elle contient environ 90 % de produit pur et donne lieu à un dégagement de 1 mètre cube d'hydrogène par kilogramme, sous l'action de l'eau.

Lors de la campagne du Maroc, en 1907, un premier appareil à *hydrolithe* fut construit, après des essais concluants effectués au service aérostatique de l'armée à Chalais-Meudon. Cet appareil fut envoyé au Maroc; il

pouvait produire 50 mètres cubes d'hydrogène à l'heure.

Depuis cette époque, les essais se sont poursuivis à Chalais-Meudon, et sous la direction du colonel Bouttiaux, le capitaine Lelarge a mis au point des appareils à hydrolithe transportables, pouvant produire 1.200 mètres cubes d'hydrogène à l'heure, c'est-à-dire pouvant gonfler, en campagne, un dirigeable du type *Colonel-Renard* (Fig. 5) en moins de 4 heures.

Ces appareils ont pris part aux grandes manœuvres de 1910, avec un approvisionnement de 20.000 kilogrammes d'hydrolithe, représentant 20.000 mètres cubes environ d'hydrogène pur.

Le procédé de fabrication de l'hydrogène à l'hydrolithe a, cependant, deux inconvénients sérieux : le prix de revient du gaz ainsi obtenu est très élevé, et il nécessite l'emploi d'une grande quantité d'eau pour attaquer l'hydrure et pour laver et refroidir le gaz.

Le prix du kilogramme d'hydrolithe revient, en effet, à 7 francs, et c'est ce qui, surtout, sauf dans des conditions toutes spéciales, pourra arrêter l'extension de ce procédé. L'appareil générateur mobile est représenté par la figure 189 en élévation et par la figure 190 en coupe transversale.

Cet appareil, pouvant produire 500 mètres cubes de gaz par heure, se compose d'un chariot formé d'un châssis métallique *a*, monté sur quatre roues.

Le châssis supporte, au milieu de sa

longueur, six récipients cylindriques *n*, qui sont les générateurs de gaz. Les générateurs sont disposés en deux rangées de trois dans le sens de la longueur. Chaque générateur est fermé à sa partie supérieure par un tampon *f* à étrier et à vis et porte, à sa partie inférieure, un trou de vidange conique fermé par un bouchon *g* faisant corps avec une tige cylindrique *h* disposée verticalement au centre du générateur sur presque toute sa hauteur.

Cette tige (Fig. 189-190) sert de guide à une série de plates-formes *i*, faites en tôle perforée, sur lesquelles est placée l'hydrolithe. Cette disposition a pour but de diviser la masse d'hydrolithe contenue dans le générateur et lui permet de n'être mise en contact avec l'eau que par échelons successifs.

À l'avant du châssis est disposé un réservoir d'eau *b*. Sur le fond de ce réservoir est branché un tuyau *j* qui relie les géné-

rateurs, à leur partie inférieure, par l'intermédiaire de branchements *k, k'*... munis chacun d'une vanne *m, m'*, pouvant être manœuvrée, de la plate-forme du chariot, au moyen d'un petit volant terminant une tige verticale *z, z'*... Chaque générateur est mis en communication avec le générateur suivant par un conduit de dégagement de gaz *o* partant de la partie supérieure du premier pour aboutir à la partie inférieure du second. Sur chacun des tuyaux *o* est disposé un robinet *p* à trois voies comportant un branchement *q*, lequel aboutit à un conduit collecteur de gaz *r*.

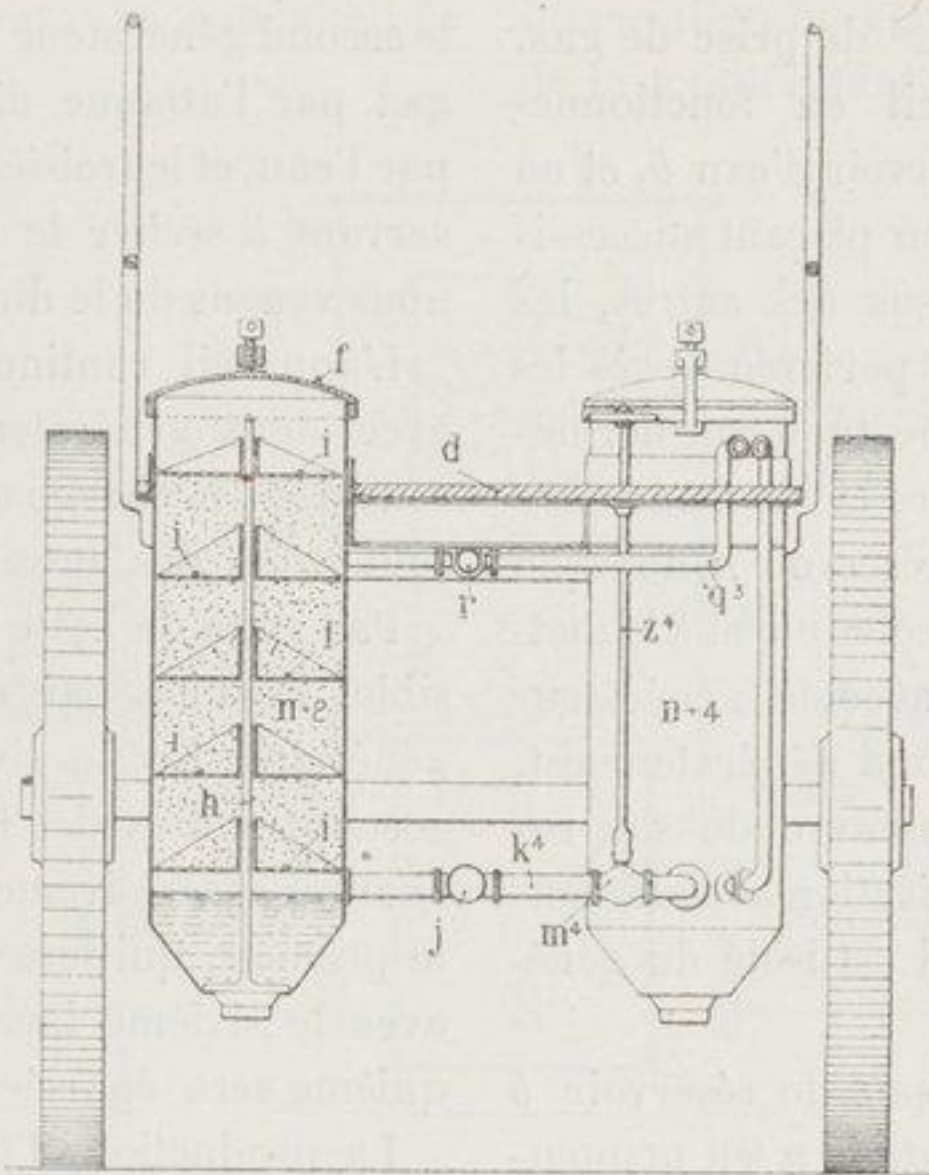


Fig. 190. — Appareil à hydrolithe de 500 mètres cubes à l'heure. — Coupe transversale.

Ce conduit, qui part de l'arrière du chariot, est disposé longitudinalement sous le châssis et aboutit vers l'avant, après s'être retourné à angle droit, à la partie inférieure de deux récipients cylindriques  $t$ ,  $t^1$  servant d'épurateurs.

Chaque épurateur comporte à sa partie supérieure un tuyau de sortie  $u$ ,  $u^1$  qui pénètre dans le réservoir d'eau  $b$  et se prolonge dans le fond de ce réservoir en forme de serpent  $v$ ,  $v^1$ , pour aboutir, extérieurement, à deux brides  $x$ ,  $x^1$  de prise de gaz.

Pour mettre l'appareil en fonctionnement, on remplit le réservoir d'eau  $b$ , et on charge les générateurs en plaçant successivement, les uns au-dessus des autres, les divers plateaux en tôle perforée après les avoir chargés d'hydrolithe. On ferme hermétiquement les générateurs et on manœuvre le robinet  $p$  du premier réservoir  $n$ , de façon à l'isoler du conduit collecteur  $r$  et à le mettre en communication avec le générateur suivant ( $n + 1$ ). Ce second générateur est, de son côté, par la manœuvre de son robinet  $p$ , mis en communication avec le conduit collecteur  $r$ , mais il est isolé du générateur suivant ( $n + 2$ ).

On laisse pénétrer l'eau du réservoir  $b$  dans le premier générateur  $n$  en manœuvrant la vanne  $m$  correspondante. L'eau arrive dans le générateur à sa partie inférieure, s'élève dans ce récipient, et, au fur et à mesure, attaque l'hydrolithe disposée sur les plateaux en tôle. Il se produit un dégagement de gaz et de vapeur d'eau qui passe dans le second générateur par l'intermédiaire du conduit  $o$ .

Dans ce second générateur, le mélange gazeux produit dans le générateur précédent, attaque l'hydrure de calcium frais, lequel absorbe la vapeur d'eau en dégageant une nouvelle quantité de gaz : ce gaz, par le branchement correspondant, se rend au collecteur  $r$  et de là dans l'épurateur.

Dans cet épurateur il abandonne les impuretés qu'il contient et, en particulier,

l'ammoniaque, puis le gaz arrive, par le tuyau  $u$  et le serpent  $v$ , à la prise de gaz  $x$ .

Lorsque le premier générateur  $n$  est épuisé en hydrolithe, on l'isole complètement de tous les autres organes par la manœuvre de sa vanne  $m$  et de son robinet  $p$ . On met alors en communication le troisième générateur avec le second. On admet l'eau dans ce second générateur et le fonctionnement de l'appareil continue de la même façon que nous venons de l'indiquer, le second générateur ( $n + 1$ ) produisant le gaz par l'attaque directe de l'hydrolithe par l'eau, et le troisième générateur ( $n + 2$ ) servant à sécher le gaz produit, ainsi que nous venons de le dire.

L'appareil continue donc à fonctionner avec deux générateurs, et successivement ceux dont la charge d'hydrolithe est épuisée sont isolés des autres.

Par suite de cette disposition, il est possible, lorsque, par exemple, le cinquième générateur et le sixième générateur sont accouplés, de vider les autres et de les recharger successivement en commençant par le premier, qui sera mis en communication avec le sixième lorsque la charge du cinquième sera épuisée.

La production d'hydrogène peut, de la sorte, être continue.

L'appareil peut, en outre, être mis en état de fonctionner très rapidement, car il suffit que les deux premiers générateurs soient chargés; le chargement des autres peut s'effectuer pendant le fonctionnement des deux premiers.

Le gaz recueilli aux prises  $x$  et  $x^1$  est sec; son passage dans les serpents  $v$  et  $v^1$  disposés au fond du réservoir d'eau suffit pour le ramener à une température assez faible pour permettre son utilisation immédiate.

Le chariot porte, à l'avant, un siège pour le conducteur, et à l'arrière, un caisson  $c$  dans lequel on peut placer une réserve d'hydrolithe.

*Procédé à l'hydrogénite* L'hydrogénite est un composé de *chaux sodée* et de *silicol*, constitué, lui-même, par un alliage de silicium.

L'hydrogénite, qui a l'aspect du sable très fin a la remarquable propriété de s'allumer et de produire, par incinération, de l'hydrogène, soit à l'air libre, soit en vase clos. Un kilogramme d'hydrogénite peut dégager par combustion de 270 à 370 litres d'hydrogène pur suivant la conduite de l'appareil.

au moyen d'une pincée de poudre spéciale, nommée *poudre d'allumage* que l'on fait brûler avec une allumette.

L'hydrogénite brûle sans flamme et rapidement, car une cartouche de 50 kilogrammes est consumée en 10 minutes. Elle se consume comme l'amadou, en produisant de l'hydrogène pur et de la fumée blanche. Cette fumée provient des poussières de soude caustique libérées par la dissociation de l'hydrogénite sous l'action de la température.

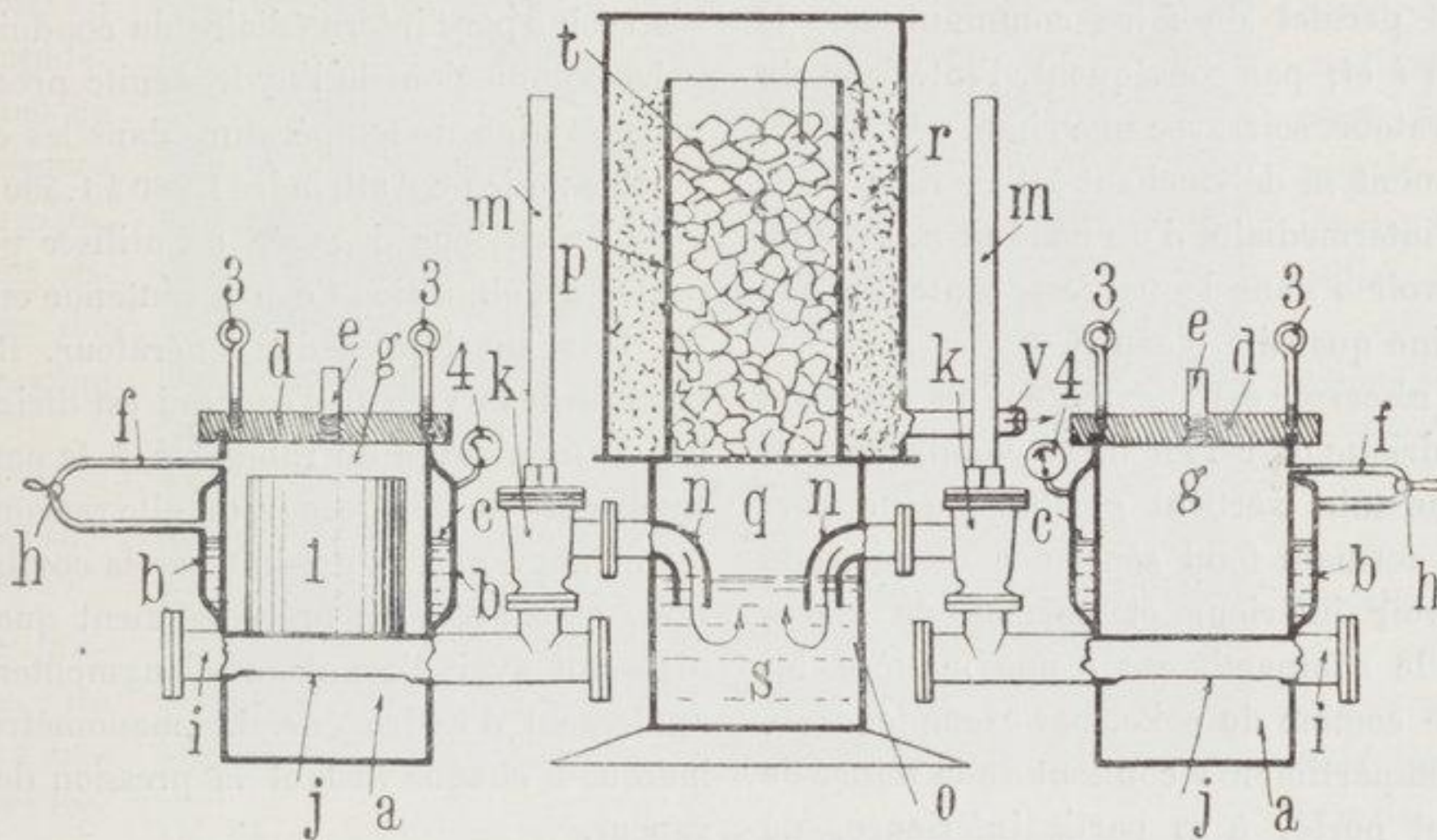


Fig. 191. — Appareil à hydrogénite de 50 mètres cubes à l'heure. Coupe.

L'hydrogénite peut être agglomérée et comprimée sous forme de *pains*. Un de ces blocs d'un volume d'un décimètre cube donne lieu, en brûlant, à une production de 800 litres d'hydrogène pur.

L'hydrogénite conserve constamment ses propriétés, à condition d'être enfermée dans une boîte métallique soigneusement close et tenue à l'abri de l'humidité.

On la livre, d'ailleurs, enfermée dans des *cartouches* métalliques disposées pour que la combustion puisse s'y effectuer.

Elle peut être allumée avec une simple allumette lorsqu'elle est réduite en poudre très fine. En pains, on l'allume aisément

Pour diminuer la formation de cette fumée et augmenter le rendement en hydrogène, on injecte à la fin de la combustion de chaque cartouche une petite quantité d'eau ou de préférence de vapeur d'eau.

L'appareil utilisant l'hydrogénite (Fig. 191) se compose d'un générateur *a*, récipient cylindrique comportant une double enveloppe *b*. L'espace compris entre les deux enveloppes sert à recevoir de l'eau *c* et communique, d'une part, au moyen d'un conduit *f*, avec la partie intérieure du générateur et, d'autre part, avec un manomètre *4*. Un robinet *h*, disposé sur le conduit *f*, permet, par sa manœuvre, d'établir ou d'in-

tercepter la communication entre la chambre à eau et le générateur. Un couvercle *d*, percé en son centre d'un trou dans lequel est placé un bouchon *e*, ferme le générateur à sa partie supérieure. La coupe 192 montre deux générateurs semblables disposés dans une même installation.

Un tuyau *i* traverse horizontalement le générateur *a* vers le tiers de sa hauteur. Ce tuyau porte une ouverture *j* tournée vers le fond du générateur et, à une extrémité, un branchement muni d'un robinet *k* à trois voies. La manœuvre de ce robinet permet de faire communiquer le tuyau *i* et, par conséquent, l'intérieur du générateur, soit avec une cheminée de dégagement *m* débouchant à l'air libre, soit, par l'intermédiaire d'un conduit *n*, avec un réservoir *o* dans lequel est contenue une certaine quantité d'eau *S*.

Ce réservoir est surmonté d'un récipient cylindrique divisé en deux compartiments par un tube vertical *p*. Une plaque perforée formant fond sépare ce récipient du réservoir inférieur et permet de placer dans le compartiment *t* une matière filtrante comme du coke, par exemple. L'autre compartiment *r* contient de la sciure de bois et porte, à sa partie inférieure, un tuyau *V* par lequel s'échappe le gaz.

Pour faire fonctionner l'appareil, on introduit dans le générateur une cartouche d'hydrogénite. Cette cartouche *1* est un simple récipient métallique contenant de l'hydrogénite et dont le couvercle s'enlève aisément. Le couvercle est retiré avant l'introduction de la cartouche, que l'on pose au-dessus du tube *i*.

Le couvercle du générateur est ensuite posé, sans être boulonné, au-dessus du récipient et, par le trou découvert en enlevant le bouchon *e*, on laisse tomber sur l'hydrogénite contenue dans la cartouche une *allumette tison* dont la flamme persiste quelque temps sans s'éteindre.

Par la manœuvre du robinet *k*, on met en

communication l'intérieur du générateur avec la cheminée de dégagement *m*, par l'intermédiaire du tuyau *i*.

L'hydrogénite se consume en produisant un dégagement intense d'hydrogène. Dès le commencement du dégagement, le gaz produit sort à l'air libre par la cheminée *m*. Lorsque le gaz qui s'échappe de cette cheminée a une teinte bleuâtre, c'est que l'air contenu dans le générateur a été rejeté dans l'atmosphère.

On tourne alors le robinet *k* pour mettre en communication le générateur *a* avec le réservoir *o* par l'intermédiaire du conduit *n*.

La combustion de l'hydrogénite produit une élévation de température dans les cartouches; elle peut atteindre 1.200 à 1.500 degrés. La chaleur dégagée est utilisée pour porter à l'ébullition l'eau *c* contenue entre les deux enveloppes du générateur. Il se produit de la vapeur d'eau qui est dirigée, par la manœuvre du robinet *h*, à la partie supérieure du générateur, où elle rencontre le mélange gazeux produit par la combustion. Nous avons dit précédemment que ce dispositif avait l'avantage d'augmenter le rendement d'hydrogène. Le manomètre *4* indique à chaque instant la pression de la vapeur.

L'hydrogène produit arrive dans la masse d'eau *S* contenue dans le réservoir *o*, la traverse, en se lavant et se refroidissant, puis monte dans le compartiment *t*, à travers le coke, s'y épure et enfin gagne le second compartiment *r* où il se sèche avant d'arriver au conduit *V*, qui le distribue pour être utilisé.

Le couvercle du générateur est simplement posé au-dessus de ce récipient, pour que, dans le cas d'une production considérable et instantanée de gaz, il puisse se soulever et éviter ainsi une surpression dangereuse dans le générateur. Il est cependant assez lourd pour se maintenir fixe pendant la marche normale de l'appareil.



Pour obtenir une production continue de gaz hydrogène, on peut disposer autour du réservoir constituant le laveur, l'épurateur et le sécheur, un certain nombre de récipients générateurs, comme l'appareil représenté par la figure 192.

Pendant que l'un des générateurs est en fonctionnement, on recharge les autres en remplaçant la cartouche vide par une nouvelle cartouche d'hydrogénite.

La mise en train de l'appareil est, on l'a vu, rapide, et, dans un court espace de temps, on peut obtenir, de l'hydrogène pur.

*Procédé au silicé*

Cette méthode de préparation de l'hydrogène consiste à décomposer

des alliages de silicium préparés au four électrique, tels que les *ferro* ou *manganosilicium*, en employant une solution concentrée de soude caustique.

On place dans un bac, dans lequel est disposé un mécanisme agitateur, la soude en morceaux; on y ajoute deux fois environ son poids d'eau; puis on met en mouvement l'agitateur; la soude se dissout en produisant un dégagement de chaleur qui porte la température entre 60 et 80 degrés centigrades.

La solution arrive alors dans le générateur avec une température suffisante pour que la réaction puisse se produire quand

elle prend contact avec l'alliage de silicium.

Cet alliage, réduit en poudre, est distribué par une trémie; son contact intime avec la solution de soude caustique est assuré par un second agitateur disposé dans le générateur.

L'hydrogène se dégage, mais il se trouve à une haute température. On le dirige dans un condenseur-laveur où il se refroidit et

où il abandonne la vapeur d'eau qu'il contient. Il peut, à la sortie du laveur, être utilisé.

*Liquéfaction et solidification de l'hydrogène*

Des recherches effectuées depuis longtemps en vue de liquéfier l'hydro-

gène ont abouti, en 1899, à l'obtention de l'*hydrogène liquide*. Ces recherches, poussées ensuite encore plus loin, permettaient de *solidifier l'hydrogène* en 1902. Ces résultats, qui intéressent au plus haut degré l'aérostation, ont été obtenus par le savant J. Dewar, continuant les travaux d'Olszewski.

On sait qu'un liquide ne peut rester dans cet état liquide que lorsqu'il est soumis à une pression supérieure ou tout au moins égale à celle pour laquelle il passe à l'état de vapeur. Ce point coïncide avec la *tension de vapeur* de ce liquide à une certaine tempé-

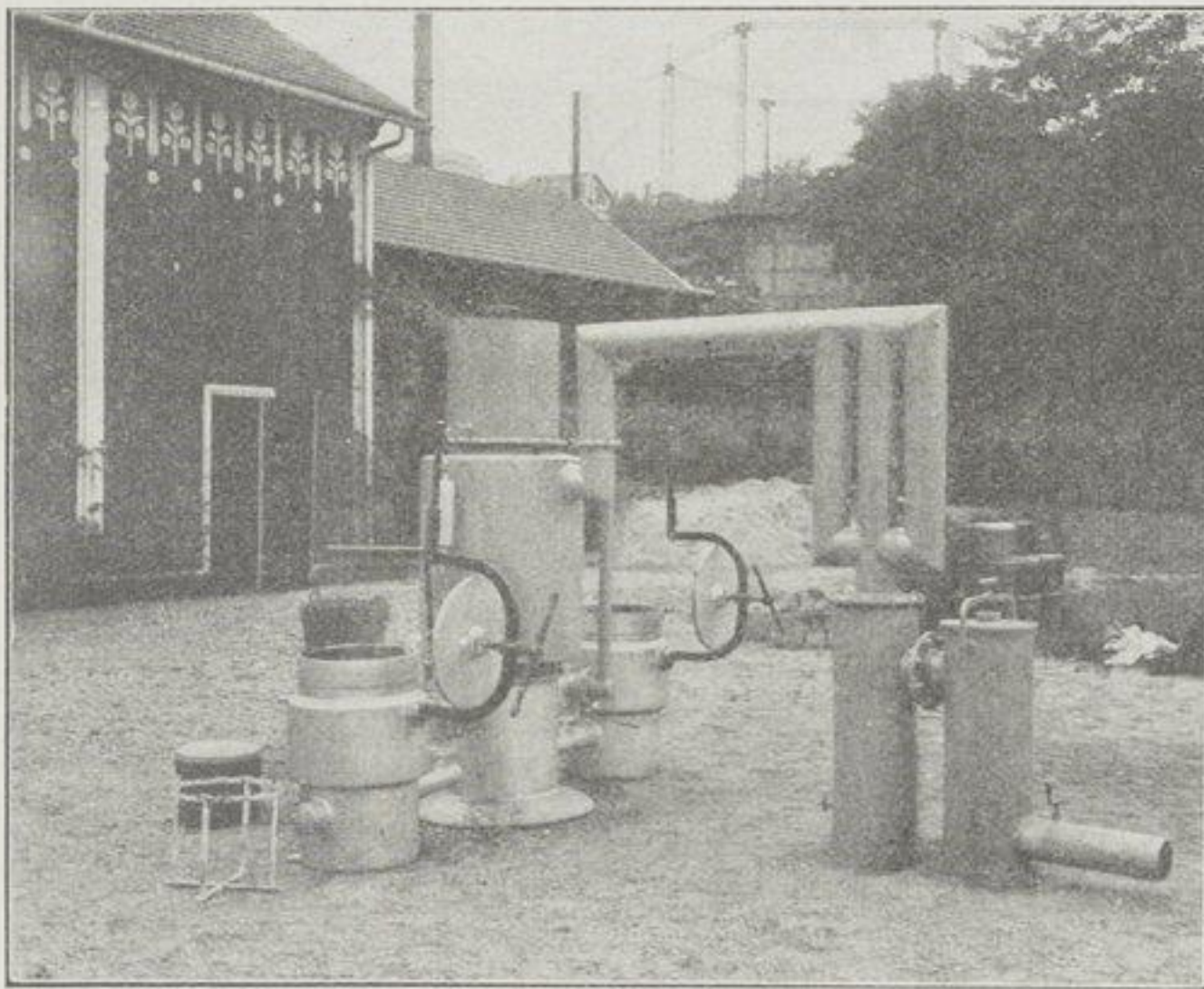


Fig. 192. — Appareil à hydrogénite de 50 mètres cubes à l'heure : les générateurs sont ouverts. Au pied du générateur de gauche on voit une cartouche de 25 kilogr. d'hydrogénite ainsi que son cadre.

rature. Lorsque la température s'accroît, sa tension de vapeur s'élève jusqu'à une certaine température maximum.

Lorsqu'un liquide est sous une pression plus considérable que la plus forte des tensions de sa vapeur, il ne donne pas de vapeur même pour les plus hautes températures, et se dilate d'une façon continue.

La pression minimum pour laquelle ce phénomène se produit est désignée sous le nom de *pression critique*. Suivant la valeur de la température, ou bien le gaz se laisse comprimer d'une façon continue, ou bien il se liquéfie pour une pression déterminée.

M. Dewar put déterminer la *pression*

*critique de l'hydrogène* et en déduisit la *température critique* à laquelle devait se produire la liquéfaction sous forme d'un liquide stable. Cette température, l'air liquide devait la lui fournir.

En effet, l'air liquide bout à 194 degrés centigrades au-dessous de zéro, alors

que l'hydrogène se liquéfie à 252 degrés centigrades au-dessous de zéro. Il fallait réaliser

cette différence de température. M. Dewar y est parvenu en descendant de 200 atmosphères l'air bouillant dans un serpentin refroidi également au moyen de l'air liquide. L'hy-

drogène comprimé à 180 atmosphères soumis à cette température et détendu dans le vide se transforme en un liquide par-

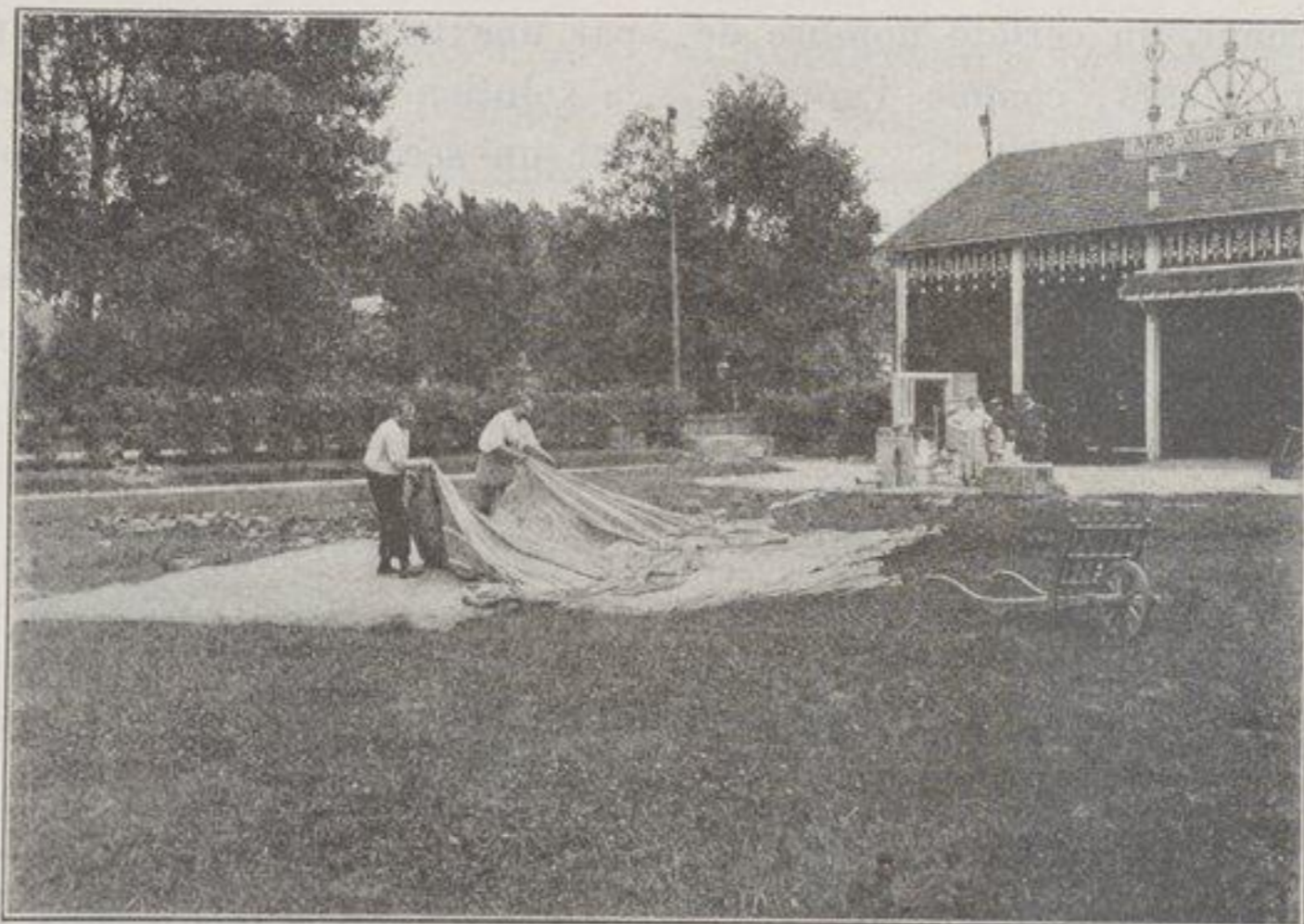


Fig. 193. — Le gonflement de l'*Hirondelle* au parc de l'Aéro-Club de France; on étend le ballon; dans le fond, devant le hangar de l'Aéro-Club, on distingue l'appareil à hydrogénite.

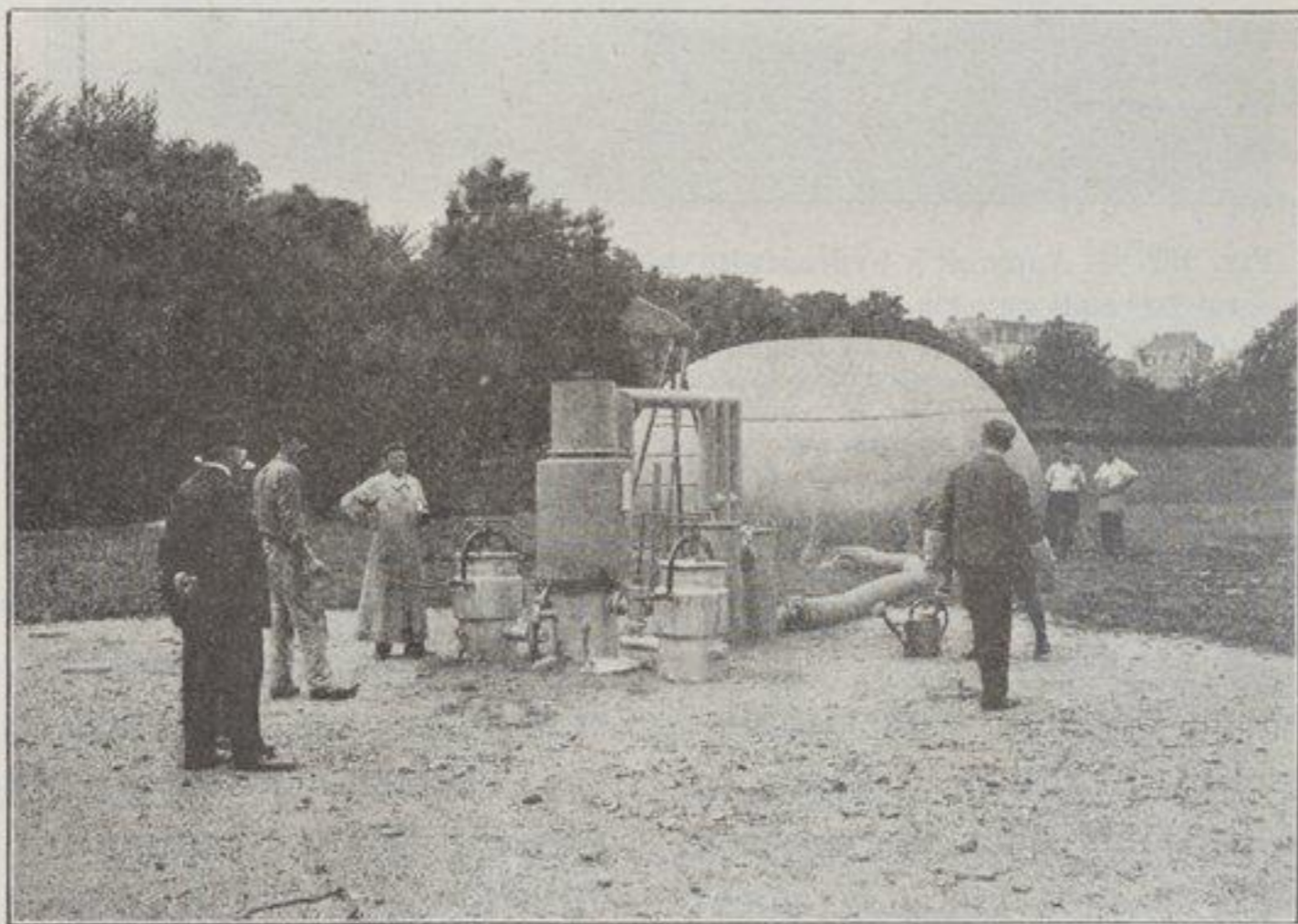


Fig. 194. — Le gonflement de l'*Hirondelle* au parc de l'Aéro-Club de France : 15 cartouches d'hydrogénite ont déjà brûlé, le gonflement est fait à moitié.

faitement stable que l'on peut recueillir, conserver, transporter dans des récipients. L'hydrogène liquide pourra donc certainement passer dans le domaine industriel. Des appareils ont été établis. L'un d'eux, le dispositif Kamerling-Onnes demande pour l'obtention d'un litre d'hydrogène liquide une puissance de 3 chevaux-heure et 2 litres d'air liquide. Comme la préparation d'un litre d'air liquide exige une dépense de 1 cheval  $\frac{1}{4}$  par heure, la dépense de force motrice totale par heure, pour produire 1 litre d'hydrogène liquéfié est de 5 chevaux  $\frac{1}{2}$ .

Un autre procédé fort curieux imaginé par le docteur Erdmann et qui a été décrit dans la *Revue aéro-rienne*, consiste à liquéfier

l'hydrogène *en cascade* à très basse pression au-dessous de sa température critique. L'inventeur l'avait conçu pour liquéfier de l'azote, mais il s'applique, d'après lui, à des gaz quelconques.

Ce procédé exige l'emploi d'un gaz bouillant à une température légèrement supérieure à celle du gaz que l'on veut liquéfier; l'air liquide, ainsi que nous l'avons dit précédemment ne suffirait donc pas.

Pour liquéfier l'hydrogène, d'après le docteur Erdmann, il faudrait recourir à un des nouveaux et extraordinaires gaz contenus

dans l'atmosphère et découverts il y a quelques années par William Ramsay et M. Travers : l'argon, le *crypton*, le *néon*, le *xénon*, l'hélium.

Ces gaz sont, probablement, des vapeurs métalliques subtiles d'étranges métaux ou même leurs émanations. Toujours est-il que, parmi eux, le docteur Erdmann considère le *néon* comme particulièrement apte à se prêter, dans son appareil en cascade, à la liquéfaction de l'hydrogène. Il bout, en effet, à 243 degrés au-dessous de zéro à

la pression ordinaire, et on peut le récupérer aisément. Sa proportion dans l'atmosphère est de quinze millionièmes en volume.

L'hydrogène solide obtenu par M. Dewar se présente

sous forme de glace transparente dont la densité est de 0.086. La fusion de cette glace à 258 degrés au-dessous de zéro donne un liquide dont la densité est de 0.07.

Il est aisé de concevoir quel parti l'aérostation paraît appelée à tirer de l'hydrogène ainsi rendu transportable, dans des récipients de volume réduit.

En effet, à l'état liquide, l'hydrogène n'occupe que le *huit centième* de son volume gazeux; autrement dit, un litre d'hydrogène liquide fournit huit cents litres de gaz.

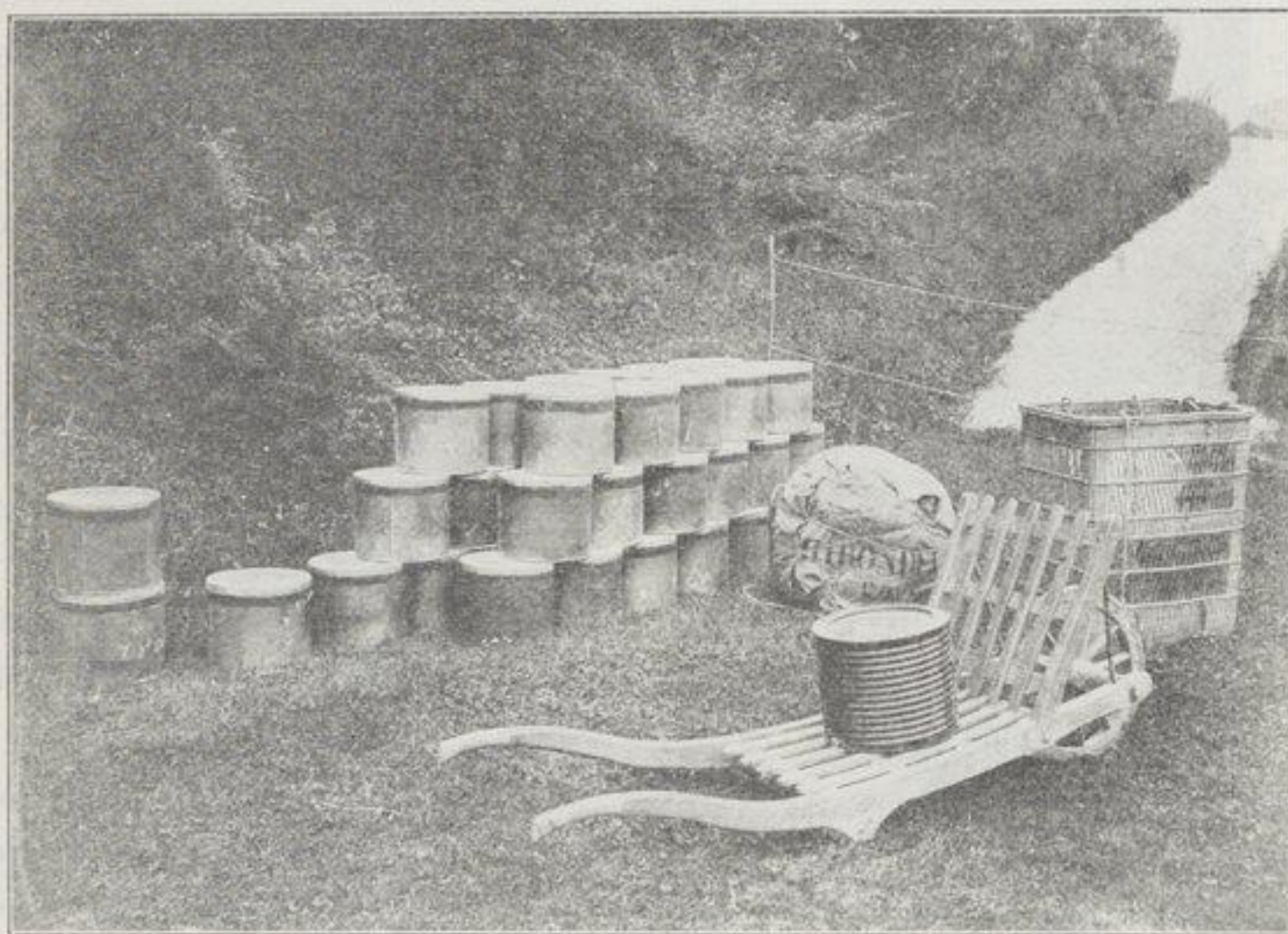


Fig. 195. — Les munitions : 45 cartouches d'hydrogénite de 25 kilos chacune. Au premier plan un nouveau modèle de cartouche en tôle ondulée qui peut être expédié tel quel par chemin de fer sans autre emballage.

*Emmagasine-  
ment de l'hy-  
drogène*

En dehors des procédés d'emmagasinement de l'hydrogène à l'état liquide, qui n'ont pas encore reçu une consécration industrielle, on peut recueillir l'hydrogène à l'état gazeux pour le transporter et l'utiliser immédiatement à son point d'arrivée. C'est une condition qui peut avoir une très grande importance au point de vue de l'aérostation militaire.

On peut emmagasiner l'hydrogène gazeux à la pression ordinaire ou à une pression beaucoup plus élevée.

Dans le premier cas, le volume des récipients dans lesquels on le recueille est toujours considérable et leur transport

n'est pas pratique; il faut utiliser le gaz sur place. On peut emmagasiner le gaz dans des ballons, mais il convient, dans ce cas, de l'employer peu de temps après, car l'hydrogène s'échappe toujours à travers l'enveloppe et on ne peut guère éviter des rentrées d'air qui troublent la composition du gaz.

On peut, également, recueillir l'hydrogène dans des gazomètres, à condition de réaliser des joints parfaitement étanches.

L'intérêt, pour son emploi dans l'aérostation militaire, consiste à pouvoir disposer de l'hydrogène à l'état gazeux en un lieu

quelconque, et il convient pour cela qu'il puisse être contenu dans des récipients de volume réduit.

C'est pour cela qu'on l'a emmagasiné sous une forte pression dans des tubes en acier de petit volume, facilement transportables, malgré leur poids relativement grand, nécessité par l'épaisseur du récipient soumis à la pression du gaz.

Nous avons précédemment parlé de ces tubes à hydrogène et indiqué la façon d'o-

pérer pour procéder au gonflement d'un aérostat captif.

*Détermination du poids spécifique de l'hydrogène*

On sait que le poids spécifique d'un corps est le poids de l'unité de volume de ce corps.

Il est très

important de connaître le poids spécifique de l'hydrogène produit par un des divers procédés que nous venons d'examiner. On connaît, ainsi, d'abord, le degré de pureté de l'hydrogène, car plus le gaz est lourd, plus il contient de gaz étrangers, et on peut déterminer, en outre, la valeur de la force ascensionnelle de l'hydrogène obtenu. On a construit, pour déterminer le poids spécifique de l'hydrogène, des appareils parmi lesquels l'appareil de Schilling ou appareil d'Elster.

Cet appareil repose sur le principe du rapport de l'écoulement des gaz à tra-



Fig. 196. — Le transport des cartouches brûlées : chacun des hommes porte un gant d'amiante pour se protéger contre la chaleur.

vers un orifice percé dans une mince paroi.

La vitesse d'écoulement de l'air atmosphérique étant prise comme terme de comparaison, on détermine le rapport existant entre le temps d'écoulement d'un même volume d'air et d'hydrogène :

un tableau spécialement dressé donne, en regard du chiffre trouvé, le poids du litre d'hydrogène observé, ramené à la température de 0 degré et à la pression de 760 millimètres de mercure.

M. Josse a apporté à l'appareil Schilling certaines modifications pour le mieux approprier à l'emploi qu'on lui destine.

Cet appareil (Fig. 197), qui a été décrit dans l'*Aérophile*, se compose d'une éprouvette extérieure A en verre, solidaire d'un socle B métallique, assurant la stabilité de l'appareil.

L'éprouvette est surmontée d'une cuve cylindrique C.

A l'intérieur de l'éprouvette A est disposée une seconde éprouvette cylindrique D, dans laquelle un volume

de 500 centimètres cubes est indiqué par deux traits circulaires gravés sur la paroi en verre de l'éprouvette.

Une bague E, munie de ressorts F, termine, cette éprouvette à sa partie inférieure, et sert à la guider quand on la déplace verticalement. Deux tringles aident également à ce guidage.

A la partie supérieure de l'éprouvette D

est placé un robinet, dont la manœuvre permet de mettre à volonté en communication cette éprouvette soit avec la source de gaz, soit avec l'atmosphère, soit avec un ajutage capillaire. On peut aussi placer le robinet à l'arrêt; il interrompt alors toute communication.

En remontant l'éprouvette et en manœuvrant d'une façon appropriée le robinet, on peut d'abord introduire le gaz à analyser dans l'appareil, puis le rejeter dans l'atmosphère.

On effectue plusieurs fois cette manœuvre de façon à chasser complètement de l'appareil l'air qu'il peut contenir, puis on fait un prélèvement définitif de gaz que l'on emprisonne dans l'appareil par le placement du robinet au point d'arrêt.

Au moment choisi pour l'expérience, on laisse le gaz s'écouler par l'ajutage capillaire et on mesure le temps d'écoulement. Le tableau spécial donne, dès lors, les résultats correspondant à ce temps d'écoulement.

Il convient, à chaque essai de gaz hydrogène, d'effectuer aussi un essai sur l'air atmosphérique pour que les mesures soient faites pour le gaz et pour l'air à la même pression et à la même température. On n'a pas, de la sorte, à apporter au chiffre trouvé des corrections qui seraient dues aux différences de température et de pression des deux gaz.

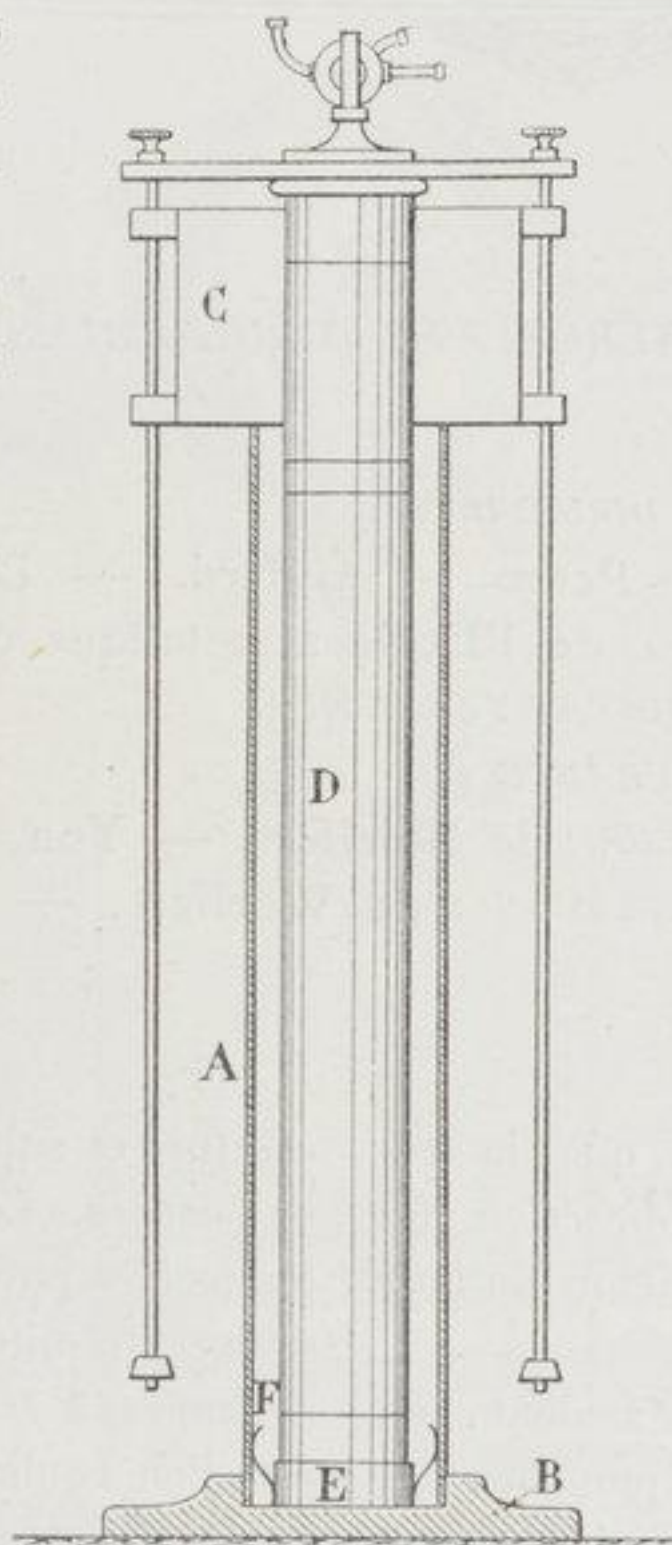


Fig. 197. — Appareil Schilling-Josse.



## AÉROSTATS DIRIGEABLES

### HISTORIQUE.

#### PROJETS DIVERS D'AÉROSTATS DIRIGEABLES.

AÉROSTATS : Meusnier. — Petin. — Giffard. — Dupuy-de-Lôme. — Tissandier. — « LA FRANCE » de l'École aérostatique de Meudon.

#### AUTRE EXPÉRIENCE DE L'AÉROSTAT TISSANDIER.

#### SORTIES DE L'AÉROSTAT « LA FRANCE ».

PROJETS D'AÉROSTATS A VAPEUR : de Woelfert. — Yon.

AÉROSTATS A MOTEURS A EXPLOSION : de Woelfert. — Schwartz. — Severo. — de Brasky.

*Historique* On peut dire que la recherche de la *direction des aérostats* date de l'époque même de leur invention.

Les premiers aéronautes avaient, en effet, voulu, dès lors qu'ils pouvaient se maintenir dans l'air, pouvoir s'y diriger, et ils avaient muni leur appareil de rames et de voiles pour tâcher d'obtenir ce résultat.

Nous avons représenté précédemment quelques-uns de ces aérostats, parmi lesquels celui de Blanchard dont le dispositif ne put, d'ailleurs, être utilisé.

Une tentative plus sérieuse fut faite en 1784, par l'Académie de Dijon, avec un aérostat que Guyton de Morveau avait établi.

L'enveloppe de l'aérostat était en soie et recouverte d'un vernis gras et siccatif. Sa partie supérieure était coiffée d'un fort filet en tresse de rubans, venant s'attacher, vers la moitié du globe, à un cercle de bois, qui l'entourait comme une

ceinture et supportait la nacelle, au moyen de cordes. Ce cercle servait en même temps à supporter deux voiles placées aux deux extrémités opposées, et qui étaient destinées à *fendre* l'air dans la direction que l'on voulait suivre. Ces voiles étaient composées de toile tendue sur un cadre de bois. Sur l'une de ces voiles étaient peintes les armes de la famille de Condé. L'autre, qui était bariolée comme un pavillon, devait se comporter à la façon d'un gouvernail. En outre, deux rames, placées entre la *proue* et le *gouvernail*, devaient battre l'air comme les ailes d'un oiseau. Les rames, la *proue* et le *gouvernail*, devaient être manœuvrés, à l'aide de cordes, par les aéronautes placés dans la nacelle,

A la nacelle étaient attachées d'autres rames plus petites.

C'est avec ces moyens d'action que Guyton de Morveau, de Virly, et l'abbé Bertrand essayèrent de se diriger dans les airs.

Dans le récit d'une ascension effectuée le 12 juin 1784, par Guyton de Morveau et de Virly, avec cet aérostat, on trouve la trace des tentatives faites pour *diriger* l'aérostat ou, plus exactement, pour le dévier de la direction à laquelle imprimait le vent.

Voici quelques détails de la relation de ce voyage.

« Nous résolûmes d'essayer les manœuvres à la vue de toute la ville, et de la tourner de l'Est au Nord; nous reconnûmes avec plaisir que les rames produisaient leur effet : le gouvernail déplaçait l'arrière et portait le cap du côté

que nous désirions, en changeant chaque fois la direction d'environ 3 à 4 degrés sur la boussole, ce qui fut estimé très exactement par M. de Virly sur une boussole portant un second cercle divisé en heures et quarts d'heure. Le déplacement se trouva de deux divisions ou d'un 96°.

« Les rames, jouant d'un seul côté, appuyaient le gouvernail et hâtaient le déplacement; jouant ensemble, elles faisaient aller en avant.

« Nous parcourûmes ainsi un certain espace, le vent nous rejetant sensiblement sur l'est.

« Arrivés sur les carrières de Dromont, nous primes la résolution de profiter du calme pour nous porter en droite ligne sur Dijon.

« M. de Virly manifesta cette intention par un billet attaché à une pelote qui pouvait peser deux onces, avec banderoles,

qu'il laissa tomber tout près de ce hameau. Sa chute jusqu'à terre, où nous la revîmes après qu'elle fut arrêtée, fut de 37 secondes.

« Ayant viré par le gouvernail, nous fîmes force de rames, et nous voguâmes en effet dans cette direction, sur une longueur

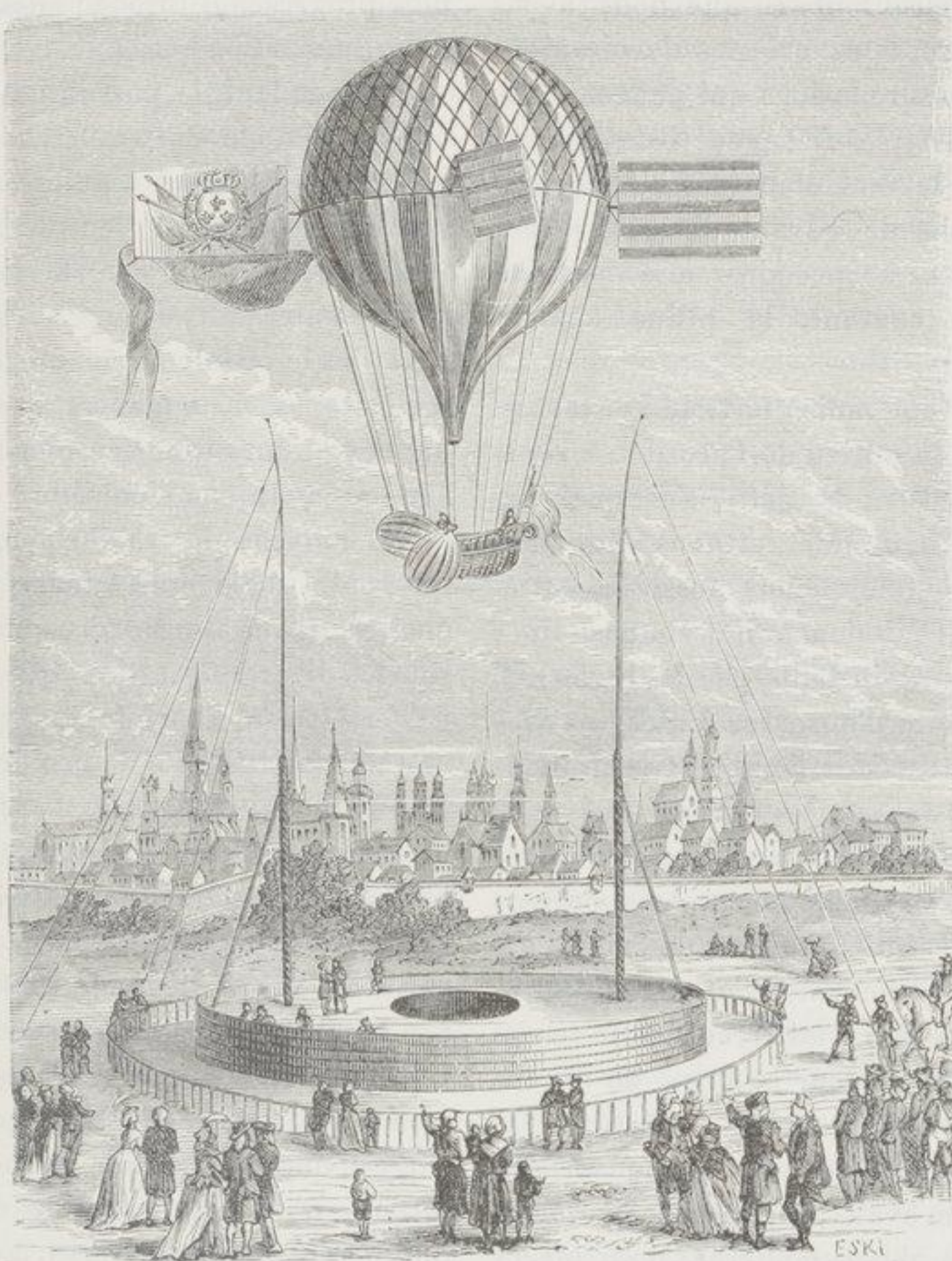


Fig. 198. — Ascension faite le 12 juin 1784 avec l'aérostat de l'Académie de Dijon, par Guyton de Morveau et de Virly. — Premier essai de direction des aérostats, à l'aide de rames. (D'après une gravure de l'époque.)

d'environ 200 toises. Nous aurions rempli probablement notre projet, si nous eussions pu suffire au travail qu'il exigeait; mais la chaleur et la fatigue nous obligèrent à le suspendre...

« Après avoir décrit avec l'exactitude la plus scrupuleuse tout ce que nous avons fait et observé, nous croyons devoir ajouter ici quelques réflexions qui peuvent contribuer au progrès de l'art aérostatique.

« Lorsque le vent était sensible, la résistance latérale de l'avant décidait peu à peu l'aérostat à prendre une position parallèle au courant, la proue fendait l'air.

« Par un vent moins fort, le gouvernail restant dans le milieu de l'arc de sa révolution sans y être assujetti, s'est quelquefois présenté le premier et nous marchions par l'arrière. Quelquefois aussi l'avant et le gouvernail faisaient voile, et nous étions portés quelques instants par le travers. Il nous était facile d'observer toutes ces évolutions en regardant l'ombre très prononcée de l'aérostat sur les champs que nous traversions; mais cela ne durait qu'autant que nous ne faisons aucune manœuvre; le gouvernail seul a toujours décidé la position; le déplacement était plus prompt, quand on faisait travailler en même temps les rames de l'équateur et même de la gondole.

« Pour s'assurer de l'effet du gouvernail, M. de Virly m'avait proposé, dès que nous fûmes élevés, de manœuvrer, pour placer à l'avant un chemin qui faisait alignement à l'arrière; je le laissai agir seul; il y parvint en très peu de temps. Cette expérience a été répétée plusieurs fois, avec le même succès, tournant à droite ou à gauche, à volonté. »

On voit que les rames et le gouvernail produisirent quelque effet, quand l'air était tranquille. Mais le vice de ce système, comme celui de beaucoup d'essais du même genre qui furent tentés depuis, c'était l'in-

suffisance de la *force humaine* employée comme *moteur*.

L'insuccès des diverses expériences relatives à la direction des aérostats fut, pendant longtemps, la cause du peu de développement pris par l'aérostation et des faibles progrès qui furent réalisés dans l'art de la navigation aérienne.

Et cependant, la possibilité de diriger à volonté les aérostats lancés dans l'espace, est une question qui a préoccupé un grand nombre de savants. Meusnier, Monge, Lalande, Guyton de Morveau, Bertholon et beaucoup d'autres physiciens, n'hésitaient pas à regarder le problème comme pouvant se résoudre assez facilement. Les beaux travaux mathématiques que Meusnier nous a laissés sur les conditions d'équilibre des aérostats et les moyens de les diriger, montrent à quel point ces idées l'avaient séduit. On peut en dire autant de Monge, qui a traité avec soin les diverses questions qui se rattachent à l'aérostation. Cependant, on pourrait citer une très longue liste de géomètres qui ont combattu les opinions de Monge et de Meusnier. D'un autre côté, une foule d'ingénieurs et d'aéronautes ont essayé diverses combinaisons mécaniques, propres à diriger les aérostats. Mais toutes ces tentatives n'ont eu, pendant longtemps, aucun succès, et la pratique renversait les espérances que les inventeurs avaient conçues.

C'est que la direction des aérostats s'environne d'un grand nombre de difficultés qui ont été et qui seront peu à peu résolues.

L'agitation de l'atmosphère est, en effet, une règle qui souffre peu d'exceptions. Lorsque le temps nous semble le plus calme à la surface de la Terre, les régions élevées de l'air sont souvent parcourues par des courants très forts. La résistance considérable que l'air, même le plus tranquille, oppose à la progression d'un aérostat ne peut être surmontée par la force de l'homme réduit à ses bras, ou à un mécanisme destiné à transmettre cette force.



Le seul point d'appui offert à l'engin moteur, c'est l'air atmosphérique. En raison de la ténuité de ce fluide, il faut le frapper avec une grande vitesse, pour produire un effet sensible de réaction. Mais pour obtenir cette vitesse, il fallait primitivement employer divers appareils plus ou moins compliqués, appliqués à un mécanisme tournant dans l'air. Or, les rouages, les engrenages et les agents moteurs, qu'il fallait embarquer pour produire un résultat, étaient d'un poids trop considérable pour être utilement adaptés à un aérostat dont la légèreté est la première et la plus indispensable des conditions.

Si, pour obvier à cet inconvénient capital, on voulait augmenter, dans les proportions nécessaires, le volume du ballon, on tombait dans un autre défaut tout aussi grave. L'aérostat présentait alors en surface un développement considérable. Or, en augmentant les dimensions du ballon, on offre nécessairement à l'action de l'air une prise plus considérable; c'est comme la voile d'un navire sur laquelle le vent agit avec d'autant plus d'énergie que sa surface est plus grande. Ainsi, en augmentant la force, on augmentait en même temps la résistance, et comme ces deux éléments croissaient dans le même rapport, les conditions premières restaient les mêmes.

Il est donc manifeste qu'aucun des innombrables systèmes de rames, de roues, d'hélices, de gouvernails, *mus par la force humaine*, etc., dès l'abord proposés ou essayés, ne pouvaient en aucune manière, permettre d'arriver au but que l'on se proposait d'atteindre.

C'était donc un *moteur d'une grande puissance* qu'il fallait substituer à la force humaine. Pouvait-on trouver un moteur capable de remplir cet objet? Les moteurs à vapeur, qui produisent un résultat mécanique si puissant, ne paraissent pouvoir s'installer sous un aérostat qu'au prix de bien des difficultés. Le poids de la machine

à vapeur, celui du combustible, et surtout les dangers qu'occasionne l'existence d'un foyer dans le voisinage d'un gaz inflammable comme l'hydrogène, sont autant de conditions qui semblaient interdire l'emploi de la vapeur, comme force motrice, dans les appareils destinés à traverser les airs. Cependant, la belle expérience exécutée, en 1852, par Henry Giffard, et qui a été aussi remarquable que démonstrative, prouve que l'on peut parvenir à installer sans danger, au-dessous d'un ballon à gaz hydrogène, une chaudière à vapeur et un foyer plein de combustible en ignition.

Quant aux moteurs autres que ceux à vapeur, c'est-à-dire les ressorts, l'air comprimé, le moteur électrique, qui pour des puissances plus faibles avaient un poids plus considérable, un vent d'une faible vitesse paralysait toute leur action.

Depuis, ainsi que nous allons le voir plus loin, les progrès faits en Électricité et en Mécanique ont permis de réaliser des aérostats comportant des moteurs électriques, auxquels on a réussi à faire parcourir un itinéraire déterminé d'avance.

Mais c'est grâce à la création du *moteur à explosion*, alimenté par les essences de pétrole, et aux incessants perfectionnements qui y ont été apportés, que le problème de la direction des aérostats a fait des progrès très rapides et a pu être définitivement résolu.

Il n'est pas sans intérêt de passer en revue les essais faits à différentes époques pour parvenir à diriger les aérostats, quoique, pendant longtemps, le concours qu'ils ont apporté à l'avancement de la question ait été des plus minimes.

En dehors de la tentative de Guyton de Morveau et presque au début de l'aérostation, Monge traita cette question. Il proposa un système de vingt-cinq petits aérostats sphériques, attachés les uns aux autres comme les grains d'un collier, formant un assemblage flexible dans tous les sens, et

susceptible de se développer en ligne droite, de se courber en arc dans toute sa longueur, ou seulement dans une partie de sa longueur, et de prendre, avec ces formes rectilignes ou ces courbures, soit la situation horizontale, soit différents degrés d'inclinaison. Chaque aérostat devait être muni de sa nacelle et dirigé par un ou deux aéronautes. En montant ou en descendant, suivant l'ordre transmis, au moyen de signaux, par le commandant de l'équipage, ces globes auraient imité dans l'air le mouvement du serpent dans l'eau. Cet étrange projet ne fut pas mis à exécution.

*Aérostat  
Meusnier*

(Fig. 199.)  
Meusnier  
a traité  
plus sé-

rieusement le problème de la direction des aérostats. Le travail mathématique qu'il a exécuté sur cette question, en 1784, est digne d'être encore médité. Meusnier, qui était alors lieutenant du Génie, qui fut Membre de l'Académie des Sciences à l'âge de vingt-neuf ans, et qui devint général, avait conçu un projet de dirigeable comportant les principales dispositions adoptées de nos jours pour ces aérostats. C'était un an après l'invention des aérostats par Montgolfier, et on comprend qu'à cette époque Meusnier n'ait compté pour diriger

son aérostat que sur le concours de son équipage.

L'aérostat de Meusnier était constitué par deux enveloppes qui devaient s'appliquer exactement l'une sur l'autre. Ces enveloppes étaient recouvertes d'un vernis destiné à empêcher le gaz contenu dans le ballon de s'échapper. Le gaz prévu pour remplir l'enveloppe intérieure était de l'hydrogène. Lorsque cette enveloppe était

complètement remplie, elle devait s'appliquer sur l'enveloppe extérieure; mais, dans le cas de déperdition d'hydrogène, l'espace restant libre entre les deux enveloppes pouvait être rempli d'air de façon à assurer la

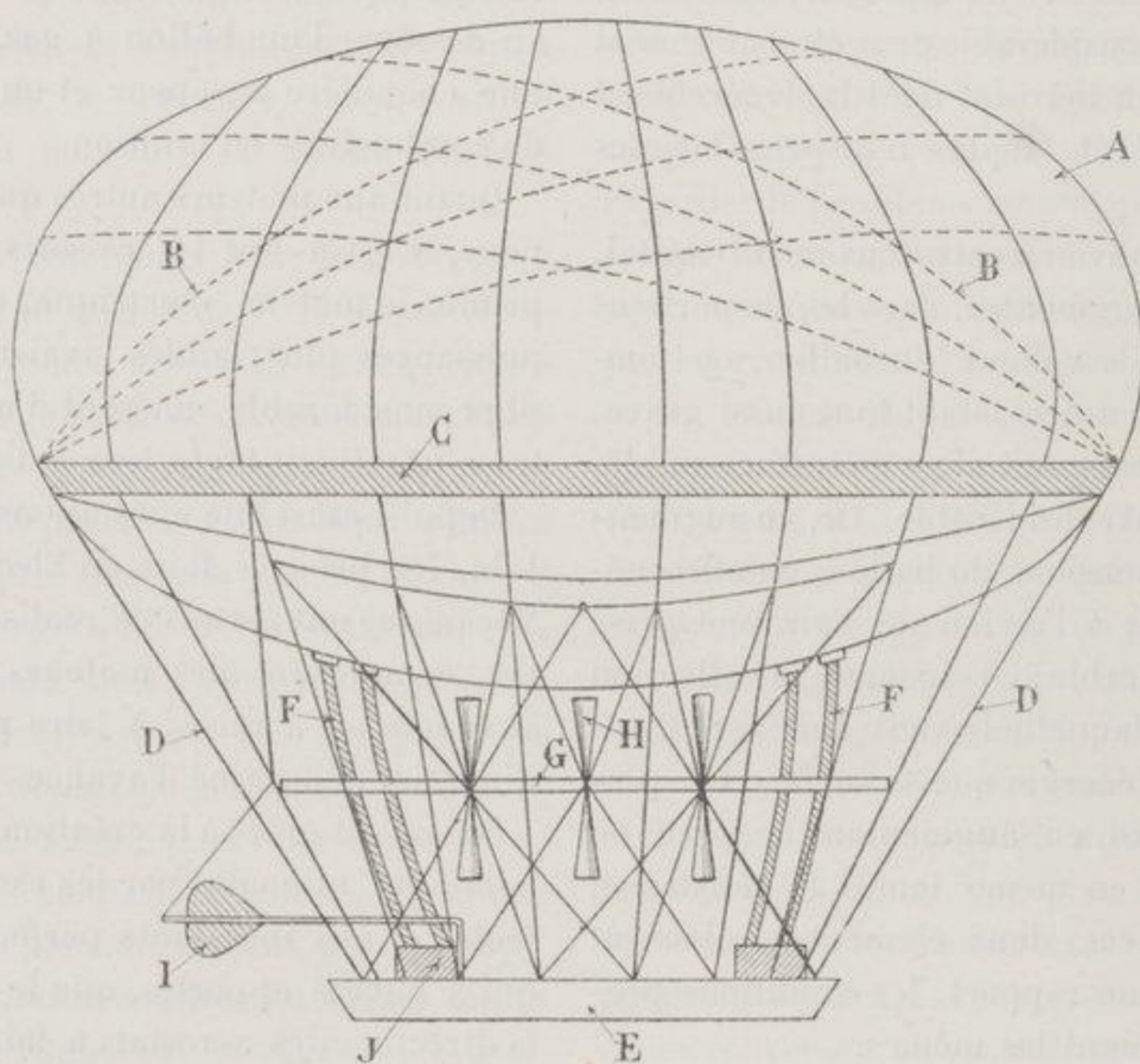


Fig. 199. — Aérostat Meusnier.

permanence de la forme extérieure de l'aérostat. Cette disposition constituait le *ballonnet à air*, qui joue un rôle si important, ainsi que nous le verrons plus loin, dans la stabilité des aérostats dirigeables.

Les deux enveloppes imperméables destinées à contenir l'hydrogène et l'air étaient recouvertes par une troisième enveloppe A (Fig. 199), dite *enveloppe de force*. Cette enveloppe servait à supporter la nacelle et tous les organes qu'elle devait renfermer.

L'enveloppe extérieure avait la forme d'une sorte d'ellipsoïde dont la longueur

égalait environ deux fois le plus grand diamètre. Elle était très résistante, et sa forme était assurée par un réseau de *sangles* B qui se croisaient sur sa surface. Un filet la recouvrait. Le filet et les sangles soutenaient une *ralingue* C placée tout autour de l'aérostat, au quart environ de sa hauteur, et cousue sur cette enveloppe A.

C'est de cette *ralingue* que partaient les suspentes D qui soutenaient la nacelle E.

Un autre réseau de cordages, des *balancines* se croisant avec les suspentes D, reliait également la nacelle à l'enveloppe et constituait un système de suspension triangulaire destiné à rendre l'ensemble indéformable.

En trois points de jonction, ou *nœuds des balancines*, était appliqué l'axe G de trois *rames tournantes* H, destinées à donner le mouvement à l'aérostat.

Ces trois organes, appelés *rames tournantes* par Meusnier, étaient en réalité des sortes d'hélices dont l'application devait ainsi être faite à la navigation aérienne avant même qu'on ait eu l'idée de les utiliser dans la navigation maritime.

La nacelle E avait la forme d'un bateau et était prévue pour pouvoir se soutenir sur l'eau et au besoin naviguer dans le cas d'une descente en mer.

Elle supportait, en plus de l'équipage, deux pompes à air J, qui, par l'intermédiaire de manches F, permettaient d'envoyer de l'air dans le ballonnet disposé entre les deux enveloppes intérieures.

Un mécanisme à manivelles, placé également dans la nacelle, manœuvré par l'équipage, devait donner le mouvement aux *rames tournantes* et faire progresser l'aérostat.

Un gouvernail I était disposé à l'arrière.

On voit donc que, dès l'année 1784, Meusnier avait découvert les éléments essentiels qui assurent la stabilité des aérostats dirigeables. Il ne lui manquait qu'un moteur suffisamment puissant pour avoir résolu le problème de la direction des aérostats.

D'ailleurs, pour assurer le mouvement de son aérostat Meusnier comptait surtout sur les courants atmosphériques; en se plaçant dans leur direction, on devait obtenir une vitesse considérable. Mais pour chercher ces courants et pour s'y rendre, il fallait un moteur et un moyen de direction. Meusnier pensait que le moteur le plus avantageux, c'étaient les bras des hommes de l'équipage, qu'il employait à faire tourner les *rames*, dont l'inclinaison était telle, qu'en frappant l'air, elles transmettaient à l'axe une impulsion dans le sens de sa longueur, impulsion qui devait faire avancer l'aérostat.

L'auteur de ce projet avait calculé qu'en employant toutes les forces des passagers, on ne pourrait communiquer au ballon que la vitesse d'une lieue par heure. Cette vitesse suffisait cependant au but qu'il se proposait, c'est-à-dire pour trouver le courant d'air propice auquel il devait ensuite abandonner sa machine.

Après Meusnier, on voulut lutter directement contre les courants atmosphériques, en essayant de construire, avec des mécanismes mis en action par la force de l'homme, divers appareils destinés à vaincre la résistance de l'air. On n'aboutit qu'aux échecs les plus déplorables.

C'est ce qui arriva, par exemple, à un certain Calais, qui fit, au jardin Marbeuf, à Paris, en 1801, une expérience aussi ridicule que malheureuse, sur la direction des aérostats.

En 1812, un horloger de Vienne, nommé Jacob Deghen, échoua tout aussi tristement, à Paris. Le système qu'il employait était une sorte de combinaison du cerf-volant et de l'aérostat. Il différait peu de celui que Blanchard avait essayé à Paris. Un plan incliné, se portant à droite ou à gauche au moyen de la pression des mains ou des pieds, devait offrir à l'air une résistance et à l'aéronaute un centre d'action. La figure 200 montre les dispositions de l'appareil

que Deghen avait construit pour faire mouvoir, à l'aide des mains ou des pieds, des espèces d'ailes qui auraient imprimé à l'aérostat la direction désirée.

L'expérience tentée au Champ-de-Mars trompa complètement l'espoir de l'horloger viennois.

Le pauvre aéronaute fut battu par la populace, qui mit en pièces sa machine.

En 1816, Pauly, de Genève, l'inventeur du fusil à piston, voulut établir à Londres des transports aériens. Il construisit un aérostat colossal en forme de baleine, mais n'obtint aucun succès.

Cet appareil de Pauly n'était d'ailleurs

que l'imitation du système que le baron Scott avait imaginé, dès le début des tentatives de ce genre.

En 1788, le baron Scott de Martinville avait soumis au monde savant, le projet d'un immense aérostat, représentant une sorte de poisson aérien, muni de sa nageoire articulée et mobile, qui devait rappeler, par

sa marche dans l'air, la progression du poisson dans l'eau. Mais ce plan, qui, dès le commencement de l'année 1789, avait réuni un assez grand nombre de souscripteurs, ne fut pas exécuté, par suite de la gravité des événements politiques que la

Révolution fit éclore.

C'est encore parmi les projets qu'il faut ranger la machine proposée en 1825, par Edmond Genet, établi aux États-Unis, qui publia à New-York un mémoire sur les *forces ascendantes des fluides*, et qui obtint un brevet du Gouvernement américain pour un *aérostat dirigeable*.

La machine décrite par

Genet était d'une forme ovoïde et allongée dans le sens horizontal. Le moyen mécanique dont l'auteur voulait faire usage, était un manège mû par des chevaux; il embarquait dans l'appareil les matières nécessaires à la production du gaz hydrogène.

Nous pouvons citer encore le projet d'une machine aérienne dirigeable, qui fut conçue

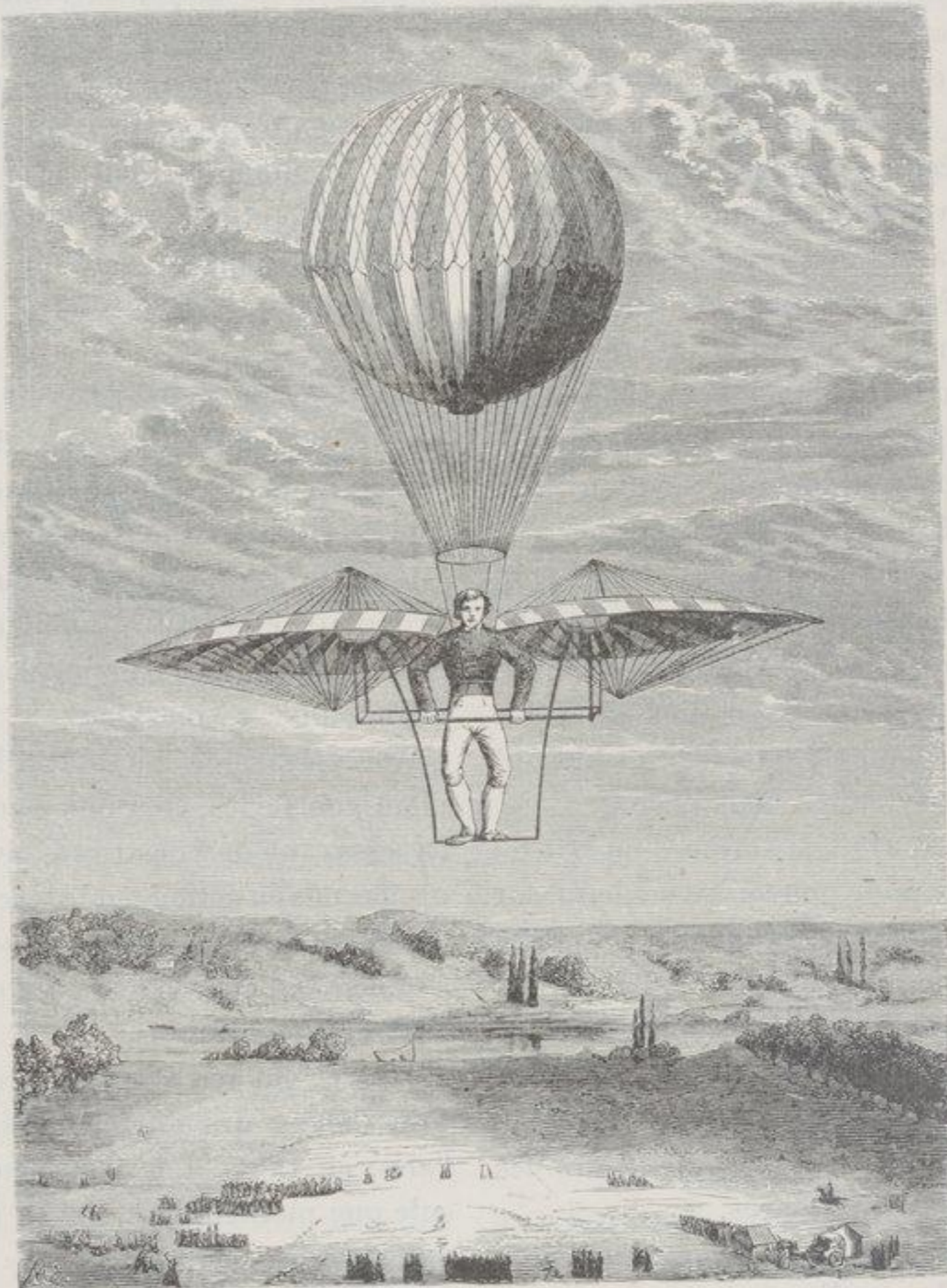


Fig. 200. — Appareil de Deghen pour la direction des aérostats.  
(D'après une gravure du temps.)

par Dupuis-Delcourt et Regnier. C'était un aérostat de forme ellipsoïde, soutenant un plancher sur lequel fonctionnait un arbre mù par une manivelle. Cet arbre, qui s'étendait depuis le milieu de la nacelle jusqu'à son extrémité, était muni d'une hélice destinée à faire avancer l'appareil horizontalement.

« Pour obtenir l'ascension ou la descente, entre l'aérostat et la nacelle, on dispose, disait Dupuis-Delcourt, un châssis recouvert d'une toile résistante et bien tendue. Si l'aéronaute veut s'élever, il baisse l'arrière de ce châssis, et la colonne d'air, glissant en dessous, fait monter la machine. S'il veut descendre, il abaisse le châssis par devant, l'air qui glisse en dessus oblige l'appareil à descendre. »

Les divers projets qui viennent d'être énumérés n'ont pas été mis à exécution.

En 1834, un ancien colonel d'infanterie, Lenox, construisit un aérostat dirigeable. Cet aérostat avait 50 mètres de longueur sur 20 de hauteur. Il portait une nacelle de 20 mètres de long, pouvant enlever dix-sept personnes, et était muni d'un gouvernail, de rames tournantes, etc. « Le ballon est construit, disait l'inventeur, au moyen d'une toile préparée de manière à contenir le gaz pendant près de quinze jours. » Hélas ! on eut toutes les peines du monde à faire parvenir jusqu'au Champ-de-Mars la malheureuse machine, qui pouvait à peine se soutenir. Elle ne put s'élever, et la foule la mit en pièces.

Un autre essai exécuté à Paris, par Eubriot, au mois d'octobre 1839, ne réussit pas mieux. Ce mécanicien avait construit un aérostat de forme allongée, ressemblant à peu près à un œuf, et comportant comme moyens mécaniques deux moulinets mus à la main.

Aérostat  
Petin (Fig. 201.) Le problème de la direction des aérostats fut remis à l'ordre du jour vers 1850. A la suite de

la faveur nouvelle que le caprice de la mode vint rendre, à cette époque, aux ascensions et aux expériences aérostatiques, un inventeur distingué, Petin, que n'avaient point découragé les insuccès de ses nombreux devanciers, traça, au mois de juin 1850, le plan d'une sorte de *vaisseau aérien* dont nous parlons à titre purement historique. On ne saurait sourire, à l'heure actuelle, du vaisseau aérien de Petin, alors que l'on voit les prouesses des dirigeables et des aéroplanes emportant plusieurs personnes à bord. Comme tant d'autres inventeurs de génie, Petin eut le désavantage de « devancer le progrès » : il mérite qu'on lui rende justice.

Petin proposait de réunir en un système unique quatre aérostats à gaz hydrogène reliés, par leur base, à une charpente de bois, qui formait comme le pont de ce nouveau vaisseau. Sur ce pont s'élevaient, soutenus par des poteaux, deux vastes châssis, garnis de toiles disposées horizontalement. Quand la machine s'élevait ou s'abaissait, ces toiles, présentant une large surface qui donnait prise à l'air, se trouvaient soulevées ou déprimées uniformément par la résistance de ce fluide ; mais, si l'on en repliait une partie, la résistance devenait inégale, et l'air passait librement à travers les châssis-ouverts ; comme il continuait cependant d'exercer son action sur les châssis encore munis de leurs toiles, il résultait de là une rupture d'équilibre qui devait faire incliner le vaisseau et le faire monter ou descendre à volonté, le long d'un plan incliné.

Le projet de Petin présentait un vice irrémédiable. Les mouvements provoqués par la résistance de l'air ne pouvaient s'exécuter que pendant l'ascension ou la descente ; ils étaient impossibles quand le ballon était en repos. Pour provoquer ces effets, il était indispensable d'élever ou de faire descendre l'aérostat, en jetant du lest ou en perdant du gaz ; on n'atteignait donc le but

désiré qu'en usant peu à peu la cause même du mouvement.

En outre, il n'avait pas été prévu de moteur. Petin disait que ce moteur serait la main des hommes, ou *tout autre moyen mécanique*; mais c'est justement ce moyen mécanique qu'il s'agissait de trouver, car en cela, précisément, consistait la difficulté qui s'était opposée jusqu'à ce jour à

demandée par Petin, pour exécuter son ascension, lui fut refusée, par la crainte de compromettre la vie des personnes qui devaient l'accompagner.

Petin passa alors en Angleterre; mais l'hospitalité britannique lui fut peu favorable, pour les mêmes raisons qu'en France et bientôt après, il se rendait en Amérique, pour y montrer son appareil.

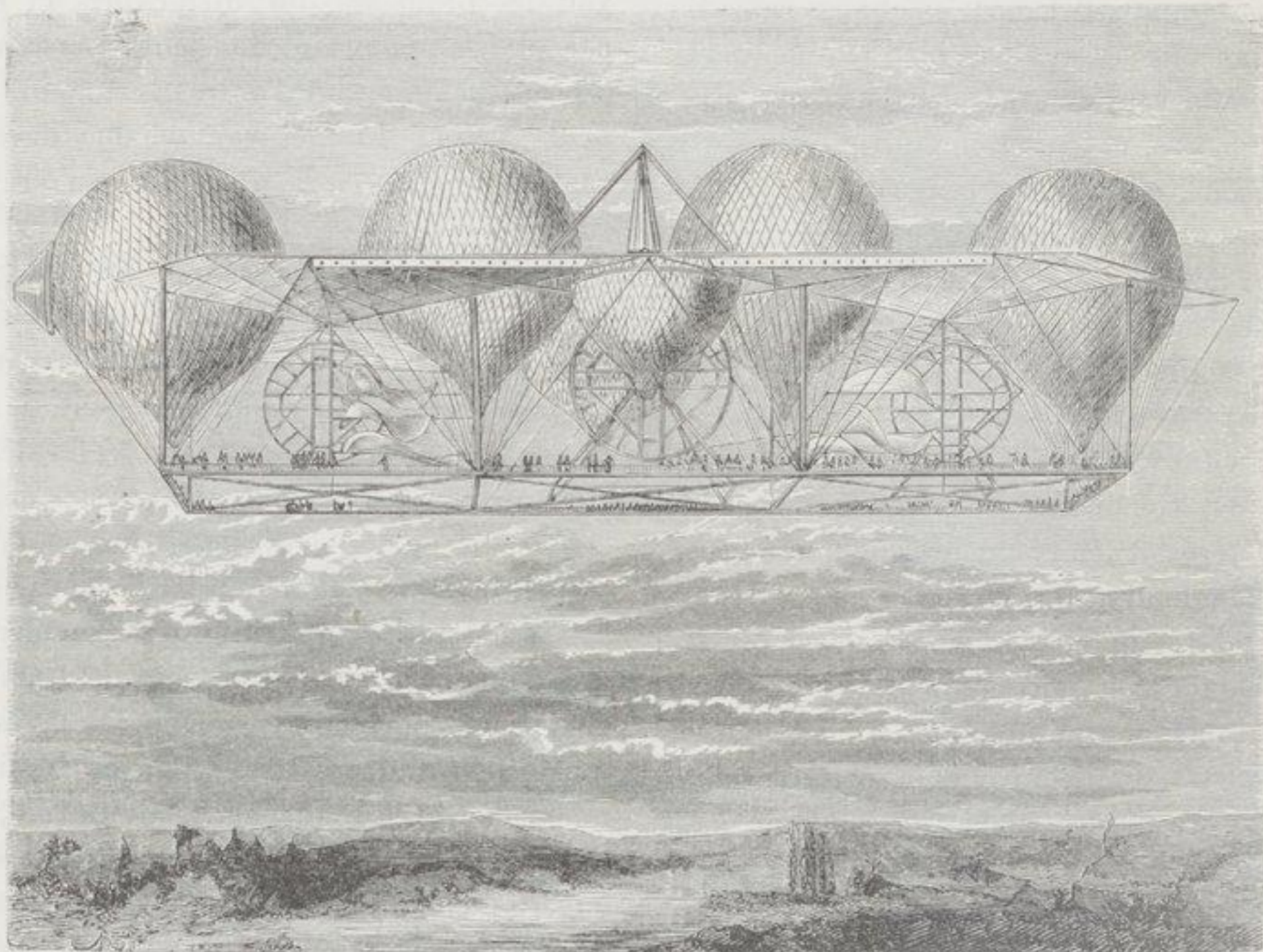


Fig. 201. — Aérostat de Petin. (D'après une gravure du temps.)

la réalisation de la navigation aérienne.

Après une active propagande faite dans toute la France et qui eut pour résultat la réunion d'une somme importante, l'inventeur entreprit la construction d'une machine différant, en certains points, de son premier modèle, mais qui n'avait pas beaucoup plus de valeur. Au mois de septembre 1851, le gigantesque appareil était terminé. Malheureusement le préfet de police de Paris partagea l'avis des savants qui condamnaient cette entreprise, et l'autorisation

Il fit une ascension à New-York, avec l'un des ballons qui entraient dans la composition de son système : il était accompagné d'un aéronaute de profession. Mais la chance leur fut contraire, car ils allèrent tomber dans la mer, d'où l'on eut grand'peine à les retirer.

Petin se rendit ensuite à la Nouvelle-Orléans, où il fit une ascension avec un autre de ses ballons. Mais il tomba encore dans l'eau. Ce fut, cette fois, dans le lac Pontchartrain, où il faillit périr.

Jusqu'à là Petin n'avait jamais mis à l'épreuve son fameux système. Il en fit l'essai public à la Nouvelle-Orléans. Mais, toujours poursuivi par la mauvaise chance qui semble s'être attachée à son entreprise, il ne put jamais parvenir à gonfler ses quatre ballons : le gaz fourni par les usines de la ville ne put suffire, ou bien il existait des fuites dans l'appareil. Le fait est qu'il ne put effectuer son ascension ; de sorte qu'il est impossible de dire comment se serait comporté dans l'air ce bizarre et intéressant équipage.

Finalement, l'inventeur revint en France, après sa malheureuse campagne dans le Nouveau-Monde, qui n'eut pas, d'ailleurs, d'autres suites.

Un aéronaute, M. De-lamarne essaya, en 1866, dans le jardin du Luxembourg, de lancer un aérostaut à gaz hydrogène, mû par des rames en forme d'hélice. Il avait annoncé qu'il décrirait en l'air, un cercle, grâce à son mécanisme

directeur. Mais l'événement ne répondit pas à ses promesses. L'aérostaut s'éleva, incliné sur lui-même, prouvant ainsi qu'il obéissait mal à l'action de l'hélice.

Le même aéronaute répéta cette expérience, peu de temps après, sur l'esplanade des Invalides, en présence de l'Empereur Napoléon III. Mais, dans les mouvements du départ, l'hélice vint à accrocher l'étoffe du ballon, et la déchira du haut en bas.

*Aérostaut Giffard* Bien avant ce dernier essai, en 1852, Henri Giffard, persuadé que l'insuffisance de la puissance mo-

trice empêchait de réaliser la direction des aérostauts, fit une expérience, vraiment remarquable, pour l'application de la vapeur aux aérostauts. Le 22 septembre 1852, Paris eut le spectacle d'un aérostaut portant, suspendue à son filet, une machine à vapeur destinée à le diriger à travers les airs ; l'expérience donna un résultat satisfaisant.

La figure 204 représente la vue d'ensemble de l'aérostaut. Henry Giffard pensait, avec raison, que la forme sphérique est peu avantageuse pour obtenir la direction, et que pour naviguer dans l'air, il faut adopter la forme des vaisseaux qui naviguent sur l'eau.

L'aérostaut avait une forme allongée, représentant, par sa section, à peu près celle d'un navire ; deux pointes le terminaient de chaque côté. Long de 44 mètres, large en son milieu de 12 mètres, il contenait environ 2.500 mètres cubes de gaz, et était enveloppé

de toutes parts, sauf à sa partie inférieure et aux pointes, d'un filet, dont les extrémités, en pattes d'oie, venaient se réunir à une série de cordes, fixées à une traverse horizontale de bois, de 20 mètres de longueur. Cette traverse portait à son extrémité une sorte de voile triangulaire, assujettie par un de ses côtés à la dernière corde partant du filet, et qui lui tenait lieu de charnière ou d'axe de rotation.

Cette voile représentait le gouvernail ; il suffisait, au moyen de deux cordes qui venaient se réunir à la machine, de l'incliner de droite à gauche, pour produire

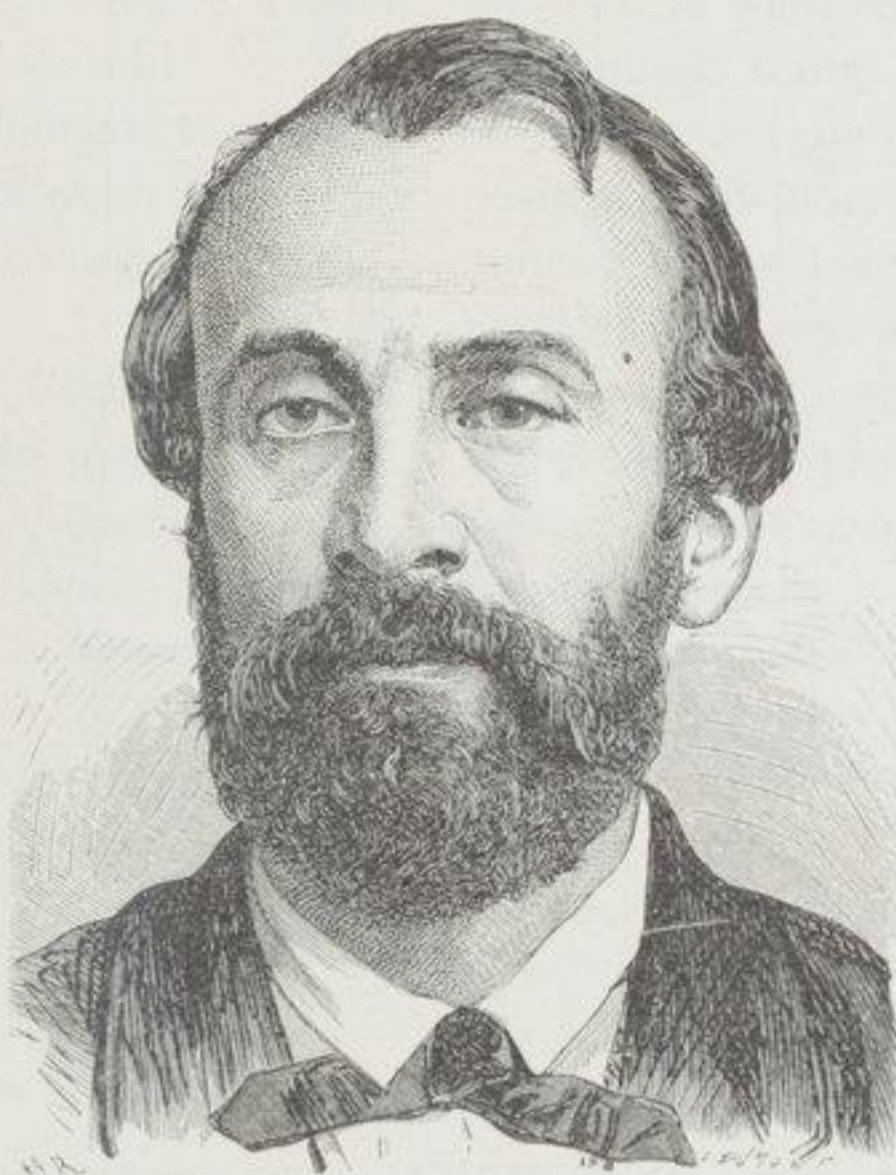


Fig. 204. — Henry Giffard.

une déviation correspondante de l'appareil, et changer de direction; à défaut de cette manœuvre, elle revenait aussitôt se placer d'elle-même dans l'axe de l'aérostat; son effet normal consistait alors à faire l'office de girouette, c'est-à-dire à maintenir l'ensemble du système dans la direction du vent.

A 6 mètres au-dessous de la traverse était suspendue la machine à vapeur, avec tous ses accessoires.

Cette machine à vapeur (Fig. 203), était posée sur un châssis en bois, dont les quatre extrémités étaient soutenues par les cordes de suspension, et dont le milieu, garni de planches, était destiné à supporter les passagers, ainsi que l'approvisionnement d'eau et de charbon de l'aérostat.

La chaudière A était verticale et à foyer intérieur, sans tubes à feu. Elle était entourée, en partie, extérieurement, d'une enveloppe de tôle qui, tout en utilisant mieux la chaleur du charbon, permettait aux gaz de la combustion de s'écouler à une plus basse température. Le tuyau de cheminée P F était renversé, c'est-à-dire dirigé de haut en bas, afin de ne pas mettre le feu au gaz. Le tirage s'opérait dans ce tuyau, au moyen de la vapeur qui venait, comme dans les locomotives, s'y élancer avec force à sa sortie du cylindre, et qui, en se mélangeant avec la fumée, abaissait encore considérablement sa température, tout en projetant rapidement cette vapeur dans une direction opposée à celle de l'aérostat.

Le charbon brûlait sur une grille complètement entourée d'un cendrier, de sorte qu'il était impossible d'apercevoir extérieurement la moindre trace de feu. Le combustible employé était du coke.

La vapeur produite se rendait aussitôt dans la machine proprement dite.

La machine à vapeur se composait d'un cylindre vertical D, dans lequel coulissait un piston qui, par l'intermédiaire d'une bielle, faisait tourner l'arbre coudé E placé au sommet.

Cet arbre portait à son extrémité, une hélice à trois palettes de 3<sup>m</sup>,40 de diamètre, destinée à prendre point d'appui sur l'air et à faire progresser l'appareil. La vitesse de l'hélice était d'environ cent dix tours par minute et la puissance de la machine qui l'actionnait était de trois chevaux, ce qui représente la puissance de vingt-cinq à trente hommes.

Le poids du moteur proprement dit, indé-

pendamment de l'approvisionnement et de ses accessoires, était de 100 kilogrammes pour la chaudière et de 50 kilogrammes pour la machine; en tout, 150 kilogrammes, ou 50 kilogrammes par force de cheval, ou bien encore 5 à 6 kilogrammes par « force d'homme », de sorte que s'il avait fallu obtenir le même effet mécanique à bras d'homme, il aurait fallu employer vingt-cinq à trente individus, représentant un poids moyen de 1.800 kilogrammes, c'est-à-dire un poids douze fois plus considérable, et que l'aérostat n'aurait pu porter.

De chaque côté de la machine étaient

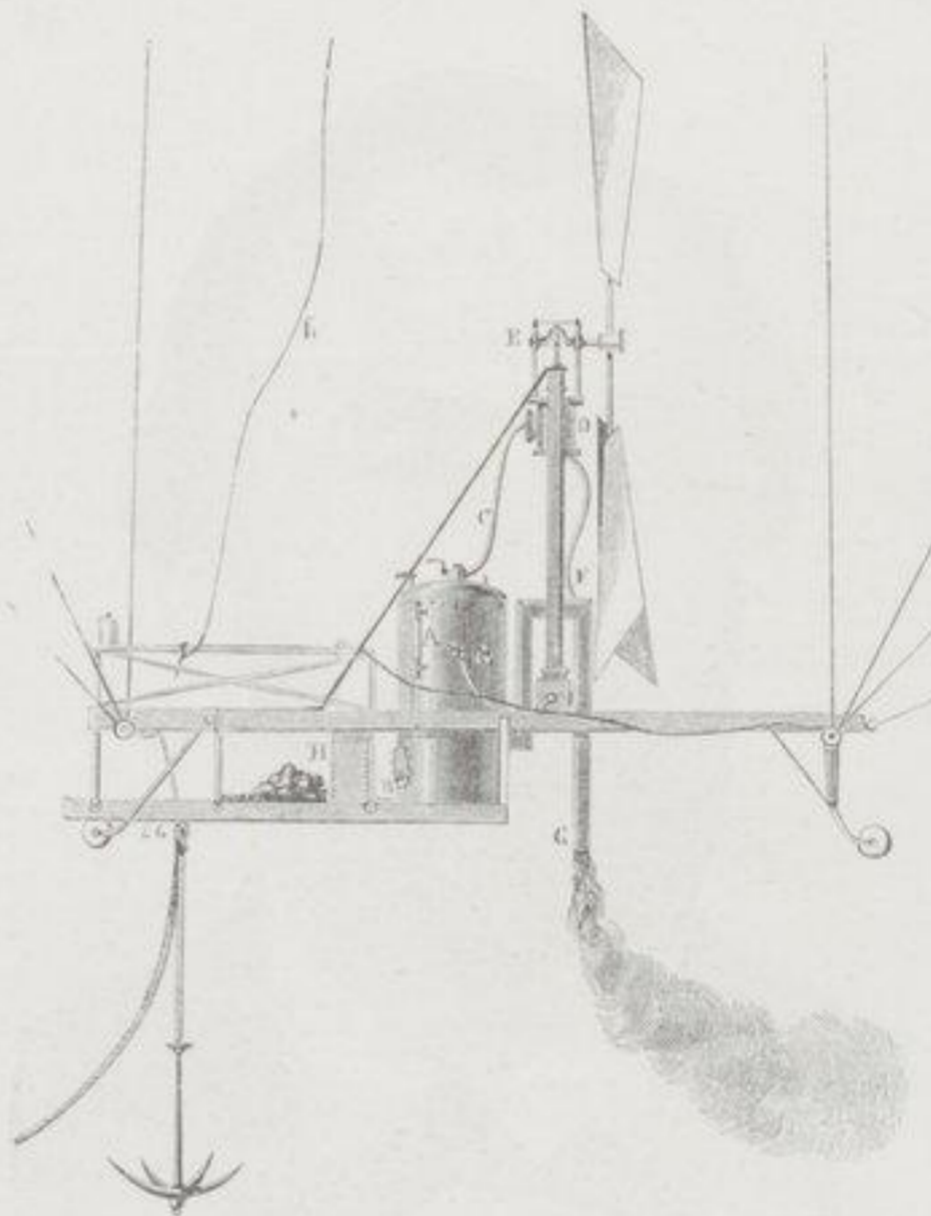


Fig. 203. — Machine à vapeur de l'aérostat Giffard.  
(D'après un dessin de l'inventeur.)



deux bâches, dont l'une contenait le combustible et l'autre l'eau destinée à remplacer, dans la chaudière, celle qui disparaissait par l'évaporation. Une pompe, mue par la tige du piston, servait à refouler cette eau dans la chaudière. Cette dépense d'eau remplaçait, considération intéressante, le lest ordinaire des aéronautes. Ce lest d'un nouveau genre avait pour effet, étant dépensé graduellement par la disparition de l'eau en vapeurs de délester peu à peu l'aérostat sans qu'il fût nécessaire d'avoir recours à des projections de sable.

L'appareil moteur était monté tout entier sur quelques roues, mobiles en tous sens, ce qui permettait de le transporter facilement à terre.

Gonflé avec le gaz d'éclairage, l'aérostat à vapeur de Giffard avait une force ascensionnelle de 1.800 kilogrammes environ, distribués comme il suit :

Aérostat avec la soupape.....	320 kil.
Filet .....	150
Traverses, cordes de suspension, gouvernail, cordes d'amarrage.....	300
Machine et chaudière vide.....	150
Eau et charbon contenus dans la chaudière au moment du départ.	60
Châssis de la machine, brancard, planches, roues mobiles, bâches à eau et à charbon.....	420
Corde traînante pour arrêter l'appareil en cas d'accident.....	80
Poids de la personne conduisant l'appareil.....	70
Force ascensionnelle nécessaire au départ.....	10
	1.360

Il restait donc à disposer d'un poids de 240 kilogrammes, que l'on avait affecté à l'approvisionnement d'eau et de charbon, et, par conséquent, de lest.

Dans l'expérience, si intéressante et si neuve, qu'il entreprenait, Giffard avait à vaincre des difficultés de deux genres : 1° suspendre une machine à vapeur au-dessous d'un aérostat à gaz hydrogène, de la manière la plus convenable en évitant le

danger terrible qui devait résulter de la présence d'un foyer dans le voisinage du gaz inflammable ; 2° obtenir, avec l'hélice mue par la vapeur, la direction de l'aérostat.

Il y avait, sur la première question, bien des difficultés à surmonter. En effet, les appareils aérostatiques que l'on avait employés jusque-là, étaient à peu près invariablement des globes sphériques, tenant suspendus par une corde, soit une nacelle pouvant contenir une ou plusieurs personnes, soit tout autre objet. Toutes les expériences tentées en dehors de cette primitive et unique disposition, avaient eu lieu — ce qui était infiniment moins dangereux — sur de petits modèles tenus captifs par l'expérimentateur ; le plus souvent même, comme il résulte de la revue historique qui précède, ces expériences étaient restées à l'état de projet ou de promesse.

En l'absence de tout fait antérieur concluant, l'inventeur devait encore concevoir certaines craintes sur la stabilité de son aérostat en forme de carène de navire. L'expérience vint le rassurer pleinement à cet égard ; elle prouva que l'emploi d'un *aérostat allongé*, était aussi avantageux que possible. La même expérience établit de façon concluante, que le danger résultant de la proximité du feu et d'un gaz inflammable, pouvait être écarté.

Quant au second point, c'est-à-dire celui de la direction, les résultats obtenus furent les suivants : dans un air parfaitement calme, la vitesse de transport en tous sens était de 2 à 5 mètres par seconde ; cette vitesse était naturellement augmentée ou diminuée de toute la vitesse du vent, suivant qu'on marchait avec ou contre ce vent, absolument comme pour un bateau montant ou descendant le courant d'un fleuve. Dans tous les cas, l'appareil avait la faculté de dévier plus ou moins de la ligne du vent, et de former avec celle-ci un angle qui dépendait de la vitesse de ce dernier.

Voici maintenant comment se passa l'expérience du 25 septembre 1852.

Henry Giffard partit seul de l'Hippodrome, à 5 heures et quart. Le vent soufflait assez vivement. Il ne songea pas un seul instant à lutter directement contre le vent; la force de la machine ne l'eût pas permis; mais il opéra, avec succès, diverses manœuvres de déviation latérale et de mouvement circulaire.

le feu avec du sable et il ouvrit tous les robinets de la chaudière. Aussitôt la vapeur s'échappa de toutes parts, avec un fracas épouvantable, enveloppant pendant quelques instants l'aéronaute d'un nuage de vapeur qui ne lui permettait plus de rien distinguer.

L'aérostat, au moment où la vapeur fut lâchée, était à la plus grande élévation qu'il eût atteinte : le baromètre

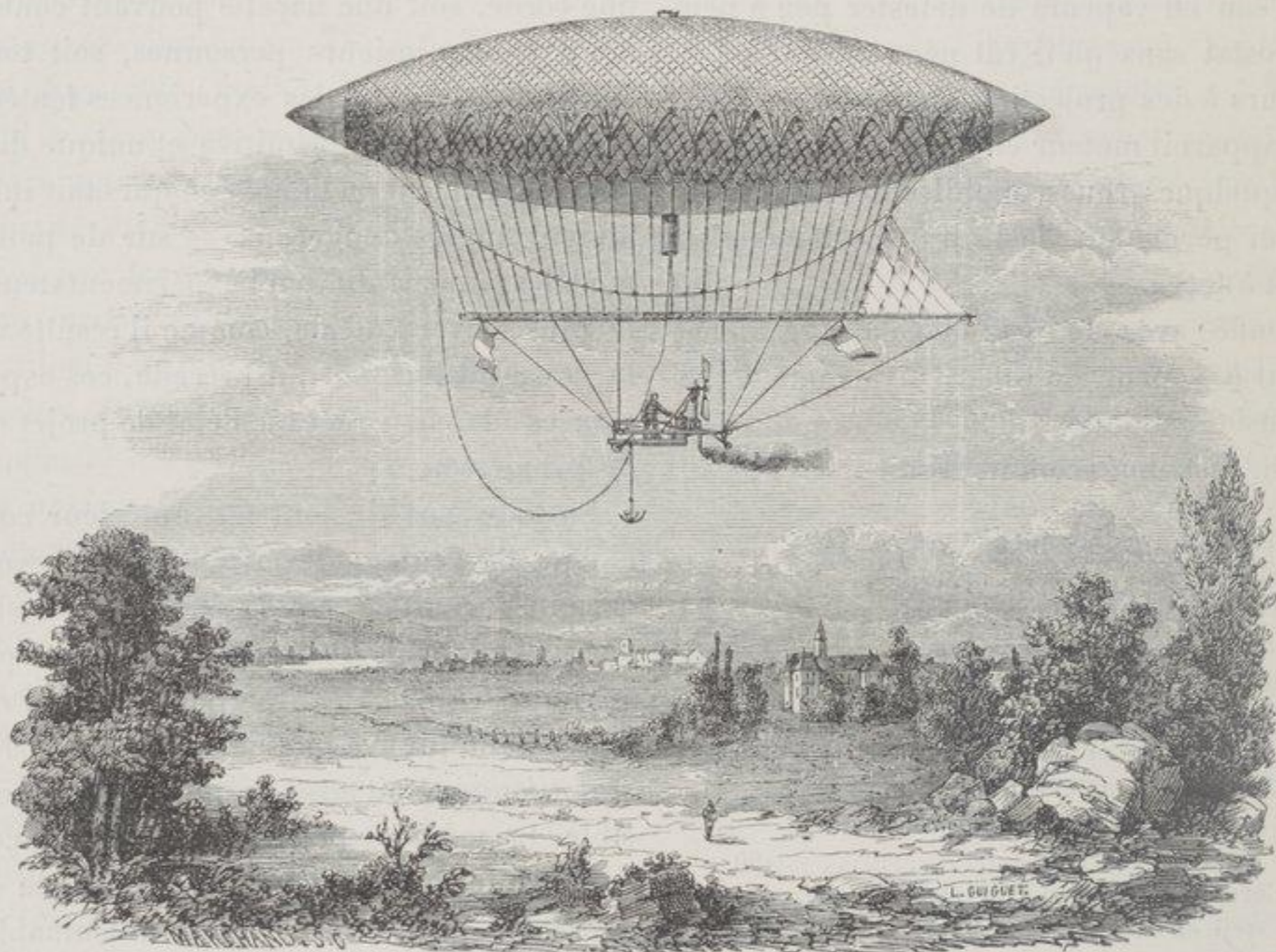


Fig. 201. — Aérostat à vapeur de Giffard. (Expérience du 25 septembre 1852.)  
(D'après une gravure du temps.)

L'action du gouvernail se faisait parfaitement sentir. A peine l'aéronaute avait-il tiré légèrement une des deux cordes L de ce gouvernail, qu'il voyait immédiatement l'horizon tourner autour de lui.

Il s'éleva à une hauteur de 1.500 mètres, et s'y maintint quelque temps.

Cependant, la nuit approchait, et notre hardi expérimentateur ne pouvait rester plus longtemps dans l'atmosphère. Craignant que l'appareil n'arrivât à terre avec une certaine vitesse, il commença à étouffer

indiquait une hauteur de 1.800 mètres.

Giffard effectua très heureusement sa descente dans la commune d'Élancourt, près de Trappes, dont les habitants l'accueillirent avec le plus grand empressement, et l'aidèrent à dégonfler l'aérostat.

A 10 heures du soir, il était de retour à Paris. L'appareil n'avait éprouvé, en touchant le sol, que quelques avaries insignifiantes.

Giffard répéta une semblable expérience, en 1855, et obtint des résultats très encou-

rageants, qui méritent d'occuper une place particulièrement honorable dans l'historique de la dirigeabilité des aérostats.

territoire français. Les aérostats libres permettaient bien de sortir de la ville, mais ils couraient le risque de tomber dans les lignes ennemies, ce qui, d'ailleurs, est arrivé à quel-

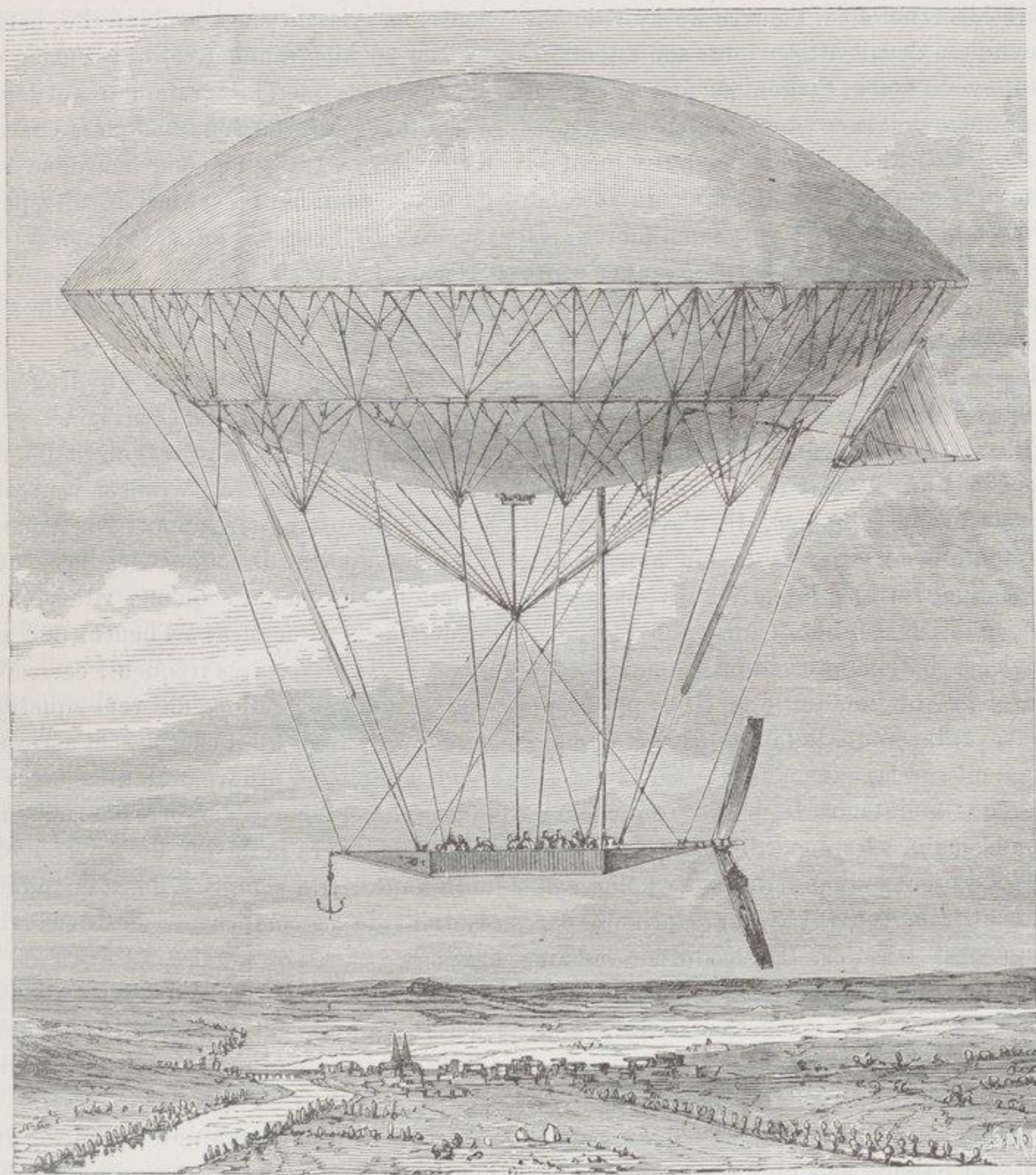


Fig. 205. — Aérostas dirigéable de Dupuy de Lôme.

*Aérostas Du-  
puy de Lôme* (Fig. 205.) Lors du siège de Paris pendant la guerre franco-allemande de 1870-1871, on avait pensé, ainsi que nous l'avons dit, à utiliser les aérostats pour assurer la communication entre la capitale assiégée et le restant du

quelques-uns d'entre eux. Les aérostats dirigéables, au contraire, auraient pu être d'une utilité incontestable en ces circonstances tragiques.

Aussi, un grand nombre d'ingénieurs et de savants retenus dans la capitale effec-

tuèrent des recherches relatives à la direction des aérostats. L'Académie des sciences, avait reçu un grand nombre de projets mal conçus, et elle n'avait accordé à aucun des auteurs de ces projets ni approbation, ni subside. Toutefois, l'œuvre de l'un de ses membres devait attirer toute son attention. Dupuy de Lôme, l'ingénieur éminent à qui la France doit la création des bâtiments cuirassés, s'occupait, depuis l'investissement de Paris, à essayer de construire un aérostat dirigeable. Lorsqu'il en communiqua les plans à l'Académie, ce corps savant en comprit toute la valeur, et demanda au gouvernement les fonds nécessaires pour parachever l'édifice aérostatique commencé par Dupuy de Lôme.

Le célèbre ingénieur maritime avait construit un aérostat de soie vernie, d'une forme ovoïde allongée. Il n'avait pas la prétention de lutter contre un courant aérien d'une certaine intensité; il voulait seulement, si le vent était fort, pouvoir faire dévier le ballon, afin de présenter au vent une voile oblique, qui le ferait avancer, en louvoyant, comme le fait un navire à voiles voguant sur les eaux.

Pour maintenir le ballon sans cesse gonflé malgré les déperditions du gaz qui se produisent toujours, Dupuy de Lôme employait le moyen qui avait été proposé par le général Meusnier. Il introduisait de l'air dans un petit ballon, un *ballonnet* qui était d'avance logé, à cet effet, dans le grand ballon.

L'appareil chargé d'imprimer le mouvement à l'équipage aérien, était fixé à la nacelle du ballon. Mais quel était ce moteur? Une simple hélice, de 8 mètres de diamètre. Un travail de 30 kilogrammètres, exécuté par cette hélice, devait produire une vitesse de 8 kilomètres à l'heure, dans une direction voulue. Les ressources dont aurait disposé l'esquif aérien étaient évidemment bien réduites!

« En présence de cette puissance motrice,

disait Dupuy de Lôme, il m'a paru avantageux de ne pas recourir à une machine à feu quelconque, et d'employer simplement la force des hommes. Quatre hommes peuvent, sans fatigue, soutenir *pendant une heure*, en agissant sur une manivelle, le travail de 30 kilogrammètres, qui n'exige de chacun d'eux que 7 kilogrammètres et demi. Avec une relève de deux hommes, chacun d'eux pourra travailler une heure, se reposer une demi-heure, et ainsi de suite, pendant les dix heures d'un voyage.

Le ballon était pourvu d'un gouvernail placé à l'arrière, afin de pouvoir s'orienter.

Le gaz adopté n'était pas l'hydrogène, mais simplement le gaz d'éclairage.

« Un appareil de ce genre, disait Dupuy de Lôme, ne permettra d'avancer vent debout, ou de suivre, par rapport à cette surface, toutes les directions désirées, que quand le vent n'aura qu'une vitesse au-dessous de 8 kilomètres à l'heure. Cela ne sera sans doute pas très fréquent, car cette vitesse n'est que celle d'un vent qualifié *brise légère*. Quoi qu'il en soit, cet aérostat ayant une vitesse propre de 8 kilomètres à l'heure, lorsqu'il sera emporté par un vent plus rapide, aura la faculté de suivre à volonté toute route comprise dans un angle résultant de la composante des deux vitesses. »

Il y avait en tout cela peu d'innovations. L'aérostat adopté par Dupuy de Lôme différait peu, en somme, de celui qui avait été expérimenté, en 1852, par Giffard.

Seulement Giffard avait osé emporter au sein des airs une machine à vapeur, tandis que Dupuy de Lôme craignant, non sans raison, d'ailleurs, la présence d'un foyer dans le voisinage d'un gaz inflammable, s'était contenté de la force des hommes.

Il est probable que l'appareil de Dupuy de Lôme, ne disposant que de la force humaine, serait resté insuffisant pour réaliser la direction, s'il avait eu à lutter contre

un courant aérien de quelque importance. Dans tous les cas, on n'eut pas à s'en assurer pendant le siège, car les travaux pour la construction de l'aérostat ayant traîné en longueur, la guerre se termina avant que l'appareil de Dupuy de Lôme pût s'élancer dans les airs, et montrer sa valeur.

Après la guerre, Dupuy de Lôme continua ses études sur son *aérostat dirigeable*, qui fut construit dans une cour du fort de Vincennes.

La forme de cet aérostat, très sagement étudiée est celle d'un œuf ou d'un ellipsoïde allongé. Sa longueur est de 36 mètres, son plus grand diamètre de 14 mètres, et son volume de 3.450 mètres. Il est porteur d'une nacelle de 6 mètres de long, et de 4 mètres de large, au maximum. Cette nacelle est munie d'une hélice à deux ailes; le diamètre de cette hélice est de 9 mètres et son pas de 2 mètres.

Pour prévenir les déformations de l'enveloppe, on maintient son volume invariable en plaçant à l'intérieur un petit ballon, ou *ballonnet*, qui peut être gonflé à volonté en insufflant de l'air dans sa capacité, au moyen d'une pompe à air.

L'aérostat est entouré de deux filets : le filet porteur de la nacelle, et le filet dit des *balancines*, qui a pour but de maintenir la stabilité constante de la nacelle, quelle que soit l'inclinaison que le vent imprime à l'aérostat. C'est cette suspension triangulaire indéformable qui constitue la principale

innovation de Dupuy de Lôme dans les aérostats dirigeables.

L'hydrogène pur, et non le gaz d'éclairage, fut employé dans cette expérience, pour remplir le ballon, ce qui lui donnait une force ascensionnelle considérable, sans exiger un grand volume. Le gaz hydrogène avait été obtenu par l'action de l'acide sulfurique étendu sur la tournure de fer.



Fig. 206. — Dupuy de Lôme.

L'étoffe du ballon était composée d'une double enveloppe de soie blanche, pesant 52 grammes par mètre carré, et d'une toile doublée de caoutchouc; le tout revêtu, intérieurement et extérieurement, d'un enduit de glycérine et de caoutchouc, qui assurait la complète imperméabilité de l'enveloppe à l'air, et prévenait, autant qu'on pouvait l'espérer avec un gaz aussi subtil, la perte de l'hydrogène à travers l'étoffe.

Le moteur employé pour faire agir l'hélice était, avons-nous dit, la force humaine.

C'est le 2 février 1871 que Dupuy de Lôme fit l'expérience définitive de son aérostat dirigeable.

Le ballon s'élança, par un vent assez vif. Quatorze personnes le montaient : Dupuy de Lôme; Yon, ingénieur aéronaute; Zédé, capitaine de frégate; plus trois aides et huit hommes d'équipage, employés à faire mouvoir l'hélice.

Le poids total du ballon et de son chargement, y compris les quatorze passagers et 600 kilogrammes de lest, était de

3.800 kilogrammes. Le but de l'ascension était de s'assurer si l'aérostat obéissait à l'action de l'hélice et du gouvernail, dans le sens voulu et prévu.

Voici, d'après le mémoire de l'auteur, ce qui fut obtenu. Dès que l'hélice était mise en mouvement, l'influence du gouvernail se faisait sentir, et l'aérostat suivait une direction qui, calculée sur la direction du vent, prouvait que le ballon avait un mouvement propre. La vitesse de ce mouvement propre aurait été, selon Dupuy de Lôme, de 10 kilomètres par heure.

Au moment du départ, le vent, avon-nous dit, était assez fort; mais, en imprimant à l'hélice un mouvement de 35 tours par minute, on réalisa une vitesse de 5 kilomètres à l'heure, dans le sens du vent, mais avec une déviation de 10° à 12° sur la direction que lui aurait imprimée la simple impulsion de l'air. En louvoyant ainsi, il devait être possible, selon Dupuy de Lôme, de marcher dans un sens déterminé. L'expérience du 2 février 1871 ne fut cependant pas concluante.

On pouvait, à l'aide d'un moyen fort simple, décrit par l'auteur dans son mémoire, déterminer la vitesse de l'aérostat, et reconnaître la route suivie. Une boussole fixée dans la nacelle et ayant sa *ligne de foi* parallèle à l'axe de l'aérostat, jointe à une seconde boussole, portant sur l'une de ses faces latérales une planchette parallèle au plan vertical passant par la *ligne de foi*, servait à déterminer la route suivie sur la terre. On lisait directement la hauteur occupée dans l'atmosphère, au moyen d'un baromètre qui, au lieu des indications de la longueur de la colonne mercurielle, indiquait les hauteurs réelles dans l'air, calculées par avance, pour chaque millimètre de la colonne barométrique.

Les moyens employés pour reconnaître la route étaient tellement sûrs que, lorsque l'ordre de s'arrêter fut donné, Zédé, qui inscrivait la marche, put indiquer le nom

du village sur lequel on se trouvait : Mondécour.

La descente se fit avec une facilité extraordinaire, sans secousse ni trainage sur le sol.

La stabilité de la nacelle fut le fait le plus remarqué. Pendant toute l'ascension, on pouvait aller et venir sur ce plancher mobile, comme sur la terre ferme.

Tel est le résumé du long travail technique que les *Comptes rendus de l'Académie des sciences* ont publié.

Quels furent les résultats positifs de cette expérience?

Dupuy de Lôme avait-il résolu le problème de la direction des aérostats? En faisant usage de moyens de locomotion et de direction depuis longtemps connus et expérimentés, le célèbre ingénieur de marine n'a pas obtenu de résultat sensiblement supérieur à ceux de ses devanciers, mais il assura la stabilité, la tranquillité absolue de la nacelle, grâce au système ingénieux de suspension triangulaire indéformable.

D'autre part, le genre de moteur adopté par Dupuy de Lôme pour son aérostat dirigeable, n'était pas suffisamment puissant pour lutter contre le vent. Un tel moyen d'action put suffire pour les premières expériences d'essai de direction des aérostats, mais il devint bientôt évident qu'un tel agent moteur était insuffisant. Il fallait emporter dans les airs un moteur digne de ce nom et que l'avenir devait, en effet, fournir aux expérimentateurs, comme nous le verrons par la suite.

*Aérostat Tissandier* (Fig. 208 à 210.) Peu d'années après la belle tentative de Dupuy de Lôme, en vue de la construction d'un aérostat stable et dirigeable, est venue à Gaston et Albert Tissandier l'idée remarquable d'appliquer le moteur électrique à la propulsion des aérostats.

C'est à l'Exposition d'électricité de Paris, en 1881, que l'on vit, pour la première fois,

le modèle du petit aérostat dirigeable de Gaston Tissandier, désormais historique, mû par l'énergie électrique.

La découverte de l'*accumulateur électrique* par Gaston Planté, et les applications qu'avait déjà reçues la *pile secondaire* (1), donnèrent l'idée à Gaston et Albert Tissandier d'appliquer à la marche des aérostats les accumulateurs, qui, sous un poids relativement faible, emmagasinent une grande somme d'énergie.

Une petite batterie d'accumulateurs actionnant une petite machine dynamo-électrique, attelée à l'hélice propulsive d'un aérostat, offre certains avantages. Le moteur électrique, fonctionnant sans aucun foyer, supprime le danger provenant du feu placé sous une masse d'hydrogène, disposition nécessaire si l'on emploie une machine à vapeur. Son poids est constant; car il n'abandonne pas à l'air, comme la chaudière

à vapeur, des produits de combustion, qui délestent sans cesse l'aérostat, et tendent à le faire s'élever dans l'atmosphère. Enfin, il se met en marche ou s'arrête avec une incomparable facilité, par la manœuvre d'un simple commutateur.

Le petit aérostat que Gaston Tissandier avait construit, pour servir de modèle, et que l'on voyait à l'Exposition d'électricité de 1881, était de forme allongée; il se terminait par deux pointes. Il n'avait que 3<sup>m</sup>,50 de longueur, sur 1<sup>m</sup>,30 de diamètre, au mi-

lieu. Le volume total de cet engin n'était que 2.200 litres environ. Gonflé d'hydrogène pur, son excédent de force ascensionnelle n'était que de 2 kilogrammes.

Trouvé avait construit, pour faire mouvoir cet aérostat minuscule, une toute petite machine dynamo-électrique, du type Siemens, ne pesant que 220 grammes, et dont l'arbre était muni d'une hélice à deux branches, très légère, de 0<sup>m</sup>,40 de diamètre. Ce petit moteur était fixé à la partie inférieure de l'aérostat,

avec un couple secondaire Planté, pesant 1<sup>k</sup>,30.

L'hélice, dans ces conditions, tournait à 6 tours et demi par seconde. Elle agissait comme propulseur, et imprimait à l'aérostat, dans un air calme, une vitesse de 1 mètre par seconde, pendant plus de 40 minutes. Avec deux éléments secondaires montés en tension et pesant 500 grammes chacun, on aurait pu adapter au moteur une hélice de 0<sup>m</sup>,60

de diamètre, qui aurait donné à l'aérostat une vitesse de 2 mètres environ par seconde.

Gaston et Albert Tissandier n'avaient, disons-nous, présenté à l'Exposition d'électricité qu'un simple modèle. En 1883, ils construisirent un aérostat de dimensions suffisantes pour emporter deux personnes; et le 8 octobre de la même année ils procédaient à l'expérience du nouveau véhicule aérien.

L'aérostat électrique dirigeable de Gaston et Albert Tissandier, que représente la figure 208, a la même forme que ceux de



Fig. 207. — Albert Tissandier.

(1) Voir les *Merveilles de la Science*, Tome II, ÉLECTRICITÉ.

Giffard et de Dupuy de Lôme, c'est-à-dire la forme ellipsoïde. Il a 28 mètres de longueur, de pointe en pointe, et 9<sup>m</sup>,20 de diamètre au milieu. La forme allongée en fuseau fut reconnue comme la plus convenable pour vaincre la résistance de l'air. Il est muni, à sa partie inférieure, d'un appendice, terminé par une soupape automatique. Le tissu est de la percaline rendue imper-

meable par un vernis d'excellente qualité. Son volume est de 1.060 mètres cubes. La housse de suspension est formée de rubans cousus à des fuseaux longitudinaux, qui les maintiennent dans la position géométrique qu'ils doivent occuper. Les rubans ainsi disposés s'appliquent parfaitement sur l'étoffe gonflée, et ne forment aucune saillie, comme le feraient les mailles d'un filet. Les flancs de l'aérostat supportent la

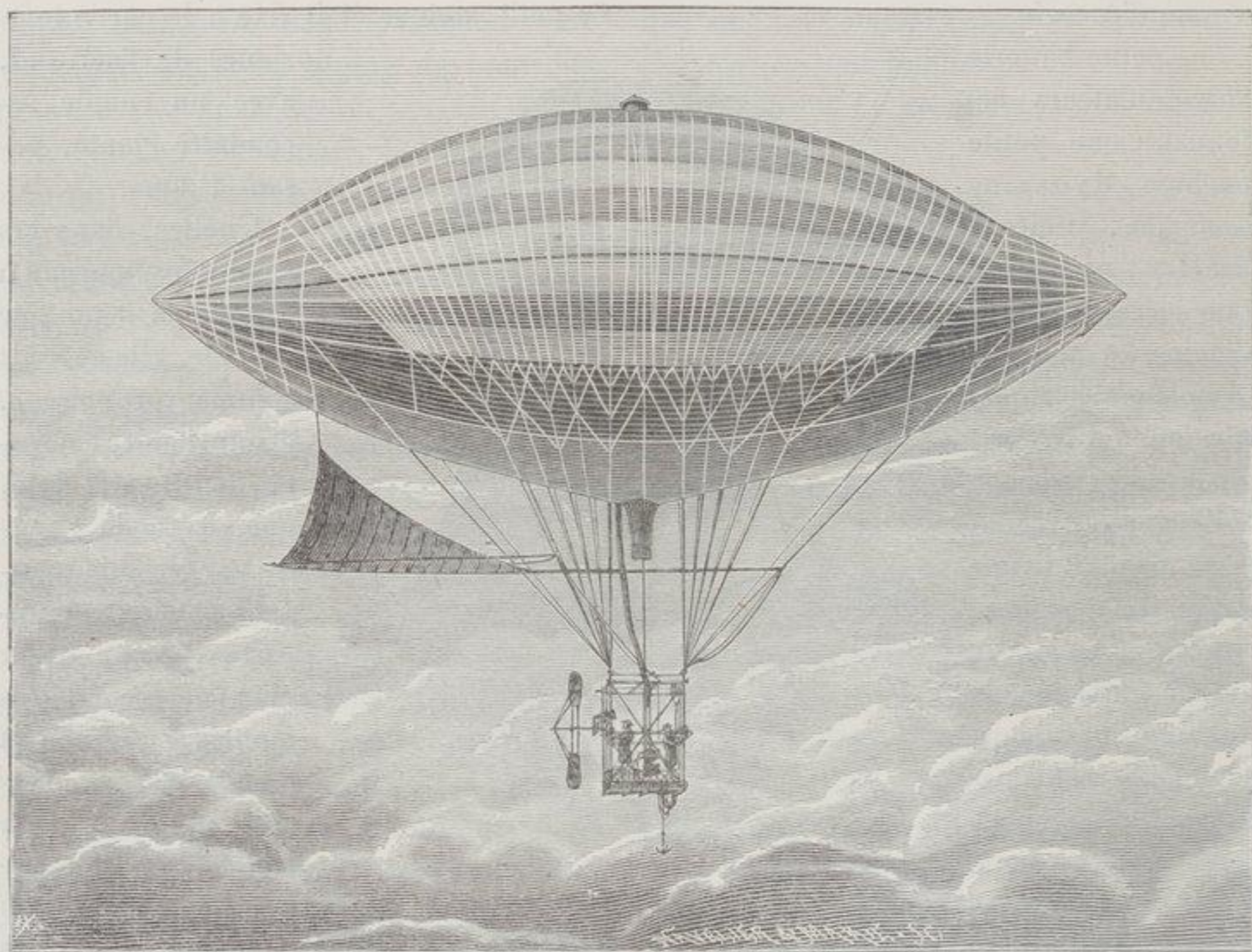


Fig. 208. — L'aérostat dirigeable électrique de Gaston et Albert Tissandier.

housse de suspension, au moyen de deux brancards latéraux flexibles, qui en épousent complètement la forme. Ces brancards sont formés de minces lattes de noyer, adaptées à des bambous sciés longitudinalement; ils sont consolidés par des lanières de soie. A la partie inférieure de la housse, des pattes d'oie se terminent par vingt cordes de suspension, qui s'attachent, par groupes de

cinq, aux quatre angles supérieurs de la nacelle.

La nacelle a la forme d'une cage. Elle est construite avec des bambous assemblés, consolidés par des cordes et des fils de cuivre, recouverts de gutta-percha. Sa partie inférieure est formée de traverses en bois de noyer, qui servent de support à un fond de vannerie d'osier. Les cordes de suspension l'enveloppent entièrement. Elles sont tressées dans la vannerie inférieure et

Les flancs de l'aérostat supportent la



ont été préalablement entourées d'une gaine de caoutchouc, qui, en cas d'accident, les préserverait du contact du liquide acide qui est contenu dans la nacelle et sert à alimenter les piles.

Les cordes de suspension sont reliées horizontalement entre elles par une couronne de cordages

placée à deux mètres au-dessus de la nacelle. Les engins d'arrêt pour la descente, *guide-rope* et *corde d'ancre*, sont attachés à cette couronne, qui a, en outre, pour but de répartir également la traction à la descente. Le *gouvernail*, formé d'une grande surface de soie non vernie,

maintenue à sa partie inférieure par un bambou, y est aussi adapté à l'arrière.

L'aérostat, avec ses soupapes, pèse 170 kilogrammes. La housse avec le gouvernail et les cordes de suspension pèsent 70 kilogrammes. Les brancards flexibles latéraux pèsent 34 kilogrammes; la nacelle a un poids de 100 kilogrammes. Moteur, hélice et piles, avec le liquide pour les faire fonctionner pendant 2 heures et demie, pèsent

280 kilogrammes. Engins d'arrêt, ancre et *guide-rope*, 50 kilogrammes.

Ainsi, le poids du matériel fixe est de 704 kilogrammes, auxquels il faut ajouter les poids des deux voyageurs, avec instruments, soit 150 kilogrammes, ainsi que le lest enlevé, 386 kilogrammes. En tout, 1.240 kilogrammes.

La force ascensionnelle était, en comptant 10 kilogrammes d'excès de force pour l'ascension, de 1.250 kilogrammes. Le gaz avait donc une force ascensionnelle de 1.180 grammes par mètre cube, ce qui est considérable. C'est que le gaz hydrogène préparé par les frères

Tissandier était presque pur; il était obtenu au moyen de l'action de l'acide sulfurique, de l'eau et du fer, à l'aide de l'appareil que nous avons précédemment décrit (Fig. 182).

Le courant électrique, produit par 24 éléments de pile au bichromate de potasse, actionnait une petite machine dynamo-électrique, M (Fig. 210).

La machine dynamo-électrique était du type Siemens; elle comportait une longue

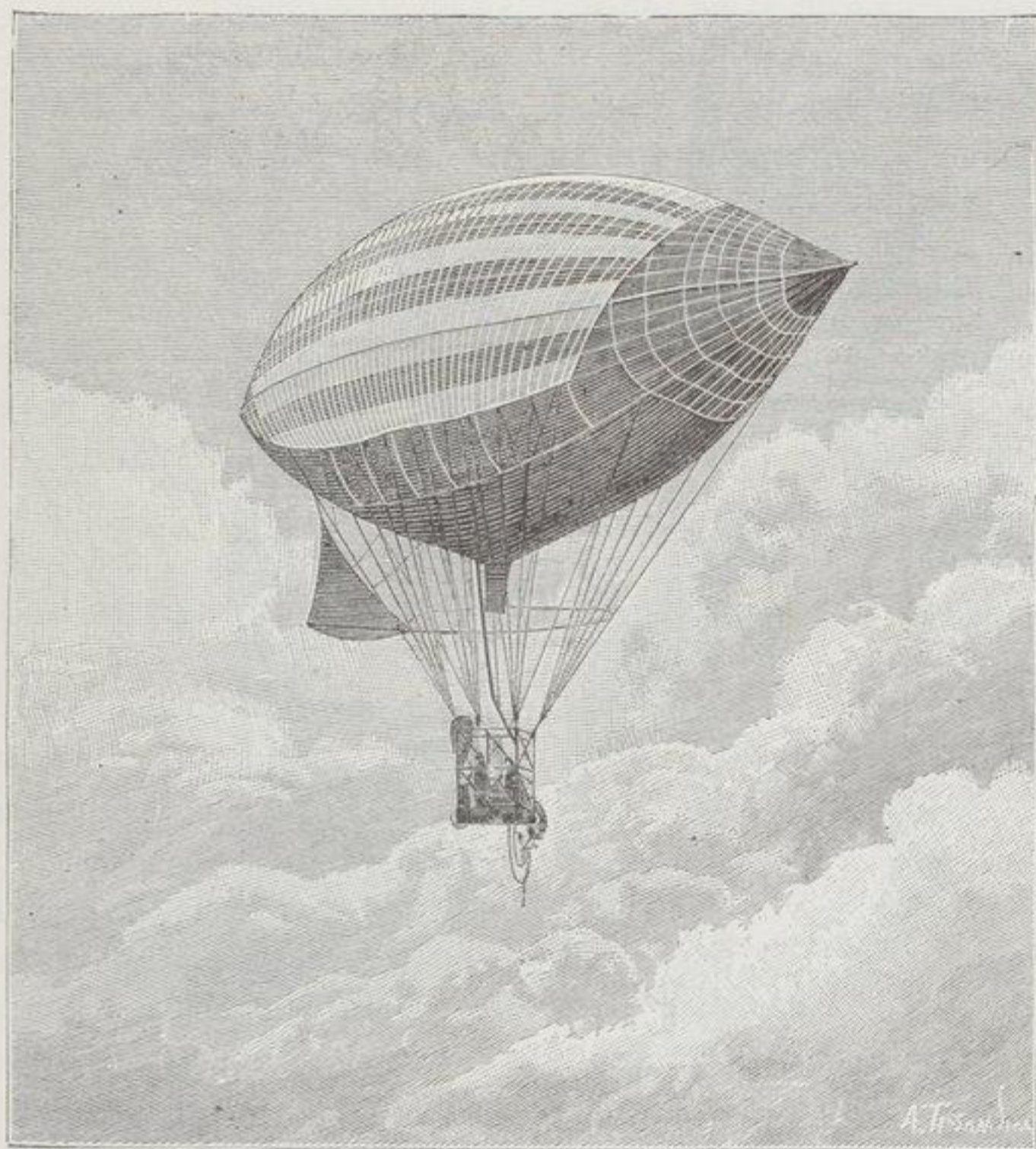


Fig. 209. — L'aérostat dirigeable électrique de Gaston et Albert Tissandier, vu en bout.

bobine et 4 électro-aimants. Elle pesait 56 kilogrammes.

Le 8 octobre 1883, le gonflement du ballon s'effectua en moins de 7 heures. A 3 h. 20 minutes, les voyageurs aériens s'élevèrent lentement, par un vent faible de E.-S.-E. A 500 mètres de hauteur, la vitesse de l'aérostat était de 3 mètres par seconde, soit environ 10 kilomètres par heure.

Quelques minutes après le départ, la batterie de piles fonctionna. Elle était composée de quatre aubes à six compartiments; les vingt-quatre éléments étaient montés en tension. Un commutateur à mercure permettait de faire fonctionner à volonté six, douze, dix-huit, ou vingt-quatre éléments, et d'obtenir ainsi quatre vitesses différentes de l'hélice, variant de 60 à 180 tours par minute.

Au-dessus du bois de Boulogne, quand le moteur fonctionna à grande vitesse, la translation devint appréciable : on sentait, d'après les expérimentateurs, un vent frais, produit par le déplacement de l'aérostat.

Quand le ballon faisait face au vent, il tenait tête au courant aérien et restait immobile. Malheureusement les mouvements ne pouvaient être maîtrisés par le gouvernail.

En coupant le vent dans une direction perpendiculaire à la marche du courant aérien, le gouvernail se gonflait, comme une voile, et les rotations se produisaient avec beaucoup plus d'intensité.

Le moteur ayant été arrêté, l'aérostat passa au-dessus du mont Valérien. Une fois qu'il eut bien pris l'allure du vent, on recommença à faire tourner l'hé-

lice, en marchant avec le vent. La vitesse de translation s'accéléra alors; l'action du gouvernail faisait dévier le ballon à droite et à gauche de la ligne du vent.

La descente s'opéra à 4 heures 1/2, dans une grande plaine avoisinant Croissy-sur-Seine. L'aérostat resta gonflé toute la nuit, et le lendemain il n'avait pas perdu de gaz.

En résumé, il résulte de cette expérience, qu'avec l'aérostat électrique expérimenté le

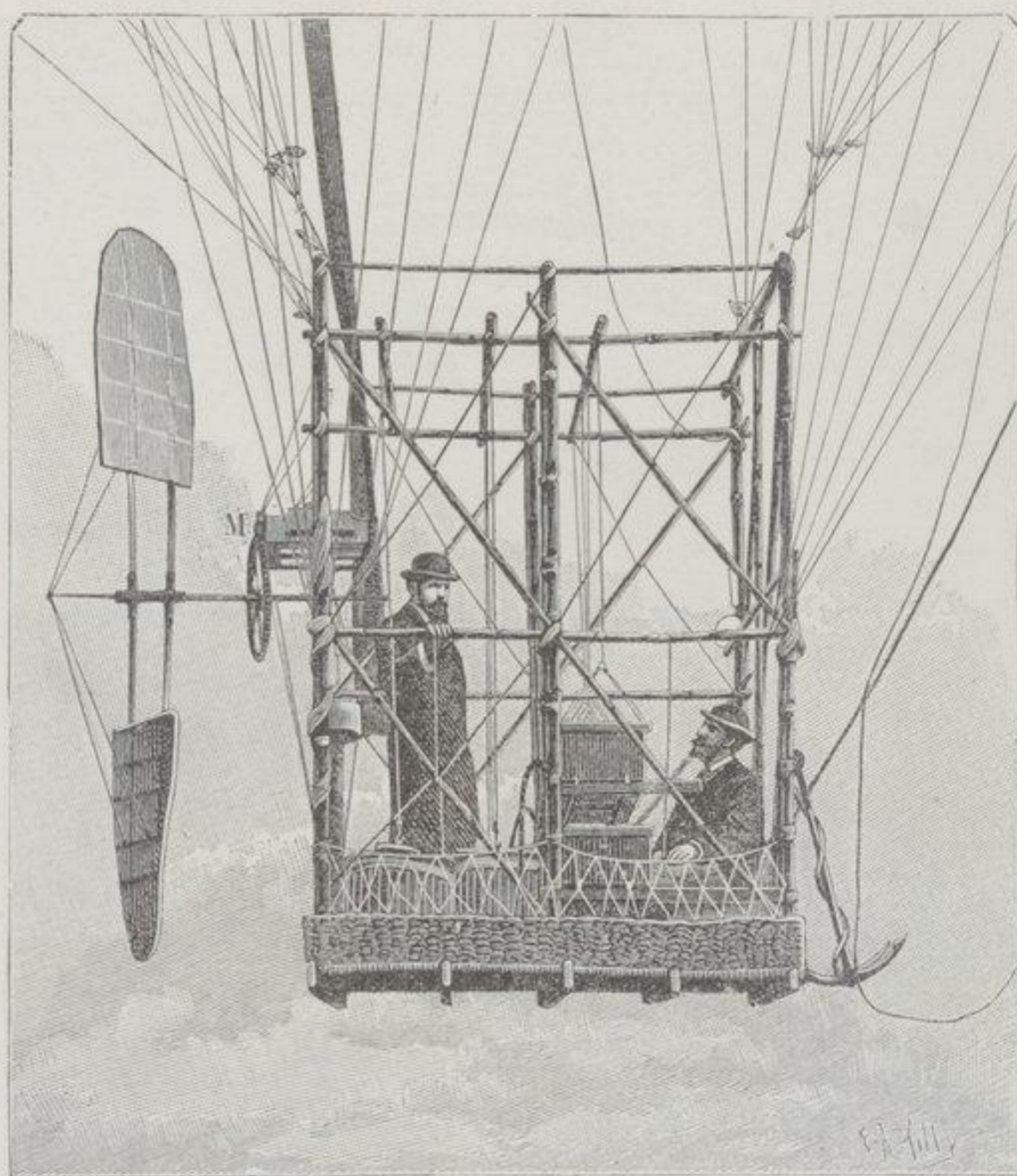


Fig. 210. — Nacelle de l'aérostat dirigeable des frères Tissandier.

8 octobre 1883, quand l'hélice, de 2<sup>m</sup>,80 de diamètre, tournait avec une vitesse de 180 tours à la minute, produisant un travail effectif de 100 kilogrammètres, les aéronautes tinrent tête à un vent de 3 mètres à la seconde, et qu'en suivant le courant ils dévièrent très facilement de la ligne du vent.

Aérostas « La France » de l'École aérostatique de Meudon

Après les intéressants essais effectués par l'aérostas des frères Tissandier, les capitaines Renard et Krebs, attachés à l'École aérostatique

de Meudon, expérimentèrent un autre aérostas dirigeable, construit par eux au parc aérostatique militaire, lequel devait donner des résultats fort encourageants.

C'est le 9 août 1884 que l'aérostas de l'École de Meudon *La France*, monté par les capitaines Renard et Krebs, s'éleva dans les airs, actionné par un moteur électrique. Il monta, par un temps calme, à une hauteur de 300 mètres environ. L'hélice fut alors mise en mouvement, et l'aérostas se dirigea vers un point assigné d'avance. Sa marche, lente d'abord, s'accéléra graduellement, et l'aérostas s'engagea au-dessus de la forêt de Meudon.

La brise soufflait de l'est, avec une vitesse de 5 mètres par seconde : la marche de l'aérostas s'effectuait contre le vent.

Les aéronautes Renard et Krebs remplissaient des fonctions diverses. Tandis que l'un manœuvrait le gouvernail, l'autre maintenait la permanence de la hauteur. Arrivés au-dessus de l'ermitage de Villebon, l'officier qui tenait le gouvernail agita un drapeau : c'était le signal du retour. On était arrivé à l'endroit désigné par avance, et il s'agissait de revenir au point de départ.

On vit alors l'aérostas *virer de bord*, en décrivant majestueusement un demi-cercle de 400 mètres de rayon environ, et il se dirigea vers Meudon.

Arrivé près de la pelouse, d'où le départ

avait eu lieu, le ballon s'abaissa graduellement, obliqua, fit machine en arrière, machine en avant, et finalement, atterrit à l'endroit voulu.

Les capitaines Renard et Krebs, suivant un procédé précédemment employé, ont établi à l'intérieur de l'aérostas, un *ballonnet compensateur*. Chaque fois que les nécessités de la manœuvre exigent une déperdition d'hydrogène, on insuffle dans ce ballonnet, au moyen d'un ventilateur, une quantité équivalente d'air, et la surface externe reprend sa rigidité première.

Il faut, en effet, pour qu'un aérostas offre à l'air une résistance suffisante, que l'enveloppe présente une rigidité absolue.

Dans le cas contraire, elle est détendue et n'est plus qu'une surface flottante se comportant comme une voile, dans les plis de laquelle le vent s'engouffre.

L'enveloppe, de forme allongée, est plus effilée à l'arrière qu'à l'avant. Elle est en soie de Chine vernie et découpée en fuseaux longitudinaux limités par des *méridiens*.

Une housse recouvre la partie supérieure de l'enveloppe, sauf aux extrémités. Elle est faite également en soie de Chine, mais n'est pas vernie.

La housse se termine à la partie inférieure par trois séries de pattes d'oie auxquelles sont reliées soixante-six cordes de suspentes destinées à supporter la nacelle.

Les efforts se trouvent ainsi également répartis sur l'enveloppe.

Pour assurer la stabilité de la nacelle et rendre la suspension indéformable, les suspentes sont disposées en deux faisceaux qui s'attachent d'une part à deux traversières et d'autre part à la nacelle.

La nacelle est constituée par des barres longitudinales faites en bambou, reliées entre elles par des montants, des entretoises croisées et des ligatures en fer.

C'est une poutre de grande longueur qui sert à supporter les organes de propulsion de l'aérostas, les piles, le moteur et l'hélice.

Un gouvernail vertical est placé à l'arrière de l'aérostat et au-dessous de lui est disposé horizontalement un autre gouvernail à deux bras pouvant faire office de *stabilisateur*.

L'hélice, qui a 7 mètres de diamètre, peut faire 47 tours à la minute. La force motrice, susceptible d'atteindre huit chevaux, est obtenue à l'aide d'une machine dynamo-électrique, construite dans des conditions de légèreté exceptionnelles.

Enfin, le générateur d'électricité est une pile d'une grande puissance, quoique d'un très petit volume.

La communication adressée à l'Académie des sciences, le 18 août 1884, ne donnait aucune indication au sujet de la composition de cette pile.

Le voyage aérien du 9 août 1884 a été raconté par les voyageurs eux-mêmes, dans une communication faite à l'Académie des sciences, dans la séance du 18 août. Voici cette intéressante communication :

« A 4 heures du soir, disent les auteurs, l'aérostat, de forme allongée, muni d'une hélice et d'un gouvernail, s'est élevé, en ascension libre, monté par MM. le capitaine du génie Renard, directeur des ateliers militaires de Chalais, et le capitaine d'infanterie Krebs, son collaborateur depuis six ans.

« Après un parcours total de 7 kilomètres 600 mètres, effectué en vingt-trois minutes, le ballon est venu atterrir à son point de départ, après avoir exécuté une série de manœuvres avec une précision comparable à celle d'un navire à hélice évoluant sur l'eau.

« La solution de ce problème, tentée déjà en 1855, en employant la vapeur, par H. Giffard, en 1872 par M. Dupuy de Lôme, qui utilisa la force musculaire des hommes, et enfin l'année dernière (1) par M. Tissandier, qui le premier a appliqué l'électricité à la propulsion des ballons, n'avait été jusqu'à

ce jour que très imparfaite, puisque, dans aucun cas, l'aérostat n'était revenu à son point de départ.

« MM. Renard et Krebs ont été guidés dans leurs travaux par les études de M. Dupuy de Lôme relatives à la construction de son aérostat de 1870-1872, et, de plus, ils se sont attachés à remplir les conditions suivantes :

« Stabilité de route obtenue par la forme du ballon et la disposition du gouvernail ;

« Diminution des résistances à la marche par le choix des dimensions ;

« Rapprochement des centres de traction et de résistance, pour diminuer le moment perturbateur de stabilité verticale ;

« Enfin, obtention d'une vitesse capable de résister aux vents régnant les trois quarts du temps dans notre pays.

« L'exécution de ce programme et les études qu'il comporte ont été faites par ces officiers en collaboration ; toutefois, il importe de faire ressortir la part prise plus spécialement par chacun d'eux dans certaines parties de ce travail.

« L'étude de la disposition particulière de la chemise de suspension, la détermination du volume du *ballonnet*, les dispositions ayant pour but d'assurer la stabilité longitudinale du ballon, le calcul des dimensions à donner aux pièces de la nacelle, enfin l'invention et la construction d'une pile nouvelle, d'une puissance et d'une légèreté exceptionnelles, sont l'œuvre personnelle de M. le capitaine Renard.

« Les divers détails de construction du ballon, son mode de réunion avec la chemise, le système de construction de l'hélice et du gouvernail, l'étude du moteur électrique calculé d'après une méthode nouvelle basée sur des expériences préliminaires permettant de déterminer tous les éléments pour une force donnée, sont l'œuvre de M. Krebs, qui, grâce à des dispositions spéciales, est parvenu à établir cet

(1) C'est-à-dire en 1883.

appareil dans des conditions de légèreté inusitées.

imprimer à l'aérostat une vitesse donnée a été faite de deux manières :

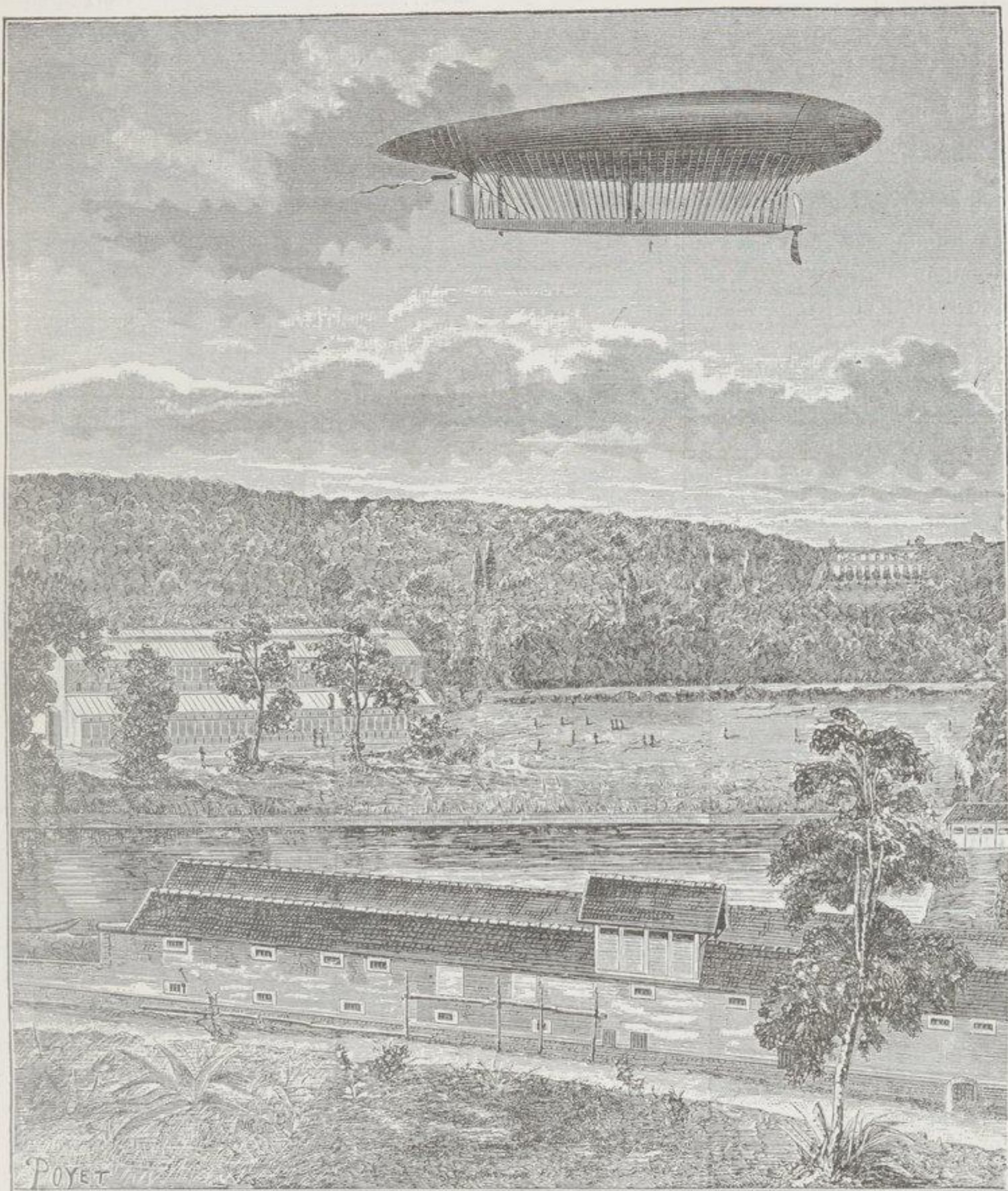


Fig. 211. — Le parc de l'École aérostatique de Chalais-Meudon.

« Les dimensions principales du ballon sont les suivantes : longueur,  $52^m,42$ ; diamètre,  $8^m,40$ ; volume,  $1.864$  mètres cubes.

« L'évaluation du travail nécessaire pour

1° En partant des données posées par M. Dupuy de Lôme et sensiblement vérifiées dans son expérience de février 1872;

2° En appliquant la formule admise dans

la marine pour passer d'un navire connu à un autre de formes très peu différentes, et en admettant que, dans le cas du ballon, les travaux soient dans le rapport des densités des deux fluides.

« Les quantités indiquées en suivant ces deux méthodes concordent à peu près, et ont conduit à admettre, pour obtenir une vitesse par seconde de 8 à 9 mètres, un travail de traction utile de 5 chevaux de 75 kilogrammètres, ou, en tenant compte des rendements de l'hélice et de la machine, un travail électrique sensiblement double, mesuré aux bornes de la machine.

« La machine motrice a été construite de manière à pouvoir développer sur l'arbre 8,5 chevaux-vapeur, représentant, pour le courant aux bornes d'entrée, 12 chevaux. Elle transmet son mouvement à l'arbre de l'hélice par l'intermédiaire d'un pignon engrenant avec une grande roue.

« La pile est divisée en quatre sections, pouvant être groupées en surface ou en tension de trois manières différentes. Son poids, par cheval-heure, mesuré aux bornes, est de 19 kg. 350.

« Quelques expériences ont été faites pour mesurer la traction au point fixe, qui a atteint le chiffre de 60 kilogrammes pour un travail électrique développé de 840 kilogrammètres et de 46 tours d'hélice par minute.

« Deux sorties préliminaires, dans lesquelles le ballon était équilibré et maintenu à une cinquantaine de mètres au-dessus du sol, ont permis de connaître la puissance de giration de l'appareil.

« Enfin, le 9 août, les poids enlevés étaient les suivants (force ascensionnelle totale environ 2.000 kilogrammes) :

Ballon et ballonnet.....	kg.	369	»
Chemise et filet.....	127	»	
Nacelle complète.....	452	»	
Gouvernail.....	46	»	
Hélice.....	41	»	
Machine.....	98	»	
Bât et engrenages.....	47	»	

Arbre moteur.....	30,500
Pile, appareils et divers.....	435,500
Aéronautes.....	140 »
Lest.....	214 »

« A 4 heures du soir, par un temps presque calme, l'aérostat, laissé libre et possédant une très faible force ascensionnelle, s'élevait lentement jusqu'à hauteur des plateaux environnants. La machine fut mise en mouvement, et bientôt, sous son impulsion, l'aérostat accélérât sa marche, obéissant fidèlement à la moindre indication de son gouvernail.

« La route fut d'abord tenue nord-sud, se dirigeant sur le plateau de Châtillon et de Verrières; à hauteur de la route de Choisy à Versailles, et pour ne pas s'engager au-dessus des arbres, la direction fut changée, et l'avant du ballon dirigé sur Versailles.

« Au-dessus de Villacoublay, nous trouvant éloignés de Chalais d'environ 4 kilomètres, et entièrement satisfaits de la manière dont le ballon se comportait en route, nous décidons de revenir sur nos pas et de tenter de descendre sur Chalais même, malgré le peu d'espace découvert laissé par les arbres. Le ballon exécuta son demi-tour sur la droite, avec un angle très faible (environ 11°) donné au gouvernail. Le diamètre du cercle décrit fut d'environ 800 mètres.

« Le dôme des Invalides, pris comme point de direction, laissait alors Chalais un peu à gauche de la route.

« Arrivé à hauteur de ce point, le ballon exécuta, avec autant de facilité que précédemment, un changement de direction sur sa gauche, et bientôt il venait planer à 300 mètres au-dessus de son point de départ. La tendance à descendre que possédait le ballon à ce moment, fut accusée davantage par une manœuvre de la soupape. Pendant ce temps, il fallut, à plusieurs reprises faire machine en arrière et en avant, afin de ramener le ballon au-dessus du point

choisi pour l'atterrissage. A 80 mètres au-dessus du sol, une corde larguée du ballon fut saisie par des hommes, et l'aérostât fut ramené dans la prairie même d'où il était parti.

« Voici quelques chiffres documentaires.

« A plusieurs reprises, pendant la marche, le ballon eut à subir des oscillations de 2 à 3° degrés d'amplitude, analogues au tangage; ces oscillations peuvent être attribuées soit à des irrégularités de forme, soit à des courants d'air locaux dans le sens vertical.

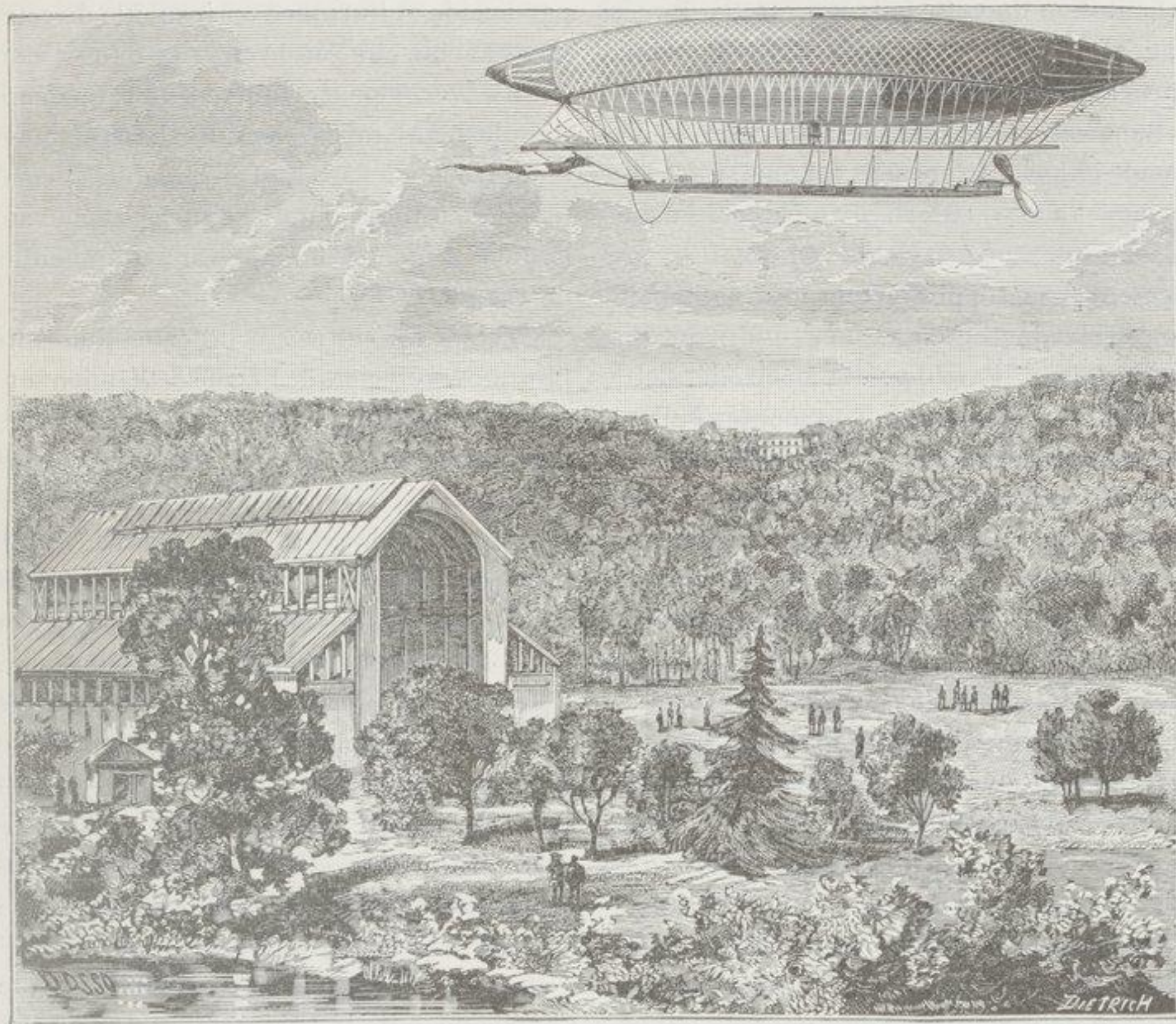


Fig. 212. — Première ascension de l'aérostât électrique dirigeable des capitaines Renard et Krebs, le 9 août 1884.

Chemin parcouru avec la machine, mesuré sur le sol.....	7km,600
Durée de cette période.....	23m
Vitesse moyenne à la seconde (1).	5m,50
Nombre d'éléments employés.....	32
Force électrique dépensée aux bor- nes à la machine.....	250kgm
Rendement probable de la machine.	0,70
Travail de traction.....	125kgm
Résistance approchée du ballon...	22kil,800

(1) Le vent étant presque nul, la vitesse absolue se confond sensiblement avec la vitesse propre par rapport à l'air, d'autant plus que l'aérostât a décrit une trajectoire fermée.

« Ce premier essai, ajoutait le capitaine Renard sera suivi prochainement d'autres expériences faites avec la machine au complet, permettant d'espérer des résultats encore plus concluants. »

On a remarqué que, dans le récit de leur ascension de 1884, les deux capitaines de Meudon ne disaient rien de la composition de la pile dont ils faisaient usage pour animer leur machine dynamo-électrique. On pensait généralement que c'était la pile au

bichromate de potasse, qui était alors la plus répandue pour fournir un courant d'une grande intensité, mais de peu de durée et d'une énergie décroissante, c'est-à-dire celle dont avaient fait usage les frères Tissandier, en 1883. Tel n'était pas cependant le générateur électrique du ballon de Chalais. La constitution de cette pile n'a été divulguée que plus tard, dans une communication adressée en 1888, à l'Académie des sciences.

Dans cette pile, le liquide actif est de l'acide chlorhydrique à 11° Baumé. Elle renferme l'acide chlorhydrique et l'acide chromique à équivalents égaux. Chaque élément de cette pile est un tube contenant une électrode positive et un cylindre de zinc placé suivant l'axe de cette électrode. Cette disposition a pour effet d'augmenter la densité du courant électrique à la surface du zinc (elle atteint de 25 à 40 ampères par décimètre carré). L'électrode positive n'est pas en charbon, comme celle de la pile à bichromate. L'électrode se compose d'une large lame d'argent platiné par laminage sur ses deux faces. L'épaisseur totale de la lame platinée est de 0<sup>mm</sup>,1; l'épaisseur du platine, sur chaque face, est de 0<sup>mm</sup>,0025 seulement. A conductibilité égale, le charbon de cornue serait environ 2.500 fois plus épais et 200 fois plus lourd. Le zinc n'est pas amalgamé, car, amalgamé ou non, il se dissout. En supprimant l'amalgamation, on peut employer des zincs de faibles dimensions, ce qui ne serait pas possible avec l'amalgamation, car le mercure rend le zinc très cassant.

Si l'on ajoute au liquide chloro-chromique de l'acide sulfurique, on obtient, selon la proportion du mélange, des liquides actifs atténués, dont la capacité reste la même que celle de la solution normale, mais qui permettent de diminuer l'activité de la pile. On peut, par conséquent, régler ainsi la durée du fonctionnement et appliquer la pile à des usages très divers.

Chaque élément est renfermé dans un

tube en ébonite ou en verre, dont la hauteur est de dix fois son diamètre. Au potentiel normal de 1,2 volt, le courant est proportionnel à la surface du zinc.

Comme l'acide chromique cristallisé est cher, on peut le remplacer par des liquides obtenus en traitant le bichromate de soude par l'acide sulfurique; on recueille directement l'acide chloro-chromique dans l'eau.

Un élément peut résulter du groupement de plusieurs tubes en surface. L'élément employé pour l'aérostat dirigeable se composait de 6 tubes réunis en surface, pouvant donner jusqu'à 120 ampères, à un potentiel de 1,2 volts.

C'est en faisant usage de cette puissante pile que les officiers de l'École de Meudon sont arrivés à produire sous un poids de 480 kilogrammes la puissance de 16 chevaux persistant pendant deux heures, ce qui représente, selon eux, une puissance huit fois plus grande, à résistance électrique égale, que celle dont pouvaient disposer tous les aérostats dirigeables construits jusque-là. En effet, aucune pile, aucun accumulateur, ne pouvait développer pendant une heure le travail d'un cheval-vapeur avec le faible poids d'environ 30 kilogrammes, c'est-à-dire réaliser l'effet accompli par l'appareil électro-mécanique des officiers de l'École de Meudon.

Une nouvelle expérience de l'aérostat de Chalais fut faite le 12 septembre 1884, mais elle n'eut pas tout le succès qu'on en attendait. Le ministre de la guerre était présent. On avait constaté que la vitesse du vent était de 25 kilomètres à l'heure : celle du ballon fut de 26 kilomètres seulement.

Les capitaines Renard et Krebs s'élevèrent, à 4 h. 40 minutes. Le vent menait le ballon vers Vélizy. A 10 minutes de Chalais, on mit l'hélice en action, et l'aérostat revint vers son point de départ. Ensuite les aéronautes laissèrent le vent les pousser vers Vélizy. L'échauffement du moteur ayant immobilisé cet organe, l'aérostat atterrit



dans une plaine et les voyageurs mirent pied à terre à 5 heures. La gaz s'était échappé en grande partie, et des laboureurs ramenèrent le ballon à Chalais.

Renard et Krebs ont affirmé que si un accident ne s'était pas produit, ils seraient revenus, contre le vent, à leur point de départ. Ils donnent pour preuve ce fait que, malgré la rupture de l'une des piles, ils ont pu opérer leur descente dans une clairière dont la superficie totale ne dépasse pas 20 mètres carrés.

*Autre expérience de l'aérostaut Tissandier*

Gaston et Albert Tissandier, qui avaient précédé les deux capitaines de Meudon dans l'emploi d'un aérostaut électrique dirigeable, ne voulurent pas rester sous le coup du succès, universellement proclamé, des aéronautes militaires.

Ils reprirent donc leurs expériences aériennes. Le 26 septembre 1884, ils faisaient, avec leur aérostaut dirigeable, une ascension, qu'un succès complet couronna.

On voit dans la figure 213 l'installation des piles accumulatrices dans la nacelle de l'aérostaut dirigeable, pendant cette ascension.

Gaston Tissandier, en son nom et au nom de son frère, a rendu compte, le 29 septembre 1884, à l'Académie des sciences, des particularités de cette expérience dont voici le récit :

« A la suite de l'ascension que nous avons exécutée, le 8 octobre 1883, dans notre aérostaut à hélice, le premier qui ait emprunté à l'électricité sa force motrice, nous avons dû modifier quelques parties du matériel et refaire notamment de toutes pièces le gouvernail, dont le rôle n'est pas moins important que celui du propulseur.

« Nous avons exécuté, le vendredi 26 septembre 1884, un deuxième essai : il a donné tous les résultats que nous pouvions attendre d'une construction faite dans un but d'étude expérimentale. Notre aérostaut, dont la sta-

bilité n'a jamais rien laissé à désirer, obéit à présent avec la plus grande sensibilité aux mouvements du gouvernail, et il nous a permis d'exécuter au-dessus de Paris des évolutions nombreuses dans des directions différentes, et de remonter même, à plusieurs reprises, le courant aérien avec vent debout, comme ont pu le constater des milliers de spectateurs.

« L'ascension a eu lieu à 4 h. 20 minutes. A 400 mètres d'altitude, nous avons été entraînés par un vent assez vif du nord-est, et aussitôt l'hélice a été mise en mouvement, d'abord à petite vitesse. Quelques minutes après, tous les éléments de la pile montés en tension ont donné leur maximum de débit. Grâce aux dimensions plus volumineuses de nos lames de zinc et à l'emploi d'une dissolution de bichromate de potasse plus chaude, plus acide et plus concentrée, il nous a été donné de disposer d'une force motrice effective de un cheval et demi avec une rotation de l'hélice de 190 tours à la minute.

« L'aérostaut a d'abord suivi presque complètement la ligne du vent; puis il a viré de bord sous l'action du gouvernail et, décrivant une demi-circonférence, il a navigué vent debout. En prenant des points de repère sur la verticale, nous constatons que nous nous rapprochions lentement, mais sensiblement de la direction d'Auteuil (notre point de départ), ayant une complète stabilité de route. La vitesse du vent était environ de 3 mètres à la seconde, et notre vitesse propre, un peu supérieure, atteignait à peu près 4 mètres à la seconde. Nous avons ainsi remonté le vent au-dessus du quartier de Grenelle pendant plus de quinze minutes. Après notre première évolution, la route fut changée et l'avant du ballon tenu vers l'Observatoire.

« On nous vit recommencer, dans le quartier du Luxembourg, une manœuvre de louvoyage semblable à la précédente, et l'aérostaut, la pointe en avant contre le vent,

a encore navigué à courant contraire. Après avoir séjourné pendant plus d'une heure au-dessus de Paris, l'hélice a été arrêtée, et

nous a été facile de mesurer par le chemin parcouru au-dessus du sol notre vitesse de translation et d'obtenir ainsi très exacte-

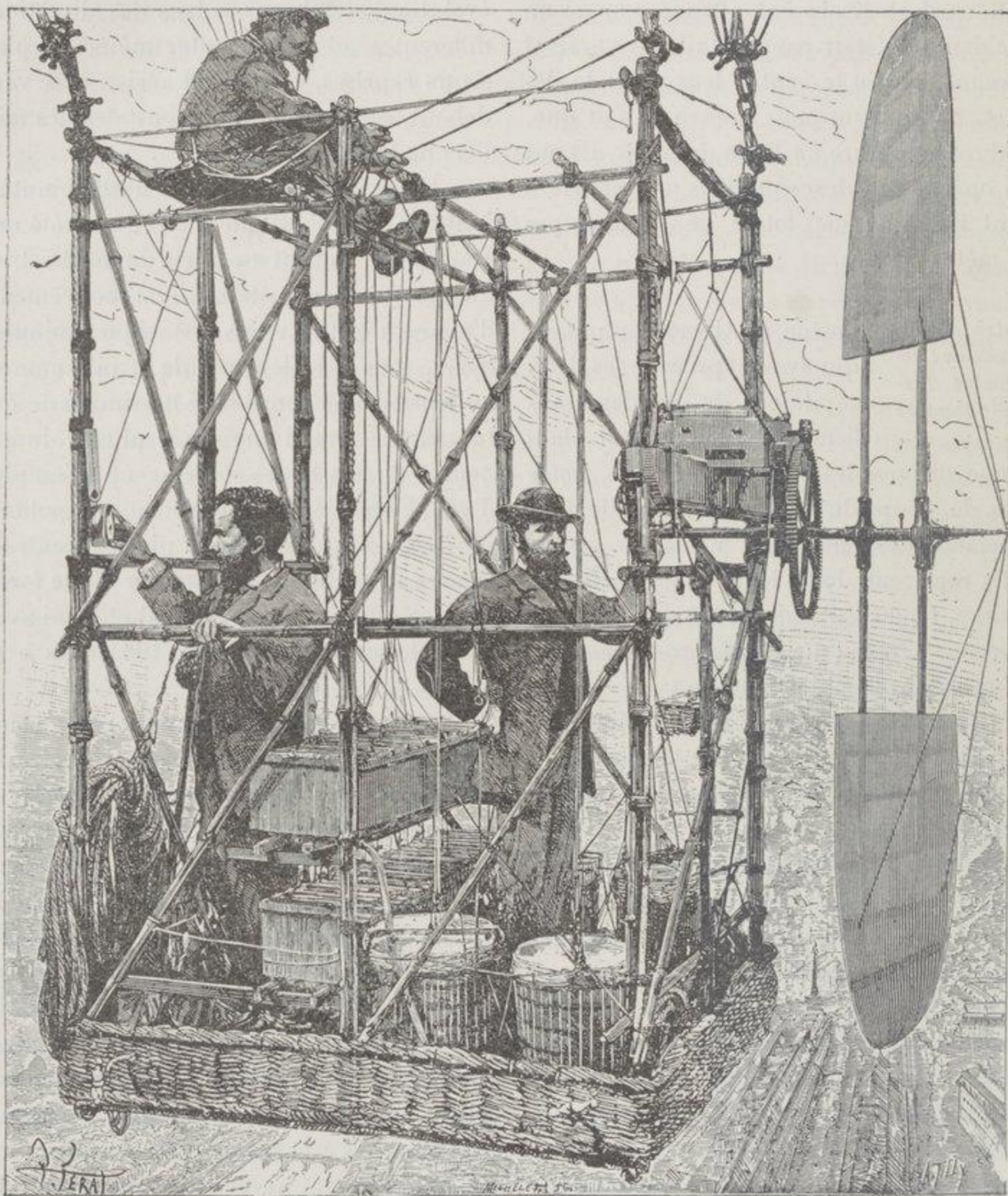


Fig. 213. — Nacelle de l'aérostat dirigeable de Gaston et Albert Tissandier, contenant le moteur et les piles, pendant l'ascension du 26 septembre 1884.

l'aérostat, laissé à lui-même, tout en étant maintenu à une altitude à peu près constante, a été aussitôt entraîné par un vent assez rapide. Il passa au sud du bois de Vincennes, et à partir de cette localité il

ment celle du courant aérien lui-même. Cette vitesse variait de 3 à 5 mètres par seconde ; elle a changé fréquemment au cours de notre expérience. Arrivés au-dessus de la Varenne-Saint-Maur, au moment du cou-

cher du soleil, nous avons profité d'une accalmie pour recommencer de nouvelles évolutions. L'hélice fut remise en mouvement, et l'aérostat, obéissant docilement à son action, remonta avec beaucoup plus de facilité le courant aérien devenu plus faible. Si nous avions eu encore une heure devant nous, il ne nous aurait pas été impossible de revenir à Paris.

« L'ascension du 26 septembre 1884 aura donné une démonstration expérimentale des aérostats *fusiformes, symétriques, avec hélice à l'arrière*, et cela sans qu'il ait été nécessaire de rapprocher dans la construction les centres de traction et de résistance. La disposition que nous avons adoptée favorise considérablement la stabilité du système, sans exclure la possibilité de construire des aérostats très allongés et de très grandes dimensions, qui peuvent seuls assurer l'avenir de la locomotion atmosphérique.

« MM. les capitaines Renard et Krebs ont brillamment démontré, d'autre part, que *l'hélice* pouvait être *placée à l'avant*, et qu'il était possible de rapprocher considérablement la nacelle d'un aérostat pisciforme auquel elle est attachée; ils ont obtenu, grâce à l'emploi d'un moteur très léger, une vitesse propre qui n'avait jamais été atteinte avant eux. Nous rendons hommage au grand mérite de MM. Renard et Krebs, comme ils ont fait eux-mêmes à l'égard de l'antériorité de nos essais en ce qui concerne l'application de l'électricité à la navigation aérienne. »

*Autres essais  
de l'aérostat  
la « France »*

Pour terminer l'histoire de la campagne aérostatique de 1884, nous dirons que les capitaines Renard et Krebs prirent, le 8 novembre 1884, une revanche de leur insuccès relatif du 12 septembre.

Nous avons dit que, le 12 septembre, le ballon de Chalais avait exécuté une ascension peu réussie. Aussi le public, d'abord enthousiasmé, n'avait-il pas tardé à revenir

sur sa première impression. L'admiration de la première heure avait fait place au doute. Mais il ne fallait attribuer l'insuccès de l'essai du 12 septembre qu'à un accident de machine, qui avait mis momentanément l'appareil hors de service. Cet accident n'enlevait rien à la valeur du système.

L'expérience du 8 novembre le prouva.

Vers midi, l'aérostat dirigeable de Chalais-Meudon s'élevait lentement au-dessus de la pelouse de départ. Arrivé à la hauteur des plateaux, le ballon commença à se mouvoir, sous l'influence de son hélice, dont la vitesse s'accéléra peu à peu. Après un premier virage, l'aérostat se dirigea en droite ligne vers le viaduc de Meudon, qu'il franchit bientôt. Une légère brise du nord-ouest lui fit traverser la Seine, en aval du pont de Billancourt. Il s'engagea sur la rive droite, pendant quelques minutes encore, dans la direction de Longchamp, et s'arrêta brusquement à 500 ou 600 mètres du fleuve.

Les aéronautes s'abandonnèrent alors au courant aérien, probablement pour mesurer sa vitesse. Après cinq minutes d'arrêt, l'hélice fut remise en mouvement : le ballon décrivit un demi-cercle, et se dirigea vers son point de départ avec une rectitude parfaite.

Il traversa Meudon assez rapidement, et après 45 minutes de voyage, descendit sur la pelouse de départ, sans difficulté apparente.

Après deux heures de repos, les aéronautes montaient une deuxième fois dans leur nacelle, et exécutaient, dans les environs de Chalais, de nouvelles évolutions. Le brouillard qui s'élevait alors les empêcha de s'éloigner davantage. D'ailleurs, les aéronautes avaient probablement pour but d'étudier les facultés de leur appareil, en le soumettant à des épreuves diverses, car on vit successivement l'aérostat évoluer à droite et à gauche, s'arrêter, repartir, et finalement atterrir encore une fois sur la pelouse d'où il s'était élevé.

Les quelques personnes qui assistèrent à ce voyage aérien furent particulièrement frappées de la précision avec laquelle l'aérostat dirigeable obéissait à l'action de son gouvernail et se maintenait dans une direction rectiligne.

En 1885, les aéronautes de Meudon continuèrent de s'occuper d'expériences sur la direction des aérostats.

Le mardi 25 août, le capitaine Renard, aidé de son frère, exécuta un nouveau voyage avec son aérostat dirigeable.

L'ascension eut lieu par un vent assez vif : ce qui n'empêcha pas l'aérostat de résister au vent, en accomplissant des manœuvres qui réussirent complètement. La descente se fit à l'endroit désigné d'avance, dans l'enclos de la ferme de Villacoublay, près du Petit-Bicêtre.

Le mardi 22 septembre 1885, à 4 heures, le même aérostat, monté par les capitaines Charles et Paul Renard, et par M. Duté-Poitevin, aéronaute civil attaché à l'établissement de Chalais, s'élevait au-dessus du bois de Meudon, évoluait pendant quelques instants, et changeait de direction, au gré de ses conducteurs ; puis, vers 4 heures et demie, mettant le cap sur le nord, il arrivait rapidement au-dessus de la gare de

Meudon. Poursuivant ensuite sa route, le ballon passait au-dessus de la Seine, à la hauteur de l'île de Billancourt, et s'arrêtait au Point-du-Jour.

Depuis l'ascension précédente, les aéronautes de Meudon avaient réalisé certains progrès. Dès que l'hélice était mise en mouvement, l'aérostat fendait les airs, avec précision et rapidité.

Un petit ballon de quelques décimètres de diamètre, abandonné au moment où l'aérostat dirigeable passait au-dessus de la Seine, fut promptement dépassé par les voyageurs aériens.

Arrivé au-dessus du Point-du-Jour, l'aérostat vira de bord, et mit le cap sur le bois de Meudon. Il avait, cette fois, le vent pour auxiliaire ; aussi la distance qui sépare le Point-du-Jour du camp

de Chalais fut-elle franchie en quelques minutes. A 6 heures, l'aérostat arrivait au-dessus du camp. Il descendit, sans secousses et sans incidents, juste au milieu du parc.

Le lendemain, l'expérience fut renouvelée avec succès en présence du ministre de la guerre.

Les essais effectués par l'aérostat dirigeable construit par les capitaines Renard et Krebs étaient concluants.

La direction des aérostats était résolue,



Fig. 214. — Le capitaine Renard (1884).

en principe, c'est-à-dire que l'équilibre, la déviation et la progression des appareils pouvaient être obtenus.

Cependant, au point de vue pratique, il restait encore beaucoup à faire pour recueillir les avantages que l'on attendait de la navigation aérienne dirigée.

L'organe essentiel, en effet, le moteur, ne pouvait fournir qu'une puissance relativement réduite pour un poids déterminé, qui ne pouvait être dépassé sans augmenter considérablement le volume de l'aérostat et sans changer ses conditions de stabilité.

En outre, cette puissance réduite ne pouvait être obtenue que pendant quelques heures.

Le problème se posait donc autrement et consistait à trouver un moteur

qui pût fournir sous un poids réduit un travail considérable.

C'est pour cela qu'après les heureuses sorties de l'aérostat la *France* et alors que dans le public on s'attendait à voir se développer rapidement cette nouvelle invention, le silence se fit sur cette question, après quelques recherches faites en vue d'utiliser le moteur à vapeur comme agent de propulsion. Ce n'est qu'environ seize ans plus tard que le problème fut à nouveau posé et définitivement résolu. On était alors en possession, en effet, du moteur léger et puissant : le moteur à explosion. Dès lors,

la direction des aérostats fut pratiquement réalisée, et nous verrons plus loin les applications militaires qui en ont été faites.

Il convient donc de rendre hommage à la science et à la persévérance des savants précurseurs : Meusnier, Giffard, Dupuy de Lôme, Tissandier, Renard et Krebs, qui ont contribué à rendre réalisable la direction des aérostats recherchée depuis près d'un siècle. Parmi eux, le colonel Charles Renard,

par ses études approfondies sur la stabilité des aérostats, sur les moteurs, sur les hélices et, en général, sur tous les organes et engins utilisés dans la navigation aérienne, mérite une mention particulière pour la contribution scientifique qu'il a apportée à l'aéronautique.

Signalons, en terminant cet historique, les

quelques projets d'aérostats dirigeables qui furent établis après les belles expériences de l'aérostat la *France*, jusqu'au moment où on songea à utiliser le moteur à explosion pour actionner l'hélice propulsive.

Aérostat à  
vapeur  
Woelfert

(Fig. 216.) En Allemagne, on établit un aérostat mû par la vapeur. La figure 216 représente une vue d'ensemble de l'appareil, dont nous résumons les principales dispositions d'après un journal de l'époque.

L'aérostat à vapeur conçu par Woelfert a son hélice de propulsion montée à l'avant



Fig. 215. — Le capitaine Krebs (1884).

de l'appareil, dans un cadre en bois où elle reçoit directement du moteur à vapeur son mouvement de rotation.

Le cadre du gouvernail se meut sur des pivots en actionnant des cordages qui traversent le ballon, lesquels sont mis en jeu par une manivelle placée dans la nacelle.

Il porte à l'intérieur un ballonnet destiné à maintenir l'enveloppe rigide et dont le remplissage s'effectue par l'intermédiaire d'un tuyau conducteur en toile au moyen d'un ventilateur actionné par une manivelle. La nacelle, construite en fer forgé en T, et entourée d'un treillage métallique, con-

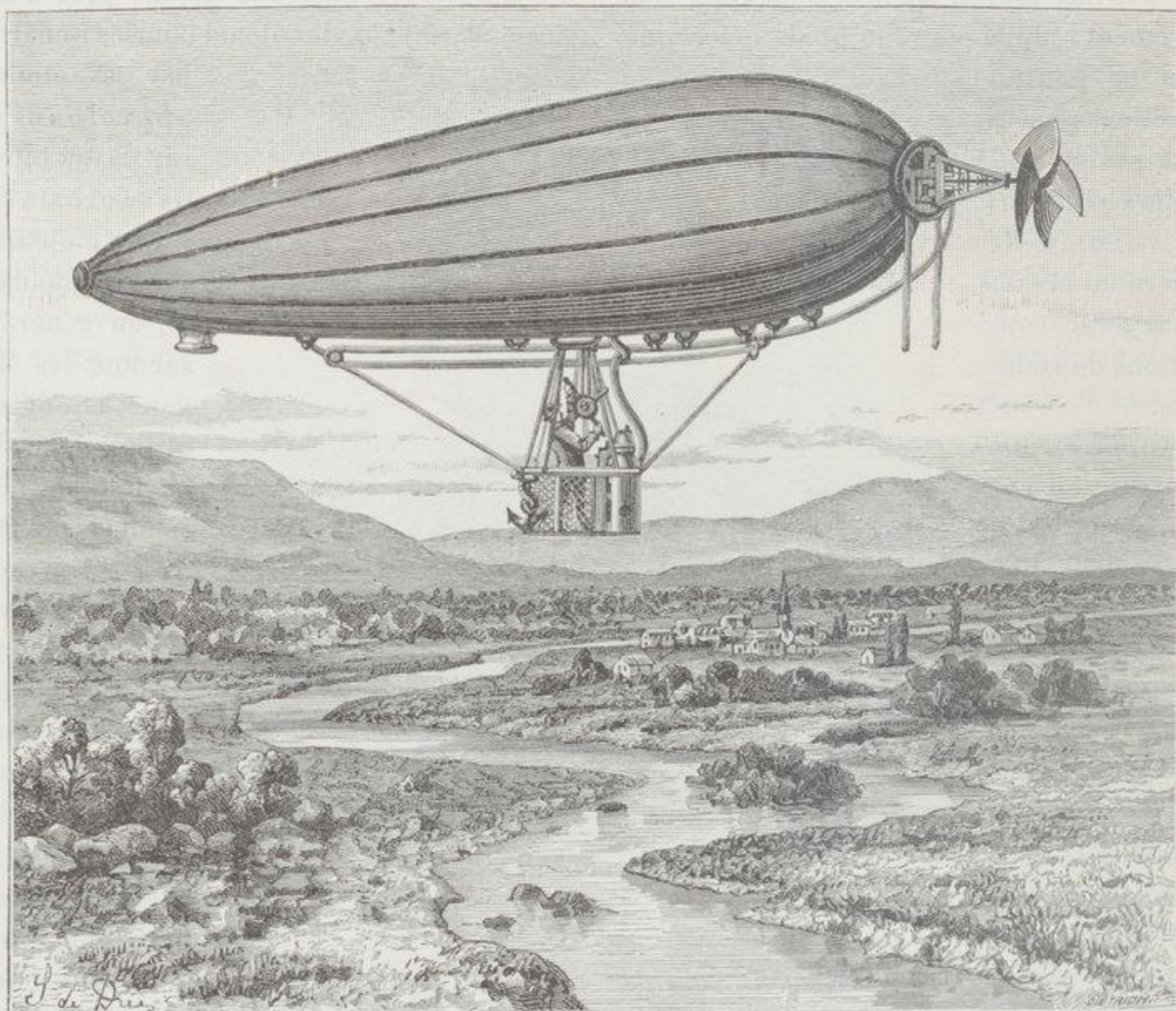


Fig. 216. — L'aérostat à vapeur Woelfert.

Ces cordes passent à leur sortie dans des sortes de presse-étoupes, de façon à prévenir la déperdition de gaz. Le ballon, d'une longueur de 30 mètres, effilé à ses deux extrémités, se compose d'une enveloppe de forte toile à voile, et le filet est remplacé par un agencement de cerceaux intérieurs. Le plus grand diamètre de l'aérostat est de 8 mètres et le plus petit de 4. Son volume est de 750 mètres cubes.

tient une petite chaudière à vapeur chauffée à l'alcool; elle peut porter, en outre, deux personnes et le lest nécessaire. La chaudière, timbrée à 12 atmosphères, est reliée par un tuyau en caoutchouc à deux petites machines à vapeur conjuguées, placées dans le cadre du gouvernail à l'avant.

La puissance totale est de 3 chevaux-vapeur.

Sous l'aérostat est placé un poids mobile,

dont le rôle est d'équilibrer le ballonnet. La nacelle est placée à 4 mètres en dessous de l'aérostat et à 10 mètres de sa pointe antérieure. La direction est obtenue par une inclinaison de l'hélice pivotant de 75° de droite à gauche avec son cadre.

L'inventeur prétendait assurer sa marche, même contre un vent debout de 6 mètres

Une machine à vapeur à grande vitesse, du système compound, à triple expansion et du genre *pilon*, est placée dans la nacelle. Elle est chauffée par le pétrole, et la fumée se rabat à la partie inférieure, comme dans le ballon de Giffard de 1852. La vapeur vient ensuite se liquéfier dans un *condenseur*, puis, ainsi liquéfiée, retourne à la chau-

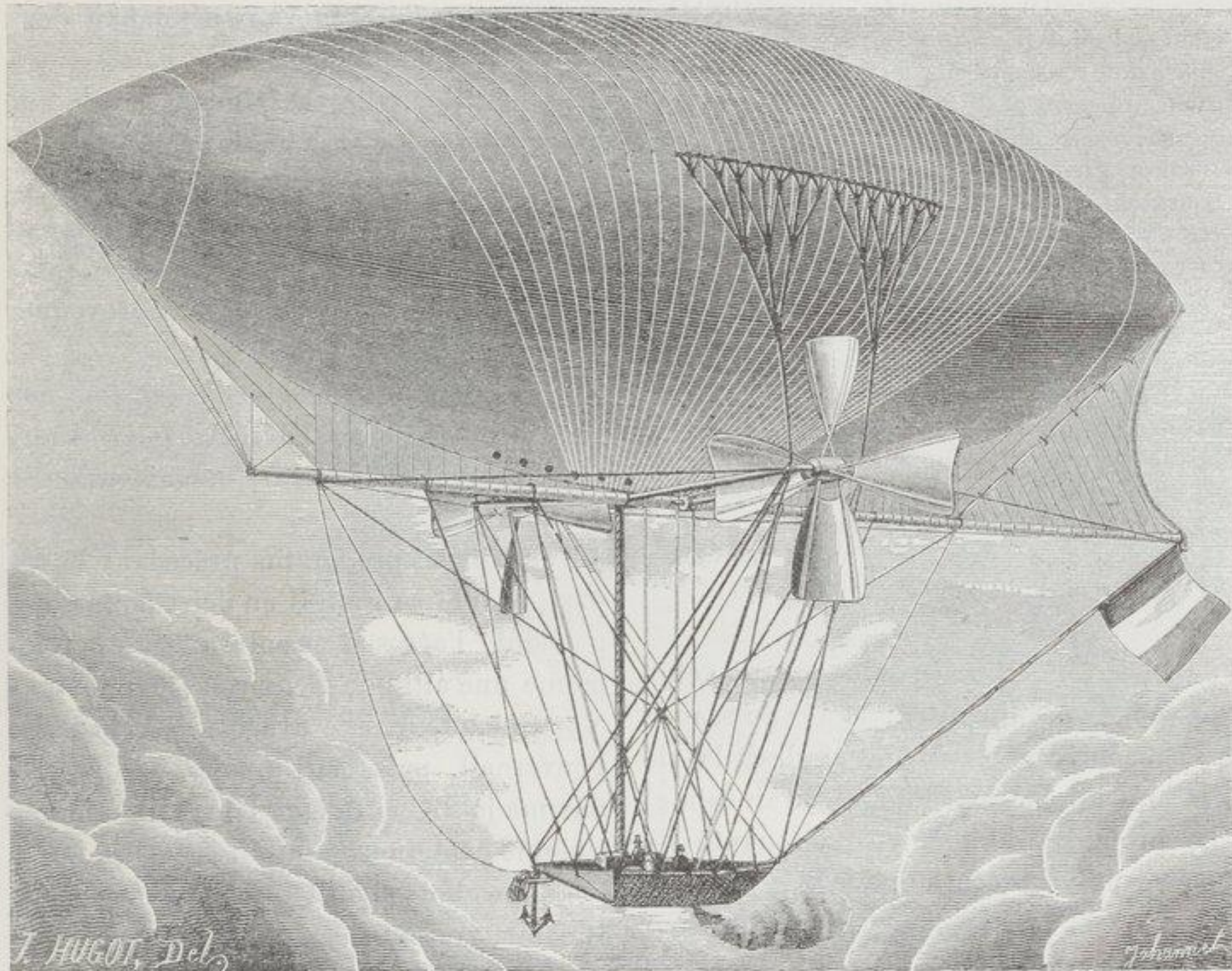


Fig. 217. — Projet d'aérostat à vapeur de G. Yon.

à la seconde, mais les résultats ne confirmèrent pas ses espérances.

*Aérostat Yon* (Fig. 217.) Un autre projet d'aérostat à vapeur a été conçu en 1886 par l'ingénieur-aéronaute Gabriel Yon, qui fut le compagnon de Henry Giffard dans un grand nombre de ses ascensions. Cet aérostat, dont la figure 217 donne une vue d'ensemble, a une forme ovoïde.

dière, comme sur les chaudières marines, de sorte que la même eau peut de nouveau servir à l'alimentation.

L'arbre de la machine fait tourner, par une courroie de transmission, deux hélices placées sur les flancs de l'aérostat, le plus près possible du centre de la résistance, lequel correspond à peu près au centre de gravité de l'appareil total.

M. Gabriel Yon a donné les tableaux suivants des dimensions et des conditions

principales de son aérostat à vapeur :

Vitesse absolue en air calme à l'heure.	40 <sup>km</sup>
Longueur du ballon.....	60 <sup>m</sup>
Diamètre du ballon.....	10 <sup>m</sup>
Hauteur du ballon.....	13 <sup>m</sup> ,1533
Section du maître couple.....	88 <sup>m</sup>
Surface totale de l'aérostat.....	1.450 <sup>m</sup>
Volume de la poche à air.....	500 <sup>mc</sup>
Cube total de l'aérostat.....	2.900 <sup>mc</sup>
Effort ascensionnel correspondant....	3.200 <sup>kg</sup>
Vitesse de l'aérostat par seconde.....	11 <sup>m</sup> ,111
Section de l'aérostat.....	88 <sup>m</sup>
Coefficient de résistance du plan mince par mètre carré pour 1 mètre à la seconde.....	135 <sup>gr</sup>
Résistance proportionnelle à l'avan- cement du système.....	2.036 <sup>km</sup> ,0475
Force correspondante en chevaux sur l'aérostat.....	27 <sup>ch</sup> ,160
Recul de l'hélice et frottement des ailes dans l'air.....	20 p. 100
Nombre de tours de l'hélice par mi- nute.....	70 <sup>t</sup>
Vitesse de l'hélice à la circonférence.	40 <sup>m</sup> ,317
Poids du matériel aérostatique.....	800 <sup>kg</sup>
Poids de la partie mécanique complète.	1.600
Engins de guerre soulevés (dynamite et torpilles).....	400
Effort ascensionnel disponible.....	400

Gabriel Yon estimait qu'un pareil véhicule, grâce à ses dimensions et à la puissance de sa machine à vapeur, atteindrait la vitesse de 40 kilomètres à l'heure, en air calme.

Le projet de l'ingénieur aérostat ne put être mis à exécution.

*Aérostats à moteurs à explosions* Jusqu'en l'année 1897, diverses tentatives furent faites, à l'étranger surtout, pour établir des aérostats dirigeables actionnés soit par des moteurs à vapeur, soit par des moteurs électriques.

En Allemagne, notamment, la recherche de la direction des aérostats était l'objet d'études suivies.

Woelfert, qui avait imaginé le dirigeable à moteur à vapeur dont nous venons de parler, avait successivement conçu divers projets d'aérostats comportant des moteurs électriques, mais aucun d'eux ne fut réalisé.

*Aérostat Woelfert* En 1897, Woelfert eut l'idée d'employer comme organe

moteur un moteur à explosion. C'était un moteur Daimler alimenté avec de l'essence de pétrole. L'aérostat dirigeable le *Deutschland*, construit pour recevoir ce moteur, avait une forme allongée. Sa longueur était de 28 mètres, son plus grand diamètre de 8<sup>m</sup>,50 et son volume de 800 mètres cubes.

Le moteur de 8 chevaux actionnait deux hélices en aluminium.

La nacelle, faite en bambou, avait une grande longueur et était suspendue par de très courts cordages, de sorte que le moteur et l'enveloppe de l'aérostat n'étaient séparés que par une faible distance. Cette imprudente disposition devait provoquer une catastrophe.

Après quelques essais d'ascension non couronnés de succès, l'aérostat *Deutschland* fut préparé pour effectuer une ascension le 14 juin 1897.

Pendant les préparatifs précédant le départ, le filet se rompit en deux points. Cependant l'aérostat s'enleva et atteignit même une altitude d'environ 1.000 mètres. A cette hauteur, une avarie se produisit au gouvernail, puis, tout à coup, une grande flamme jaillit, en même temps qu'une formidable explosion se faisait entendre.

La nacelle s'abattit sur le sol, où les aérostatistes vinrent s'écraser.

La proximité du moteur et du gaz hydrogène gonflant l'enveloppe avait provoqué l'inflammation de ce gaz et déterminé l'explosion.

*Aérostat Schwartz* Un aérostat dirigeable complètement métallique fut construit en Allemagne, en 1898, par un Autrichien nommé Schwartz.

L'enveloppe de l'aérostat était faite en tôle d'aluminium de 0,2 millimètre d'épaisseur. Elle était soutenue par des poutrelles également en aluminium.

L'enveloppe avait une forme cylindrique.



Elle était terminée en avant par une partie conique et à l'arrière par une face plane. Sa longueur était de 47<sup>m</sup>,50 et son volume atteignait 3.700 mètres cubes environ.

La liaison entre la nacelle et l'enveloppe n'était pas réalisée par l'intermédiaire d'un

Ce moteur actionnait quatre hélices : trois à axe horizontal, destinées à provoquer le déplacement et la direction de l'aérostat dans le sens horizontal ; la quatrième, disposée verticalement devait servir à propulser l'aérostat dans le sens de la hauteur. Toutes les hélices étaient en aluminium.

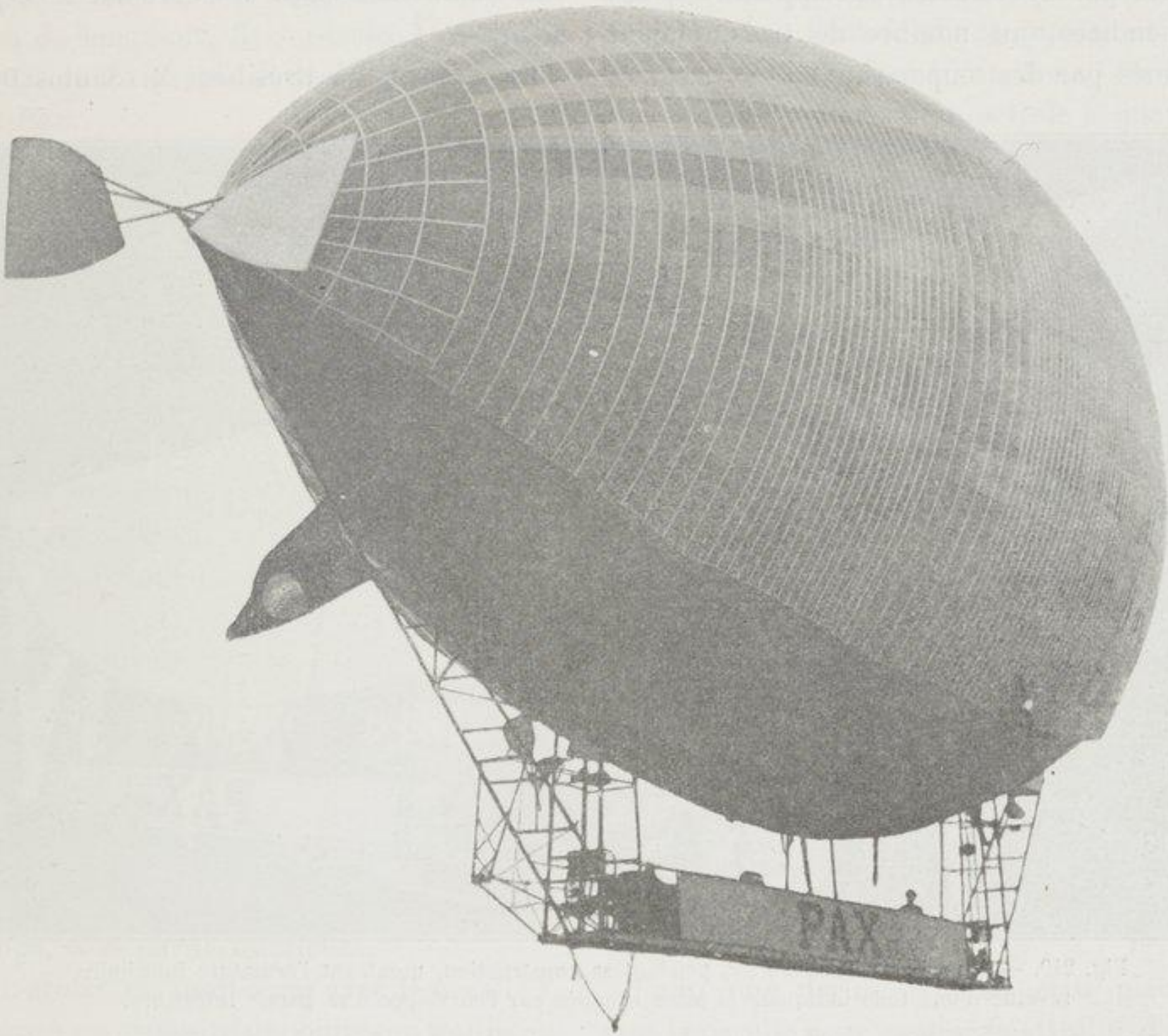


Fig. 218. — Le dirigeable *Pax*, de Severo.

filet. C'est une série de poutres à treillis, en aluminium qui, disposées tangentielle-ment à l'enveloppe, servaient à supporter la nacelle.

Cette nacelle était constituée par des tubes verticaux sur lesquels était fixée une tôle d'aluminium.

Dans la nacelle était disposé un moteur Daimler à essence de pétrole, d'une puissance de 12 chevaux.

Pour remplir l'enveloppe avec du gaz hydrogène, il fallait, auparavant, chasser l'air contenu dans cette enveloppe rigide, mais on ne pouvait le faire sous peine de voir cette enveloppe très mince se déformer par l'action d'une pression extérieure supérieure à la pression intérieure.

On eut alors recours à un curieux procédé. On remplit d'hydrogène une enveloppe en soie de même volume que l'aé-

rostat, après l'avoir introduite dégonflée, dans la carcasse métallique. L'enveloppe de soie remplie de gaz vint s'appliquer contre les parois intérieures de l'enveloppe métallique après en avoir chassé l'air. Il ne restait plus qu'à sortir l'enveloppe en laissant le gaz dans l'aérostat, ce qui fut fait en déchirant la soie et en l'enlevant par morceaux par les orifices des appendices. Ces appendices, au nombre de trois, étaient fermés par des soupapes.

vrant la soupape. La descente fut très brusque et en arrivant sur le sol avec une grande vitesse, l'aérostat fut démoli.

L'aérostat Schwartz est le premier aérostat à carcasse rigide qui ait pu s'enlever. Ainsi que nous le verrons ultérieurement, les études sur ce type d'aérostat se sont poursuivies en Allemagne avec persistance et ont donné naissance à l'aérostat le *Zepelin*.

En France, un Brésilien, M. Santos Du-

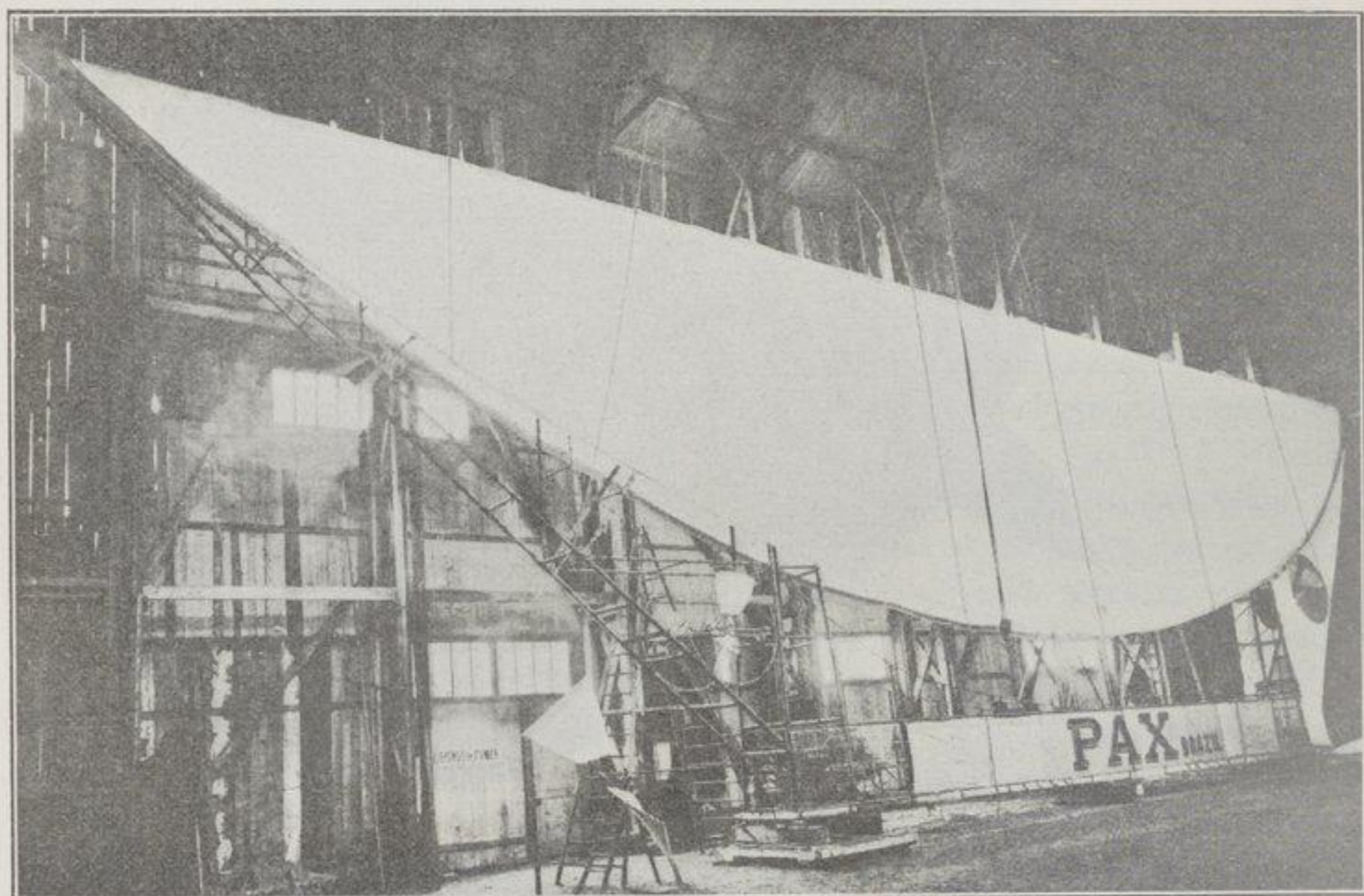


Fig. 219. — Vue du dirigeable *Pax*, pendant sa construction, montrant l'armature intérieure, revêtue d'une toile indiquant la place occupée par l'enveloppe à sa partie inférieure.

En novembre 1897, l'aérostat fut gonflé et effectua sa première ascension, qui fut malheureusement aussi sa dernière.

La force ascensionnelle de l'aérostat lui permit de s'enlever, mais il ne pouvait emporter qu'un aéronaute. Cet aéronaute, un jeune mécanicien, mit le moteur en marche à une altitude de 250 mètres; or, la multiplicité des manœuvres du mécanisme en aurait nécessité plusieurs, de sorte que le moteur n'ayant pas fonctionné convenablement, l'aéronaute voulut atterrir en ou-

mont, faisait, en septembre 1898, ses premiers essais d'aérostats dirigeables en effectuant à Paris quelques ascensions à faible altitude, pendant lesquelles il put se diriger dans tous les sens.

Nous examinerons plus loin les dispositions établies par cet intrépide aéronaute, pour les différents aérostats qu'il a construits, et nous verrons l'essor que ces expériences ont donné à la navigation aérienne dirigée.

Il convient de signaler, aussi, deux ten-

tatives malheureuses faites, à Paris, par un autre aéronaute brésilien, Severo, et par un Allemand, de Brasky, avec des aérostats dirigeables, tentatives qui se terminèrent d'une façon tragique.

*Aérostat de Severo* Severo d'Albuquerque, qui avait déjà établi au Brésil, en 1894, un aérostat dirigeable de 60 mètres de longueur, fit construire à Paris, en 1902, un dirigeable auquel il donna le nom de *Pax*.

Cet aérostat était constitué par une enveloppe A en soie vernie de forme allongée terminée en pointe à ses deux extrémités B et C. La longueur était de 30 mètres et le plus grand diamètre avait une dimension de 13 mètres.

Cette enveloppe était disposée à cheval sur une armature B D E C en bambou qui s'engageait longitudinalement et sur une certaine hauteur, dans l'enveloppe, à sa partie inférieure.

L'armature faisait corps avec la nacelle F, grâce à un dispositif de poutres en treillis qui étaient simplement en bambou.

La longueur de l'armature était la même que celle de l'enveloppe et les deux extrémités de chaque organe se confondaient.

Par suite de cette disposition, l'enveloppe devait conserver une longueur constante déterminée par la longueur de l'armature rigide dont la poutre supérieure B C formait, en quelque sorte, l'axe général du ballon.

Sur cet axe, et à chacune des extrémités, était placée une hélice de propulsion à

axe horizontal. Ces hélices placées ainsi, l'une G, de 5 mètres de diamètre, à l'avant, l'autre, H, de 6 mètres, à l'arrière, étaient mues par l'intermédiaire d'arbres de renvoi constitués par des tubes en acier et par des roues d'engrenage coniques.

Deux moteurs donnaient le mouvement à ces organes. L'un des moteurs, placé à l'avant de la nacelle, avait une puissance de 16 chevaux; l'autre, d'une puissance de 24 chevaux, était placé à l'arrière. C'étaient des moteurs à essence de pétrole à quatre cylindres.

En plus des deux hélices de propulsion, les moteurs actionnaient chacun une paire d'hélices dont l'axe était disposé perpendiculairement à l'axe de l'aérostat.

Il y avait ainsi deux hélices latérales à l'avant I et deux à l'arrière J, disposées au-dessous

de l'enveloppe. Ces quatre hélices avaient quatre ailes et devaient faire office de *gouvernails*.

Enfin une dernière hélice était placée sous la nacelle pour assurer la stabilité d'altitude.

Les dispositions prises pour l'établissement de l'aérostat le *Pax* marquaient déjà un progrès dans la recherche de la direction des aérostats. Malheureusement, comme dans l'aérostat de Woelfert, la nacelle était bien près de l'enveloppe et le gaz inflammable bien près du moteur.

Aussi une catastrophe était-elle fort à craindre. C'est ce qui se produisit. Lors de la première ascension, qui eut lieu le 12 mai 1902, à Paris, l'aérostat, après avoir navigué

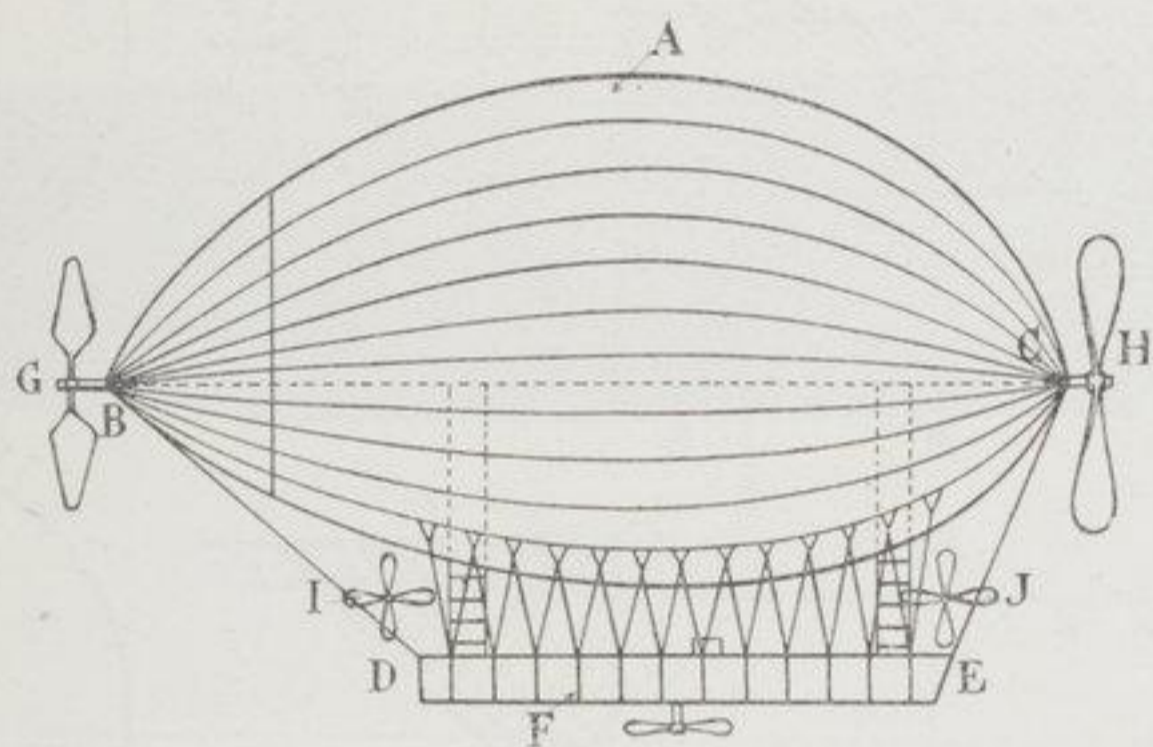


Fig. 220. — Schéma de l'aérostat dirigeable *Pax*.

pendant un quart d'heure en obéissant à la commande de son pilote, explosa tout à coup. Une grande flamme fut aperçue à la hauteur de la nacelle en même temps qu'on entendait une forte détonation produite par l'éclatement de l'enveloppe. La nacelle vint s'abattre en travers de l'avenue du Maine, dans un quartier très populeux de Paris, et on ne dut qu'à l'heure matinale de l'accident de ne pas compter plus de victimes. Les deux

Dans l'aérostat de Brasky, la nacelle, en effet, avait été éloignée de l'enveloppe et l'allumage du moteur avait été placé dans un carter hermétiquement fermé. L'échappement s'effectuait, en outre, par plusieurs cheminées horizontales de grande longueur, dont les extrémités se trouvaient ainsi éloignées de l'enveloppe.

L'enveloppe, de 34 mètres de longueur, était en soie et était gonflée à l'hydrogène.

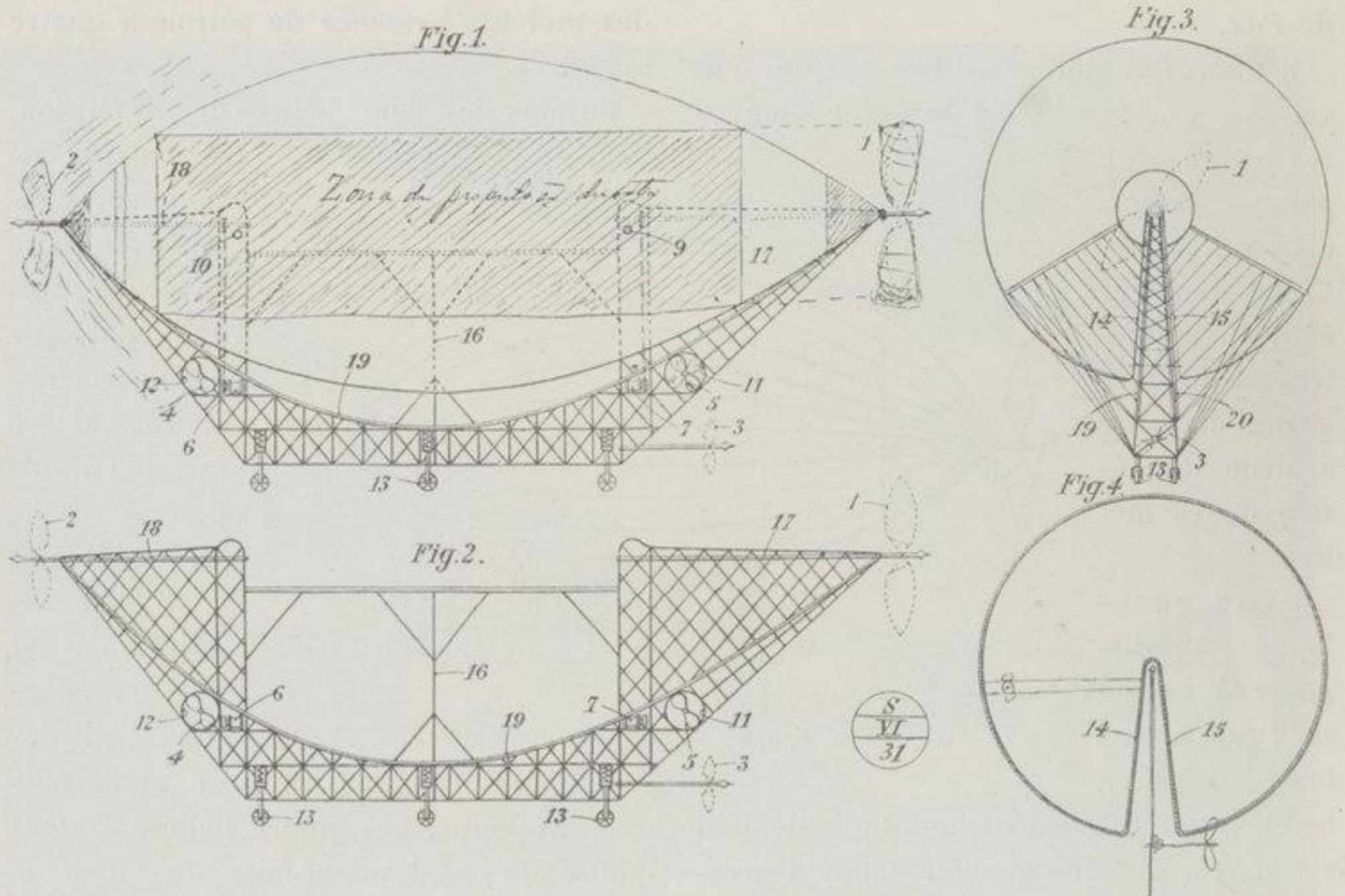


Fig. 221. — Reproduction des dessins originaux de Severo, relatifs à la construction de son aérostat.

malheureux aéronautes, Severo et son mécanicien Sachet, furent broyés dans la chute.

Le gaz s'échappant, par suite de sa dilatation, de l'un des clapets, avait provoqué, au contact du moteur et de sa flamme d'allumage, l'incendie et l'explosion de l'aérostat.

**Aérostat de Brasky** L'ascension de cet aérostat se termina également par une catastrophe dont la cause fut différente de celle qui avait provoqué la chute des aérostats Woelfert et Severo.

Son volume était de 850 mètres cubes.

Deux membrures en bois, disposées horizontalement sur toute la longueur de l'enveloppe et dans son axe, servaient à attacher les suspentes de la nacelle et à maintenir la rigidité de l'enveloppe.

La nacelle, de 17 mètres de longueur, était constituée en tubes d'acier. Elle était suspendue directement aux membrures par des fils d'acier ou *cordes à piano*. Deux fils transversaux devaient rendre l'attache de la nacelle indéformable, mais, en réalité, c'est l'action insuffisante de ces tirants qui

provoqua la catastrophe. Un moteur à essence de 16 chevaux à quatre cylindres, placé à l'arrière de la nacelle, actionnait une hélice à deux ailes, de 4 mètres de diamètre.

Une seconde hélice à axe horizontal était placée sous la nacelle; elle devait produire le mouvement ascensionnel de l'aérostat et assurer sa sustentation.

L'aérostat, en effet, était sensiblement équilibré et ne devait avoir aucune force ascensionnelle due au gaz.

d'air. La nacelle, non liée rigidement à l'enveloppe, fut, dans cette position, supportée presque en entier par les suspentes placées en avant, qui se rompirent sous l'effort exagéré de traction auxquelles elles étaient soumises.

La nacelle se sépara alors de l'enveloppe et vint s'abîmer sur le sol en écrasant les aéronautes, tandis que le ballon délesté disparaissait dans les airs.

A la suite de ces ascensions tragiques,

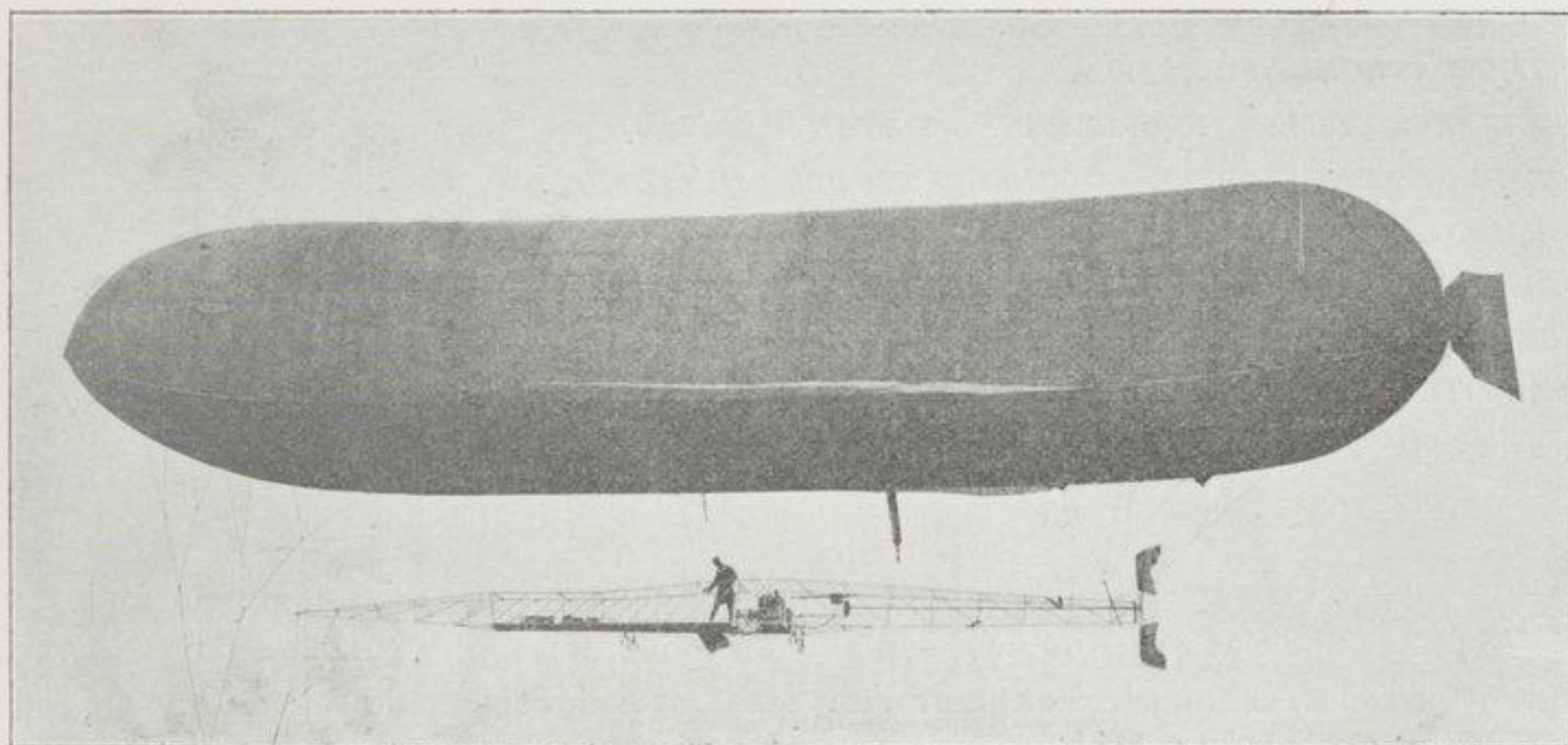


Fig. 222. — L'aérostat dirigeable de Brasky.

Un gouvernail était disposé à l'arrière de l'enveloppe et dans son axe. En outre, deux gouvernails latéraux, placés sur les membrures, devaient s'opposer au tangage.

Le 13 octobre 1902 l'aérostat s'enleva. Le voyage s'effectua d'abord sans incident; mais, lors d'une manœuvre un peu brusque de changement de direction, la suspension de la nacelle, qui n'avait pas été rendue suffisamment indéformable, prit un mouvement de torsion. L'enveloppe s'inclina laissant le gaz s'accumuler à sa partie supérieure par suite de l'absence de ballonnet

les conditions de stabilité et de sécurité de marche des aérostats dirigeables furent déterminées avec plus de soin, et bientôt on put voir évoluer dans l'espace des vaisseaux aériens dirigés dans tous les sens.

Un grand nombre de types d'aérostats dirigeables furent établis.

Nous allons examiner dans leurs détails ces divers types, mais il est nécessaire, auparavant, d'indiquer comment on réalise les conditions qui assurent à l'aéronat sa direction, sa stabilité dans tous les sens et sa progression dans l'atmosphère.



*DIRECTION. — PROPULSION. — STABILITE DES AÉROSTATS DIRIGEABLES*

*SUSTENTATION. — DIRECTION.*

*ZONE ABORDABLE. — PROPULSION. — RAYON D'ACTION.*

*FORME DES ENVELOPPES. — CONFECTION DES ENVELOPPES.*

*PERMANENCE DE LA FORME. — BALLONNET.*

*LIAISON DE L'ENVELOPPE A LA NACELLE. — SUSPENSION DE LA NACELLE. — NACELLE. — ORIENTATION.*

*STABILITÉ : Statique, — dynamique, — d'altitude, — longitudinale, — transversale, — de direction.*

*Sustentation* Un aérostat dirigeable appelé aussi *aéronef* ou, le plus souvent, *aéronat*, est un aérostat muni d'un mécanisme capable de lui imprimer un mouvement de progression suffisant pour assurer sa direction. Il se soutient dans les airs de la même façon qu'un aérostat libre.

La *sustentation* de l'aérostat dirigeable est due simplement, en effet, au gaz léger que l'on emmagasine dans son enveloppe et ne demande pour être réalisée aucun travail mécanique.

Comme les organes mécaniques assurant la marche de l'aérostat sont lourds, la charge totale enlevée par un aérostat dirigeable est considérable.

Il convient donc, afin de disposer d'une force ascensionnelle suffisante à assurer la sustentation de l'appareil, de donner à l'enveloppe un volume important et d'utiliser, pour la remplir, le gaz le plus léger possible.

On peut, de la sorte, employer une enve-

loppe d'un volume minimum pour soulever un poids déterminé.

C'est pour cela que le gaz hydrogène, qui est le gaz le plus léger qui puisse être obtenu industriellement, est le seul utilisé pour gonfler les aérostats dirigeables. Nous avons précédemment examiné en détail les divers procédés de fabrication de ce gaz.

*Direction* Si la *sustentation* d'un aérostat dirigeable est obtenue sans le secours de moyens mécaniques, on ne pourrait, par contre, assurer la direction de cet aérostat, sans mettre en action des organes moteurs.

Pour que l'aéronat puisse, en effet, se déplacer dans tous les sens dans l'atmosphère, il est nécessaire que l'organe propulseur lui imprime une vitesse *qui lui soit propre*, c'est-à-dire indépendante de toutes les causes extérieures de mouvement dues à l'action du vent sur l'enveloppe et sur les divers organes de l'aérostat.

On comprend aisément l'obligation, pour un vaisseau aérien dirigeable, de se déplacer *par ses propres moyens*, si on le compare à un vaisseau ou à une embarcation naviguant sur l'eau. Ces bateaux, qu'ils soient mis en mouvement au moyen de rames, de voiles, ou au moyen de machines, n'obéissent à la direction donnée à l'aide du gouvernail, qu'autant que les rames, les voiles, ou les machines, sont en action. Si l'action motrice cesse, le bateau, quelle que

lui est donnée par le moteur, pour pouvoir se diriger.

La vitesse de l'aérostat ainsi obtenue doit pouvoir vaincre la vitesse du vent pour assurer une *dirigeabilité* complète à l'appareil. En outre, la résistance que l'air oppose à son avancement concourt également à réduire sa vitesse propre.

Il convient donc de réduire le plus possible l'action de la résistance de l'air sur les organes qui se déplacent, et c'est pour cela

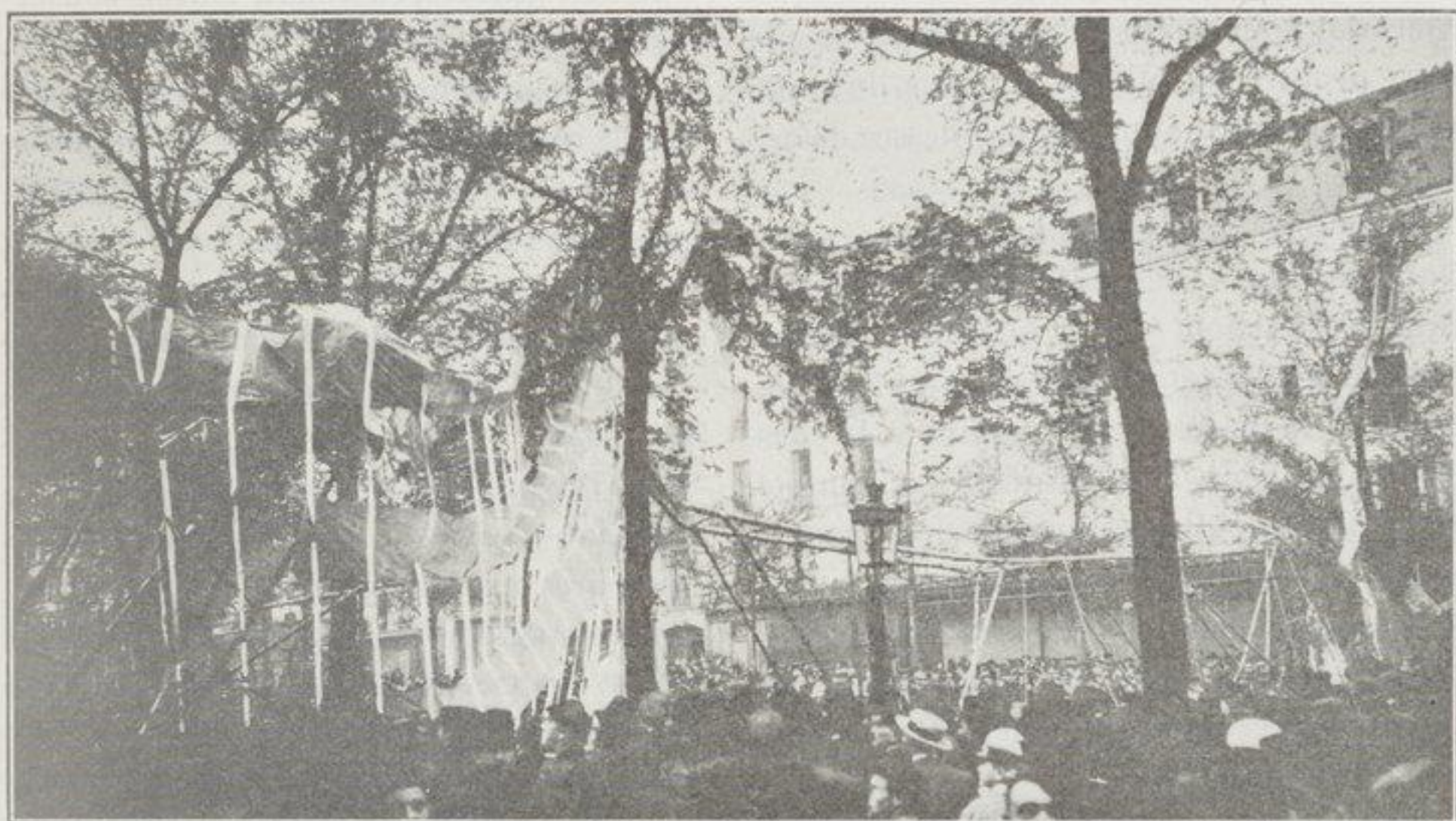


Fig. 223. — Chute de l'aérostat *Par*, dans l'avenue du Maine, à Paris.

soit la position du gouvernail, sera poussé par les vagues dans la direction du vent. Il est alors privé de direction, et on sait que cette situation est si dangereuse pour un navire, que, par une forte tempête, sur les gros vaisseaux mis à l'ancre on tient les machines prêtes à fonctionner, pour être maître de la direction dans le cas où les amarres viendraient à se rompre.

C'est donc le mouvement propre du navire qui assure sa direction dans tous les sens.

Il en est de même du vaisseau aérien ; il doit posséder une vitesse propre, laquelle

que la forme de l'enveloppe des aérostats dirigeables n'est pas sphérique, parce qu'elle offrirait une résistance trop considérable à l'air pendant son déplacement.

On a donné aux enveloppes des formes que nous examinerons plus loin, en vue d'obtenir une résistance minimum pendant leur progression dans l'air.

L'action du vent est l'obstacle principal qui s'oppose au mouvement de l'aérostat dans tous les sens, de sorte que la vitesse du vent et la vitesse de l'aérostat *composées* dans leur direction respective impriment au navire aérien une vitesse *résultante* à la

fois comme grandeur et comme direction.

La direction suivie et le chemin parcouru dépendent, évidemment, de la valeur et de la direction des vitesses *composantes* et dé-

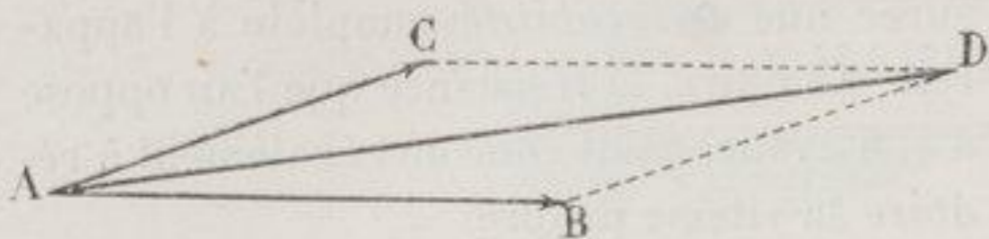


Fig. 224. — Chemin parcouru par un aérostat dont la direction fait un angle aigu avec celle du vent.

terminent ce que l'on nomme la *zone abordable*, c'est-à-dire les points de terrain que l'aérostat pourra atteindre du fait de sa vitesse propre, et malgré l'action du vent ayant, au maximum, une vitesse déterminée.

Supposons, par exemple, que l'aérostat étant au point A (Fig. 224), le vent le pousse dans la direction AB et qu'il le conduise dans un temps déterminé, au point B. L'aérostat aura parcouru le chemin AB sous l'action du vent, si on ne tient pas compte de la vitesse qu'il peut posséder en propre, ce qui revient à dire qu'un aérostat libre, se trouvant dans les mêmes conditions, aurait parcouru dans le même temps un chemin représenté en grandeur et en direction par la ligne AB.

D'autre part, si l'aérostat n'était soumis qu'à l'action de son mécanisme moteur, il parcourrait, pendant le même temps, un chemin égal AC dans la direction de cette droite, direction donnée par l'aéronaute à l'aide du gouvernail.

Donc, par un temps calme, c'est-à-dire sans aucun vent, l'aérostat parti du point A, atteindrait au point C au bout du temps considéré.

Si les deux actions du vent et de la propulsion s'exercent à la fois sur l'aérostat, le chemin qu'il suivra sera représenté en grandeur et en direction par la ligne AD qui est la *résultante* des deux *composantes* AB et AC.

On sait que cette résultante est la diago-

nale du parallélogramme construit avec, comme côtés, les composantes portées avec leur valeur et dans leur direction.

Dans le cas que nous venons d'examiner, la vitesse du vent est supérieure à la vitesse de l'aérostat, mais les actions de ces deux forces sont dirigées à peu près dans le même sens, c'est-à-dire que ces directions font entre elles un angle aigu. L'aérostat parcourt alors une distance AD plus grande que chacune des deux autres AB et AC.

Si, au contraire, l'aérostat, tout en conservant sa même vitesse  $A'C' = AC$  (Fig. 225), prend une direction différente, représentée dans le sens de la ligne  $A'C'$ , et si la vitesse du vent est, comme dans le cas précédent, égale à la longueur  $A'B'$  et dirigée suivant cette ligne, le chemin parcouru par l'aérostat pendant l'unité de temps sera représenté en *grandeur et en direction* par la ligne  $A'D'$ .

On voit que, dans ce cas, où la direction de l'aérostat et celle du vent sont dans des sens à peu près opposés ou, du moins, font entre elles un angle obtus, l'aérostat ne parcourt qu'une distance  $A'D'$  à la fois moins grande que chacune des deux autres.

On s'explique aisément, que lorsque les deux directions coïncident exactement et que les actions s'exercent dans le même sens (Fig. 226), les deux vitesses s'ajoutent et, qu'au contraire, elles se retranchent lorsque

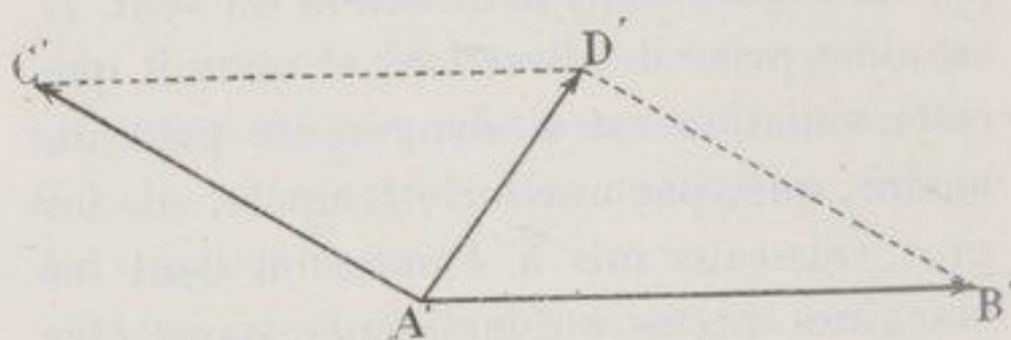


Fig. 225. — Chemin parcouru par un aérostat dont la direction fait un angle obtus avec celle du vent.

les actions sont dirigées exactement en sens inverse (Fig. 227).

Dans le premier cas, en effet, si on suppose l'aérostat conduit par le vent du point E



au point F pendant l'unité de temps et que sa vitesse propre soit égale à F G, si la direction suivie par l'aéronat est exactement la même que celle du vent, il aura atteint, au bout du temps considéré, le point G, en ayant parcouru une distance E G qui sera la somme



Fig. 226. — Chemin parcouru par un aéronat dont la direction est dans le même sens que celle du vent.

des deux autres chemins parcourus par suite des deux actions composantes. La ligne E G sera la résultante des deux composantes E F et F G et le parallélogramme se réduira à une seule ligne du fait des directions semblables des lignes E F et F G.

Dans le deuxième cas (Fig. 227), la vitesse du vent étant égale à E' F', si l'aéronat a une vitesse égale à F' G', mais dirigée dans un

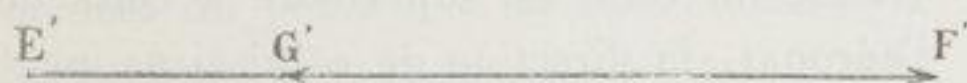


Fig. 227. — Chemin parcouru par un aéronat dont la direction est en sens inverse de celle du vent.

sens exactement opposé à celle du vent, le chemin parcouru pendant le même temps sera égal à la longueur E' G' qui est la différence entre la vitesse du vent et la vitesse de l'aéronat.

Dans le cas que nous considérons, la vitesse du vent est plus grande que celle de l'aéronat, de sorte que le mécanisme moteur de l'appareil aura beau donner toute sa puissance, l'aéronaute sera néanmoins entraîné dans un sens exactement opposé à la direction qu'il veut suivre, par suite de l'action du vent.

Il est évident que dans ce cas, la direction de l'aérostat ne pourra pas être complète, puisque dès son départ du point E', il lui sera impossible d'y revenir, tant que la vitesse du vent sera la même.

Nous allons, d'ailleurs, examiner les trois cas qui peuvent se présenter dans le rapport de grandeur des vitesses du vent et

de l'aéronat. Cela nous permettra de déterminer l'amplitude des zones abordables.

*Zone abordable* La vitesse du vent peut être supérieure à la vitesse de l'aéronat; elle peut lui être égale; elle peut lui être inférieure.

Si nous supposons la vitesse du vent supérieure à la vitesse de l'aéronat, déterminons les points que l'aéronat pourra atteindre suivant la direction qu'il suivra.

Nous portons sur une ligne droite (Fig. 228) une longueur A B qui représente en grandeur et en direction la vitesse du vent. Un aérostat libre partant du point A parviendra donc au point B au bout de l'unité de temps considérée. Comme l'aérostat a une vitesse propre que nous supposerons égale à

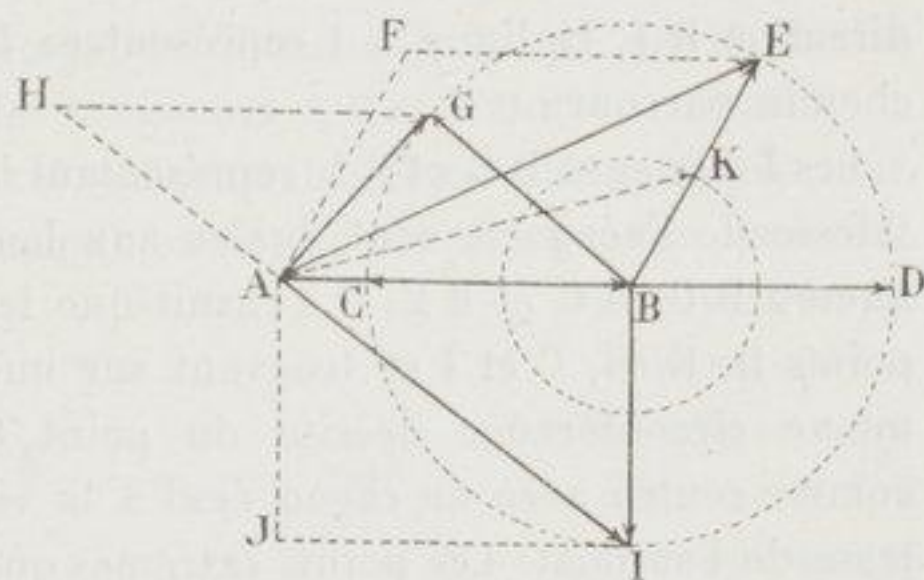


Fig. 228. — Zone abordable par un aéronat dont la vitesse est inférieure à celle du vent.

la longueur B D, cette longueur s'ajoutera à la longueur A B, lorsque l'aéronat sera dirigé dans le même sens que le vent, et elle se retranchera de cette longueur lorsqu'il sera dirigé dans le sens exactement opposé, ainsi que nous l'avons dit plus haut. Dans le premier cas, l'aéronat aura atteint le point D après avoir parcouru la distance A D; dans le second cas, il sera arrivé au point C ayant franchi une distance A C en sens inverse de son mouvement propre. Les points C et D sont les points extrêmes que l'aéronat peut atteindre dans la direction du vent, et dans des sens différents, au bout de l'unité de temps.

Supposons maintenant que l'aéronat soit dirigé suivant la ligne B E. Sa vitesse restant la même, la ligne B E qui représente cette vitesse sera égale à la longueur B D et à la longueur B C représentant également la vitesse de l'aéronat. Le chemin parcouru par l'aéronat pendant l'unité de temps et avec une direction B E sera représenté par la ligne A E, *résultante* des deux vitesses A B et B E, diagonale du parallélogramme A B E F construit avec ces vitesses comme côtés.

L'aéronat parti du point A atteindra le point E au bout du temps considéré. De même, si la vitesse de l'aéronat restant la même, la marche du dirigeable est dirigée suivant la ligne B G, la résultante A G déterminera le point G où l'aéronat se trouvera au bout du même temps. Pour une direction B I, la ligne A I représentera le chemin parcouru.

Les longueurs B G et B I, représentant la vitesse de l'aéronat, sont égales aux longueurs B D, B C et B E. Il s'ensuit que les points D, E, G, C et I se trouvent sur une même circonférence décrite du point B comme centre avec un rayon égal à la vitesse de l'aéronat. Les points extrêmes que l'aéronat pourra atteindre se trouveront donc sur cette circonférence, et seront plus ou moins éloignés du point A suivant que le sens de marche du dirigeable se rapprochera plus ou moins de la direction du vent.

Ainsi, dans les conditions de vitesse que nous avons considérées, un aéronat partant du point A pourra aborder tous les points se trouvant sur les lignes joignant le point A aux points de la circonférence. Cela revient à dire que l'aéronat ne pourra atteindre que des points situés dans l'angle formé en menant du point A deux tangentes à la circonférence. L'une de ces tangentes A G limite, au-dessus de la ligne A B, l'*angle abordable*, ainsi que l'a dénommé le colonel Renard.

Tout l'espace situé en dehors de cet angle et de la partie de circonférence qui le ferme, ne pourra être atteint par l'aéronat.

L'angle sera d'autant plus aigu que la vitesse de l'aéronat aura une plus grande différence avec la vitesse du vent, tout en lui restant inférieure.

Si, en effet, la vitesse de l'aéronat devenait égale à la longueur B K, en admettant que la vitesse du vent ne varie pas et reste égale à A B, les points extrêmes que l'aéronat pourraient atteindre se trouveraient sur une circonférence n'ayant comme rayon que la longueur B K; dès lors l'angle abordable constitué par les deux tangentes menées du point A à cette circonférence serait évidemment plus aigu que le précédent, lequel correspond à une vitesse B E de l'aéronat, plus grande que la vitesse B K.

On peut donc conclure que lorsque la vitesse du vent est supérieure à celle de l'aéronat, la direction de celui-ci ne peut être *complètement obtenue*.

Au fur et à mesure que la vitesse de l'aéronat tend à devenir égale à la vitesse du vent, l'*angle abordable* devient de plus en plus obtus, et il a une valeur de 180 degrés lorsque les deux vitesses sont égales.

Dans ce cas, si nous supposons la vitesse du vent représentée en grandeur et en direction par la ligne A B (Fig. 229), quand l'aéronat sera dirigé dans le sens du vent, il parviendra, en partant du point A, au point C dans l'unité de temps, la distance B C qui est sa vitesse propre étant égale à la distance A B.

Si l'aéronat est dirigé en sens inverse du vent, comme sa vitesse est égale à celle du vent, il restera constamment au point A, quoique son moteur fonctionne avec toute sa puissance. Il restera immobile, semblable au nageur ou à l'embarcation qui luttent, dans une rivière, contre le courant sans pouvoir avancer.

Pour des directions différentes de l'aéronat, telles que B D, B F, B H, les chemins

parcourus seront respectivement les résultantes A D, A F, A H.

Les points abordés au bout d'un temps déterminé seront, comme précédemment, situés sur une circonférence ayant comme rayon la longueur représentative de la vitesse de l'aéronat, B C et comme centre le point B. Cette circonférence passera par le point de départ A, puisque, par hypothèse, nous avons supposé que la vitesse du vent A B était égale à la vitesse du dirigeable, B C. Les tangentes menées du point A à la circonférence se confondront avec la perpendiculaire menée de ce point à la direction A C; l'angle abordable aura, de la sorte, 180 degrés.

Dans ce cas, l'aéronat pourra atteindre tous les points situés dans le cercle de rayon A B, mais il ne pourra atterrir que dans cet espace. La direction de l'aéronat, tout en étant moins limitée que dans le cas précédent, n'est encore que partielle.

La direction n'est assurée d'une manière effective et complète que lorsque la vitesse propre de l'aéronat est supérieure à la vitesse du vent qui l'entraîne. Supposons,

en effet, que le point de départ étant en A (Fig. 230), la vitesse du vent soit représentée par la ligne A B et que la vitesse de l'aéronat soit égale à la

longueur B D, cette dernière longueur étant plus grande que la longueur A B.

Cherchons, comme dans les deux cas précédents, les points que pourra atteindre l'aéronat suivant la direction qui lui sera donnée.

S'il est dirigé dans le sens même du vent, il parcourra, au bout d'un certain

temps, la distance A D qui est la somme des longueurs A B et B D.

Si, au contraire, il marche contre le vent, comme sa vitesse est plus grande que celle

du vent, il pourra parcourir une certaine distance A C à gauche du point de départ.

Pour des directions diverses, telles que B E, B G, B I, l'aéronat atteindra les points E, G, I, après avoir parcouru respectivement les chemins A E, A G, A I.

Tous ces points seront situés sur une circonférence tracée du point B comme centre avec un rayon B D, égal à la longueur représentative de la vitesse de l'aéronat. Le point de départ A est situé à l'intérieur du

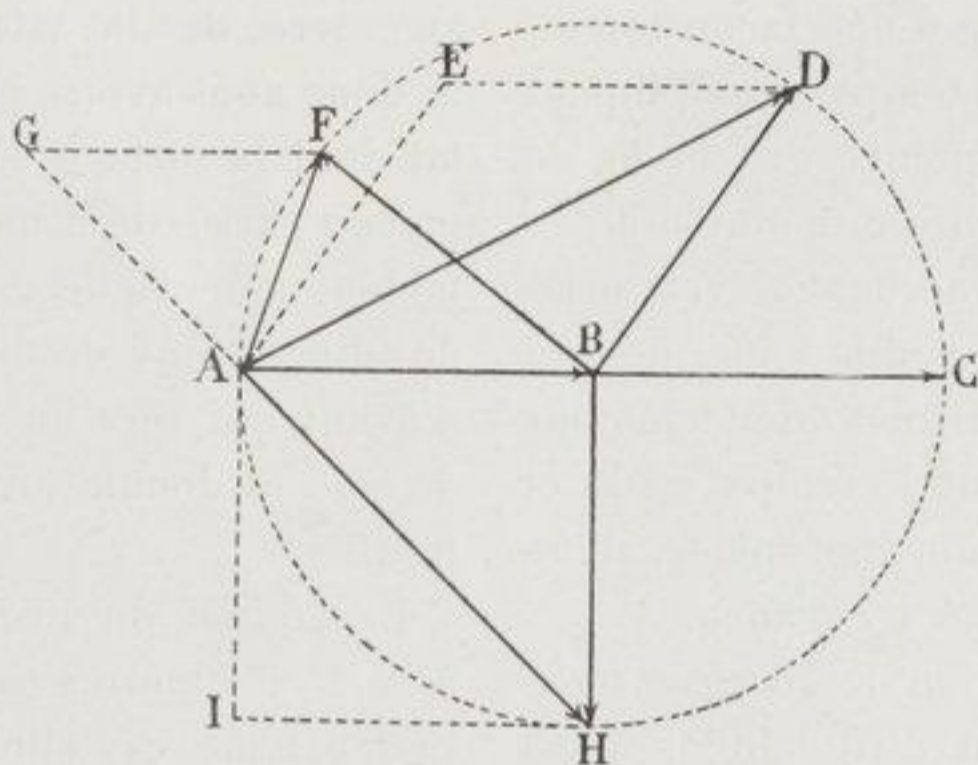


Fig. 229. — Zone abordable par un aérostat dont la vitesse est égale à celle du vent.

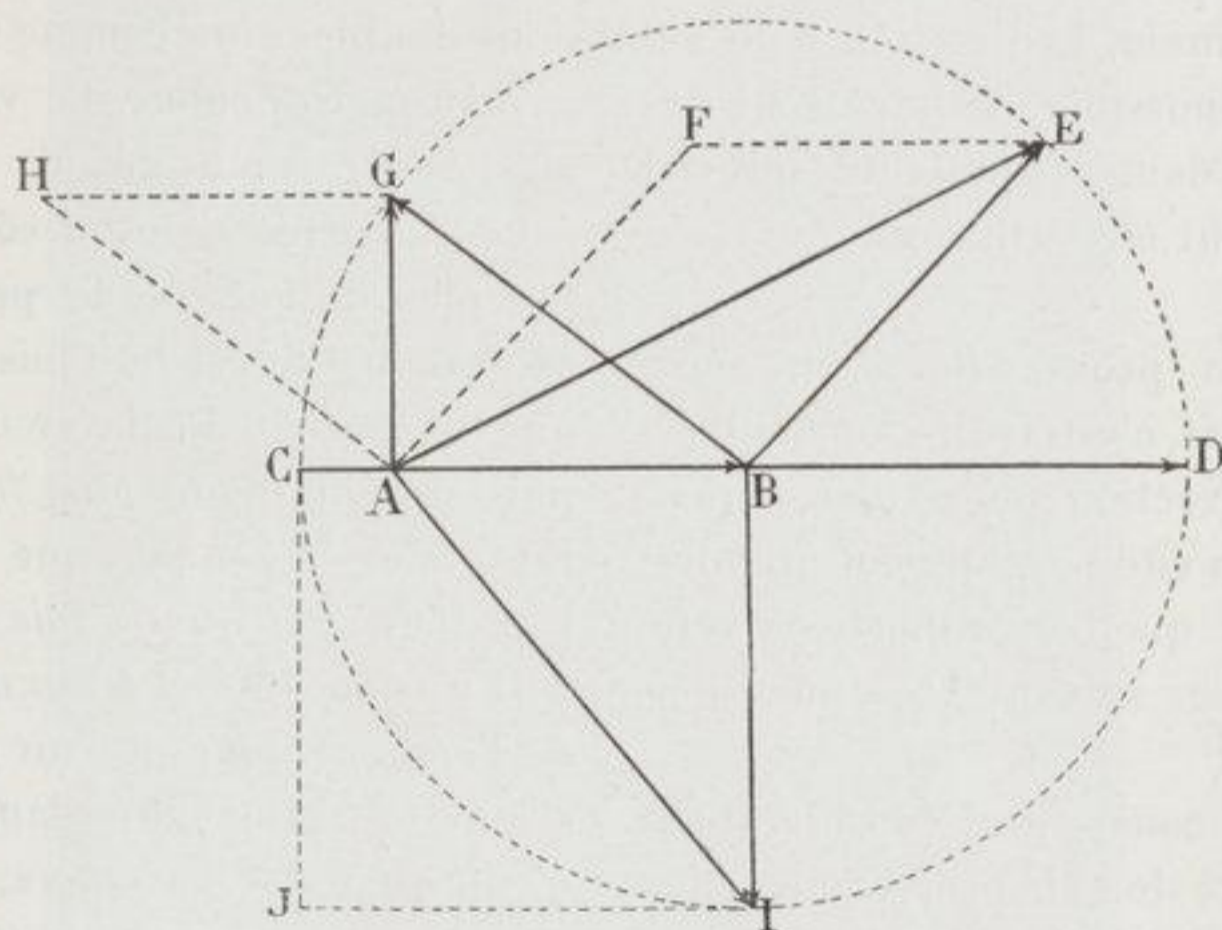


Fig. 230. — Zone abordable par un aérostat dont la vitesse est plus grande que celle du vent.

cercle ainsi limité, de sorte que l'on ne peut mener aucune tangente à la circonférence tracée. L'angle abordable est donc de 360 degrés, c'est-à-dire que la direction de l'aéronat est assurée d'une façon totale. En effet, si, pendant un temps donné, il peut aborder en tous les points du cercle de rayon B D, pour atteindre un point situé en dehors de ce cercle, l'aéronat devra marcher pendant un temps plus long, mais il pourra toujours, à condition que le moteur fonctionne pendant tout le temps voulu et en adoptant une direction appropriée, aborder en un point désigné à l'avance.

Voilà donc la condition de l'entière indépendance de l'aérostat dirigeable : il est nécessaire que sa vitesse propre soit supérieure à la vitesse du vent. On peut en conclure, d'une part, que le rôle du moteur et du propulseur est capital, puisque de ces organes dépend la valeur de la vitesse que l'on peut imprimer à l'aérostat; d'autre part, il apparaît comme évident que lorsque le vent souffle en ouragan et possède une vitesse anormale, la direction d'un aéronat devient impossible. Mais ce sont des cas assez rares, dans lesquels un aérostat dirigeable ne peut être utilisé.

*Propulsion* La progression d'un aéronat, c'est-à-dire son déplacement dans une direction déterminée, dépendant surtout de la vitesse qu'il peut prendre, examinons dans quelles proportions cette vitesse peut varier suivant les dimensions de l'aérostat.

Plus ces dimensions sont considérables, plus la résistance de l'air exerce une action considérable sur la surface de base qui est à l'avant. Mais, d'autre part, si nous supposons qu'un aéronat a ses dimensions, rapportées théoriquement à trois : longueur, largeur, hauteur, doubles de celles d'un autre, cherchons ce que devient la valeur de la résistance de l'air par rapport à la nouvelle force ascensionnelle que procure à

l'aérostat son volume plus considérable.

On admet que la résistance de l'air est sensiblement proportionnelle à la surface du plan qui se déplace, et proportionnelle au carré de la vitesse de déplacement. Si donc nous avons, par exemple, un aérostat dont la surface d'avant est représentée par un carré de 2 mètres de côté et dont la longueur égale 20 mètres, un aérostat de dimensions doubles aura une surface d'avant qui sera un carré ayant 4 mètres de côté et dont la longueur sera de 40 mètres.

La surface du premier aérostat sera de  $2 \times 2 = 4$  mètres carrés, tandis que dans le deuxième cas elle sera de  $4 \times 4 = 16$  mètres carrés. Cette surface sera donc quatre fois plus grande que la première, et la résistance de l'air à l'avancement, pour une même vitesse, sera aussi quatre fois plus considérable.

Le volume du premier aérostat est de 4 mètres carrés  $\times$  20 mètres de longueur = 80 mètres cubes. L'aérostat de dimensions doubles aura comme volume  $16 \times 40 = 640$  mètres cubes. Le volume se trouve ainsi huit fois plus grand.

Le deuxième aérostat contient donc huit fois plus de gaz que le premier. Sa force ascensionnelle est huit fois plus grande, ce qui lui permet d'enlever un moteur d'une puissance au moins huit fois plus considérable alors cependant que la résistance de l'air n'est que quatre fois plus forte.

Il y a donc intérêt à augmenter le volume de l'aéronat pour obtenir une force ascensionnelle plus importante qui permet d'emporter des passagers, des provisions, des instruments et des engins divers, et aussi des moteurs plus puissants pouvant imprimer à l'aéronat une vitesse capable de lui assurer une direction complète.

Il faut considérer, d'autre part, que la vitesse d'un aéronat ne croit pas proportionnellement à l'augmentation de puissance du moteur. En effet, l'effort nécessaire

pour provoquer le déplacement d'un corps encore plus grand, car le travail est, on le sait, le produit de l'effort par le chemin parcouru. L'effort est, nous venons de le voir, quatre fois plus grand; le chemin parcouru dépendant de la vitesse est, par hypothèse, deux fois plus considérable. Le travail qui est le produit de ces deux facteurs devra donc être huit fois plus grand pour produire une vitesse double, ce qui s'exprime en disant que le travail nécessaire pour provoquer l'avancement d'un corps dans un fluide est proportionnel au cube de la vitesse.

Ainsi donc, si nous supposons un aéronef muni d'un moteur de 60 chevaux et possédant une vitesse de 30 kilomètres à l'heure, pour lui donner une vitesse 2 fois plus grande, c'est-à-dire la porter à 60 kilomètres à l'heure,

Si, par exemple, un aéronef se déplace dans l'air calme par ses propres moyens avec une vitesse de 2 mètres par seconde, il faudra un certain effort pour le faire avancer. Si on double la vitesse de l'aéronef qui devient égale à 4 mètres par seconde, l'effort nécessaire pour réaliser cette vitesse sera proportionnel au carré des vitesses, c'est-à-dire au rapport de  $2 \times 2$ , soit 4, à  $4 \times 4$ , soit 16. Ce rapport est quatre fois plus grand. Il résulte de cela que pour doubler la vitesse d'un aéronef il est nécessaire de disposer d'un effort quatre fois plus considérable.

D'autre part, le travail demandé au moteur varie dans un rapport

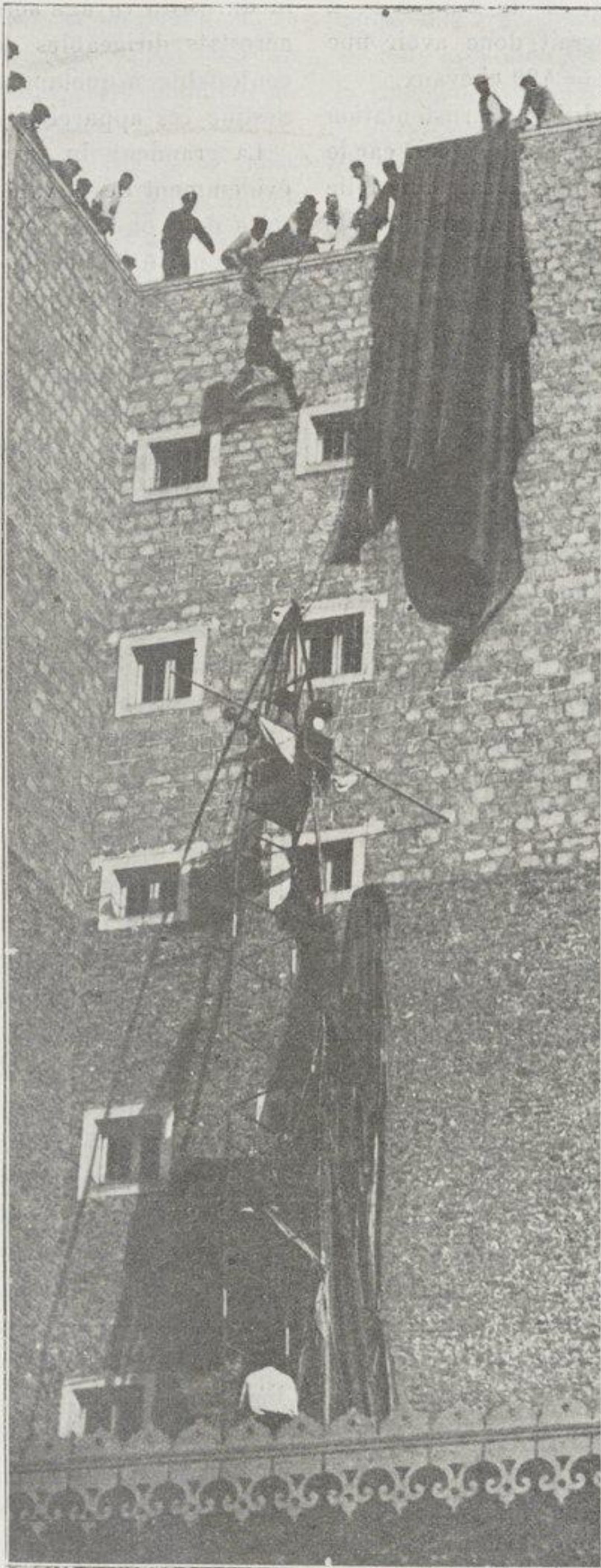


Fig. 231. — Chute du Santos-Dumont n° 5, aux hôtels du Trocadéro, à Paris.

il faudrait multiplier la puissance du moteur par le cube de 2, qui est de  $2 \times 2 \times 2 = 8$ . Le moteur devrait donc avoir une puissance de  $60 \times 8 = 480$  chevaux.

On voit que les conditions de sustentation seraient considérablement changées, car le poids du nouveau moteur aurait une telle importance qu'il faudrait augmenter le volume de l'enveloppe pour obtenir une force ascensionnelle suffisante. D'autre part, en augmentant le *volume*, on augmenterait en même temps la *section de l'aéronat* et, par conséquent, la *résistance de l'air*. En outre, il faudrait établir de nouvelles *conditions de stabilité*.

On peut, par cet aperçu, se rendre compte de la complexité des conditions à réaliser pour établir un aérostat dirigeable. Il convient que tous les éléments soient calculés en vue d'un résultat bien déterminé à atteindre et il faut surtout que la puissance du moteur et la vitesse que peut prendre l'aéronat soient appropriées à l'appareil et au degré de stabilité qu'il doit nécessairement posséder.

L'organe de propulsion proprement dit de l'aéronat, qui reçoit son mouvement du mécanisme moteur, est *l'hélice*.

Nous examinerons plus loin les moteurs de dirigeables et, dans une autre partie de ce livre, les hélices qui servent également à propulser les *aéroplanes* et qui ont donné lieu à des études fort intéressantes.

*Rayon d'action* Le rayon d'action d'un aérostat dirigeable est la distance que peut parcourir cet aérostat en partant d'un point déterminé pour y revenir par ses propres moyens, sans s'approvisionner de combustible en route.

Plus le rayon d'action est étendu, plus les services rendus par l'aérostat peuvent être importants, surtout au point de vue d'une reconnaissance militaire, par exemple.

En principe, d'ailleurs, on cherche toujours, en aérostat dirigeable comme en

aérostat libre, à prolonger le plus possible la durée du voyage aérien, ce qui pour les aérostats dirigeables est d'une utilité incontestable, à quelque application que l'on destine ces appareils.

La grandeur du rayon d'action dépend évidemment de la valeur de la force motrice dont on dispose et de la vitesse que l'on donne à l'aéronat.

Pour qu'un aérostat dirigeable puisse s'éloigner le plus possible de son point d'attache, en se conservant la possibilité d'y revenir, doit-il marcher le plus vite possible en consommant plus de combustible ou, au contraire, doit-il ménager son combustible en ne progressant qu'avec une vitesse plus réduite?

Étant donné un moteur d'une certaine puissance et une charge de combustible déterminée, il est plus avantageux pour un aéronat de marcher à faible allure; l'étendue du rayon d'action s'en trouve augmentée.

Pour nous en rendre compte, prenons un exemple.

Supposons un aéronat muni d'un moteur qui, pour lui imprimer une vitesse propre de 50 kilogrammes à l'heure, nécessite une consommation de 50 kilogrammes de combustible par heure. Si l'aéronat peut emporter une provision de 800 kilogrammes d'essence, par exemple, il pourra donc marcher pendant  $800 : 50 = 16$  heures.

S'il veut revenir à son point de départ, il pourra s'éloigner pendant 8 heures et les 8 autres heures seront consacrées au retour. Comme, par hypothèse, il parcourt 50 kilomètres à l'heure, l'aérostat aura donc un rayon d'action de  $50 \times 8 = 400$  kilomètres.

Que deviendra la valeur du rayon d'action, si nous supposons la vitesse diminuée de telle façon que la puissance du moteur nécessaire pour propulser l'aérostat ne soit que la moitié de la précédente?

Nous avons vu précédemment que la

puissance d'un moteur croit comme *le cube de la vitesse*. Inversement, on peut dire que la vitesse imprimée à un corps dans un fluide, par un moteur, décroît comme *la racine cubique de la puissance*.

Si donc nous divisons par 2 la puissance, la vitesse diminuera d'une valeur égale à la racine cubique de 2, soit 1,25.

Cette vitesse supposée précédemment égale à 50 kilomètres à l'heure ne sera donc plus que de  $50 : 1,25 = 40$  kilomètres.

Notre aéronef se trouve donc, tout en conservant son approvisionnement d'essence de 800 kilogrammes, dans d'autres conditions.

D'une part, sa vitesse ne sera que de 40 kilomètres à l'heure, mais comme la puissance du moteur est diminuée de moitié, sa consommation sera aussi diminuée sensiblement de moitié, de sorte que le

moteur ne consommera plus que 25 kilogrammes d'essence à l'heure.

Les 800 kilogrammes d'essence lui permettront donc un voyage de  $800 : 25 = 32$  heures, soit 16 heures de voyage pour l'aller et 16 pour le retour.

Pendant ce trajet la vitesse n'est plus que de 40 kilomètres à l'heure. Pendant les 16 heures de voyage il aura donc parcouru  $40 \times 16 = 640$  kilomètres, et il pourra en parcourir autant pour revenir à son point de départ.

Le rayon d'action de l'aéronef, qui n'était que de 400 kilomètres dans le cas précédent, est devenu égal à 640 kilomètres en diminuant de moitié sa vitesse.

Cette combinaison peut être avantageuse dans certains cas où il importe de pousser le plus loin possible une reconnaissance ou

une excursion, mais il est évident que le temps mis à effectuer cette reconnaissance ou cette excursion est plus long que lorsque la vitesse de l'aéronef est plus grande.

Dans quelques cas particuliers où la rapidité de l'information et de l'excursion dans un rayon réduit offre un grand intérêt, on donnera à l'aéronef la vitesse maximum compatible avec le moteur et les organes de l'appareil, de façon, toutefois, que la consommation de combustible permette toujours de revenir au point d'attache.

Donc, en résumé, pour étendre le rayon d'action, il faut marcher à une vitesse réduite, mais il faut, cependant, que cette vitesse soit supérieure à celle du vent,

si l'on veut conserver à l'aérostat ses qualités de direction, ainsi que nous l'avons vu plus haut.

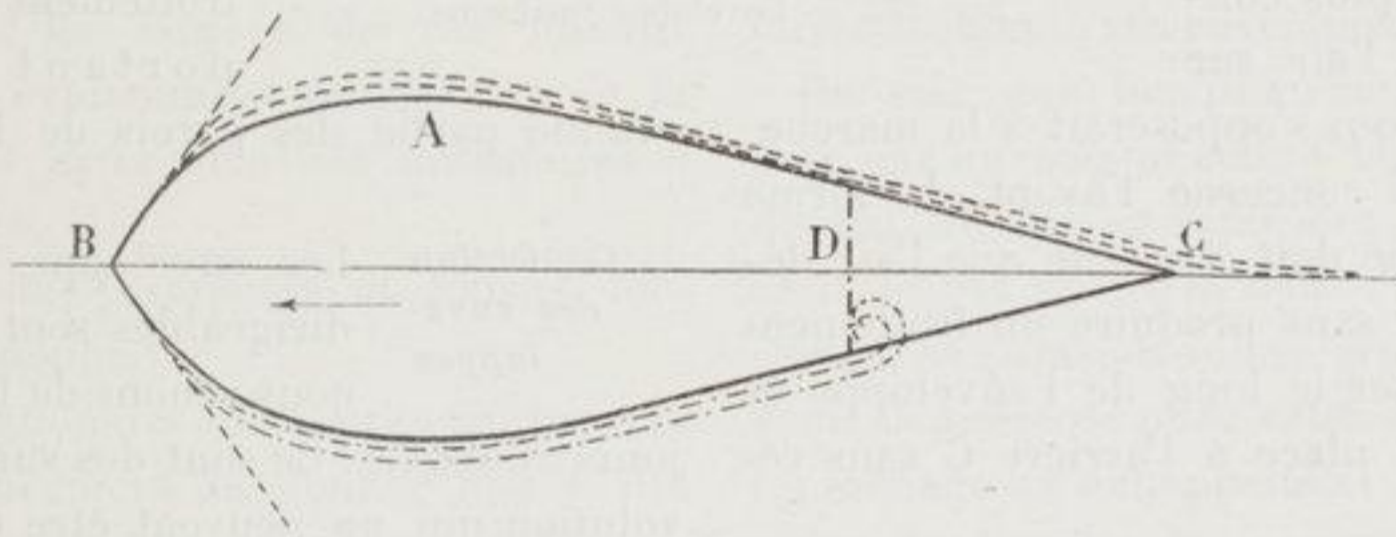


Fig. 232. — Enveloppe pisciforme.

Forme des enveloppes

Nous avons dit que la résistance qu'offre l'air à l'avancement d'un aéronef est un élément important dont il faut tenir compte dans l'établissement de l'enveloppe de l'aérostat.

La forme donnée à cette enveloppe doit offrir la moins grande résistance possible à l'air pendant la progression de l'appareil.

On comprend que l'extrémité avant B de l'enveloppe A (Fig. 232), qui pénètre dans l'air et doit l'écartier pour avancer, ne peut pas être une surface plane, car dans l'air comme dans l'eau une surface plane offre une résistance considérable au déplacement, par suite de la compression du fluide dans la direction même de la marche. De même cette surface ne pourra pas être concave, car l'air serait aussi difficilement déplacé.

L'extrémité avant de l'enveloppe sera *convexe* et terminée par une pointe, de façon que, pendant le déplacement, l'air soit écarté sans qu'il se produise de remous (Fig. 232). C'est une disposition à peu près semblable qui est adoptée pour l'avant des bateaux.

A l'arrière, la forme de l'enveloppe ne doit pas également être une surface plane, car, par suite de son avancement, cette surface D provoquerait, à l'arrière, une dépression d'air occasionnant des remous et donnant lieu, à l'avant, à une compression plus considérable de l'air sur l'enveloppe, qui s'opposerait à la marche.

En ce qui concerne l'avant, la forme de l'enveloppe doit être telle que l'air déplacé puisse, sans produire un frottement excessif, glisser le long de l'enveloppe et reprendre sa place à l'arrière C sans remous.

Pour obtenir ce résultat, on avait primitivement donné aux enveloppes d'aérostats dirigeables une forme allongée, ovoïde et symétrique à l'avant et à l'arrière.

Les aérostats de Giffard, Dupuy de Lôme et Tissandier étaient ainsi établis.

Cette forme, qui a reçu le nom de *fusiforme* (Fig. 233), offrait une trop grande résistance à l'air le long de ses parois.

C'est le colonel Renard qui, par des calculs et de nombreuses expériences, établit la meilleure forme à donner aux enveloppes d'aéronat pour diminuer le plus possible l'effet du frottement de l'air sur ses parois extérieures.

Il adopta l'enveloppe *pisciforme*, qui

rappelle la forme générale des poissons (Fig. 232). Le long de cette enveloppe les veines d'air rejetées sur les côtés par l'avant glissent sur l'enveloppe et se rejoignent sans se heurter et sans donner lieu à des remous vers l'arrière.

C'est la forme rationnelle des enveloppes d'aéronat adoptée pour presque tous les types construits actuellement.

Une troisième forme appliquée spécialement dans les aérostats à enveloppe rigide du type Zeppelin est cylindrique (Fig. 234). Cette forme donne lieu à un frottement assez important sur une grande partie des parois de l'enveloppe.

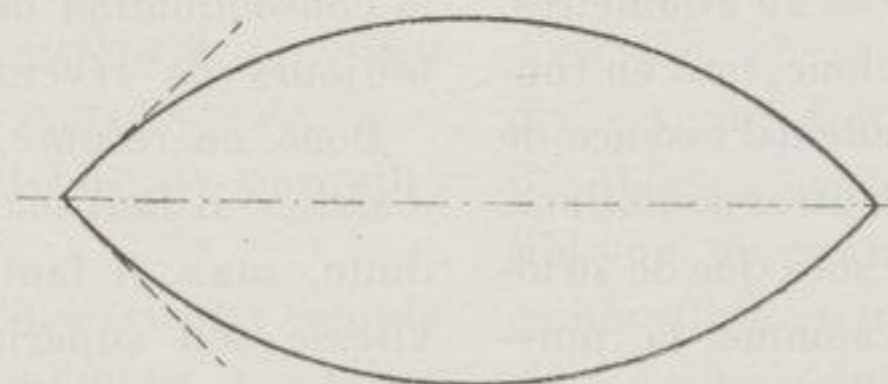


Fig. 233. — Enveloppe fusiforme.

*Confection des enveloppes*

Les enveloppes d'aérostats dirigeables sont, ainsi que nous venons de le voir, toujours allongées. Ce sont des surfaces de révolution qui ne peuvent être développées sur un plan. Comme pour les aérostats sphériques, on doit les constituer en un certain

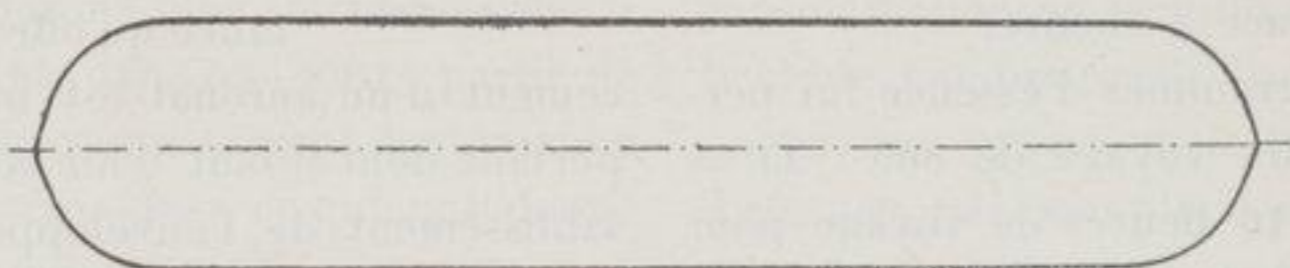


Fig. 234. — Enveloppe cylindrique, type Zeppelin.

nombre de parties qui puissent être considérées comme développables. En assemblant,

par des coutures, ces diverses pièces, on obtient l'enveloppe ayant sensiblement la forme qu'on se proposait d'obtenir.

Les enveloppes peuvent être constituées par l'assemblage de fuseaux ou par l'assemblage de panneaux.

Les fuseaux sont taillés suivant la longueur de l'enveloppe. Les extrémités des fuseaux se confondent avec les extrémités de l'enveloppe et se réduisent à une pointe.

Le fuseau développé augmente de largeur au fur et à mesure que l'on s'éloigne



de l'avant jusqu'à la distance correspondant au diamètre le plus grand de l'enveloppe.

Puis, le fuseau diminue de largeur pour se réduire à un point à l'extrémité arrière.

Pour tracer les fuseaux, on établit, à une échelle réduite, l'épure exacte de l'un d'eux en portant successivement en un certain nombre de points pris sur sa longueur, les largeurs correspondant aux diverses sections faites dans l'enveloppe.

On réunit les points ainsi déterminés par une ligne courbe continue et on obtient la forme du fuseau à échelle réduite.

Il suffit de reporter en vraie grandeur les dimensions trouvées sur une surface plane pour constituer un *patron* avec lequel on taillera tous les fuseaux constituant l'enveloppe. La largeur de ces fuseaux devra être évidemment augmentée de la *largeur des deux coutures* nécessaires à l'assemblage.

Les fuseaux, juxtaposés et cousus, forment l'enveloppe.

La fabrication des enveloppes par fuseaux offre l'inconvénient de donner lieu à des coutures ayant toute la longueur de l'enveloppe et disposées dans le sens perpendiculaire aux tensions exercées sur cette enveloppe.

Pour donner plus de solidité à l'enveloppe, on sectionne ces coutures longitudinales en divisant chaque fuseau en un certain nombre de panneaux. Les panneaux qui ont chacun une petite surface, sont cousus les uns aux autres, et on les assemble de façon à ce que deux séries de panneaux juxtaposés aient leur ligne de couture longitudinale décalée d'une demi-largeur. Les coutures longitudinales sont, de la sorte, successivement interrompues par suite du chevauchement des panneaux.

Le tracé des fuseaux et des panneaux d'une enveloppe d'aéronat offre plus de difficulté que le tracé relatif à une enveloppe d'aérostat sphérique, car il convient de réaliser exactement la forme déterminée

de l'enveloppe, qui doit offrir, nous l'avons vu, la moindre résistance à l'air et ne pas produire de remous.

*Permanence de la forme des enveloppes* La forme de l'enveloppe étant bien établie pour répondre à des conditions déterminées, il importe que

cette forme se maintienne constante pendant l'avancement de l'aéronat dans l'air. C'est pour atteindre ce but qu'on a constitué des *enveloppes métalliques* qui, rigides par construction, ne peuvent pas se déformer. Comme ces enveloppes offrent l'inconvénient d'être lourdes et, en même temps, faciles à se détériorer lors de l'atterrissage, on a cherché à maintenir une forme constante aux enveloppes non rigides.

On sait que lorsqu'un aérostat s'élève avec une enveloppe complètement remplie de gaz, au fur et à mesure que l'altitude croît, le gaz se dilate dans l'enveloppe et, comme sa pression intérieure pourrait devenir dangereuse pour cette enveloppe, on lui ménage un échappement dans l'atmosphère par l'orifice de l'appendice.

Lorsque l'aérostat, ayant atteint une certaine altitude, descend, après avoir perdu du gaz, le gaz intérieur qui reste se contracte, diminue de volume et l'enveloppe devient flasque. La permanence de la forme n'est donc pas réalisée dans ce cas et la résistance de l'air s'exerce d'une façon anormale sur les parties creuses de l'enveloppe.

Cette action peut, parfois, prendre une telle valeur qu'un accident peut en résulter. Le cas s'est plusieurs fois produit, d'ailleurs. Il importe donc de remédier à ce vide partiel de l'enveloppe. On ne peut introduire dans cette enveloppe du gaz hydrogène, car la nécessité de n'enlever que le poids strictement nécessaire ne permet pas de fabriquer du gaz en marche ou d'emporter de l'hydrogène comprimé dans des tubes trop lourds.

On a recours alors à un expédient, qui consiste à *faire le plein de l'enveloppe* avec de l'air atmosphérique.

Cet air, pris dans l'atmosphère, est refoulé, par un ventilateur qu'actionne le moteur de l'aéronat, à l'intérieur de l'enveloppe, au moyen d'une manche à air spéciale. Quand le volume d'air refoulé est équivalent au volume de gaz perdu, l'enveloppe a repris sa forme rationnelle.

Mais l'air ainsi introduit dans l'enveloppe n'est pas mélangé avec le gaz. Il y aurait à cela deux inconvénients graves : d'abord l'air et le gaz pourraient former un mélange détonant très dangereux et ensuite lorsque l'aéronat s'élèverait de nouveau, c'est le mélange dilaté qui s'échapperait; on ne pourrait pas ainsi se réserver la possibilité de laisser échapper seulement l'air, en conservant la plus grande quantité possible de gaz dans l'enveloppe.

On a donc été conduit, pour remédier à ces inconvénients, à séparer l'air refoulé dans l'enveloppe, du gaz qu'elle contient, et, pour cela, on a établi, à l'intérieur même de l'enveloppe, une capacité étanche, ne communiquant par sa manche d'appendice qu'avec le ventilateur qui lui envoie de l'air atmosphérique. Cette capacité, dont les parois sont constituées par de l'étoffe souple, forme une sorte de petit ballon placé dans le grand, et dont le volume varie suivant la quantité d'air refoulée par le ventilateur. Lorsque l'enveloppe est pleine de gaz, la capacité est réduite à zéro et l'étoffe formant sa paroi s'applique sur l'enveloppe de l'aéronat. Ce petit ballon à air auxiliaire a été appelé *ballonnet*.

*Ballonnet* C'est le général Meusnier, nous l'avons dit, qui, le premier, préconisa, en 1784, l'emploi du ballonnet pour obtenir la stabilité d'altitude des aérostats libres, et qui en munit son aérostat dirigeable. Pendant de longues années, cependant, on n'utilisa pas cet organe.

Dupuy de Lôme, dans son aérostat dirigeable essayé en 1872, en établit un, en disposant à l'intérieur de l'enveloppe un diaphragme souple formant la paroi du ballonnet.

Puis, le capitaine Renard montra la nécessité de son emploi et il en munit l'aérostat dirigeable la *France*.

Aujourd'hui, tous les aérostats à enveloppe non rigide comportent des ballonnets à air qui sont devenus des organes indispensables pour assurer la permanence de la forme de l'enveloppe et, comme nous allons le voir, la stabilité de l'aéronat.

Le ballonnet doit être établi de façon que le volume d'air qu'il peut contenir soit au moins égal au volume de gaz total que l'aéronat peut perdre.

Ce volume de gaz, qui s'échappera par la manche d'appendice à mesure que l'altitude croîtra, peut être déterminé par le poids de lest qui est emporté au départ. Ce poids de lest permet à l'aérostat de s'élever à une altitude que l'on peut préciser, et en calculant la dilatation du gaz qui correspond à cette altitude, on en déduira la quantité qui peut s'échapper.

Le ballonnet devra avoir un volume au moins égal au volume maximum du gaz qui peut être perdu.

Le ballonnet peut affecter diverses formes. On en a constitué par un véritable ballon sphérique de diamètre réduit A (Fig. 236), placé à l'intérieur de l'enveloppe B. Le ballonnet ainsi établi peut remplir son rôle au point de vue du maintien de la permanence de la forme, mais lorsque l'aéronat oscille, ce ballonnet peut facilement changer de position par rapport à l'enveloppe et il en résulte des inconvénients au point de vue de la stabilité de l'aéronat.

On a donc songé, pour empêcher le déplacement du ballonnet, à coudre ses parois à l'enveloppe même, tout en leur laissant la possibilité de s'aplatir les unes contre les autres et contre l'enveloppe,



Fig. 235. — Fabrication des enveloppes de dirigeables aux ateliers Lachambre.

dont elles épousent la forme intérieure quand le ballonnet est dégonflé.

La figure 237 représente une disposition dans laquelle le ballonnet A est formé par deux parois d'étoffe fixées à l'enveloppe B, en haut et en bas, et reliées entre elles de façon à former une capacité fermée.

lonnet ne contient pas d'air, la cloison B s'applique exactement contre la paroi intérieure de l'enveloppe de l'aéronat, de sorte que cette enveloppe peut être complètement remplie de gaz.

Pour des raisons de stabilité que nous examinerons un peu plus loin, le ballonnet

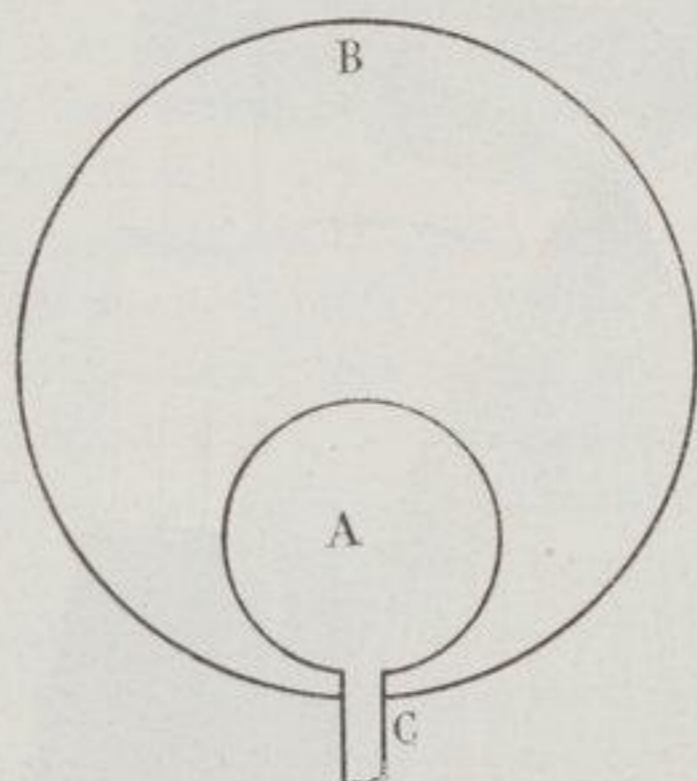


Fig. 236. — Ballonnet sphérique.

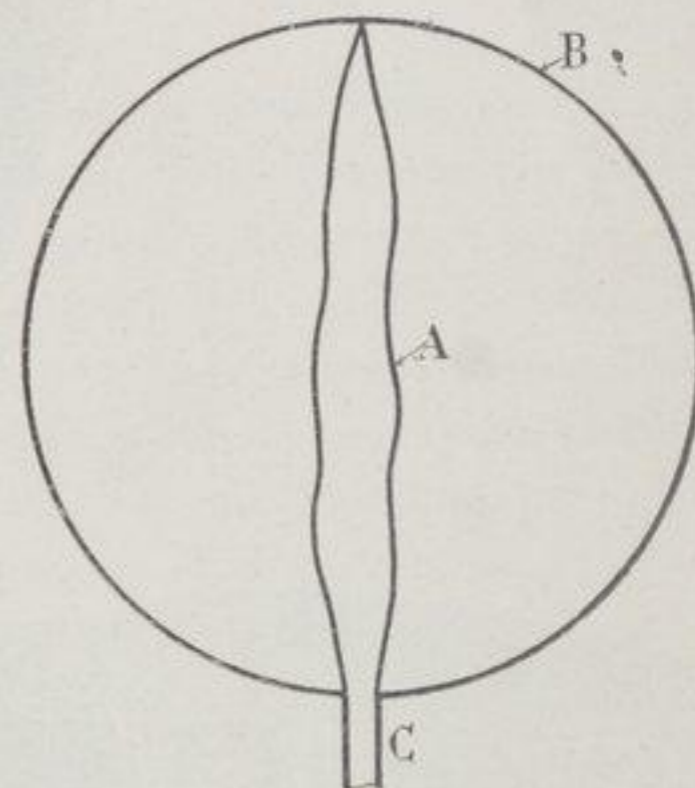


Fig. 237. — Ballonnet disposé transversalement dans l'enveloppe.

Une manche à air C débouchant dans ce ballonnet permet d'y introduire de l'air provenant d'un ventilateur. L'air peut remplir cette capacité et ne peut, dans aucun

est assez souvent fractionné lui-même en plusieurs capacités.

Ces capacités A, B, C (Fig. 239) sont obtenues en interposant dans le ballonnet

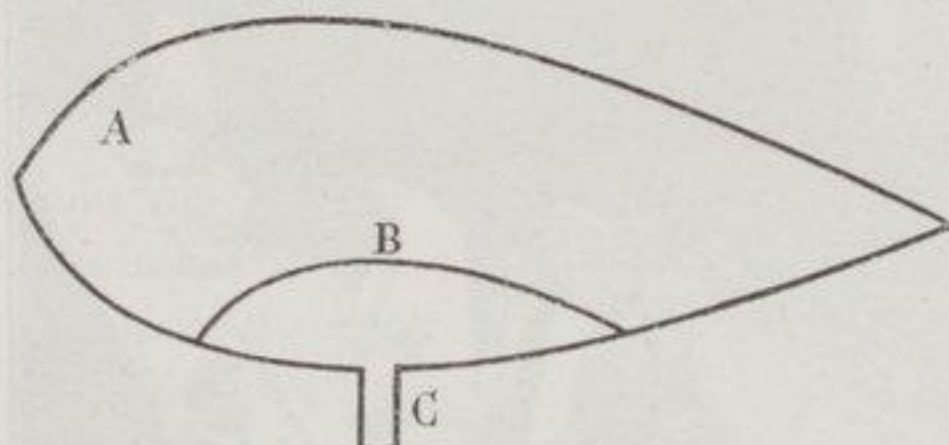


Fig. 238. — Ballonnet sans cloison.

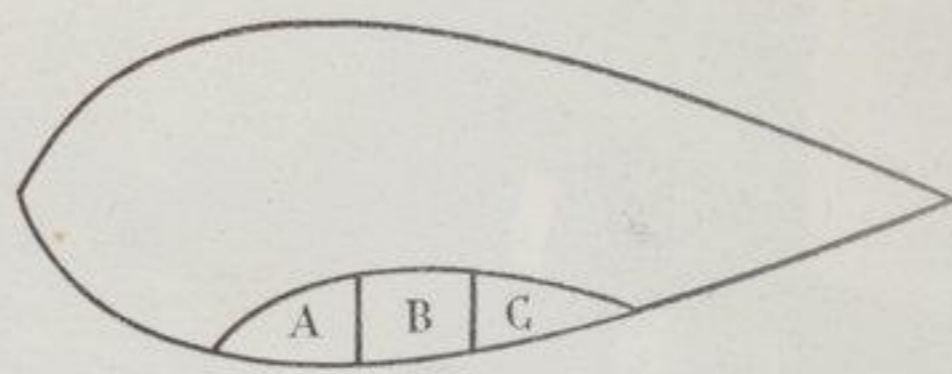


Fig. 239. — Ballonnet avec cloison.

cas, se mélanger au gaz contenu dans l'enveloppe.

Le ballonnet des aérostats dirigeables est le plus souvent constitué par une capacité formée entre l'enveloppe même de l'aérostat A (Fig. 238) et une cloison B en étoffe cousue sur cette enveloppe. Une manche à air C conduit dans le ballonnet l'air provenant d'un ventilateur. Lorsque le bal-

des cloisons qui sectionnent sa capacité totale en trois parties et divisent ainsi le volume d'air qui peut y être introduit.

Le ballonnet est muni d'un clapet qui permet de laisser arriver l'air dans la capacité et qui peut s'ouvrir, sous une certaine pression, de l'intérieur vers l'extérieur, pour laisser échapper l'air préalablement introduit.

L'appendice de l'enveloppe porte, également, un clapet qui ferme l'orifice d'admission du gaz, mais ce clapet automatique peut aussi s'ouvrir de l'intérieur vers l'extérieur pour permettre au gaz de s'échapper dans l'atmosphère par suite de sa dilatation provoquée par l'augmentation de l'altitude.

Il importe que les deux clapets automatiques du ballonnet et de l'enveloppe soient réglés de façon que l'ouverture du premier se produise avant l'ouverture du second.

En effet, lorsque, par suite de la descente de l'aéronat, l'enveloppe devient flasque, on lui conserve la permanence de sa forme en remplissant le ballonnet d'air sous pression. Lorsque, du fait des variations atmosphériques ou d'un jet de lest l'aéronat remonte, il est essentiel de ne pas perdre une nouvelle quantité de gaz, ce qui contribue à diminuer sa force ascensionnelle. Comme la dilatation s'exerce sur le gaz intérieur, au fur et à mesure que l'altitude croît, le gaz tendrait à s'échapper par son clapet, si le clapet du ballonnet à air ne s'ouvrait d'abord. Ce clapet, appuyé sur son siège par un ressort antagoniste plus faible que celui du clapet de l'enveloppe, laisse échapper une certaine quantité d'air contenue dans le ballonnet, correspondant au volume supplémentaire occupé par le gaz dilaté.

Il est plus avantageux, on le comprend, de perdre l'air que le gaz; car il suffit, lorsque l'enveloppe se dégonfle de nouveau, de comprimer une nouvelle quantité d'air dans le ballonnet pour maintenir une forme constante à l'aérostat.

*Liaison de l'enveloppe de la nacelle*

La pratique des aérostats libres sur lesquels sont disposés des filets portant la nacelle, avait fait adopter ce mode de liaison entre l'enveloppe de certains aérostats dirigeables et la nacelle. L'aérostat de Giffard, par exemple, était muni d'un filet

dont les pattes d'oie recevaient l'extrémité supérieure des cordes de suspension de la nacelle.

Le filet, placé au-dessus de l'enveloppe allongée d'un aérostat dirigeable, a l'inconvénient de former sur cette enveloppe une série de petites proéminences provenant de la pression exercée par la corde du filet sur l'enveloppe. Il se produit une saillie, à chacune des mailles du filet. L'enveloppe n'est donc plus parfaitement unie et, de ce fait, la résistance de l'air est plus considérable pendant l'avancement de l'aérostat. En outre, le filet comporte parfois des nœuds qui sont une gêne pour son application sur l'enveloppe.

Ces inconvénients ont fait écarter le filet comme organe de liaison entre l'enveloppe et la nacelle; actuellement aucun aérostat dirigeable ne comporte de filet.

Le filet a d'abord été remplacé par un réseau de sangles disposées de façon à répartir uniformément, sur toute la surface de l'enveloppe, la tension des cordes de suspension. Le général Meusnier avait préconisé ce système et reliait les sangles à une *ralingue* longitudinale, ainsi que nous l'avons vu, à laquelle les suspentes étaient attachées.

Puis, le système des sangles a fait place à une chemise en taffetas qui recouvrait toute la partie supérieure de l'enveloppe et après laquelle on fixait les cordes d'attache de la nacelle. Cette chemise, qu'on trouve dans l'aérostat de Dupuy de Lôme, alourdissait l'enveloppe, puisqu'elle constituait elle-même une demi-enveloppe extérieure. Elle était donc confectionnée en étoffe légère qui n'avait nul besoin d'être vernie pour être rendue imperméable, puisqu'elle n'était pas en contact avec le gaz.

Le poids supplémentaire que la chemise donnait à l'enveloppe fit qu'on songea à supprimer cette chemise, et comme on ne

voulait pas revenir à l'emploi défectueux du filet, on fut conduit à étudier le moyen pratique d'attacher directement les cordes de suspension de la nacelle à l'enveloppe même de l'aéronat. C'est par l'intermédiaire de *ralingues* que la liaison s'effectue.

Ces ralingues sont des bandes d'étoffes cousues longitudinalement sur l'enveloppe, et après lesquelles sont attachées les extrémités supérieures des suspentes.

De cette façon, la nacelle est suspendue directement à l'enveloppe qui fait corps avec les ralingues. Les ralingues doivent être disposées sur l'enveloppe de façon que les cordes de suspension soient tangentes à cette enveloppe latéralement. Ainsi elles ne la déforment pas en la comprimant ou en creusant des sillons qui laissent déborder certaines parties.

*Suspension de la nacelle.* La suspension de la nacelle est constituée par un réseau de cordages qui la relie à l'enveloppe.

Ces cordages, d'abord faits en chanvre, sont presque tous aujourd'hui faits en fil d'acier. Les cordes en chanvre avaient un diamètre plus considérable, mais étaient disposées en moins grand nombre. Les cordages en fil d'acier doivent être en quantité plus grande, mais leur diamètre est plus réduit. Ce sont des fils de 1<sup>m</sup>/<sub>m</sub> de diamètre environ, en acier étiré. On les désigne assez souvent sous le nom de *cordes à piano* qui indique leur emploi le plus répandu.

En multipliant le nombre de suspentes, on augmente un peu la résistance de l'air à l'avancement de l'aéronat, mais d'autre part, les efforts de traction sont répartis d'une façon plus uniforme sur les ralingues et, par conséquent, sur l'enveloppe et, en outre, les cordages en fil d'acier ne peuvent être atteints et détériorés par la chaleur ou même par les flammes accidentelles provenant du moteur.

La première qualité d'ensemble d'une

suspension est la rigidité, c'est-à-dire que l'assemblage des cordes, entre la nacelle et l'enveloppe, doit être réalisé de façon que le tout soit indéformable. C'est là une qualité indispensable que doit posséder la suspension de la nacelle, sinon il pourrait se produire des accidents et même des catastrophes.

Meusnier avait indiqué cette particularité de la suspension et Dupuy de Lôme l'avait réalisée.

On comprend, en effet, la nécessité d'assurer une liaison pour ainsi dire rigide entre la nacelle et l'enveloppe, car l'axe de propulsion, c'est-à-dire l'axe suivant lequel se transmet le travail du moteur qui provoque l'avancement de l'aéronat, est généralement placé soit à proximité de la nacelle, soit entre la nacelle et l'enveloppe. L'effort moteur est donc appliqué sensiblement sur la nacelle, tandis que l'effort résistant représenté par la résistance que l'air offre à l'avancement, est appliqué plus près de l'enveloppe qui a une grande surface.

Si la rigidité de l'ensemble n'était pas assurée, l'enveloppe pourrait prendre une position très oblique par rapport à la nacelle sans qu'on puisse compter sur un couple de redressement pour remettre l'aéronat à sa position normale. Il y aurait, dans ce cas, à craindre un renversement et une rupture d'équilibre. Nous verrons plus loin le grave inconvénient que peut offrir une suspension qui n'est pas indéformable au point de vue des tensions variables qui peuvent s'exercer sur les cordes de suspension et qui risquent de provoquer, pour certaines positions, des ruptures très dangereuses.

Le type de suspension indéformable est la suspension triangulaire appliquée par Dupuy de Lôme et, après lui, par tous les constructeurs d'aérostats dirigeables.

Dans cette suspension, dont la figure 240 représente le schéma, la nacelle B est reliée à l'enveloppe A par une série de cordes D et C qui s'attachent, en bas, à cette nacelle

et, en haut, à deux ralingues G H, disposées une de chaque côté de l'enveloppe. D'autres câbles E et F joignent respectivement les extrémités de la nacelle aux extrémités des ralingues. Comme tous ces câbles sont *inextensibles*, c'est-à-dire qu'ils ne peuvent varier de longueur, la nacelle suivra toutes les inclinaisons que pourra prendre l'enveloppe et, ainsi, l'ensemble de l'appareil formera un tout indéformable. Les mouvements d'une partie de cet appareil se transmettront exactement aux autres parties qui en sont solidaires, ce qui est une bonne condition pour obtenir la *stabilité longitudinale*. Quand l'enveloppe, par exemple, s'inclinera, la nacelle s'inclinera également

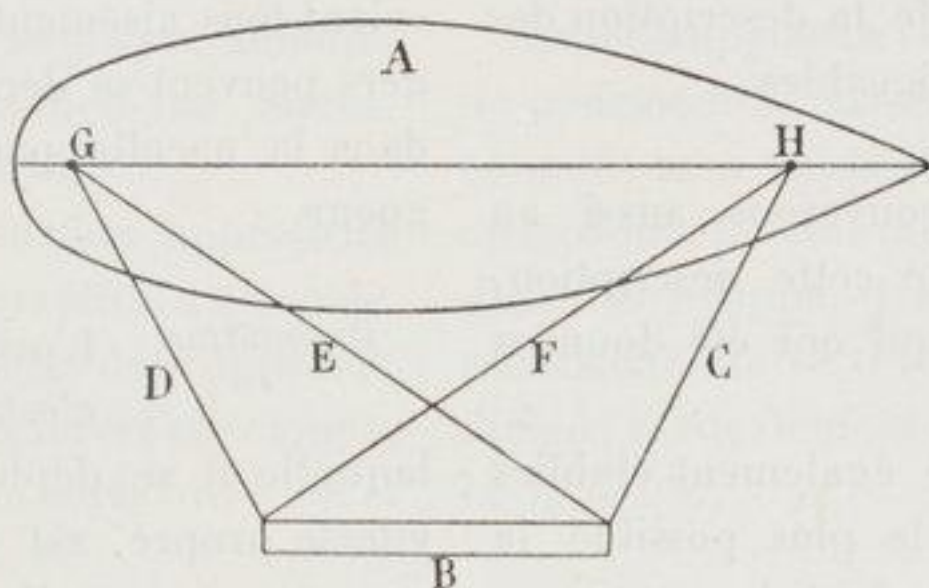


Fig. 240. — Suspension triangulaire indéformable.

de l'enveloppe la plus élevée devraient résister à un effort bien plus considérable que celui qui avait été prévu. Ces cordes pourraient se rompre successivement; la nacelle pourrait se détacher de l'enveloppe et tomber à terre. Cet accident s'est malheureusement produit plusieurs fois et la catastrophe où de Brasky a trouvé la mort a été provoquée par le manque de rigidité dans le dispositif de liaison de la nacelle à l'enveloppe.

(Fig. 241), comme si la liaison était constituée par des poutres rigides.

Les cordes de suspension seront soumises de la sorte, toujours au même effort, lequel continuera à être réparti uniformément.

Il n'en serait évidemment pas de même si la suspension de la nacelle était libre, c'est-à-dire si les croisillons E et F étaient supprimés (Fig. 241).

Lorsque l'enveloppe prendrait une position oblique, la nacelle tendrait à rester horizontale par l'action de la pesanteur. Cet effort s'exercerait sur les suspentes directes D et C. Les unes supporteraient une tension à laquelle elles pourraient résister, mais les suspentes placées à l'extrémité

de l'enveloppe la plus élevée devraient résister à un effort bien plus considérable que celui qui avait été prévu. Ces cordes pourraient se rompre successivement; la nacelle pourrait se détacher de l'enveloppe et tomber à terre. Cet accident s'est malheureusement produit plusieurs fois et la catastrophe où de Brasky a trouvé la mort a été provoquée par le manque de rigidité dans le dispositif de liaison de la nacelle à l'enveloppe.

Lorsque la suspension est indéformable, comme dans la suspension triangulaire type (Fig. 241), l'inclinaison de l'enveloppe peut atteindre un angle assez grand sans que la rigidité de la liaison soit troublée.

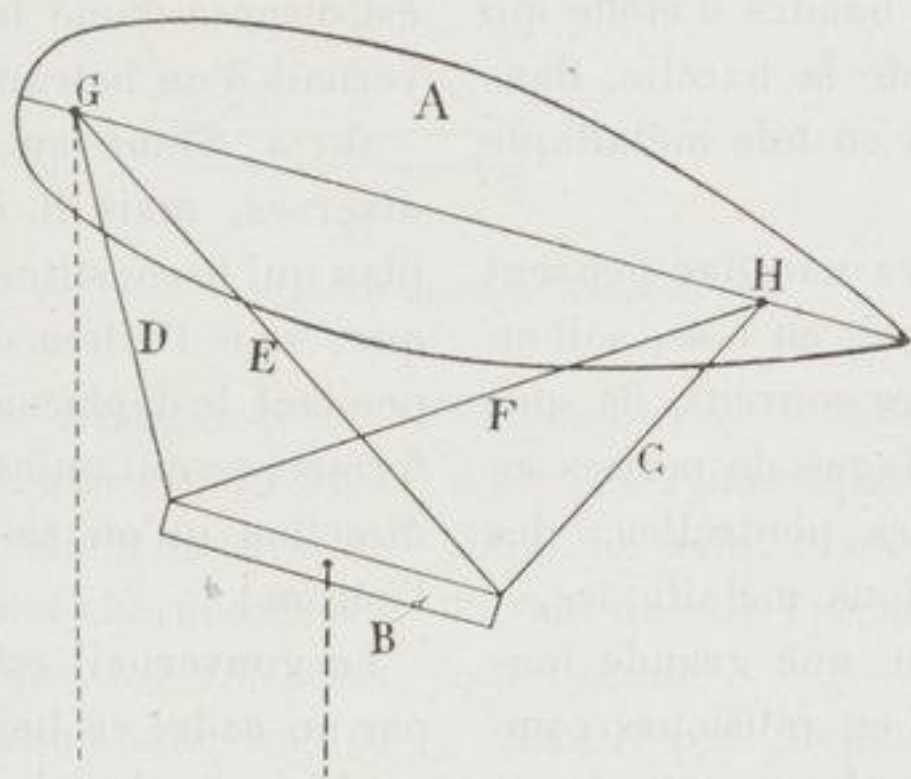


Fig. 241. — Rôle de la suspension indéformable lors de l'inclinaison de l'aéronat.

La limite de l'inclinaison de l'enveloppe pour laquelle la suspension reste indéformable est atteinte lorsque le centre de gravité de l'ensemble de la nacelle se trouve sur la ligne verticale passant par le point d'attache extrême G. A ce moment, en effet, le point d'application du poids total des organes suspendus sous l'enveloppe se trouve

sur cette ligne verticale menée du point G et si l'enveloppe s'incline encore davantage dans le même sens, la verticale menée du point G passe à la droite du centre de gravité. Celui-ci tend à se placer sur cette ligne et un effort anormal s'exerce sur les cordes de suspension correspondantes.

Il convient de dire que cette obliquité de

l'enveloppe pour laquelle la suspension triangulaire peut se déformer, n'est jamais atteinte dans la pratique.

Les suspensions indéformables sont réalisées de diverses façons. Nous en avons déjà donné quelques exemples, nous en examinerons d'autres, lors de la description des différents types de dirigeables.

*Nacelles* Nous trouverons aussi au cours de cette description, les formes différentes qui ont été données aux nacelles.

Ces nacelles ont été également établies de façon à diminuer le plus possible la résistance de l'air pendant leur avancement.

Elles ont généralement une grande longueur et sont terminées en pointe à leurs extrémités avant et arrière. Les parois sont, le plus souvent, unies vers l'extérieur pour faciliter le glissement de l'air.

Dans certaines nacelles, ces parois ont été constituées par des bandes d'étoffe qui recouvrent la carcasse de la nacelle. Dans d'autres, les parois sont en tôle métallique mince et légère.

Les corps mêmes des nacelles peuvent être faits soit en osier, soit en bois, soit en pièces métalliques. Assez souvent, ils sont formés par des assemblages de parties en bois supportées par des poutrelles, des montants et des croisillons métalliques.

Lorsque la nacelle a une grande longueur, elle est divisée en plusieurs compartiments, contenant chacun quelques organes, mais l'aéronaute ne peut se déplacer sur toute la longueur de cette nacelle, de crainte de compromettre la stabilité.

D'ailleurs la disposition de la nacelle ne le permet pas. Le pilote se tient dans un compartiment; il a devant lui les divers instruments indicateurs et à la portée de sa main les volants ou les leviers de manœuvre de l'aéronat.

Le ou les mécaniciens sont placés auprès

du moteur, qui peut être séparé des autres organes; ils surveillent et règlent son fonctionnement.

On a établi des nacelles plus courtes dans lesquelles les organes moteurs et de manœuvre ont été groupés de façon à ce qu'ils soient tous aisément accessibles. Les passagers peuvent se déplacer sans inconvénient dans la nacelle, par suite de sa faible longueur.

*Orientation* L'orientation de l'aéronat, c'est-à-dire la direction dans laquelle il se déplace sous l'action de sa vitesse propre, est donnée par un organe nommé *gouvernail*.

Le gouvernail est, en principe, constitué par une surface plane, mobile autour d'un axe vertical et qui donne à l'aéronat une direction appropriée aux mouvements que lui imprime autour de cet axe, l'organe de manœuvre.

Le gouvernail d'un aérostat dirigeable est disposé d'une façon analogue au gouvernail d'un bateau.

On a donné au gouvernail des formes diverses, mais il importe surtout que le plan qui le constitue soit rigide, de manière que, sous l'action de la résistance de l'air pendant le déplacement, il ne puisse se déformer, ce qui nuirait à la régularité de la direction qu'on se propose de donner à l'aéronat.

Le gouvernail est, assez souvent, formé par un cadre en bois ou métallique sur lequel est tendue de l'étoffe. Le cadre, qui doit être indéformable, est consolidé, lorsque la surface du gouvernail est importante, par des traverses et des croisillons.

Le cadre peut avoir une certaine épaisseur permettant de tendre de l'étoffe sur chacune des faces.

Un des côtés du cadre, généralement celui de plus grande longueur, est disposé pour servir de pivot. Le gouvernail peut s'obliquer en tournant d'un certain angle



autour de ce côté sous l'action de la commande de manœuvre.

L'axe d'oscillation est généralement disposé verticalement. Cependant, on le place parfois un peu oblique, de façon que, lorsqu'on n'agit plus sur le gouvernail, il puisse, par l'effet de son poids, se placer automatiquement à une position médiane correspondant à l'axe du dirigeable.

Le gouvernail a une surface appropriée à l'aéronat qu'il doit permettre d'orienter. Il est placé vers l'arrière de l'appareil, généralement entre la nacelle et l'enveloppe, et est manœuvré par une sorte de roue et par l'intermédiaire de câbles qui assurent, par traction, sa déviation.

La condition primordiale que doit remplir un aérostaut dirigeable est d'avoir ses organes disposés de façon que sa stabilité soit assurée dans tous les sens.

Comme l'enveloppe d'un aéronat a une forme allongée et dissymétrique par rapport à son axe vertical et que, d'autre part, la nacelle a une grande longueur et est inégalement chargée en ses différents points, il faut que les différents organes occupent une position telle, les uns par rapport aux autres, que l'aéronat flotte dans l'air en conservant toujours son axe longitudinal placé dans une direction horizontale.

C'est la *stabilité statique*, c'est-à-dire la stabilité à l'état de repos.

Pour que cette stabilité soit effective, comme l'est celle d'un aérostaut sphérique qui ne porte, placée dans son axe vertical, qu'une nacelle de petite surface, il faut, comme dans l'aérostaut sphérique, que le

centre de poussée verticale dirigée de bas en haut se trouve sur la même ligne verticale que le centre de gravité de la nacelle supportant les divers organes, point où est supposé appliqué le poids de tout le matériel enlevé par l'enveloppe.

Si nous supposons (Fig. 242) que le centre de poussée de l'enveloppe A soit en P, en ce point sera supposée appliquée la force ascensionnelle due au gaz léger contenu dans l'enveloppe. L'action de cette force ascensionnelle se traduira par une poussée dirigée verticalement de bas en haut suivant la ligne P C.

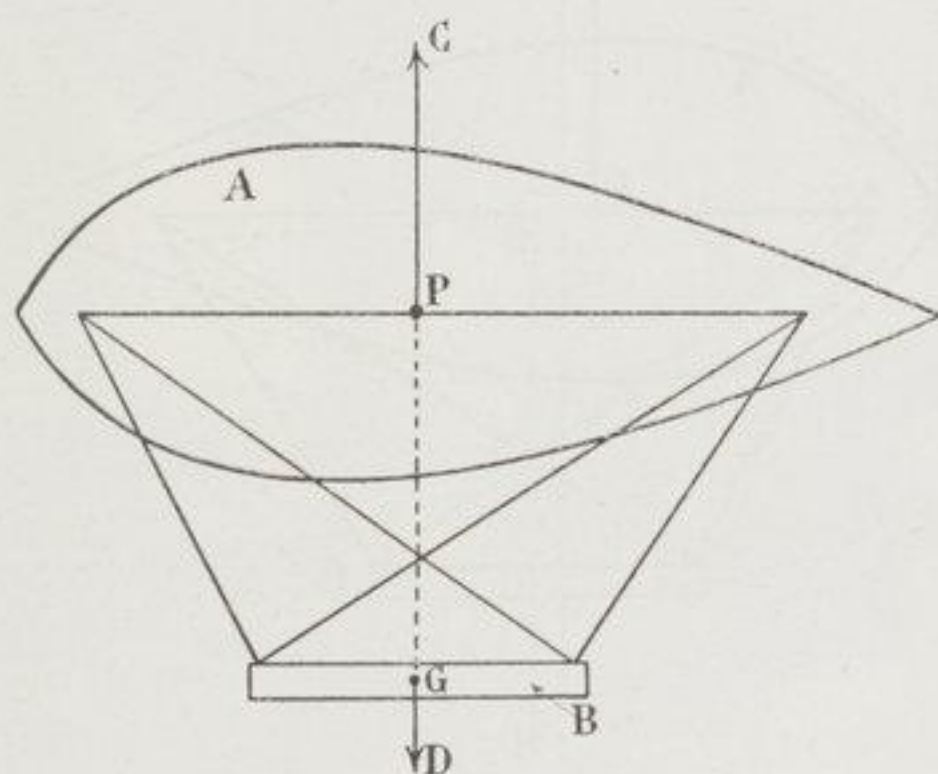


Fig. 242. — Stabilité statique d'un aéronat.

Cette poussée a pour but de soulever dans les airs la nacelle B et tous les organes qui s'y rattachent. Le point d'application P de cette poussée se trouvera sur l'axe horizontal de l'enveloppe A, puisque cette enveloppe a une forme symétrique par rapport à cet axe, mais il ne sera pas placé au milieu de la

longueur de cette enveloppe, car l'enveloppe n'est pas symétrique dans le sens longitudinal. Le point P sera disposé plus près de l'avant que de l'arrière, qui est plus effilé que l'avant.

D'autre part, le poids de la nacelle et de tous les organes sera supposé appliqué au point G qui est le *centre de gravité* du système. Il y aura donc un effort produit par l'action de la pesanteur et dirigé verticalement de haut en bas suivant la ligne G D.

Les efforts agissant ainsi sur l'aéronat, si nous le supposons immobile dans un air calme, sont d'une part un effort P C et d'autre part un effort G D dirigés en sens inverse. Pour que l'axe de l'enveloppe se maintienne dans une position horizontale, il faut que

les deux efforts contraires aient des directions diamétralement opposées et que les points P et G soient placés sur une même ligne verticale.

Si l'effort de poussée appliqué en P est, une fois ces conditions réalisées, plus grand que l'effort de la pesanteur appliqué en G, l'aéronat s'élèvera dans l'atmosphère et s'y maintiendra horizontal.

Si les deux efforts antagonistes ne se trouvaient pas dirigés suivant une même verticale (Fig. 243), la distance P E séparant les deux perpendiculaires menées respectivement des points P et G constituerait un bras de levier qui provoquerait le placement oblique de l'enveloppe.

En effet, si nous considérons l'effort de traction vertical dirigé suivant P C et si le point d'application G de l'effort résistant se projette en E, il est évident que l'enveloppe tendra à s'incliner étant tirée dans

la direction P C avec un bras de levier égal à P E. Mais, en outre, le même effet se produit si on considère l'action dirigée vers le bas suivant la ligne G D. Cet effort, appliqué au bout d'un bras de levier déterminé par la distance entre les deux perpendiculaires P C et G D, tendra à faire incliner la nacelle dans le même sens que l'enveloppe.

La rigidité de la suspension faisant de la nacelle et de l'enveloppe « un tout » indéformable, les deux actions de la poussée et de la pesanteur n'étant pas appliquées sur la même verticale tendront à obliquer l'aéronat tout entier.

Cette obliquité sera d'autant plus grande que la distance entre les deux verticales des deux points P et G sera plus considérable,

et l'aéronat atteindra une position oblique telle qu'une même ligne verticale réunira les points P et G. Ce sera sa position de stabilité statique, pour laquelle l'aéronat ne sera pas horizontal.

Comme le centre de poussée pour une enveloppe déterminée ne peut être déplacé, on change la position du centre de gravité pour ramener l'aérostat dans une position horizontale. On déplace des organes dans la nacelle, et on répartit le poids des appareils de façon que le centre de gravité se trouve sur la verticale du point P. La stabilité statique est ainsi

obtenue pour une position horizontale de l'axe longitudinal de l'aéronat.

*Stabilité dynamique* Lorsque l'aéronat cesse d'être immobile et qu'il se déplace par ses propres moyens, des actions autres que celles que nous venons d'analyser s'exercent sur lui.

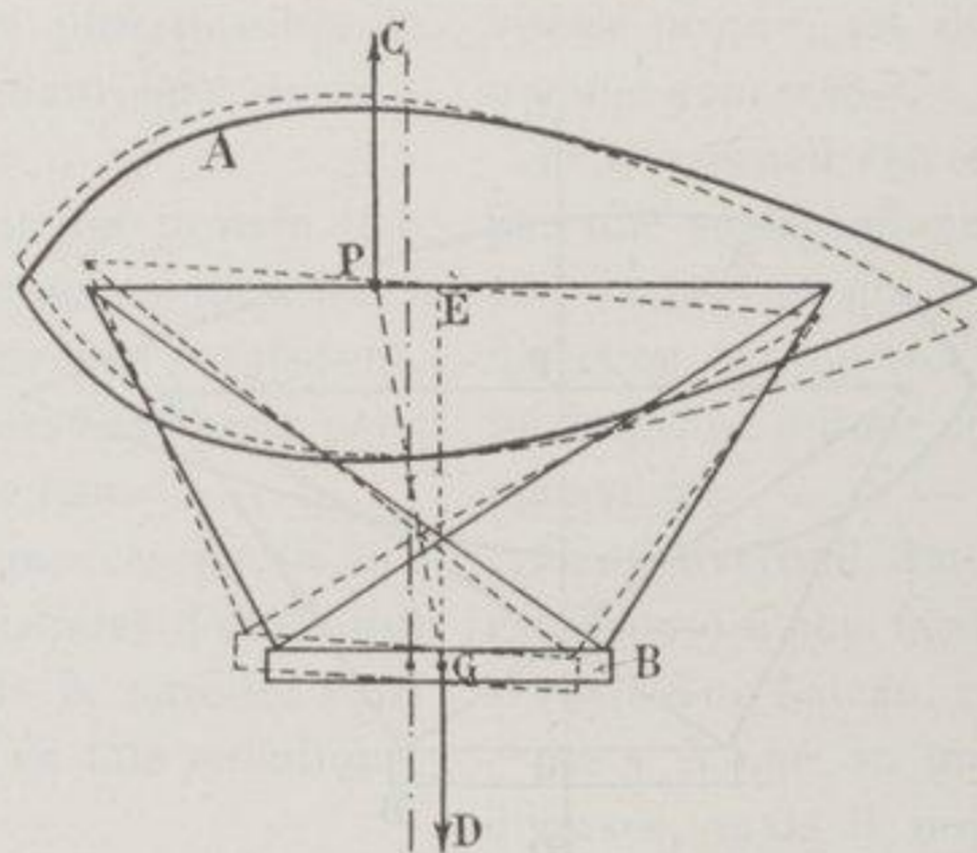


Fig. 243. — Stabilité statique d'un aéronat.

En plus de la force ascensionnelle et du poids total de la nacelle qui sont appliqués verticalement et dans des directions contraires, l'aéronat est soumis encore à l'effort de propulsion donné par l'hélice et à l'effort créé par la résistance de l'air. Ces deux efforts, qui sont aussi dirigés en sens contraire, puisque c'est le déplacement provoqué par l'effort de propulsion qui détermine l'effort résistant de l'air, ont une direction horizontale.

Il convient donc que, pendant le déplacement de l'aéronat, les efforts verticaux et les efforts horizontaux se fassent respectivement équilibre à chaque instant, pour que l'appareil puisse progresser en conservant sa stabilité.

Mais les oscillations de l'aéronat, même réduites, déterminent des variations dans la grandeur de ces efforts et déplacent leur point d'application. Il résulte de cela une instabilité de l'ensemble et il convient que des dispositions soient prises pour ramener constamment, à sa position normale d'équilibre, l'aéronat qui en aura été dévié pour une cause quelconque.

*Stabilité d'altitude* Nous avons précédemment examiné les cas de *stabilité d'altitude* des aérostats libres et nous avons vu que le jet d'une certaine quantité de lest assure l'ascension de l'aérostat, tandis que la perte d'une certaine quantité de gaz qu'on laisse échapper par la soupape, permet à l'aérostat de descendre. En outre, nous avons pu nous rendre

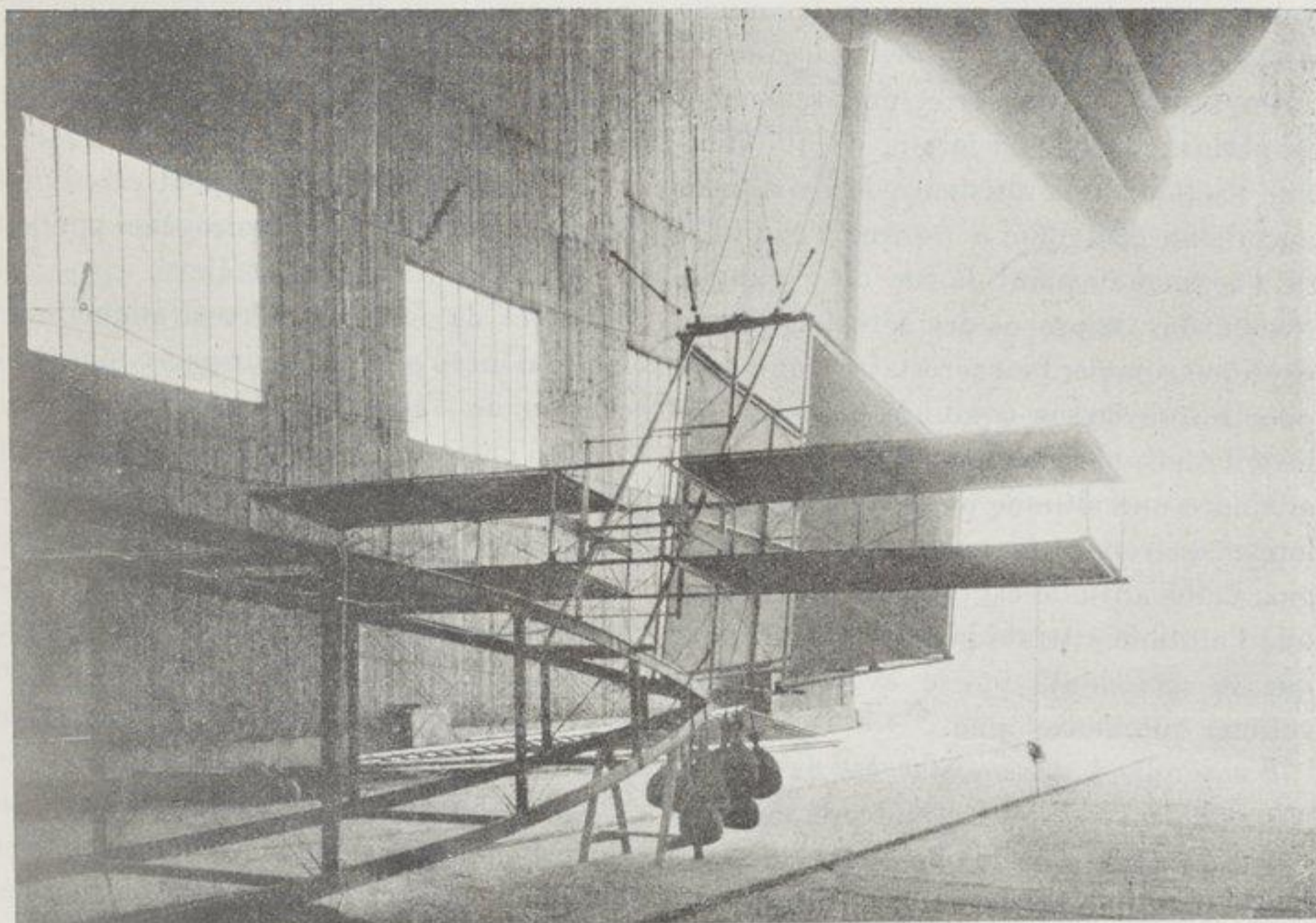


Fig. 241. — Gouvernail et stabilisateur de l'aérostat dirigeable *Ville de Paris*.

Pour assurer la *stabilité dynamique* d'un aérostat, c'est-à-dire son équilibre pendant sa marche, il faut assurer sa *stabilité d'altitude*, sa *stabilité longitudinale*, sa *stabilité transversale* et sa *stabilité de direction* ou *stabilité de route*.

Examinons les conditions à remplir pour que chacune de ces stabilités puisse être réalisée, car c'est l'obtention de la stabilité d'un aéronat dans tous les sens qui constitue la base de la navigation aérienne dirigée.

compte que le dégonflement de l'enveloppe, par suite de la perte de gaz, constituait une des principales raisons d'instabilité de l'aérostat en altitude.

Pour un aérostat dirigeable, la stabilité d'altitude doit répondre aux mêmes conditions que la stabilité d'un aérostat libre, c'est-à-dire que le jet de lest ou la perte de gaz peuvent provoquer respectivement la montée ou la descente de l'aérostat et que le dégonflement de l'enveloppe est une cause essentielle d'instabilité. Cette

dernière cause d'instabilité est corrigée dans les aérostats dirigeables par l'emploi du ballonnet à air, dont la fonction consiste, nous le savons, à maintenir la permanence de la forme de l'enveloppe, quoique, par suite des variations de l'altitude, une certaine quantité de gaz se soit échappée.

Lorsque, par suite de la descente de l'aéronat, son enveloppe tend à se dégonfler, on introduit dans le ballonnet un volume d'air destiné à compenser le volume de gaz perdu.

On assure, de la sorte, non seulement la permanence de la forme, ce qui diminue l'action de la résistance de l'air, mais encore on contribue à assurer l'équilibre de l'aéronat au point de vue de l'altitude. Nous avons, à propos des aérostats libres, expliqué comment un aérostat flasque doit, pour retrouver son équilibre quand il s'élève du fait, par exemple, d'un jet de lest, atteindre une altitude pour laquelle l'enveloppe se trouve de nouveau remplie de gaz. Cette altitude est toujours plus élevée que l'altitude atteinte précédemment, pour que le gaz dilaté puisse avoir le même volume que l'enveloppe.

Donc quand un aérostat est flasque, il n'a pas de stabilité d'altitude. Il importe, par conséquent, de le maintenir toujours gonflé pour que les variations d'altitude ne puissent être considérables. C'est le rôle du ballonnet à air, rôle très important puisqu'il permet d'éviter les montées et les descentes successives d'amplitudes de plus en plus grandes telles qu'elles se produisent pour les aérostats libres qui ne sont généralement pas munis de ballonnets.

Une autre cause qui permet d'obtenir pour les dirigeables une stabilité d'altitude plus grande que celle des aérostats libres, est que les variations accidentelles de la force ascensionnelle sont moins considérables.

La différence de température du gaz intérieur et de l'air atmosphérique, par

exemple, est moins grande dans les dirigeables parce que ces appareils ont, dans l'air, un mouvement relatif que ne possèdent pas les aérostats libres, mouvement qui facilite le refroidissement du gaz intérieur et rapproche sa température de celle de l'air. C'est, nous le savons, une condition qui contribue à conserver une valeur constante à la force ascensionnelle et, par conséquent, favorable à la stabilité d'altitude.

Les variations de la force ascensionnelle de l'aéronat peuvent être provoquées volontairement par des pertes de gaz ou par des jets de lest.

Les pertes de gaz doivent être réduites le plus possible, car l'hydrogène pur est d'un prix de revient assez élevé.

Le jet de lest peut être pratiqué avec moins d'inconvénients pour provoquer l'ascension de l'appareil. Cependant, il convient d'emporter dans la nacelle un poids de lest le plus réduit possible, pour ne pas augmenter inutilement le poids total à enlever.

Une certaine quantité de ce lest est indispensable à conserver pour pouvoir, en cas de descente accidentelle, modérer la chute et atterrir sans choc.

En dehors de ces sacs de lest, la quantité qui est emportée pour servir à faire varier l'altitude est assez faible, parce qu'on a recours à d'autres moyens pour provoquer l'ascension ou la descente d'un aérostat sans employer du lest ou sans perdre du gaz.

On a songé, en effet, à utiliser l'énergie mécanique pour faire varier l'altitude.

On a pensé à établir une hélice dont l'axe serait disposé verticalement et qui, mue par le mécanisme moteur, pourrait maintenir l'aérostat à une altitude déterminée.

On pourrait également, comme l'avait proposé Hervé, rendre l'hélice de propulsion mobile autour d'une articulation, de façon à pouvoir la manœuvrer et l'incliner, l'inclinaison ainsi donnée à l'hélice devant servir, dans cette disposition, à déterminer

un changement d'altitude de l'aérostat.

Ces procédés nécessitent des complications de mécanisme. En outre, ils sont peu efficaces, le premier surtout.

Aussi leur a-t-on préféré des dispositifs plus simples et qui donnent de bons résultats.

On a établi des surfaces planes qui, en marche normale, sont maintenues horizontales. Ces plans sont articulés autour d'un axe horizontal disposé perpendiculairement à l'axe de l'aéronat. Ils peuvent, par l'intermédiaire de liens, être placés dans une position oblique par le pilote qui les manœuvre de la nacelle.

Lorsque les plans sont inclinés, la résistance de l'air en s'exerçant sur ces surfaces obliques détermine une composante verticale qui constitue une poussée de l'aérostat de bas en haut ou de haut en bas, suivant le sens dans lequel est incliné le plan. Cette poussée varie évidemment avec l'inclinaison des surfaces.

La poussée ainsi exercée permet, en élevant ou en abaissant l'aéronat, de le maintenir à une altitude sensiblement constante sans que l'on soit dans l'obligation de jeter du lest ou de perdre du gaz, et de compenser ainsi la diminution ou l'augmentation de la force ascensionnelle.

Les surfaces oscillantes utilisées pour obtenir la stabilité d'altitude sont nommées

*stabilisateurs* ou, le plus souvent, *gouvernails de profondeur*.

Le gouvernail de profondeur peut être placé soit à l'arrière, soit à l'avant de l'aérostat.

Ainsi disposé, il provoque, par sa manœuvre, l'inclinaison de l'aéronat, soit vers le haut, soit vers le bas, suivant la position qu'on lui donne. Si le gouvernail A est placé comme l'indique la figure 245, le sens de marche de l'aéronat s'effectuant suivant la flèche B, l'action de l'air s'exercera sur la surface oblique. Il se crée sur cette surface une résistance à l'avancement qui, dans le cas considéré, tend à incliner l'aéronat, l'avant dirigé vers le haut.

En effet, le poids du matériel suspendu à l'enveloppe est supposé appliqué au centre de gravité G du système. Si l'air exerce une action sur le gouvernail dans le sens de la flèche, il se produira nécessairement un couple de déviation provoqué par l'écartement du point G et du gouvernail A. Cet écartement sera le bras de levier, et l'action de l'air sur le gouvernail sera l'effort qui déterminera l'inclinaison de l'aéronat. L'oscillation se produira pour ainsi dire autour du point G, de sorte que l'avant sera tourné vers le haut, puisque la poussée sur le gouvernail s'exerce de haut en bas.

Si le gouvernail était oblique comme l'indique la figure 246, l'action de l'air s'exer-

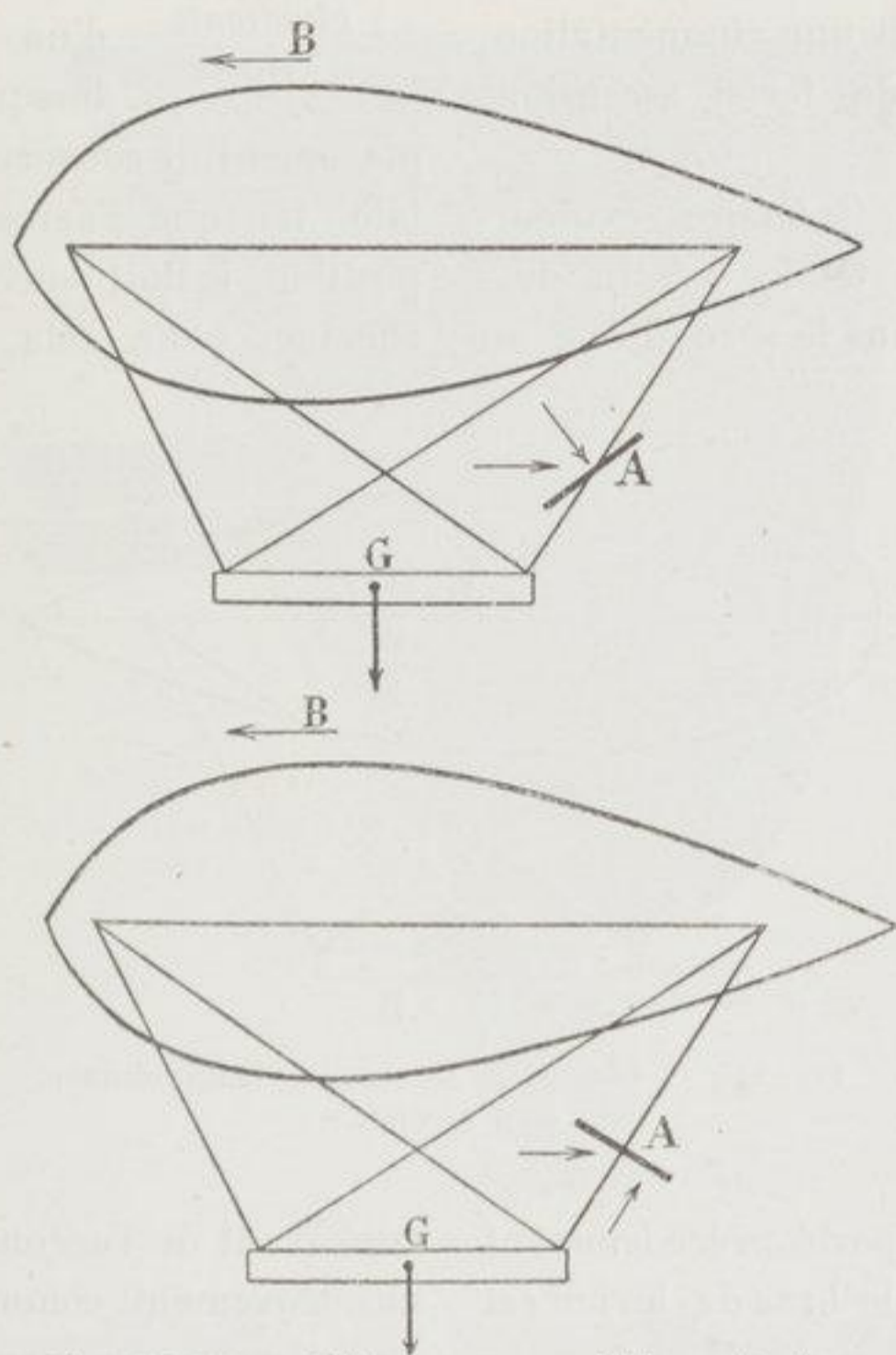


Fig. 245-246. — Rôle du gouvernail de profondeur dans la stabilité d'altitude.

cerait sur cette surface dans un sens différent du cas précédent, de sorte que le centre de gravité étant toujours supposé en G, l'oscillation de l'aéronat aurait lieu en sens inverse, c'est-à-dire que la poussée effectuée sur le gouvernail ferait incliner l'aérostat l'avant tourné vers le bas.

La poussée de l'air sur le gouvernail permet de compenser, suivant le sens dans lequel elle s'exerce, soit une augmentation, soit une diminution de force ascensionnelle.

Dans le premier cas, il faudra, évidemment, que la poussée tende à faire descendre l'aéronat, et dans le second cas, au contraire, la poussée devra provoquer son ascension pour contrebalancer la diminution de force ascensionnelle. On pourra, de la sorte, obtenir la stabilité d'altitude.

Si le gouvernail est placé sur la ligne verticale passant par le centre de gravité, les couples de déviation dont nous avons parlé précédemment sont annulés, puisque le bras de levier est réduit à zéro.

L'aéronat ne s'incline donc pas; il se maintient toujours, malgré l'action de l'air sur le gouvernail incliné, dans sa position horizontale et il conserve sa stabilité d'altitude, déplacé parallèlement à lui-même par la poussée de l'air soit vers le haut, soit vers le bas, suivant la position du gouvernail, à mesure que sa force ascensionnelle diminue ou augmente.

Les gouvernails de profondeur ou stabilisateurs ne sont pas toujours constitués par une simple surface. Ils comportent parfois plusieurs plans ne formant qu'un seul organe. Une série de traverses et de croisil-

lons rendent ces divers plans solidaires.

Sur le châssis ainsi constitué est tendue de l'étoffe qui forme la surface active du gouvernail.

La figure 244 représente un stabilisateur de ce type installé sur l'aérostat dirigeable *Ville de Paris*.

Stabilité longitudinale  
Tangage

La stabilité longitudinale d'un aérostat est assurée lorsque, pendant son déplacement, il conserve sa position horizontale. Lorsque l'aérostat s'écarte de cette position, il doit pouvoir y revenir, mais il effectue, pour cela, un certain nombre d'oscillations, comme un bateau subissant un effet de tangage. C'est par analogie qu'on a appelé tangage le défaut de stabilité d'un aérostat dirigeable dans le sens longitudinal; il se traduit par des oscillations se produisant dans un plan vertical. Pendant ces oscillations, l'extré-

mité avant de l'aéronat s'élève et s'abaisse successivement, comme l'avant d'un bateau sous l'action des vagues.

Nous avons, dans l'examen de la stabilité statique d'un aérostat, indiqué que le centre de poussée P (Fig. 247) et le centre de gravité C doivent se trouver sur une même ligne verticale, pour que l'aérostat se maintienne dans une position horizontale. Nous savons aussi que le centre de poussée P est le point d'application de la force ascensionnelle qui agit sur l'aérostat verticalement de bas en haut et que le centre de gravité est le point d'application du poids total enlevé. C'est la pesanteur qui agit verticalement du haut vers le bas.

Si une rupture d'équilibre se produit par

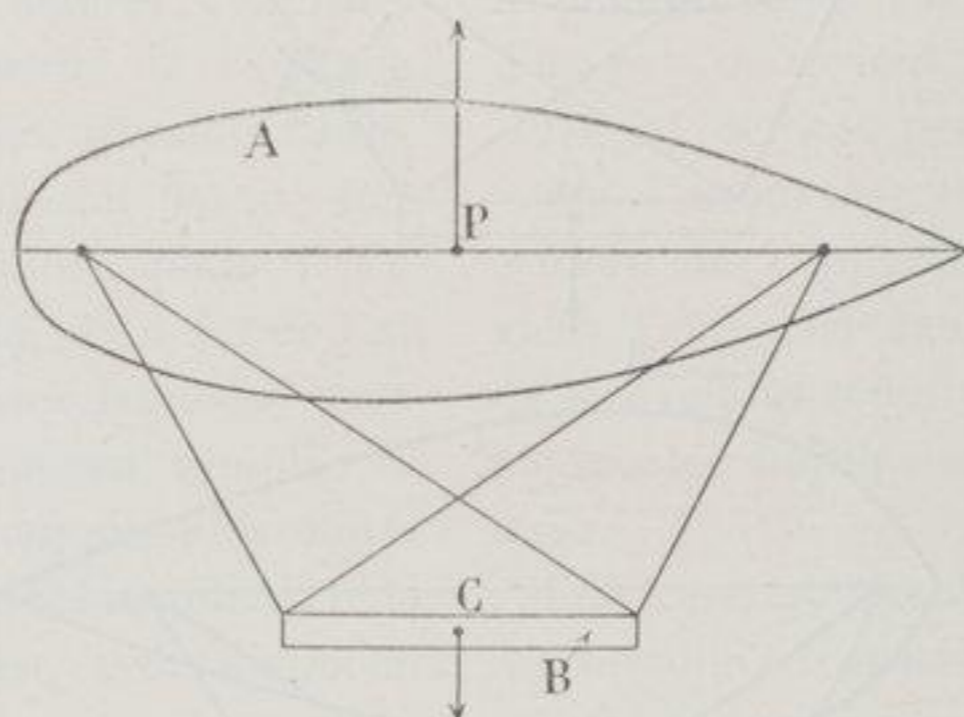


Fig. 247. — Conditions de stabilité longitudinale d'un aérostat.

suite du déplacement momentané d'un organe ou d'un des aéronautes ou, même, par suite d'un changement de vitesse, l'aéronat s'incline; mais il faut que des dispositions soient prises pour qu'il puisse revenir automatiquement à sa position horizontale.

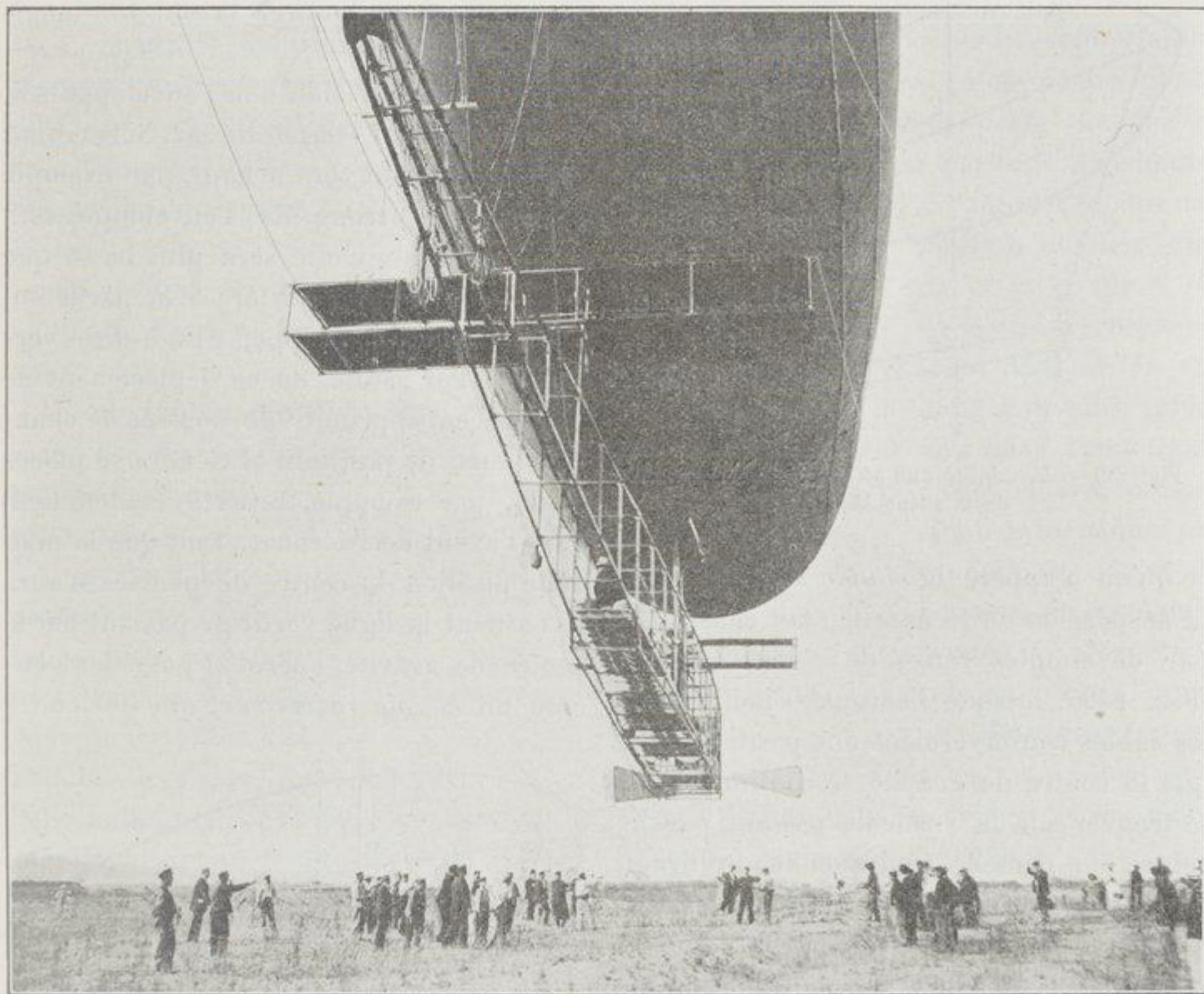
Une des conditions essentielles à remplir pour cela, consiste à rendre la suspension de la nacelle indéformable. La liaison s'ef-

fectue, nous l'avons vu, au moyen du dispositif triangulaire. Dans ce cas, lorsque l'aéronat s'incline et prend, par exemple, la position représentée par la figure 250, l'ensemble étant indéformable, le centre de poussée P et le centre de gravité G resteront à leur position respective par rapport à l'appareil, mais celui-ci étant incliné, la verticale passant par le point P ne sera pas la même

que celle qui passe par le point G. L'aéronat sera ainsi, dans sa position oblique, soumis à deux efforts : l'un appliqué en P et dirigé vers le haut, l'autre appliqué en G et dirigé vers le bas. Les points d'application étant séparés par une certaine distance, cette longueur formera le bras de levier d'un *couple de déviation* qui, du fait de la direction des deux efforts, tendra à

ramener l'aéronat dans sa position d'équilibre, pour laquelle la même ligne verticale passera par les points P et G. Cette position d'équilibre correspond, nous l'avons dit, à la position horizontale de l'aéronat.

Si l'aéronat était incliné en sens inverse, c'est-à-dire l'avant dirigé vers le bas, le centre de poussée P se trouverait à une certaine distance du centre de gravité et sur sa gauche, et le *couple de déviation* ten-



Phot. Naiffaie.

Fig. 248. — Vue en dessous de la *Ville de Paris*, montrant la nacelle et les plans stabilisateurs.

drait également à ramener l'aéronat dans la position horizontale.

En résumé donc, lorsque la suspension de la nacelle est indéformable, il se produit, dans le cas d'inclinaison de l'aérostat, un couple de déviation qui tend à le redresser et à le remettre horizontal. C'est

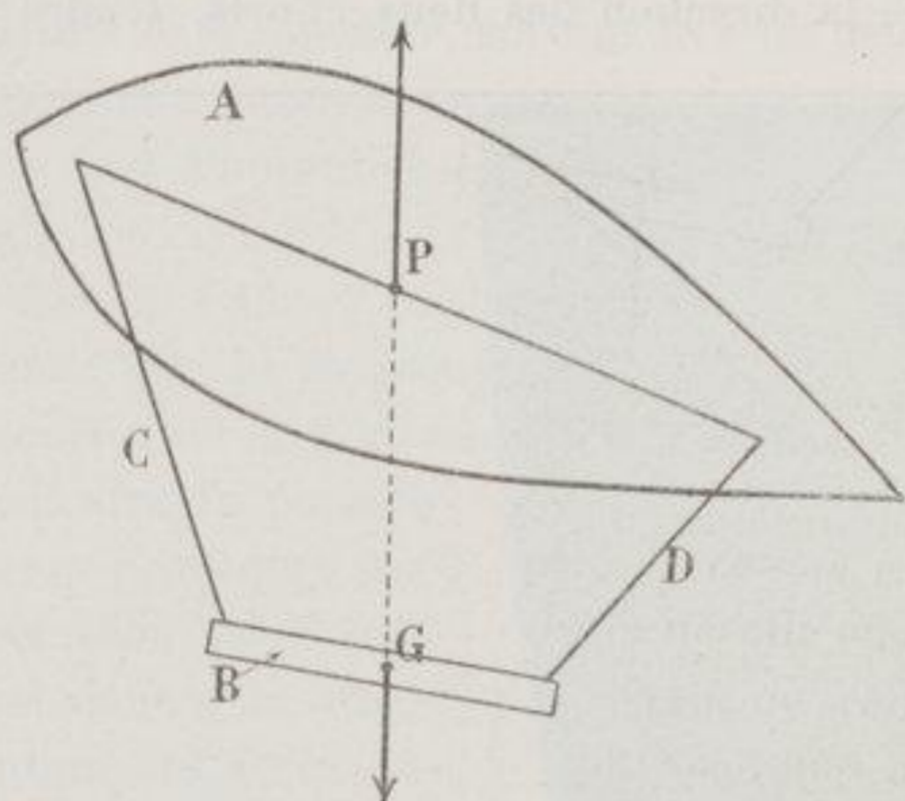


Fig. 249 — Instabilité due au défaut de rigidité de la suspension.

ce qu'on a appelé le *couple redresseur*. Si la suspension de la nacelle était constituée par de simples séries de câbles C et D (Fig. 249), lorsque l'aéronat s'inclinerait, les câbles conserveraient une position telle que le centre de gravité G continuerait à se trouver sur la verticale passant par le centre de poussée, puisque aucun tirant transversal n'obligerait la nacelle à suivre les mouvements de l'enveloppe.

Si donc, pour une raison quelconque, l'aéronat prenait une position oblique, il ne se produirait, dans ce cas, aucun couple redresseur tendant à le ramener dans sa position horizontale. L'aéronat continuerait donc à rester incliné et ne pourrait se redresser automatiquement.

On voit le danger d'une telle position qui aboutirait, du fait de la résistance de l'air et de diverses autres causes que nous allons examiner, à rapprocher l'axe de l'aéronat de la verticale, ce qui détermine une tension inégale sur les câbles de sus-

pende et peut produire leur rupture les uns après les autres.

Il est donc indispensable d'assurer la rigidité de la suspension.

Il convient également d'assurer la permanence de la forme de l'enveloppe. Cette condition nécessaire pour assurer la stabilité d'altitude, ainsi que nous l'avons vu, l'est également pour empêcher le *tangage*, c'est-à-dire pour assurer la stabilité longitudinale.

Supposons, en effet, que l'enveloppe soit incomplètement remplie de gaz. Si l'aéronat s'incline l'avant vers le haut, par exemple (Fig. 250), l'arrière de l'enveloppe sera flasque parce qu'elle sera plus basse que l'avant et le gaz se portera à la partie supérieure de l'enveloppe, c'est-à-dire vers l'avant. Par suite de ce déplacement de gaz, le centre primitif de poussée P changera aussi de position, et viendra se placer en P', par exemple, reporté évidemment vers l'avant de l'aéronat. Tant que la nouvelle position du centre de poussée n'aura pas atteint la ligne verticale passant par le centre de gravité, l'aéronat possédera encore un *couple redresseur*, qui deviendra

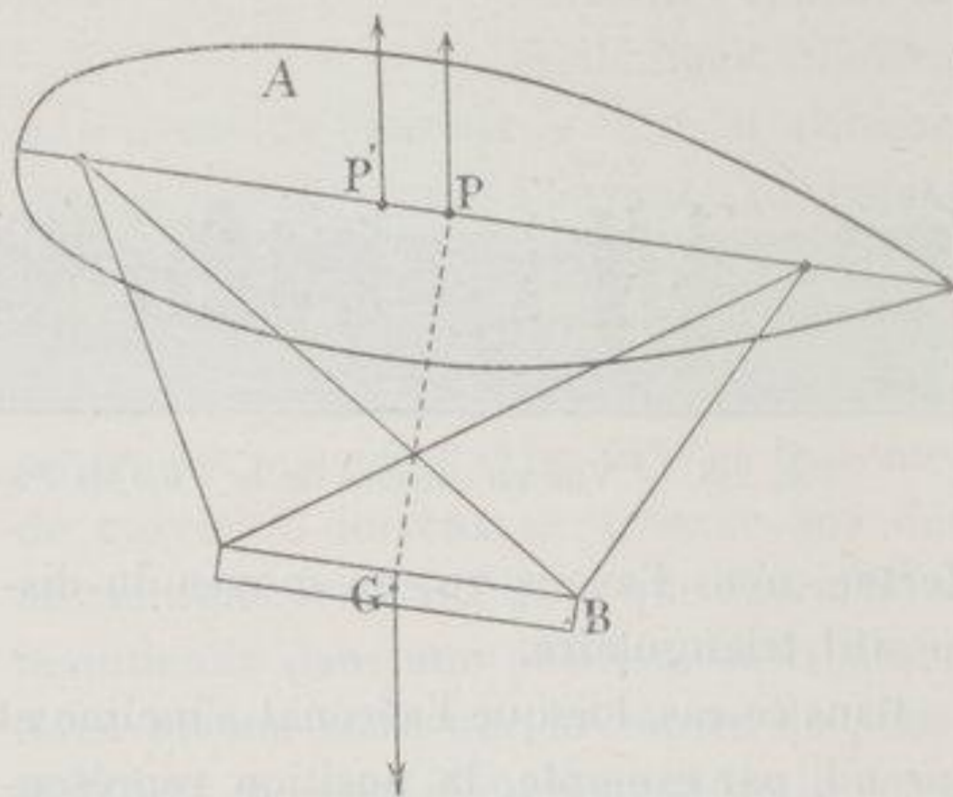


Fig. 250. — Couple redresseur et instabilité due au dégonflement de l'enveloppe.

de plus en plus faible, à mesure que le point P' se déplacera vers l'avant.

Lorsque l'enveloppe sera suffisamment dégonflée pour que, pour une certaine in-