

Quelques grands principes de la construction pharaonique à la lumière de l'étude des échafaudages antiques égyptiens

Jean-Claude Golvin

Citer ce document / Cite this document :

Golvin Jean-Claude. Quelques grands principes de la construction pharaonique à la lumière de l'étude des échafaudages antiques égyptiens. In: Bulletin de la Société Nationale des Antiquaires de France, 1991, 1993. pp. 116-135;

doi : <https://doi.org/10.3406/bsnaf.1993.9639>

https://www.persee.fr/doc/bsnaf_0081-1181_1993_num_1991_1_9639

Fichier pdf généré le 22/04/2018

Séance du 27 mars

Jean-Claude GOLVIN, a. c. n., présente une communication sur : *Quelques grands principes de la construction pharaonique à la lumière de l'étude des échafaudages antiques égyptiens.*

Les études d'ensemble relatives à l'histoire des techniques de construction dans l'Égypte ancienne ¹ méritent d'être enrichies sans cesse par de nouveaux développements. Les recherches récentes que nous avons consacrées à l'échafaudage antique, en s'inscrivant dans cette perspective, devraient contribuer à mieux faire connaître l'intérêt des principes fondamentaux de la construction pharaonique.

I — RAPPEL DU MODE DE DÉPLACEMENT DES LOURDES CHARGES.

1 — *Glissières et traîneaux.*

Nous sommes bien renseignés sur les moyens employés naguère pour assurer le déplacement des gros blocs de pierre, statues colossales ou obélisques ². Sur les parois de certains mastabas de l'Ancien-Empire (2635-2135 avant J.-C.) comme celui de Ti à Saqqarah, sont figurées plusieurs scènes de déplacement de statues ³. La tombe de Djehoutihotep à El-Bercheh, qui date du Moyen-Empire (1991-1650 avant J.-C.), possède la plus spectaculaire de ces scènes ⁴

1. Cf. S. Clarke et R. Engelbach, *Ancient Egyptian masonry*, Oxford, 1930 ; réédité sous le titre de *Ancient Egyptian construction and architecture*, New York, 1990 ; A. J. Spencer, *Brick Architecture in Ancient Egypt*, Warminster, 1979 ; J.-C. Golvin et J.-C. Goyon, *Les bâtisseurs de Karnak*, Paris, 1987 ; D. Arnold, *Building in Egypt, Pharaonic stone masonry*, Oxford, 1991. En ce qui concerne le maniement des obélisques à l'époque romaine, cf. M. Azim et J.-C. Golvin, *Étude de l'abatage de l'obélisque ouest du VII^e pylône de Karnak*, dans *Karnak VII*, Paris, 1982, p. 167-208.

2. Cf. F. M. Barber, *Mechanical Triumphs of the ancient Egyptians*, Londres, 1900, p. 35-40 ; Clarke et Engelbach, *op. cit.*, p. 84-95 ; H. Chevrier, *Technique de la construction dans l'Égypte ancienne*, dans *Revue d'égyptologie*, 22, Paris, 1970, p. 17-39.

3. Chevrier, *op. cit.*, fig. 3 ; F. Daumas, dans *Mémoires de l'Institut français d'archéologie orientale*, 1965, pl. II-IV. Quatre scènes du mastaba de Ti représentent le déplacement de statues sur des traîneaux de bois. Des manœuvres tirent sur des cordes pour les faire avancer tandis que de l'eau est soigneusement versée juste devant les patins.

4. Déplacement d'un grand colosse assis figuré dans la tombe de Djehoutihotep à El-Bercheh : P. Newberry, *El Bersheh*, I, pl. 15 ; Chevrier (*op. cit.*, p. 22-23) en

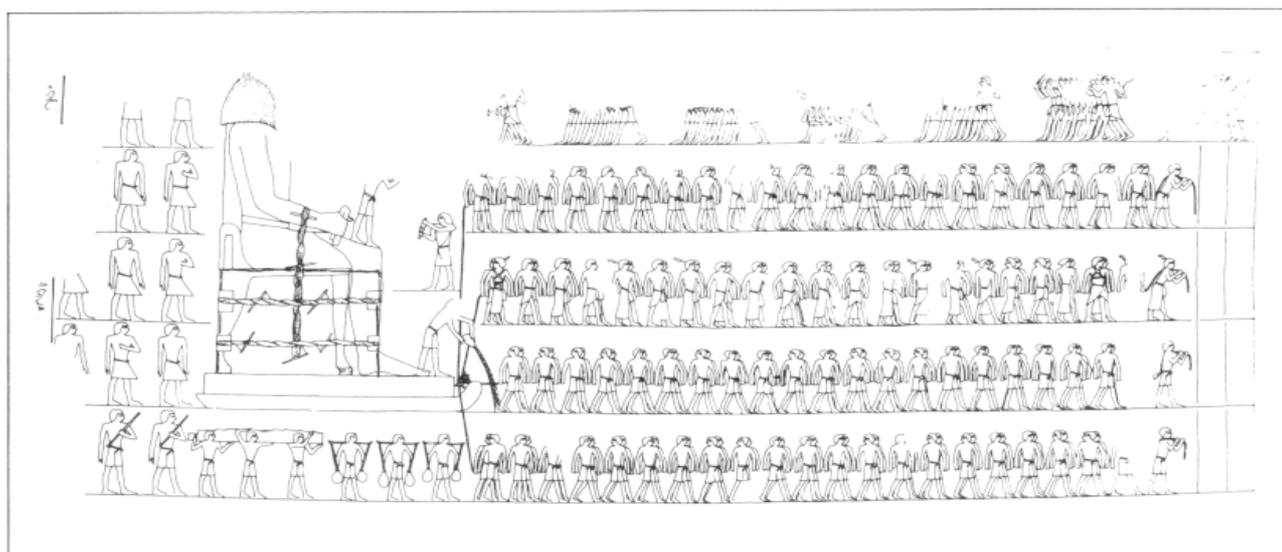


FIG. 1. — DÉPLACEMENT D'UN COLOSSE,
TOMBE DE DJEHOUTIHOTEP À EL-BERCHEH

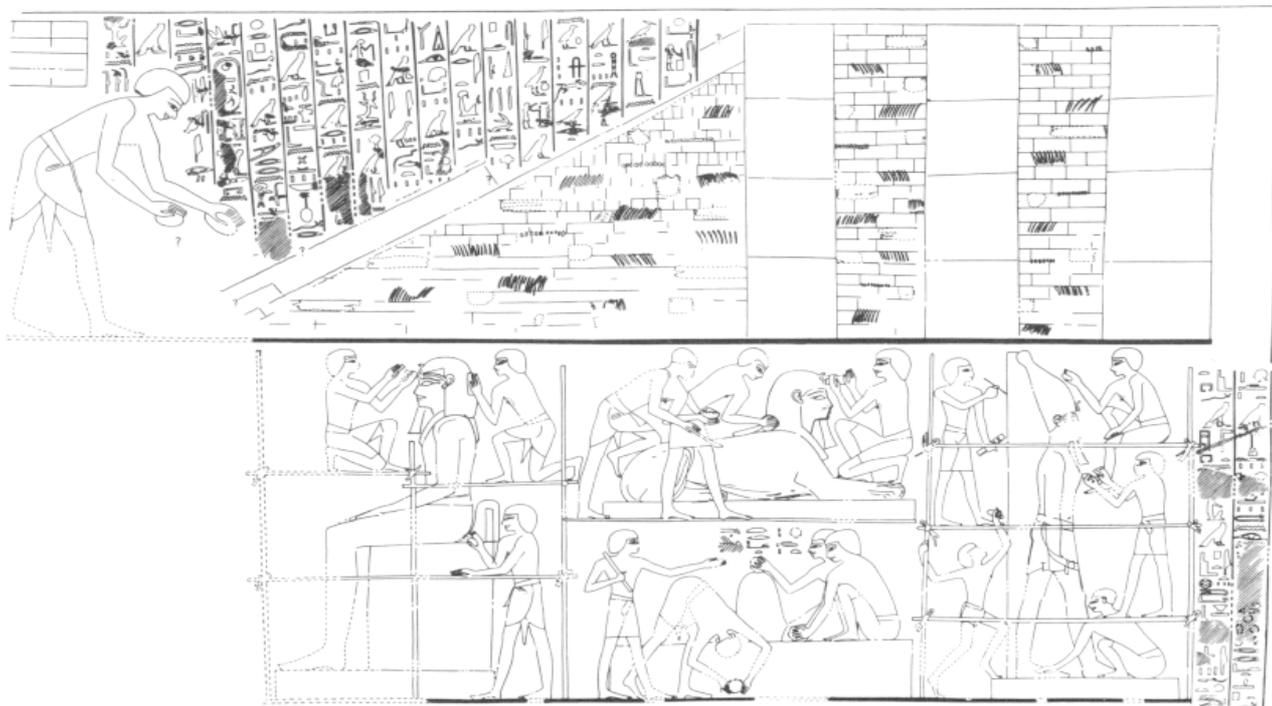


FIG. 2. — PEINTURE MURALE DE LA TOMBE DE REKHMIRÊ
(XVIII^e DYNASTIE) À THÈBES

Au registre inférieur, on voit des ouvriers montés sur des échafaudages légers qui procèdent à la finition de statues colossales

(fig. 1) et l'on pourrait citer encore de nombreuses tombes thébaines du Nouvel-Empire (1554-1080 avant J.-C.), comme celle de Rekhmirê⁵ (fig. 2). Tous les exemples connus permettent de constater qu'en Égypte n'était employé aucun engin tel que grue, chèvre, cabestan ou poulie. La solution adoptée en tout lieu, du temps des pyramides (dès 2600 avant J.-C.) jusqu'à l'époque romaine incluse (III^e siècle après J.-C.), consistait à faire glisser les charges sur le sol.

Il fallait donc que l'intérêt de la tradition locale égyptienne fut évident pour qu'elle ait toujours été maintenue, même à l'époque romaine, alors que de puissants moyens de levage étaient connus par ailleurs⁶.

La pérennité de cet usage nous semble liée à l'avantage majeur qu'offrait la technique pharaonique. La masse déplacée (de 2 à 3 tonnes pour un bloc ordinaire à plus de 500 tonnes pour un grand obélisque) restait, en effet, toujours en appui au sol. Elle était donc soutenue solidement et en permanence, ce qui permettait de la faire avancer sans risque d'accident pendant toute la durée du parcours. Il est évident aussi qu'aucun autre procédé que le glissement n'était envisageable dans l'Antiquité. Une puissante grue de chantier, même de nos jours, ne pourrait soulever un grand obélisque.

Les bas-reliefs de Deir-el-Bahari (1490-1470 avant J.-C.)⁷ montrent des obélisques placés sur de longs traîneaux de bois aux patins recourbés vers l'avant. Plusieurs exemplaires de traîneaux plus petits ont été retrouvés et leurs caractéristiques sont parfaitement connues. Celui de Dachour, conservé au Musée du Caire, a 4,20 m de longueur, 1 m de largeur et comprend quatre traverses⁸.

Les représentations que nous avons citées montrent également des porteurs d'eau déversant des jarres devant les patins afin de

donne une reproduction ainsi que celle de la maquette de restitution en volume réalisée par Engelbach en 1933.

5. P. Newberry, *The life of Rekmara*, Londres, 1900, pl. XX; N. De Garries Davies, *The tomb of Rekhmirê at Thebes*, t. II, New York, 1943, pl. IX; Clarke et Engelbach, *op. cit.*, p. 92, fig. 86.

6. J.-C. Golvin et J.-C. Larronde, *Étude des procédés de construction dans l'Égypte ancienne*, I, *l'édification des murs de grés en grand appareil à l'époque romaine*, dans *Annales du Service des antiquités de l'Égypte*, LXVIII, 1982, p. 165-190.

7. E. Naville, *The temple of Deir-el-Bahari*, VI, pl. 154; Chevrier, *op. cit.*, p. 30, fig. 7.

8. On cite le plus souvent celui de Dachour conservé au Musée du Caire. Il mesure 4,20 m de long, 1 m de largeur et comprend quatre traverses. Il servit au déplacement d'une barque (J. De Morgan, *Fouilles à Dachour*, mars-juin 1894, p. 83, fig. 204; Clarke et Engelbach, p. 89, fig. 85). Il faut ici rappeler aussi l'existence d'un autre exemple, plus petit, qui provient de Lisht et est exposé au Metropolitan Museum de New York. Il mesure 2 m de longueur, 1 m de largeur et ne comprend que deux traverses.

rendre le sol glissant. Les simulations faites à Karnak par H. Chevrier ont démontré que le coefficient de frottement du limon du Nil, cette boue extrêmement fine et glissante lorsqu'elle est mouillée, était pratiquement nul⁹. On devine aussi que la manière d'arroser le sol permettait de limiter et d'orienter à volonté le mouvement car les patins ne pouvaient glisser que sur la zone humidifiée et freinaient dès qu'ils étaient à sec. On pouvait donc assurer le déplacement de la charge en conservant toujours la maîtrise du mouvement.

Il est probable que cette façon de procéder facilitait, en outre, la réalisation des virages. En arrosant la glissière sous les patins de manière différente d'un côté et de l'autre du traîneau on pouvait contribuer à le faire bifurquer, de la même manière qu'un char de combat moderne se dirige en jouant sur le blocage de ses chenilles.

Il ne fait aucun doute que la glissière était constituée de limon. Non seulement les représentations connues ne figurent aucun système de déplacement sur des rouleaux de bois comme ceci est pratiqué de nos jours en Europe, mais, en outre, les fouilles de Mirgissa ont montré que la boue était bien le matériau utilisé¹⁰. D'autres structures datant du Moyen-Empire ont été observées à Lisht (1897-1878 avant J.-C.) et à Illahoun (1878-1842 avant J.-C.)¹¹ : elles montrent que les glissières pouvaient être renforcées par des traverses de bois noyées dans la masse.

2 — *La force de traction.*

Les documents nous indiquent que la force de traction était imprimée par des hommes tirant sur des cordes fixées à l'avant du traîneau. On utilisa parfois des attelages de bœufs pour acheminer les blocs depuis les carrières mais ceci n'est attesté que par un seul exemple¹².

9. Chevrier, *op. cit.*, p. 20-21.

10. Chevrier, *op. cit.*, p. 25, pl. 2, publie une photographie de la glissière de limon dégagée à Mirgissa par J. Vercoutter. Celle-ci servait à faire glisser des bateaux et à leur permettre de franchir la troisième cataracte du Nil.

11. Des traverses de bois renforçaient la glissière retrouvée à la pyramide de Sesostri II à Illahoun : F. Petrie, *Lahun, Pyramid, British school of Archeology in Egypt, Lahun II*, Londres, 1923, p. 12, pl. XIII et XV. Une rampe renforcée de traverses de bois fut aussi découverte sur le côté ouest de la pyramide de Sesostri I à Lisht. Des éléments de « rockers » engins à patins courbes et crantés exposés aujourd'hui au Metropolitan Museum, y étaient noyés. Les vestiges d'une rampe ont subsisté également sur le côté sud de la chaussée de la pyramide de Snéfrou à Meïdoum : R. Stadelmann, *Die Ägyptischen Pyramiden*, Mayence, 1985, p. 82, fig. 20 ; D. Arnold, *op. cit.*, p. 57-101.

12. G. Daressy, *Inscriptions des carrières de Tourah et Mâsarrah*, dans *Annales du Service des antiquités de l'Égypte*, XI, 1910, p. 263, reproduit le bas-relief de la stèle d'Amosis figurant le transport d'un gros bloc sur un traîneau tiré par un attelage de six bœufs.

Sur le chantier, où les manœuvres revêtaient un caractère plus délicat et sans doute, aussi, pour des raisons d'encombrement, nous constatons que l'on utilisait plutôt et peut-être exclusivement la force humaine. La tombe de Djehoutihotep fournit l'exemple le plus saisissant de ce type d'attelage (fig. 1). Plusieurs files d'ouvriers tirant chacune sur un cordage avançaient en parallèle sous les ordres d'un chef qui coordonnait les mouvements. Ce dernier veillait au réglage de tous les aspects de l'opération : cadence de progression, arrosage des patins, emploi éventuel de leviers pour décoincer la charge ou parfaire un virage.

3 — Rampes.

La glissière pouvait être disposée sur une pente, soit naturelle et sommairement aménagée (comme dans les carrières, afin d'assurer la descente des blocs vers le Nil) ou réalisée sur une longue distance (pour faire franchir une cataracte à des bateaux). Le cas le plus courant se rencontrait sur les chantiers où il fallait faire monter les blocs, assise par assise, jusqu'à leur emplacement définitif au moyen de rampes artificielles réalisées en terre et en briques crues. La tombe de Rekhmirê¹³ offre une intéressante représentation de ce dispositif (fig. 2).

On sait par d'autres sources que tel était le principe couramment utilisé, puisque le papyrus Anastasi I y fait référence à propos de l'instruction d'un élève scribe¹⁴. L'ensemble des vestiges de briques crues subsistant au nord du premier pylône du grand temple d'Amon-Rê à Karnak fournit, en outre, la confirmation archéologique de l'emploi de cette technique¹⁵ (fig. 3 et 4).

13. Newberry, *op. cit.*, pl. XX. Sur cette représentation figurée sur une tombe de l'époque d'Amenophis II, la pente de la rampe est très raide. Certes, on peut penser qu'il n'aurait guère été facile à l'artiste de la figurer en entier telle qu'elle était en réalité, compte-tenu de sa grande longueur mais, ici, il en a simplement donné une vue synthétique en accentuant fortement ses caractéristiques selon les conventions habituelles du dessin égyptien. Ainsi tous les détails techniques ont été figurés avec précision alors que la pente elle-même a été volontairement exagérée. On distingue très bien les briques, de couleur foncée et de petites dimensions, qui constituent la rampe, des assises de pierre blanche de l'édifice en cours de construction. La structure de la rampe a été renforcée par des touffes d'alfa que l'on voit ici nettement dessinées. Elles devaient être comparables à celles que l'on peut encore voir aujourd'hui dans l'enceinte du grand temple d'Amon-rê à Karnak (J.-C. Golvin, O. Jaubert et El-Sayed Hegazy, *Essai d'explication des murs « à assises courbes » à propos de l'étude de l'enceinte du grand temple d'Amon-Rê à Karnak*, dans *C. R. A. I.*, novembre-décembre 1990, p. 905-946).

14. A. Gardiner, *Egyptian hieratic texts, Literary texts of the New Kingdom, I, Papyrus Anastasi I*, Leipzig, 1911, p. 16-17, p. 31-34 (réimp. Hildesheim, 1964); document datable de la fin de la XIX^e dynastie.

15. La pente de cette rampe, encore bien conservée sur une quinzaine de mètres

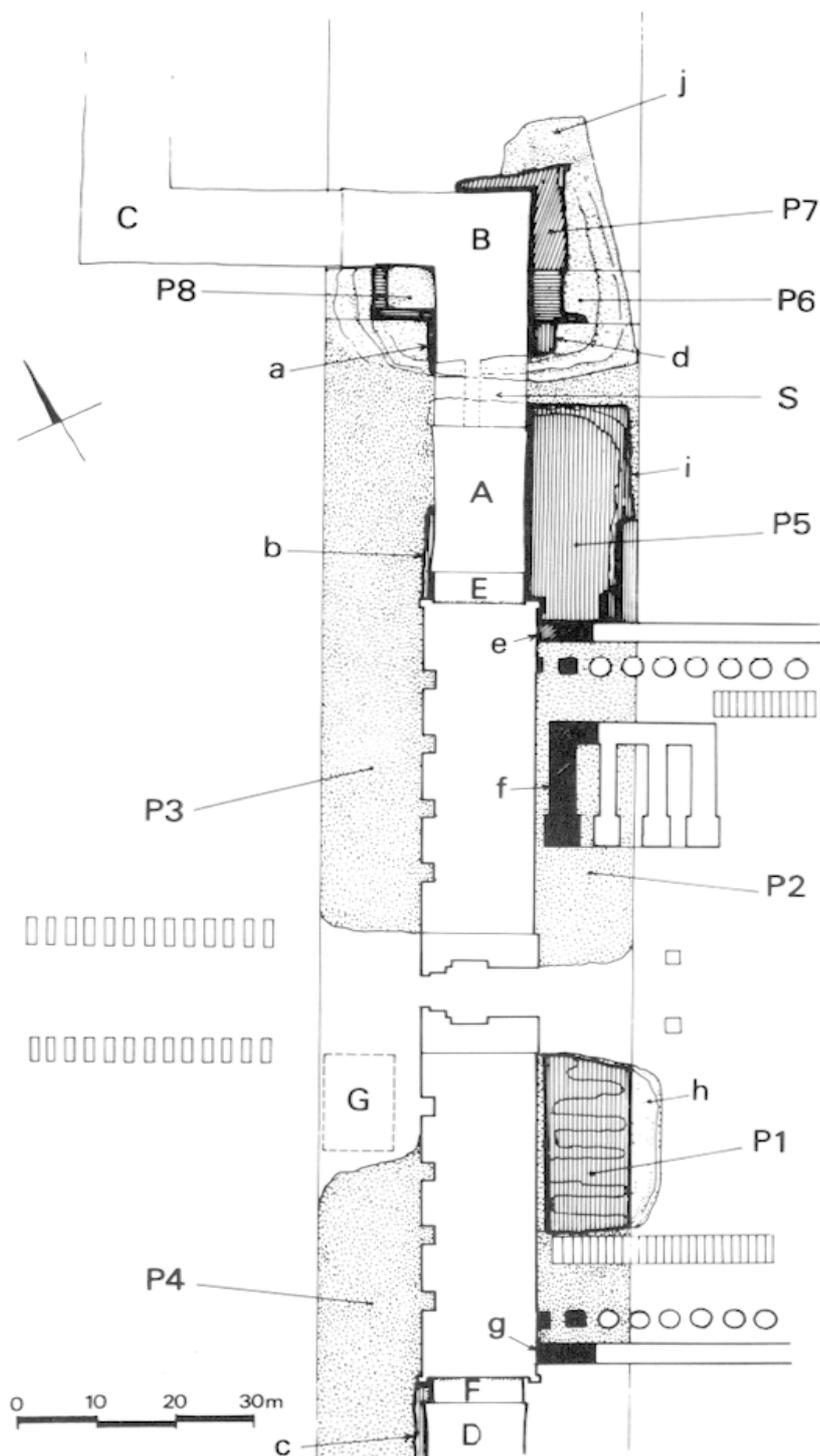


FIG. 3. — PLAN DES VESTIGES DE L'ÉCHAFAUDAGE
DU 1^{er} PYLÔNE DE KARNAK,
DATÉ DU RÈGNE DE NECTANEBO I^{er} :

Vestiges visibles au début du siècle (P2, P3, P4); vestiges conservés (P4, P5); en h et j, tas de terre sur lesquels l'échafaudage est fondé; P6, massif de raccordement au-delà duquel s'amorce la rampe (P7) qui bifurquait en direction du Nil (vers l'ouest) autour de l'angle B.



FIG. 4. — EN ARRIÈRE DES BANQUETTES DU MUSÉE DE PLEIN-AIR DE KARNAK QUE L'ON VOIT AU PREMIER PLAN, SE TROUVENT LES VESTIGES DE LA GRANDE RAMPE DE BRIQUES CRUES QUI CORRESPONDAIT À L'ÉCHAFAU-DAGE, VISIBLE SUR LA GAUCHE

Rien n'indique que la pente de la rampe utilisée pour faire monter les traîneaux ait été constante d'un édifice à l'autre. On constate qu'elle était très faible à Karnak (4 grades), ce qui indique que les égyptiens devaient préférer augmenter la longueur des rampes plutôt que leur inclinaison. Construire un grand volume de rampe devait donc leur poser moins de problèmes techniques que de tirer des traîneaux sur une pente accentuée. Il est probable que l'inclinaison des rampes ne dut jamais être très importante, même pour celles qui furent éventuellement plus raides que celle de Karnak.

On dut déterminer tout d'abord de manière empirique le nombre d'ouvriers à utiliser pour tirer une charge sur une pente donnée, et disposer ainsi par la suite d'un moyen de calculer l'importance de la main d'œuvre nécessaire. La longue pratique de tels travaux permettait de concevoir de telles opérations avec une parfaite précision. Les renseignements fournis par le papyrus Anastasi I montrent en effet que rien n'était laissé au hasard et que les scribes apprenaient à

de longueur au nord du premier pylône de Karnak, nous est donnée par l'inclinaison des assises de brique crues dont elle était constituée. Celle-ci est de l'ordre de 4 grades. La rampe aurait donc atteint plus de 400 mètres de longueur pour arriver jusqu'à 34 mètres d'altitude, hauteur probable de la dernière assise de ce pylône.

calculer les quantités de matériau à employer pour construire de telles rampes. Ils savaient aussi estimer l'importance des forces à mettre en jeu pour réaliser telle ou telle opération de construction ¹⁶.

4 — *Le franchissement des longues distances.*

Aucune route véritable n'existait en Égypte ¹⁷, pays recouvert par la crue du Nil chaque année ¹⁸. Ce phénomène naturel était mis à profit pour amener les lourdes charges par bateau au plus près de leur lieu d'utilisation. Tout déplacement sur une longue distance se faisait par voie fluviale et, si l'on pouvait en douter, une preuve incontestable de cette pratique nous serait donnée par plusieurs bas-reliefs antiques. On constate, sur les parois de Deir-el-Bahari, par exemple, que les éléments lourds étaient embarqués avec leur traîneau ¹⁹ et qu'ils étaient prêts, par conséquent, à être déplacés à nouveau au sol aussitôt débarqués.

Les longues distances étaient donc franchies ainsi, par bateau, sans difficultés. Nous savons que les carrières de grès, fournissant les pierres qui constituaient l'essentiel des monuments de Karnak, se situaient au Gebel Silsileh à près de 200 kilomètres au sud de Thèbes. Le granit provenait d'Assouan et certaines pierres telles que la calcite ou la quartzite parvenaient de régions encore plus éloignées ²⁰.

II — LE CHANTIER PHARAONIQUE.

Bien que certains principes restent valables pour tout type de construction, les difficultés techniques n'étaient pas les mêmes si

16. Les questions abordées par le papyrus Anastasi I concernent la détermination par un élève scribe du nombre de briques qu'il faudra employer pour réaliser une rampe dont les dimensions sont précisées, le nombre d'hommes qu'il faudra affecter au transport d'un obélisque ou au vidage d'un magasin de sable en un temps donné.

17. Il n'existait dans le désert que des pistes, empruntées par les expéditions qui se rendaient aux carrières et aux mines.

18. Ch. Palanque, *Le Nil à l'époque pharaonique, son rôle et son culte en Égypte*, Paris, 1903; D. Bonneau, *La crue du Nil divinité Égyptienne*, Paris, 1964.

19. Le relief de Deir-el-Bahari précité (*supra*, note 8) montre le transport des obélisques de la reine Hatchepsout sur une grande barge : E. Naville, *op. cit.*, pl. CLIX en a proposé une reconstitution en perspective. On connaît aussi une des scènes gravées sur une paroi intérieure de la chaussée de la pyramide d'Ounas à Saqqarah, figurant le transport de grandes colonnes (G. Goyon, *Le secret des bâtisseurs des grandes pyramides*, Paris, 1977, p. 130; J.-C. Golvin et J.-C. Goyon, *Les bâtisseurs de Karnak*, *op. cit.*, p. 99).

20. Sur les carrières d'Égypte : R. et D. Klemm, *Steine der Pharaonen*, Munich, 1981. On consultera également S. Aufrère, *L'univers minéral dans la pensée égyptienne* (Institut français d'archéologie orientale, Bibliothèque d'études), t. I, Le Caire, 1991.

l'on utilisait comme élément de base un matériau aussi maniable et léger que la brique crue ou si l'on voulait bâtir à l'aide de gros blocs.

1 — *Les échafaudages massifs.*

Dans le cas d'un ouvrage en pierre, le problème consistait à juxtaposer sur une assise plusieurs blocs pesant de 2 à 5 tonnes en moyenne. Ces derniers arrivaient grossièrement équarris des carrières et on ne réalisait leur taille que sur le chantier. Il a été démontré que les anciens égyptiens procédaient pour cela par petites séries²¹ : ils ne préparaient à chaque fois que les quelques blocs destinés à s'assembler. La taille et le réglage final de l'assemblage étaient donc réalisés sur place, à proximité immédiate du lieu de pose. Cette méthode de travail imposait, à notre sens, une contrainte technique importante. En effet, la nécessité de juxtaposer une série de blocs sur une même assise impliquait de travailler à l'horizontale.

Nous savons que la pose consistait à faire glisser les nouveaux blocs latéralement, sur le lit d'attente de l'édifice en cours de construction²². Cet impératif a déterminé les caractéristiques essentielles du sommet des échafaudages antiques : une surface horizontale et assez large pour permettre d'effectuer sans gêne et sans danger tous les mouvements nécessaires.

Le poids considérable de certains blocs (plusieurs centaines de tonnes pour les pierres couvrant les chambres des pyramides ou les gros linteaux des portes des pylônes) imposait au plan de travail une solidité à toute épreuve. Telle était bien, en effet, l'une des qualités essentielles du dispositif que les anciens égyptiens adoptèrent et que nous désignerons sous le nom « d'échafaudage lourd ».

Il s'agissait d'un type de structure très massive, pleine, incompressible, faite de tas de terre à sa partie inférieure puis de briques crues. La représentation d'un édifice en cours de construction peinte dans la tombe de Rekhmirê à Thèbes montre que les assises de briques crues de l'échafaudage lourd et son sommet étaient horizontaux (fig. 2). Les vestiges des échafaudages connus le confirment, qu'il s'agisse de celui de la petite pyramide de Khentkawes à Gizeh (V^e dynastie, 2480-2320 avant J.-C.) ou de celui de Karnak (daté de Nectanebo I, 380-362 avant J.-C.)²³ (fig. 3 et 4). Les

21. Clarke et Engelbach, *op. cit.*, p. 101-105.

22. Clarke et Engelbach, *id.*, p. 78-83 ; Golvin et Larronde, *op. cit.*, p. 174-185.

23. Les vestiges de l'échafaudage de la pyramide de Khentkawes ont été évoqués par G. Goyon, *op. cit.*, p. 68-69. Ceux de l'échafaudage de Karnak, par L. Borchardt, *Baugeschichte des Amonstempels von Karnak, Untersuchungen zur Geschichte und Altertumskunde ägyptens*, V, 1, p. 36, fig. 21 ; G. Legrain, *Les temples de Karnak*, Bruxelles,

observations archéologiques corroborent les renseignements fournis par les représentations antiques.

La variété des époques concernées par ces exemples ²⁴, montre que l'utilisation des échafaudages lourds fut systématique tout au long de la période pharaonique. Seul ce moyen permit de construire en pierre de taille sur une grande hauteur.

Compte-tenu de l'importance de ce procédé, il convient d'énoncer de façon concise les caractéristiques essentielles des échanges lourds.

2 — *L'horizontalité des assises.*

La nécessité de pouvoir poser les blocs de proche en proche sur toute la longueur de l'assise a justifié, dans tous les cas, la parfaite horizontalité des lits de briques crues de l'échafaudage dans le sens longitudinal. Il est à noter cependant que les assises de l'échafaudage lourd de Karnak sont courbes dans le sens transversal et uniquement du côté du parement mais cette particularité n'est due qu'à l'application des principes constructifs nouveaux apparus en Égypte à l'extrême fin de l'époque pharaonique ²⁵.

Les échafaudages lourds plus anciens, tel celui figuré sur la tombe de Rekhmirê, attestent, au contraire, d'une totale horizontalité des lits de brique crue. Il convient de souligner que celui de Karnak la conserve aussi dans le sens longitudinal, sens qui avait, justement, une importance essentielle pour permettre aux ouvriers de suivre la progression en longueur de l'assise de pierre en cours de pose.

Le sommet de l'échafaudage était donc, avant tout, un solide plan de travail.

3 — *Le travail « de niveau ».*

L'horizontalité de la partie supérieure de l'échafaudage était due, nous l'avons dit, à la nécessité, pour les égyptiens, de travailler « de niveau ». En effet, le sommet de l'échafaudage et le lit d'attente de l'assise à poser devaient se trouver à la même altitude pour que les

1929, p. 35-44; Clarke et Engelbach, *op. cit.*, fig. 87-88, 162 et 239; H. Chevrier, dans *Annales du Service des antiquités de l'Égypte*, XXXIX, 1938-39, p. 553-570, pl. 93, 94, 99 et 100; XLVII, 1946-47, p. 161-183; R.-A. Schwaller De Lubicz, *Les temples de Karnak*, et J. Lauffray, *Karnak d'Égypte, domaine du divin*, Paris, 1979, p. 99-100; Cl. Traunecker et J.-C. Golvin, *Karnak, résurrection d'un site*, Fribourg, 1984, p. 154, 155 et 158. J.-C. Golvin, *Les bâtisseurs de Karnak*, p. 99-107; J.-C. Golvin, *Les échafaudages égyptiens*, dans *l'Encyclopédie des métiers* (à paraître).

24. Ces techniques persistaient à l'époque romaine en Égypte (Golvin et Laronde, *op. cit.*, p. 167-190).

25. J.-C. Golvin et O. Jaubert, *op. cit.*, p. 926-927.

traîneaux arrivent bien en face du secteur à alimenter en matériaux. Il est évident que les ouvriers n'auraient pas pû, compte-tenu du procédé employé (le glissement des pierres sur le lit d'attente), poser de gros blocs très au-dessus ou très au-dessous du plan de travail déterminé par le sommet de l'échafaudage. Cette impossibilité absolue permet de réfuter certaines hypothèses relatives à la construction des pyramides ²⁶.

4 — *Le caractère enveloppant de l'échafaudage.*

L'échafaudage lourd de Karnak (fig. 3) entourait entièrement l'édifice en cours de construction. On sait ainsi que les égyptiens ne se contentaient pas d'un échafaudage installé d'un seul côté du monument, alors que ceci pourrait sembler suffisant à un ingénieur d'aujourd'hui. Il est donc indéniable qu'il y avait un intérêt déterminant à réaliser l'énorme structure de brique crue qui se situait de part et d'autre du monument, comme on l'a constaté au premier pylône de Karnak.

5 — *Le nécessaire contrôle de la position des blocs, les tranchées.*

L'échafaudage de Karnak et celui de la pyramide de Khentkawes à Gizeh, montrent que les échafaudages lourds ne s'adossaient pas directement à l'édifice en cours de construction. Il existait, en avant du parement de pierre, une tranchée d'environ 1 mètre de largeur ²⁷. On peut observer à Karnak que la limite de celle-ci était parfaitement verticale. Cette caractéristique semble pouvoir être expliquée par la fonction probable de cette tranchée.

Nous pouvons imaginer que le monument en chantier, inclus dans les volumineux massifs de l'échafaudage lourd, était presque entièrement masqué aux constructeurs. Ces derniers n'auraient donc pas pû vérifier la régularité de la pose des blocs si rien n'avait été prévu pour leur permettre d'effectuer les mesures de contrôle indispensables. Nous pensons qu'à cette fin, les égyptiens réservaient, à l'intérieur de la tranchée, des puits permettant de tendre des fils à plomb afin de s'assurer, sur plusieurs assises de hauteur, de

26. Il s'agit ici de l'hypothèse de rampe enveloppante telle que la propose G. Goyon, *op. cit.*, p. 83, fig. 24, 145, fig. 48, p. 177-178, fig. 61-62, et qui ne correspond pas aux règles que nous venons d'évoquer. Ici, le travail ne se ferait pas de niveau. En outre, rampe et échafaudages sont confondus, ce qui est contraire à ce que nous révèlent les vestiges et les représentations connus.

27. Telle est la largeur moyenne de la tranchée encore mesurable à Karnak. Une photographie de celle-ci a été publiée par J.-C. Golvin et J.-C. Goyon, *Les bâtisseurs de Karnak*, p. 107. Celle de la pyramide de Khentkawes mesurait 1,07 m, d'après G. Goyon, *op. cit.*, p. 69.

la parfaite régularité de la construction ²⁸. On constate à Karnak que cette tranchée fut entièrement remplie d'éclats de pierre, ce qui ne saurait nous surprendre puisque nous savons que la taille des blocs, effectuée au sommet du monument, produisait une quantité importante de déchets. Les ouvriers s'en débarrassaient donc fort utilement en achevant du même coup le remplissage de la tranchée après usage.

6 — *Séparation pratique de deux chantiers en fonction du type de matériau posé (pierre et brique).*

Le mode de construction que nous venons d'évoquer implique l'existence de deux types de chantiers complémentaires. Le premier concernait la pose des gros blocs de pierre et impliquait un certain nombre de corps de métiers (tailleurs de pierre, poseurs, maçons répandant les couches de plâtre liquide). Le second assurait la surélévation régulière des assises de briques crues de l'échafaudage et faisait appel à d'autres catégories d'ouvriers (manœuvres et maçons utilisant le mortier de terre). Or, compte-tenu du grand nombre d'hommes engagés sur des constructions aussi volumineuses que les pyramides ou les môles des grands pylônes ²⁹, nous pensons que ces deux types de chantiers (l'un concernant la pierre, l'autre la brique crue) devaient fonctionner de façon indépendante et simultanée. On ne pouvait certainement pas immobiliser un chantier (et débaucher des centaines d'ouvriers) pendant que l'autre travaillait. Au contraire, le chantier « pierre » et le chantier « brique » devaient, de toute évidence, fonctionner en permanence. On discerne alors quel avantage réel devait présenter le fait de disposer d'échafaudages de part et d'autre de la construction : c'est, pensons-nous, grâce à cela que l'on assurait la continuité des opérations.

En effet, tandis que les ouvriers du chantier « pierre » taillaient et posaient les gros blocs d'un côté de l'édifice, ceux du chantier « brique » pouvaient mener à bien, de l'autre côté, la surélévation des assises de l'échafaudage sur toute la hauteur de l'assise qui

28. Le fil à plomb, parfaitement connu et couramment utilisé par les égyptiens, semble être l'outil le plus approprié à cette fin (F. Petrie, *Tools and weapons, British School of Archeology in Egypt*, 1917, rééd. Londres, 1974, pl. XLVII).

29. Nous ne possédons aucune statistique précise à ce sujet, mais sommes mieux renseignés sur l'importance des équipes (une soixantaine d'ouvriers en moyenne) qui travaillaient dans la nécropole thébaine (D. Valbelle *Les ouvriers de la tombe, Deir-el-Medineh à l'époque ramesside*, Institut français d'archéologie orientale, *Bibliothèque d'Étude*, t. XCVI, Le Caire, 1985, p. 99-113). Pour la construction des grands temples plusieurs équipes devaient fonctionner simultanément. En ce qui concerne les pyramides, cf. G. Goyon, *op. cit.*, p. 87-198; J.-Ph. Lauer, *Le mystère des pyramides*, Paris, 1974, p. 261-295.

venait d'être posée (fig. 5 a et b). Elle entraînait donc aussi, en toute logique, un exhaussement équivalent de la rampe et par conséquent l'allongement de celle-ci.

Si, comme on le suppose pour les grandes pyramides, la rampe d'accès aux plans de travail était unique, celle-ci comprenait probablement deux parties distinctes de part et d'autre de son axe (fig. 5 a et b). Quand sur un côté montaient les gros blocs, sur l'autre on surélevait la rampe de briques d'une hauteur équivalant à celle d'une assise de pierre. La plupart du temps, les deux côtés d'une rampe unique ne se trouvaient donc pas au même niveau. Le chantier « brique », qui assurait l'exhaussement de l'échafaudage (et celui de sa rampe d'accès) était inévitablement plus haut (mais d'une assise tout au plus) que le chantier « pierre ». Tout ceci indique que la rampe d'accès devait avoir une largeur équivalente à deux fois, au moins, celle de l'échafaudage (fig. 5 a et b).

7 — *Échafaudage et rampe d'accès.*

La représentation d'un édifice en cours de construction, telle qu'elle nous est donnée dans la tombe de Rekhmirê (fig. 2), et les vestiges archéologiques conservés à Karnak montrent, avec une netteté particulière, que l'on ne saurait confondre échafaudage et rampe.

L'échafaudage lourd, installé tout autour du bâtiment, était toujours et par nécessité, horizontal : sa forme générale, vue en plan, épousait celle du contour du monument (fig. 3).

La rampe, en revanche, était un système d'accès nettement différencié. Sa partie supérieure, inclinée, permettait de relier le niveau du sol à celui de chaque assise. Pour ce faire, rien ne lui imposait cependant d'avoir, par rapport à l'échafaudage, une position constante d'un chantier à l'autre. Au contraire, la topographie des lieux jouait ici un rôle déterminant. La rampe était placée du côté dont l'utilisation était la plus commode, compte-tenu de la position des quais de débarquement et des obstacles naturels ou artificiels existant à proximité du chantier ³⁰.

C'est pour avoir confondu échafaudage et rampe en un seul système que l'on a parfois restitué par hypothèse des dispositifs constructifs qui se révéleraient techniquement inapplicables sur le terrain. Il est certain que l'on ne parviendrait pas à poser les blocs

30. Dans le cas des grandes pyramides, on avait à relier les quais au sommet du plateau de Gizeh. Il est probable que le soubassement de la chaussée de Khéops servit tout d'abord de rampe et, par conséquent, il est probable aussi que la grande rampe de construction liée à la pyramide ait été installée, elle aussi, du côté oriental de l'édifice.

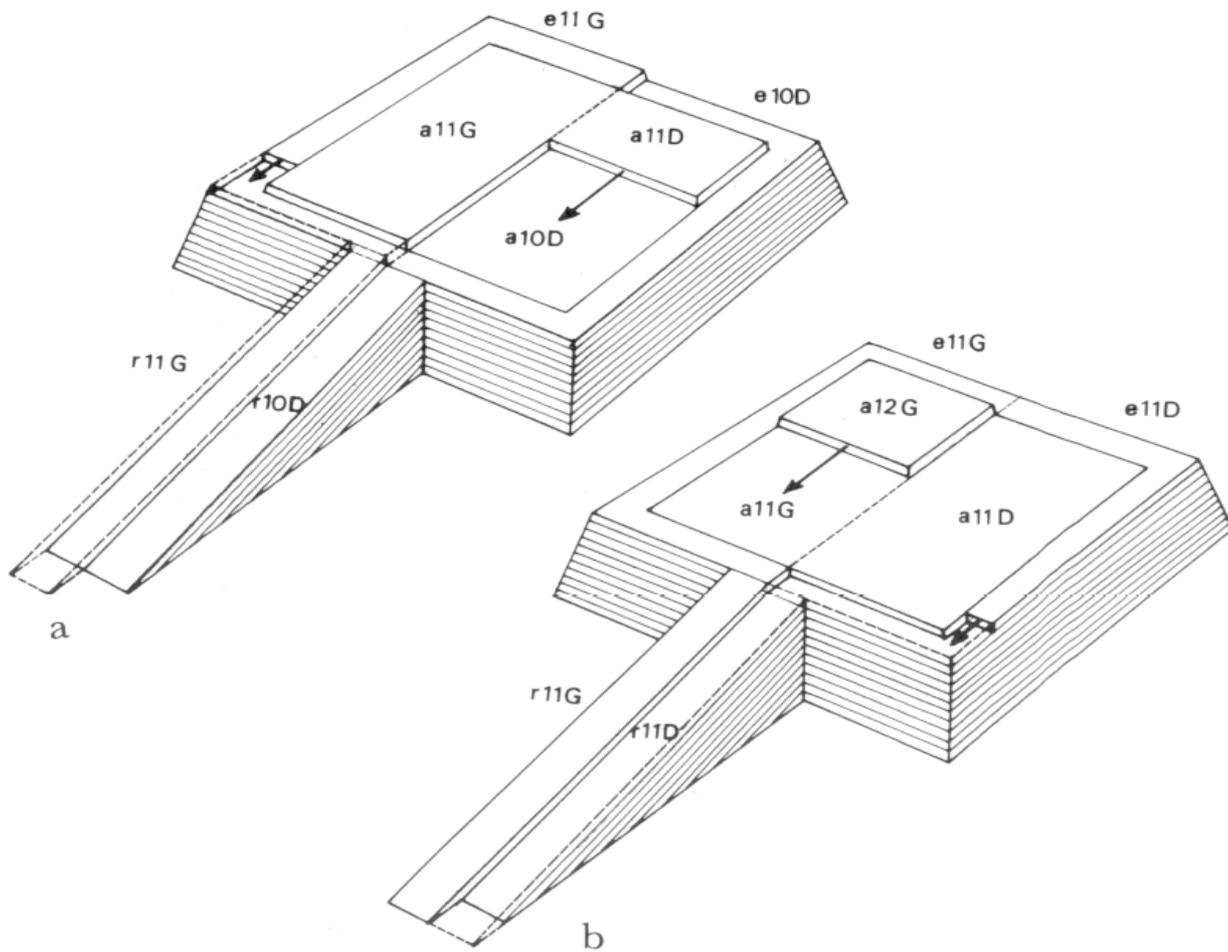


FIG. 5. — PRINCIPE D'ALTERNANCE
DU CHANTIER PIERRE ET DU CHANTIER TERRE
POUR LA CONSTRUCTION D'UN MONUMENT MASSIF

(a) assise; (e) échafaudage; (r) rampe; (D) droite; (G) gauche; 10, 11 ou 12 numéro d'ordre des assises.

5, a : premier temps : l'équipe du chantier « pierre » (à droite) poursuit la construction de l'assise n° 11, tandis que celle du chantier « brique » (à gauche) procède à la surélévation de l'échafaudage et de la rampe qu'elle va mener du haut de l'assise n° 10 au haut de l'assise n° 11.

5, b : deuxième temps : une fois achevée la pose de l'assise n° 11 (à droite), l'équipe du chantier « pierre » peut commencer à poser l'assise n° 12 en passant sur la partie gauche de l'édifice. Le chantier « brique » procède à la surélévation de l'échafaudage et de la rampe du haut de l'assise n° 11 au haut de l'assise n° 12.

d'une pyramide à l'aide d'une simple rampe en spirale et encore moins à assurer correctement par ce moyen la surélévation simultanée des rampes. Cette forme générale enveloppante et ascendante, séduisante a priori pour l'esprit moderne, est une simplification irréaliste du chantier pharaonique dont nous venons de préciser les caractéristiques essentielles.

Alternance des deux types de chantier.

Le problème constructif revenait toujours au même : permettre de poursuivre la pose des blocs sur une moitié de l'édifice alors qu'on assurait la surélévation de l'échafaudage (ainsi que de la rampe) sur l'autre. Les équipes chargées de la pose des blocs effectuaient donc leur travail sur toute la moitié de la surface d'une assise ; après quoi, elles pouvaient entamer la réalisation de l'autre moitié (fig. 5 a et b). Le chantier ne connaissait de ce fait aucune interruption.

Dès lors et sur toute la moitié qu'elles venaient de quitter, les équipes chargées de la surélévation pouvaient se mettre au travail. Sur une même assise, alternaient donc en se croisant le chantier « pierre » et le chantier « brique ». Les différentes équipes passaient d'un côté de l'édifice à l'autre et, ainsi, était assurée la parfaite continuité des opérations.

Problème d'organisation des cadences.

La hauteur des assises de pierre (environ 1 mètre à la grande pyramide) déterminait celle de la masse de brique à construire à chaque fois. En connaissant les dimensions du monument et celles de l'échafaudage qui s'y adossait on pouvait donc calculer, pour la réalisation d'une assise, le volume de pierre ainsi que le volume de brique crue à poser et en déduire le nombre d'ouvriers de chaque catégorie qu'il faudrait engager.

La longue expérience acquise par les bâtisseurs devait leur permettre d'estimer l'accroissement des quantités de matériaux et d'hommes à engager à chaque fois, compte-tenu de la durée de chaque opération³¹. Nous ne pouvons traiter ici plus en détail d'un problème particulier qui méritera des développements ultérieurs. L'essentiel est de souligner aujourd'hui que chacun des chantiers complémentaires (chantier « pierre » et chantier « brique ») devait avoir son organisation propre. Chacun devait assurer son encadrement particulier et son approvisionnement. Il faut donc imaginer, dans tous les cas, l'existence de files de manœuvres montantes et de files descendantes appartenant à l'un et à l'autre.

Sur le chantier « pierre » les attelages tirant les gros blocs vers le haut et les files de porteurs d'eau qui les accompagnaient, croisaient les équipes et les traîneaux redescendant à vide. Sur le chantier « brique », les porteurs courbant le dos sous leur charge croisaient leurs compagnons qui descendaient pour aller se réapprovisionner.

31. Le papyrus Anastasi I, nous l'avons vu, fournit la preuve de ce type de calcul.

L'importance de ce trafic incessant explique mieux pour quelle raison il convenait de donner aux échafaudages et aux rampes une largeur importante. Il fallait en effet disposer d'assez d'espace pour que le croisement de ces longues files puisse se faire correctement et continuellement. Le chantier pharaonique ressemblait ainsi à une véritable fourmilière où les files de manœuvres avançaient lentement et avec précision pour mener les matériaux à destination.

Les échafaudages légers.

Une fois le gros-œuvre achevé, les blocs présentaient en parement d'énormes bossages qu'il fallait ensuite enlever en procédant au ravalement des parois³². Dans le cas des grandes pyramides, il est très probable que ce ravalement était effectué de haut en bas, au fur et à mesure du démontage de l'échafaudage lourd. Rien n'empêchait de procéder au ravalement de ces parois très élevées (140 mètres pour la grande pyramide) et non décorées. Dans le cas des temples, en revanche, et bien que ceci puisse surprendre un esprit moderne, il est certain que ravalement et décoration n'étaient entrepris qu'après suppression des échafaudages lourds. Nous pensons pouvoir l'expliquer car le cas des pyramides différait de celui des temples. En effet, les parois des temples contrairement à celles des pyramides, étaient à décorer entièrement. Comme on sait que le temps mis à les sculpter et à les peindre était très long, il aurait été impossible d'utiliser l'intérieur des salles pendant très longtemps si on ne les avait pas débarrassées des échafaudages lourds qui les encombraient.

Dans les temples, les phases de finition (ravalement et décoration) étaient réalisées à l'aide d'échafaudages de bois légers (hauts de 10 à 20 mètres) très semblables à ceux qui servent encore de nos jours (fig. 2, partie inférieure). Plusieurs représentations de ceux-ci sont connues³³. Ces échafaudages ne diffèrent pas seulement des précé-

32. La décoration des parois était une opération beaucoup plus longue que la réalisation du gros-œuvre (J.-C. Golvin et R. Vergnien, *La décoration des parois, son principe et les équivoques qu'elle peut entraîner en ce qui concerne la datation des édifices*, dans *Mélanges dédiés au Dr. Gamal Eddine Mokhtar*, Institut français d'Archéologie orientale, Bibliothèque d'études, t. XCVII, Le Caire, 1985, p. 325-338; *id.*, *Le ravalement des parois, la taille des volumes et des moulures*, dans *Hommages à François Daumas*, Montpellier, 1986, p. 299-321).

33. Plusieurs sont figurés dans la tombe de Rekhmirê précitée. Des ouvriers montés sur ces échafaudages s'affairent à la finition de statues colossales (Clarke et Engelbach, *op. cit.*, p. 194, fig. 232, et reproduction du dessin d'un échafaudage mobile monté sur roues datant de la V^e dynastie à la tombe de Khaemouaset à Saqqarah, p. 87, fig. 83; J.-C. Golvin et J.-C. Goyon, *Les bâtisseurs de Karnak*, *op. cit.*, p. 119-124). Un ouvrier pousse l'échafaudage vers la paroi et le cale à l'aide d'un levier. Des ouvriers l'escaladent avec leurs outils. Plusieurs sont à l'œuvre. À l'aide d'une petite hache, ils procèdent au ravalement d'un mur à sommet courbe. Nous avons ici une illustration particulièrement vivante de cette opération.

dents par leur forme mais aussi par leur fonction. En effet, contrairement aux échafaudages lourds destinés à poser des blocs pouvant peser des centaines de tonnes, les échafaudages légers n'avaient qu'à supporter le poids des ouvriers qui se consacraient aux travaux de finition.

La construction en brique crue.

L'étude de la grande enceinte du Temple d'Amon-Rê nous a permis d'entrevoir les caractéristiques des grands chantiers de brique crue. Nous avons démontré que le gros œuvre était réalisé de proche en proche en prenant directement appui sur le mur, alors que le parement était réalisé à l'aide d'échafaudages légers fixés solidement au mur par les pièces de bois transversales qui y étaient scellées ³⁴.

Dans le cas de la pierre comme dans celui de la brique, les échafaudages légers ne concernaient que l'achèvement des parements.

Conclusion : énoncé des grands principes de la construction pharaonique.

L'étude des échafaudages et des rampes nous permet d'énoncer aujourd'hui de façon beaucoup plus nette qu'il n'était possible de le faire jusqu'à présent, les grands principes de la construction pharaonique.

- 1 — On a toujours déplacé et posé les blocs, par glissement.
- 2 — Le gros-œuvre fut réalisé à l'aide d'échafaudages lourds.
- 3 — L'horizontalité du chantier de pose a conditionné celle de l'échafaudage voisin.
- 4 — Ce dernier était situé tout autour de l'édifice en cours de construction.
- 5 — On accédait aux plans de travail par un système de rampe bien distinct de l'échafaudage proprement dit.
- 6 — Le chantier de pose des blocs et celui qui assurait la surélévation des échafaudages et des rampes avançaient parallèlement l'un à l'autre.
- 7 — Le ravalement et la décoration des parois des temples étaient réalisés à l'aide d'échafaudages légers.

Ces traditions, maintenues pendant toute la durée de la civilisa-

Il n'est pas rare de voir encore aujourd'hui en Égypte des échafaudages faits de simples madriers grossièrement équarris et liés entre eux par des cordelettes.

34. A. Choisy, *L'art de bâtir chez les anciens égyptiens*, Paris, 1904, p. 30-32. Cf. aussi : J.-C. Golvin et O. Jaubert, *op. cit.*, p. 920-923.

tion pharaonique et à l'époque romaine, soulignent l'efficacité des techniques mises au point sur leur sol, par les anciens égyptiens.

Nous ne saurions douter de l'utilisation effective et systématique des principes constructifs évoqués bien que l'importance des structures provisoires puisse surprendre. Échafaudages lourds et rampes ont bel et bien existé, en tout lieu et à toute époque en Égypte, pour la réalisation des grands ouvrages. Nous en avons fourni les preuves.

Non seulement le mode de réalisation des grands monuments nous apparaît avec plus de netteté, mais l'aspect même des chantiers nous est restitué avec assez de précision pour nous permettre d'en imaginer l'ambiance générale.

M. Léon PRESSOUYRE, président, souligne l'importance de l'œuvre de G. Legrain et celle des recherches actuellement en cours. Il évoque une photographie présentée par M. GOLVIN qui montre la façade de l'échafaudage avec des trous disposés régulièrement : s'agit-il de trous de boulins ?

M. GOLVIN ne voit pas d'autre explication, à moins qu'il ne s'agisse d'une méthode d'aération. On pourrait penser à l'encastrement de pièces de bois qui auraient été retirées. Il arrive que les queues d'aronde soient vides, alors que les emplacements ont été soigneusement ménagés ; une fois les blocs bien assemblés, on retirait les queues d'aronde.

M. Louis CAROLUS-BARRÉ, m. h., demande si ce procédé aurait pu être utilisé pour les monuments de l'Amérique précolombienne.

M. GOLVIN répond qu'il ne connaît pas la nature du sol et que, à défaut de boue servant de lubrifiant, on pouvait utiliser des rouleaux. La glissière pharaonique faite de plâtre froid liquide est excellente : dès que le plâtre manque, le mouvement s'arrête. Pour les grandes pyramides, on manque de recul, d'où une pente supérieure aux 4 grades que l'on a à Karnak.

Il faut aussi penser au calcul des cadences. Il y avait un moment où l'on avait besoin de davantage d'ouvriers sur le chantier de brique. Le papyrus Anastasi donne des calculs sous forme d'exercices d'école. De plus l'empirisme jouait son rôle.

M. Jean-Pierre CALLU, m. r., pose la question de l'absence de la destruction d'échafaudages dans l'iconographie.

M. GOLVIN répond que l'on représente toujours une phase positive en l'accentuant : la pente est figurée plus forte qu'elle n'est réellement. Il s'agit toujours de rendre mieux identifiable la scène au moyen de clés. Il y a là une symbolique.

M. Jean MARCADÉ, m. r., demande si l'on a la trace archéologique de l'évacuation des terres.

M. GOLVIN répond qu'à Karnak, tout a été retravaillé ; les briques de l'échafaudage ont dû être réutilisées. Sur la question des arceaux oscillants évoqués par M. MARCADÉ, petits traîneaux à patins courbes et pouvant basculer comme un rocking-chair, — les Anglais parlent de *rocker* —, on a un spécimen de petites dimensions. Peut-être s'agit-il d'une autre étape de la construction, non représentée, qui est difficile d'interprétation. Ce dispositif pouvait aider à tourner les blocs pour les présenter sous les diverses

faces pour la taille. Il évoque l'hypothèse d'Engelbach pour des exercices de pose.

M. MARCADÉ demande quel avantage présentaient les murs de brique à assises courbes.

M. GOLVIN date ces murs de Nectanébo I^{er}, et renvoie à la communication de J.-C. Golvin, O. Jaubert et El-Sayed Hegazy, *C. R. A. I.*, 1990, citée dans la note 13.

Les assises de briques en lignes courbes sans mortier sont autocomprimantes, comme un voussoir. Cet état d'équilibre des murs permet de les monter sans mortier à plus de 20 mètres de hauteur.

M. Pierre SALAMA, m. r., demande si ces techniques se maintiennent à l'époque gréco-romaine en dépit des perfectionnements du temps. L'abondance de la main-d'œuvre a-t-elle freiné le progrès comme le dit un passage fameux d'Aristote ?

M. GOLVIN signale qu'à Dendera, on a des blocs de 20 à 40 tonnes, trop lourds pour la grue et le palan. En revanche des palans ont servi à abattre l'obélisque de Karnak à l'époque romaine.

M. SALAMA pose la question du roulage.

M. GOLVIN rappelle qu'il n'y a pas de routes, sauf entre les carrières et les quais d'embarquement, et qu'on utilise ici des rouleaux. Peut-être en a-t-il fallu aussi pour monter les blocs sur le plateau de Giza ?

M. SALAMA évoque l'arrivée de l'obélisque actuellement au Latran et destiné au Circus Maximus, telle que la rapporte Ammien Marcellin (VII, 4, 6 et 14-15).

M. GOLVIN indique qu'il n'y a alors plus de limon du Nil, mais des rouleaux ; il évoque la forêt de poutres et les cordages si nombreux, au témoignage d'Ammien Marcellin, qu'ils voilaient le ciel. Le procédé est repris à la Renaissance avec Fontana. Mais la situation à Rome n'est plus celle de l'Égypte : on avait recours à des experts de la marine impériale pour enlever les obélisques. En Égypte, en revanche, on conserve les méthodes traditionnelles, comme à Dendera. Les grues romaines à tambour ne pouvaient pas monter des blocs trop lourds.

M. Gilbert PICARD, m. r., rappelle que Vitruve décrit la pose du linteau du temple d'Artémis à Éphèse, monté avec du sable en sacs, que l'on crève pour mettre en place le linteau. Ce bloc trop lourd ne peut être déplacé tant que la déesse n'apparaît pas en songe à l'architecte.

M. Hervé PINOTEAU, a. c. n., pose la question du séchage du limon.

M. GOLVIN indique que l'on peut humidifier le limon sous les blocs. Henri Chevrier qui a travaillé à Karnak entre 1925 et 1958 a reconstitué l'opération avec succès. Le procédé limite la consommation de bois.

M. François BRAEMER, m. r., souligne l'importance de la glisse pour le transport de blocs au départ du gisement de pierre. Au bord du Nil, et vraisemblablement ailleurs, on se servait du limon de la crue qui atteignait un niveau élevé, par exemple dans la carrière de grès de Silsilah située directement au-dessus du fleuve. En Europe, surtout dans les régions montagneuses et froides des provinces romaines du nord, on avait recours à la glace. On utilisait, aussi, des glissières et des ornières-guides. Comme dans beaucoup d'autres endroits, les flancs du Pentélique présentaient des traces de chemins d'exploitation malheureusement en partie engloutis sous

des déblais aujourd'hui (sur ces glissières, cf. dans le *B. S. N. A. F.*, notamment les remarques de F. Braemer et P. Salama, 1982, p. 38. Voir aussi A. Blanc, *Les chemins de desserte des carrières*, Colloque international sur *Les ressources minérales et l'histoire de leur exploitation*, Grenoble, 1983, édité par F. Braemer avec le concours de G. Deicha, Paris, *Colloques du C. T. H. S.*, 2, 1986, p. 383). Dans les divers cas, le transport tenait le plus grand compte du rythme des saisons et des facilités qu'il apportait, quitte à entreposer les blocs sur le rivage du fleuve ou dans des barques ou radeaux spéciaux dans l'attente d'un courant assez calme pour éviter les risques d'accidents et de naufrages très redoutés jusqu'à l'époque contemporaine durant laquelle on en trouve encore la mention. Néanmoins, des animaux ont été utilisés bien avant la Renaissance, et ils ont servi aussi bien à la traction qu'à la retenue des blocs, au même titre que des machines, notamment dans les rares gisements très importants qui ne disposaient pas à l'époque pharaonique ou dans le cadre beaucoup plus vaste de l'empire romain, de voies d'eau à proximité, comme certains gisements d'Anatolie ou du désert oriental, ou dont le cours ne pouvait plus être utilisé en raison de changements géographiques, comme dans le cas de la Medjerda. Sur l'immense majorité des exploitations antiques à proximité des voies navigables et sur les rares autres cas touchant des pierres de qualité exceptionnelle, ainsi que sur l'expédition jusqu'aux autres extrémités de l'empire, par exemple d'Égypte en Gaule et en Grande-Bretagne, cf. F. Braemer, *Les gisements de pierres dans l'Antiquité romaine, problèmes de méthode, état de la question et Répertoire des gisements de pierres ayant exporté leur production à l'époque romaine, Ressources minérales cit.*, 1983, p. 267 et 287, ainsi que compléments, *Colloque Carrières et constructions*, Clermont-Ferrand, 1992 (à paraître).

Par contre, la représentation du déplacement du colosse, tiré par des hommes, semble prouver que de telles œuvres colossales ont été taillées presque entièrement, au Moyen Empire, avant leur transport (peut-être à proximité de carrières, selon un principe que l'on retrouve à l'époque romaine) et acheminées à l'aide de la glisse, tandis que des statues de dimensions normales ont été, sinon exécutées, du moins destinées à l'époque séverienne à être terminées sur le lieu d'utilisation. Un inventaire précis serait à dresser par matériau.

M. PRESSOUYRE pense qu'il y a aussi une étude à faire sur la morphologie des rampes. À Carrare, le *ravanetto* est une rampe qui sert à descendre les blocs, et qui a le même profil qu'en Égypte. Le travail de descente est aussi délicat que le travail de montée. À Carrare, on avait recours à des traîneaux, *lizza* ou *tregia*, qui supportaient une charge allant de 10 à 20 tonnes. Des textes de 1568 et de 1572 discutent la pente la meilleure à donner au *ravanetto*, avec ou sans palier (cf. V. Santini, *Commentari storici sulla Vercilia centrale*, 1858-1863, III).

M. SALAMA, évoque, à l'opposé, le cas de la route relativement tardive de Chemtou à la mer et insiste sur le fait qu'une rampe provisoire destinée à la construction d'un édifice à l'époque pharaonique est différente d'une longue descente de la Renaissance susceptible d'être utilisée pendant une longue période.

M. GOLVIN rappelle que l'Égypte a connu l'innovation technologique. Il y a eu amélioration de la pose du mortier liquide grâce à des rigoles. Les techniques pharaonique et alexandrine ont coexisté.