

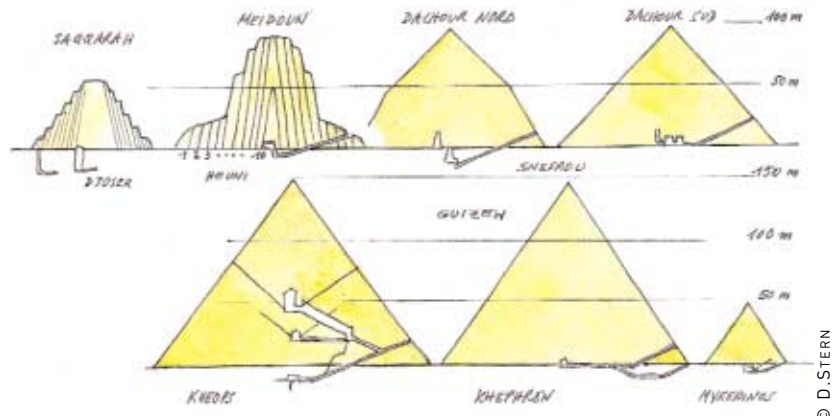
La construction de la Grande Pyramide : un mystère vieux de 45 siècles

L'archéologie, qui travaille sur des sujets par nature incomplets, n'a rarement autant déchaîné de passions qu'à propos des procédés de construction des grandes pyramides d'Égypte. Pratiquement aucun document ne relate comment, il y a plus de 4500 ans, des hommes ont pu élever ces monuments gigantesques, et on a du mal à imaginer que ce fut possible avec les moyens rudimentaires de ces époques très lointaines. Cette étude écarte d'emblée toute explication divine, ésotérique, extra-terrestre... La solide formation rationnelle d'ingénieur de Centrale incite plutôt à se mettre "dans la peau" du constructeur de l'époque et à chercher comment il a pu, avec les connaissances alors disponibles, hisser et assembler des pierres aussi lourdes à des hauteurs si importantes.

Daniel Stern (62)

Les grandes pyramides

La première grande pyramide est celle de Saqqarah, dite à degrés, érigée sous le règne de Djoser vers 2700 avant J.-C. Puis vient Meïdoun, construite sous le règne de Houni vers 2650 et sans doute achevée par son successeur Snéfrou, qui entreprit lui-même la construction des deux pyramides de Dachour, dont la curieuse "rhomboïde". Ensuite viennent Khéops, Khefren et Mykerinos, sur le plateau de Gizeh, qui terminent la série des grandes



LES GRANDES PYRAMIDES, 2700-2500 AVANT J.C. (FIG.1)

pyramides (fig.1). D'autres seront plus tard entreprises, mais sans aucune mesure avec celles érigées pendant ces quelques 200 lointaines années.

L'examen de la structure de ces pyramides est un des moyens de comprendre le ou les procédés de construction. Mais on se heurte à l'impossibilité d'examiner la structure interne sauf en cas de ruine, de percement ou de découverte d'accès. Ainsi, certaines parties ruinées de la pyramide de Saqqarah révèlent-elles une conception de la construction en "pelure d'oignon" : des parements inclinés successifs, en pierres taillées parfaitement ajustées, se succèdent de l'intérieur à l'extérieur, et les intervalles sont remplis de pierres et déchets non ajustés. Cette disposition a pu être vérifiée à Meïdoun où un tunnel traversant complètement la base de la pyramide fut percé au début du siècle.

Il permet de déceler dix enveloppes successives, inclinées à 74 degrés, dont certaines sont révélées par la ruine partielle de l'ouvrage (fig.1)

La structure interne de Khéops :

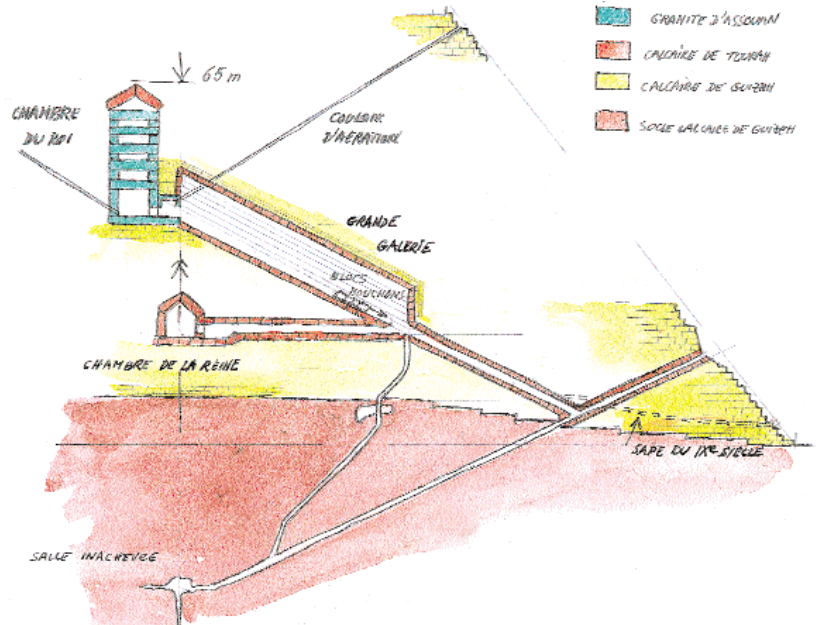
On a pu penser que les pyramides suivantes étaient conçues de la même manière, mais pour ce qui concerne Khéops on a vérifié, grâce notamment à la sape creusée au IX^e siècle après J.-C, qu'il n'existait pas de parements internes successifs. Il est admis que le plateau calcaire de Guizeh a servi de carrière pour les blocs constitutifs du gros œuvre de la pyramide. On a repéré des zones d'extraction et on connaît assez bien les techniques utilisées (le seul métal d'outillage de l'époque était le cuivre). L'extraction s'est aussi faite autour d'un noyau qui constitue la base de la pyramide jusqu'à une certaine hauteur et qui assure une fondation stable. Les blocs qui

forment la partie visible de la pyramide pèsent en moyenne 2,5 tonnes et seraient au nombre de 2,5 millions, encore qu'on extrapole pour l'intérieur et que plus probablement des blocs moins lourds et même du tout-venant participent pour une bonne partie au volume de la pyramide. La pierre qui constituait le revêtement, aujourd'hui disparu, provenait d'une carrière de calcaire blanc située de l'autre côté du Nil. Mais ce qui rend Khéops unique, ce sont les salles et couloirs internes, et surtout ceux construits bien au-dessus de la base, contrairement à toutes les autres grandes pyramides (fig. 2). La pierre de construction de ces ouvrages est la plupart du temps en granite, extrait et venu par bateau d'Assouan. Les blocs qui constituent l'extraordinaire ouvrage de décharge du toit de la chambre du Roi pèsent 40 tonnes en moyenne et sont situés à une hauteur variant entre 45 et 65 mètres ! Les parements intérieurs de ces ouvrages sont remarquablement ajustés et n'ont pratiquement pas joué malgré les pressions énormes exercées et les épreuves du temps.

Des générations de chercheurs se sont épuisées à résoudre tous les problèmes que posent ces extraordinaires ouvrages !

Les techniques de construction ?

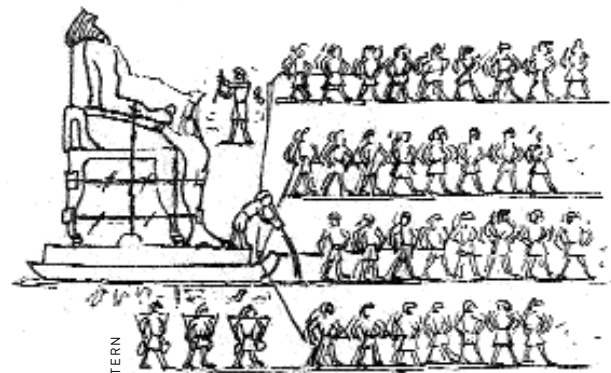
A partir de l'assise naturelle constituée d'un noyau du plateau calcaire original, on peut estimer que la construction a dû se faire par couches horizontales successives, la construction des ouvrages internes se faisant au fur et à mesure de l'élévation de l'ensemble. Est-ce que chaque couche horizontale était totalement établie avant qu'on commence la suivante, ou telle ou telle partie de l'ouvrage montait-elle plus vite qu'une autre ? La question



VUE INTERNE DE KHEOPS (FIG.2)

essentielle reste la même : comment a été résolu le problème de la manipulation des blocs, transport, élévation, ajustement ?

La seule évocation précise nous vient de l'Historien grec Hérodote rapportant ce que lui disent les prêtres égyptiens, au 5^e siècle avant J-C : "...voici comment on construit cette pyramide, par le système des gradins successifs, que l'on nomme tantôt crossai (corbaux), tantôt bomides (plates-formes). On la construit d'abord sous cette forme, puis on hissa les pierres de complément à l'aide de machines faites de courtes pièces de bois : on montait la pierre du sol jusqu'à la première plate-forme. Là on la plaçait sur une autre machine installée sur le premier gradin et on la tirait jusqu'au deuxième gradin, où une troisième machine la prenait. Il y avait autant de machines qu'il y avait de gradins, à moins cependant qu'il n'y en ait qu'une seule, facile à déplacer et qu'on transportait d'un gradin à l'autre, sitôt déchargée



DJEHOUTHOTEP, STATUE DE 60 TONNES TIREES PAR 172 HOMMES

(ceci pour indiquer les deux procédés que rapporte la tradition). On acheva donc le sommet de la pyramide, puis les étages au-dessous, l'un après l'autre, et l'on finit par les gradins inférieurs et la base de l'édifice...".

Que vaut ce texte, établi 2 000 ans après la construction de Khéops ? Il est difficile à interpréter mais néanmoins utile en ce qu'il évoque l'existence de machines. Il dit aussi que la pyramide fut achevée en commençant par le haut. S'agit-il seulement du ravalement du parement ou de la pose elle-même des blocs de surface ?

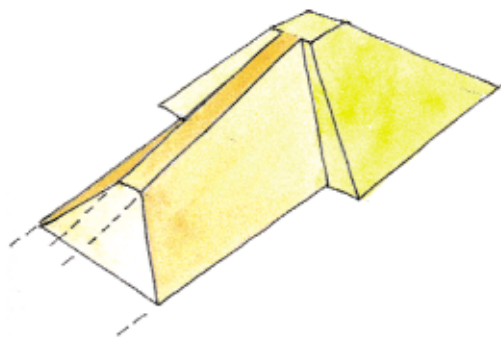
Les théories rampistes :

On a la quasi certitude qu'une rampe monumentale fut construite, qui partait d'un port sur le Nil, franchissait l'escarpement du plateau de Guizeh et aboutissait au pied de la pyramide. Elle est citée par Hérodote, qui a dû la voir à son époque. Des traces subsistent aujourd'hui et on devine que cette rampe a, plus tard, servi de carrière pour la construction de la ville du Caire toute proche.

Cette rampe a, entre autres, pu être utilisée pour amener sur le plateau toutes les pierres qui venaient de carrières lointaines et qui avaient transité sur le Nil.

Certains chercheurs ont alors imaginé qu'une rampe avait été également montée au flanc de la pyramide, au fur et à mesure de son élévation, pour monter les blocs en les faisant glisser sur de l'argile mouillée, qui offre, il est vrai, un frottement pratiquement nul.

Que ce soit la rampe frontale (fig.3), ou la rampe enveloppante (fig.4), la pente ne peut être que faible (5 à 8 % maximum) et cette hypothèse conduit à des ouvrages gigantesques, pouvant représenter un volume aussi important que celui de la pyramide elle-même, posant à mon avis des problèmes de stabilité insurmontables.



THEORIE DE LA RAMPE FRONTALE... (FIG.3)

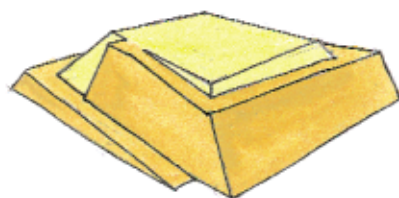
Les théories machinistes :

Hérodote parle de machines pour hisser les pierres de "complément" (?). Quelles pouvaient être ces machines qu'aucune illustration ne mentionne ? Le problème pour hisser des pierres n'est pas seulement propre aux pyramides. De tous temps, avant et après, il a fallu construire des murs (remparts, barrages...) et monter des pierres plus ou moins lourdes. Le principe du levier était connu et on peut penser que le "chadouf", encore utilisé pour extraire de l'eau des puits, était un mécanisme de levée de poids déjà mis en œuvre dans les époques les plus lointaines.

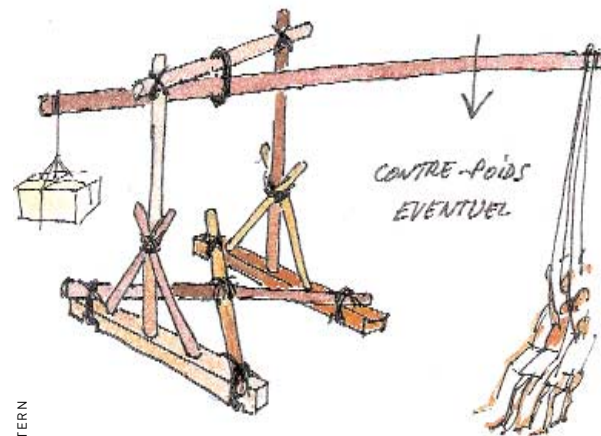
Certains ont émis l'idée que la "chèvre" aurait pu aussi être utilisée. Mais la poulie n'existait pas à l'époque... Un système de levée par rappel de contrepoids a aussi été envisagé (fig.5), peut-être... Ces hypothèses posent plusieurs problèmes : le principal étant la stabilité de tels engins permettant de soulever des pierres de plusieurs tonnes !

Des propositions, mais encore des questions :

Je n'ai pas la prétention de proposer "LA" solution. Mais en tâchant de me mettre dans la peau du "piston" de l'époque, disposant de peu de moyens, sauf en hommes, de



... ET DE LA RAMPE ENVELOPPANTE (FIG.4)



© D. STERN

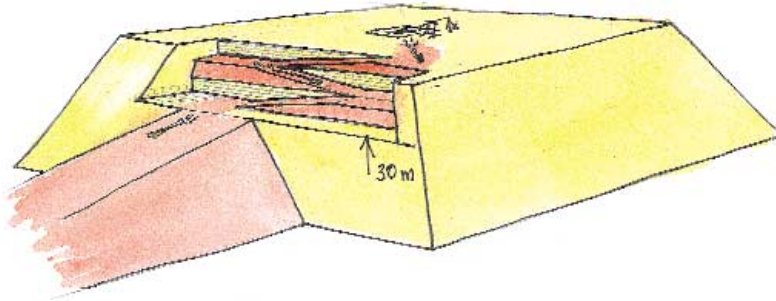
UNE DES "MACHINES" D'HERODOTE? (FIG.5)

peu de techniques et cherchant les solutions les plus simples, je propose les éléments de réflexion suivants :

Les rampes et les techniques de glissement de blocs grâce à l'argile sont presque certaines. Les constructeurs de pyramides ne se sont sans doute pas privés de ce moyen, mais à la condition que ces ouvrages, provisoires, ne nécessitent pas eux-mêmes des travaux gigantesques, soient simples et rapides à construire, facilement entretenables et réparables, suffisamment stables pour une durée limitée et faciles à détruire et évacuer quand ils ne sont plus utiles.

Puisqu'il fallait transporter les blocs de calcaire du plateau à partir de carrières (repérées notamment à environ 400 mètres de la pyramide) il est plus que probable qu'un chemin de glissement ait été aménagé, et même qu'il puisse avoir été surélevé d'une trentaine de mètres pour monter les premiers niveaux. En même temps étaient construits les ouvrages intérieurs, ainsi que la totalité des parements (sauf éventuellement le ravalement final).

© D. STERN



© D. STERN

HISSAGE DES MONOLITHES PAR RAMPE PRINCIPALE ET RAMPES SECONDAIRES (FIG.6)

Ensuite, pour hisser les blocs à des niveaux supérieurs à 30 mètres, on a pu se servir de rampes plus modestes, fondées sur des gradins déjà construits et donc suffisamment stables pour, notamment, hisser les monolithes les plus lourds de la chambre du roi jusqu'à 65 mètres de hauteur. La construction de ces rampes pouvait se faire en briques crues, technique attestée à l'époque, et le chemin de glissement pouvait être constitué de troncs de palmier. Elles pouvaient n'occuper qu'une face et ne pas entraver la finition des trois autres (fig.6).

Les blocs pouvaient être glissés jusqu'à l'endroit de leur emplacement définitif, et alors la possibilité de les manipuler, de les décoller du sol, notamment pour les derniers ajustements auprès des blocs déjà en place, nécessitait sans doute l'emploi d'une machine à levier. Certains blocs beaucoup moins lourds et le tout-venant pouvaient même être hissés sur des brancards portés par plusieurs hommes, empruntant d'autres rampes ou des escaliers.

Mais une technique complémentaire devait être mise en œuvre pour la pose des pierres des façades qui devait se combiner avec la destruction des rampes, et l'explication

que donne Hérodote (pierres de complément hissées à l'aide de machines et achèvement de la pyramide en descendant) suggère la technique illustrée par la figure 7 : les rampes étaient détruites au fur et à mesure que la façade était achevée, en commençant par le sommet et en descendant, chaque rampe ayant servi au préalable de support à la machine permettant de lever et d'ajuster les pierres nécessaires à la finition de quelques degrés supérieurs (dont le nombre est commandé par la largeur de la rampe nécessaire à la bonne stabilité des machines de levage).

Conclusion : Appel aux lecteurs

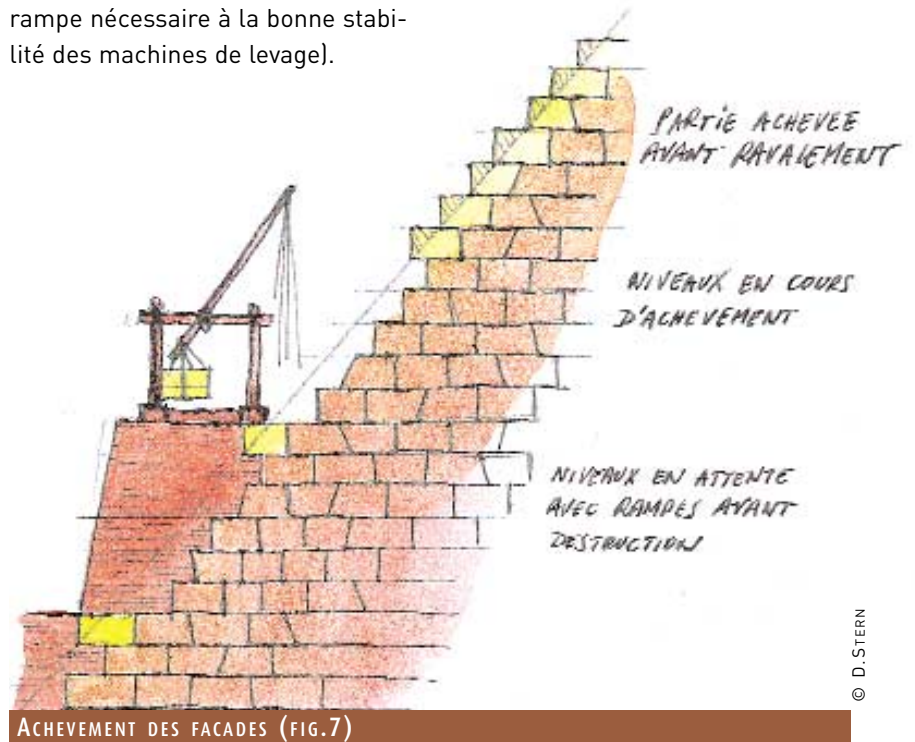
Parmi les milliers de lecteurs savants de "Centraliens", nul doute que certains pourraient apporter des éclairages nouveaux, complémentaires ou contradictoires : stabilité des rampes, achèvement des façades, machines, etc.

Lecteur à ta plume, mais surtout à ta planche à dessin, car l'illustration est primordiale sur ces sujets. |

Daniel Stern,

délégué promotion 1962

daniel.stern@centraliens.net



ACHEVEMENT DES FACADES (FIG.7)

© D. STERN