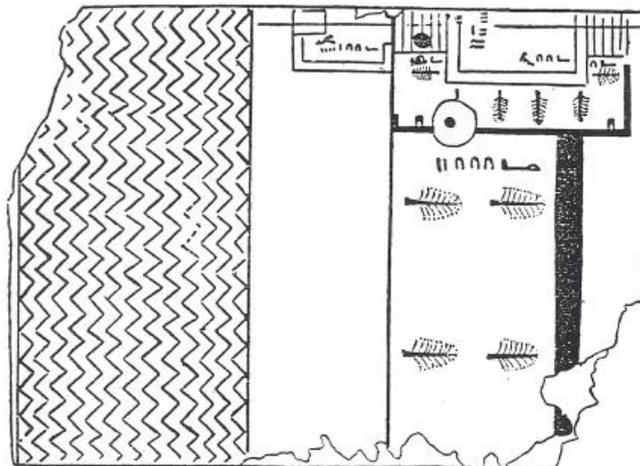


EGYPTE ARCHITECTURE

IV Techniques DE CONSTRUCTION DES PYRAMIDES

On ne peut être qu'émerveillés devant les prouesses architecturales des Egyptiens qui posent des problèmes presque insolubles aux meilleurs ingénieurs du XXIème siècle !

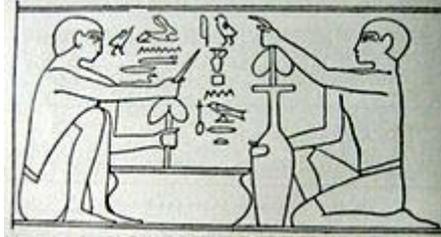
Comme les Sumériens, qui les ont précédés avec leur science des « listes », les Egyptiens nommaient (ce qui n'a pas de nom n'existe pas !) et notaient tout : les animaux, les végétaux, les étrangers qui venaient dans leur pays admirer leurs monuments et leurs hiéroglyphes peints, combien d'ennemis ils avaient tués à la guerre, la liste de leurs pharaons, leurs recettes gastronomiques, des traités de médecine et d'astronomie, des poèmes, des romans, des traités médicaux, le détail de leurs expéditions (Pount), leurs écritures (hiéroglyphe, démotique, tachygraphique..), leur traités de géométrie (cadastres après les crues du Nil), leurs calcul...mais absolument rien (ou presque) sur leurs techniques de construction et en particulier aucun plan sur leurs pyramides !!! Ci-dessous, l'un des rares plans réalisé par un architecte concernant la construction d'une habitation avec son jardin.



Plan dressé par un architecte, avec indication des longueurs en coudées (Nouvel Empire).

Rien de la façon dont ils hissaient des blocs de plusieurs tonnes à 145 mètres de hauteur, rien sur l'organisation de leurs chantiers, sur la répartition et l'organisation des équipes d'ouvriers, sur les outils (en cuivre et dolérite ?) utilisés pour travailler le granit, pour ciseler des hiéroglyphes avec une précision inouïe sur les obélisques en granit, rien sur les chalands, capables sur le Nil, de transporter des linteaux de plusieurs milliers de tonnes de la carrière d'Assouan

jusqu'aux pyramides de Guizèh, soit 800 km, rien sur les techniques qui leur ont permis de ciseler et d'évider des vases d'une finesse incroyable dans ce même matériau !!!!!!!!!!!!!



Fabrication d'un vase en pierre (granit ?) à l'aide de forets

Inévitablement, cette absence d'archives, qui semble voulue par eux, a donné naissance aux théories les plus folles : tout cela ne serait pas le fait des Egyptiens eux-mêmes, mais de civilisations très avancées disparues ou englouties, voire d'extra-terrestres !

Même questionnement au sujet des alignements de Carnac qui auraient été dressés entre le Vème et le IIIème millénaire avant notre ère. Ils se suivent sur environ 4 km entre la baie de Plouharnel et la rivière de Trinité-sur-Mer. Ils marquent la jonction de deux territoires différents, l'un littoral au sud et l'autre continental au nord. Ils comprennent notamment 2 733 menhirs, chiffre sans doute largement en deçà de ce qui existait au Néolithique.



Le géant du Manio se dresse à 6 mètres de hauteur

Leur construction aurait pris fin au début de l'âge du bronze, vers 2000, 1500 avant notre ère. Par ailleurs, des tessons de poteries datés par thermoluminescence (cette technique date la luminescence des cristaux d'une roche ou d'une céramique lorsqu'ils ont été chauffés) ont permis de dater les dolmens et les

menhirs à environ 4000 avant J.C. Les mégalithes sont apparus dans l'ouest de la France, au Portugal et se seraient répandus jusqu'aux rivages de la mer du Nord, montrant ainsi les échanges entre les différentes populations. Comment ont-ils fait pour extraire, soulever et transporter, par voie terrestre et/ou maritime, des menhirs de 50 tonnes ?

Mais revenons aux pyramides, de récents travaux ¹ révèlent que les Egyptiens ont fait preuve d'une ingéniosité sans pareille, non pas par leur maîtrise de savants calculs mathématiques ou géométriques, car leur niveau dans ce domaine était nettement inférieur à celui des Sumériens, et ne leur permettait pas de manipuler des grands nombres, mais en corrigeant intuitivement les enseignements et les erreurs de leurs tentatives. Par exemple, pour connaître la résistance d'un madrier d'une certaine section et d'une certaine longueur : ils empilaient des tonnes de pierres sur le dit madrier jusqu'à ce qu'il casse : ils en déduisaient alors le poids qu'il pouvait supporter lorsqu'il était employé comme linteau !

Le passage de la pyramide à degrés de Saqqarah à la pyramide lisse de Khéops se fit à tâtons : essais, erreurs, corrections. En effet, les architectes de l'antiquité n'avaient aucun moyen de calculer les tolérances de charge de leurs matériaux. Ainsi, fallait-il éviter de construire, ne serait-ce qu'un seul côté d'une pyramide sur le sable sous peine d'effondrement, et de plus, fallait-il découvrir la voûte à encorbellement pour répartir les charges supportées par le plafond plat des chambres royales et calculer une bonne inclinaison des arêtes des pyramides.

Ces mises au point techniques se firent sous le règne d'un seul pharaon, Snéfrou, roi fondateur de la IV^e dynastie sous l'Ancien Empire, qui fit ériger, sous son règne, trois des plus grands monuments : les pyramides de Meïdoum, la pyramide Rhomboïdale et la pyramide Rouge qui permirent la réalisation de la première véritable pyramide lisse ancêtre de celle de Khéops.

Première étape : l'invention balbutiante de la pyramide.

L'architecte **Imhotep** dont le nom signifie « *celui qui vient en paix* », est un personnage historique génial emblématique de l'Égypte antique.

Ayant vécu au troisième millénaire avant notre ère, il fut un homme aux multiples talents. Vizir et architecte du roi Djéser, il fut également médecin et philosophe.

¹ Les architectes Henri et Jean-Pierre Houdin.



Imhotep, IIIème millénaire

Son œuvre architecturale la plus connue est sans conteste le complexe funéraire, qu'il édifia à Saqqarah (près du Caire) pour le pharaon Djéser, et qui est la plus ancienne pyramide à degrés du monde.

Imhotep apporte à l'Égypte des innovations remarquables :

- Il généralisa l'utilisation de la pierre comme matériau de construction pour les temples et les tombeaux funéraires, alors qu'ils étaient faits auparavant de briques de terre cuite.
- Il fut le premier à utiliser des colonnes dans l'architecture ;
- Il innova avec l'invention de la pyramide à degrés comme tombeau (« demeure d'éternité ») du roi, remplaçant ainsi les mastabas.

Il s'agit en fait d'une construction intuitive basée sur le principe en vigueur jusque-là : le mastaba. C'est à tâtons et en s'y reprenant plusieurs fois qu'il parvint à réaliser cette première pyramide dite à degrés !

Les blocs pèsent une cinquantaine de kilos chacun, alors que ceux de la Grande pyramide feront plus de deux tonnes ! L'hypogée s'étend sur près de 5 kilomètres et le roc a été creusé à plus de 30 mètres de profondeur ...

Deuxième étape : Snéfrou le roi des pyramides : il en fit construire trois !

Après avoir bâti plusieurs pyramides à degrés, l'Égypte entreprit de construire des ouvrages mieux conçus et plus imposants. L'un des plus étranges demeure la pyramide de Meïdoum à 80 km au Sud de Saqqarah.

L'architecte (?) de Meïdoum inventa une technique ingénieuse : celle de **la voûte à encorbellement**. Pour réaliser une telle voûte, on s'arrange pour que les murs se resserrent à mesure qu'ils s'élèvent. Arrivé en haut, un bloc enjambe un vide en clef de voûte si étroit qu'il ne risquera pas de se fissurer malgré le poids qu'il aura à supporter.



Voûte à encorbellement de la chambre funéraire.

La pyramide de Meïdoum est une pyramide, initialement à sept degrés, puis élargie à huit degrés et enfin transformée pour devenir la première pyramide à faces lisses égyptienne.



Pyramide de Meïdoum



pyramide rhomboïdale



La pyramide rouge

La pyramide Rouge, la troisième, fut une réussite : à la différence des deux premières dont l'angle d'inclinaison atteignait les 54 degrés, celle-ci ne dépassait pas 43 degrés, l'architecte réduisait ainsi le nombre de blocs nécessaires et diminuait le risque d'effondrement : une vraie réussite !

Troisième étape : **Khéops** la septième merveille du monde.

Des sept merveilles du Monde, seule, la pyramide de Khéops, parmi les 107 pyramides réparties sur le territoire égyptien, s'élève encore majestueusement sur le Plateau de Gizeh.

Dans son livre « Le secret de la grande pyramide », Jean-Pierre Houdin estime que : « *grâce à un pouvoir central fort, incarné par le pharaon, l'activité était organisée et soumise à l'impôt. Les paysans cultivaient la terre, tandis qu'une armée de bureaucrates enregistrait toutes sortes d'informations sur les récoltes, percevait les taxes, supervisait l'expédition vers les greniers de l'Etat et s'assurait que le système fonctionnait sans à-coups.* »

C'est donc, sans aucun recours à l'esclavage, qu'ils purent construire, pendant les crues du Nil, d'immenses édifices en occupant toute la classe paysanne aux travaux prévus qui réclamaient une main-d'œuvre importante.

Pour la pyramide de Khéops, étant donné les dimensions colossales et en particulier la hauteur et le fait que la chambre du roi était une vaste pièce de 5,20 m sur 10,50 m dotée d'un plafond plat surmonté de milliers de tonnes de pierres, le défi paraissait insurmontable !

Ce défi fut relevé par l'architecte **Hémiounou**, vizir de Khéops et membre de la famille royale de la IV^e dynastie en tant que petit-fils de Snéfrou.



Hémiounou

De son bureau installé sur un grand bateau officiel, entouré de superviseurs et de bâtisseurs expérimentés, il choisit le plateau rocheux de 40 hectares de Guizèh, l'emplacement de ports pour acheminer matériel et blocs de calcaire ainsi que l'emplacement rapproché de carrières où les extraire et les façonner pour gagner du temps (à part celle d'Assouan située à plus de 800 km).

Lui et son équipe conçurent que la pyramide renfermerait trois chambres situées à des hauteurs différentes, chacune prévue pour prévoir une mort plus ou moins précoce du souverain parvenu sur le trône à l'âge déjà avancé de 40 ans. La première souterraine serait achevée au bout de cinq ans, la deuxième, à l'intérieur de l'édifice, était prévue au bout de 10 ans et la troisième placée haut où serait placé Khéops s'il atteignait l'âge de 60 ans !

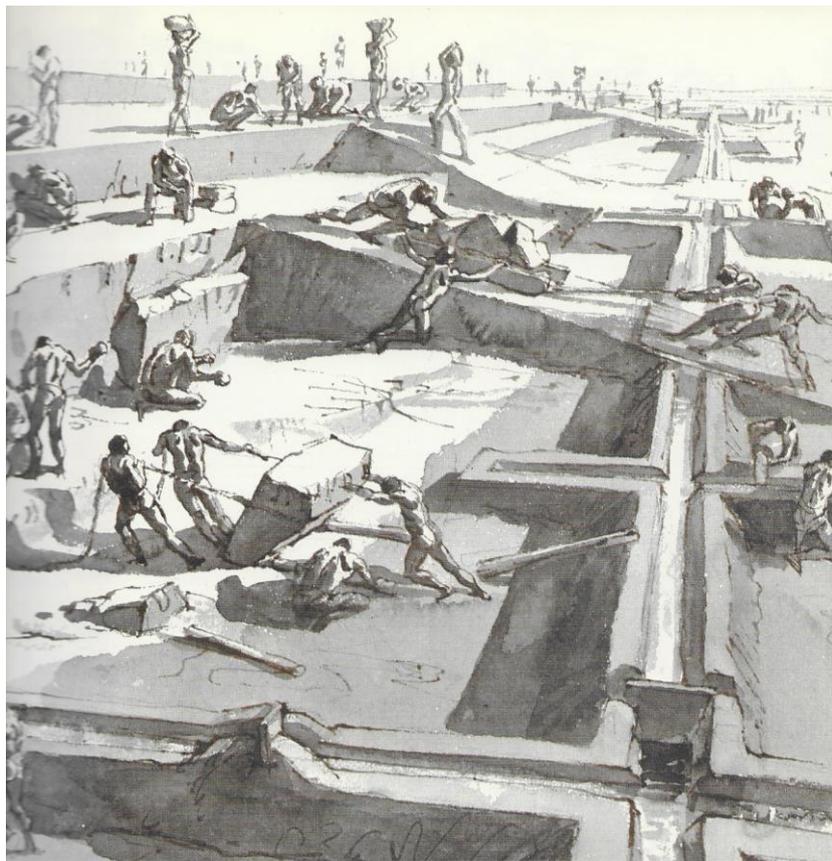
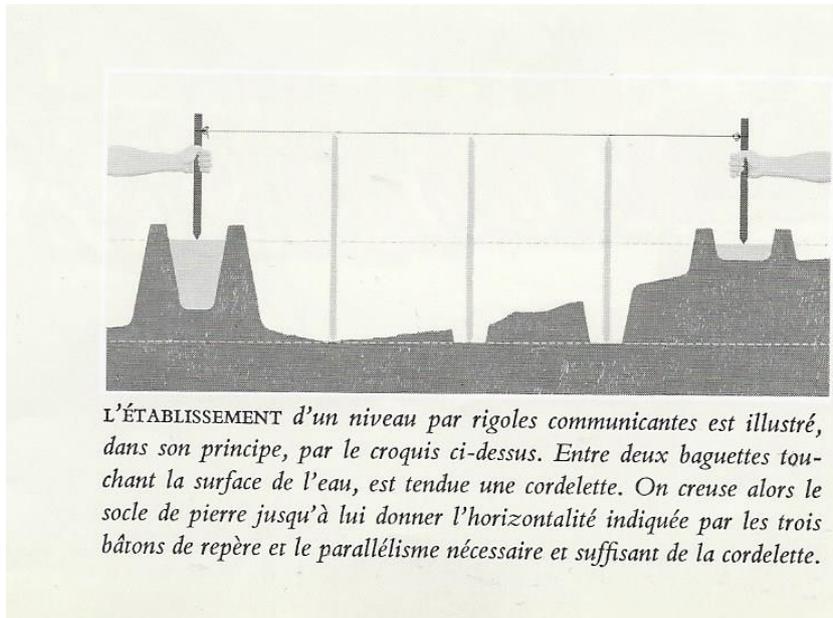
Avant même qu'un seul bloc n'ait été extrait, Hémionou avait déjà estimé qu'il lui faudrait une vingtaine d'années pour bâtir le monument.

A cette époque la population égyptienne ne dépassait pas le million d'habitants. L'architecte n'utilisa donc pas d'esclaves, mais organisa un service civil. Ces hommes libres qui travaillaient pour la gloire de pharaon furent organisés en équipes de dix, chacune portant un nom. Ainsi des graffitis nous ont révélé qu'il existait une équipe « des costauds », une autre « Khéops est pur » ...

Ils vivaient dans des villages aménagés pour eux et étaient nourris et abreuvés comme il faut.

Il fallut pendant plus de vingt ans une organisation quasi parfaite des flux de convois qui se croisaient pour amener et évacuer les matériaux, pour gérer le travail et l'intendance des milliers d'hommes qui oeuvraient sur le gigantesque chantier !

La préparation des fondations



Les arpenteurs délimitèrent, sur l'emplacement choisi pour construire la pyramide, une surface telle que la base formait un carré parfait. Pour assurer l'horizontalité absolue l'architecte fit creuser un réseau de rigoles remplies d'eau cernant l'aire d'édification. Puis, prenant le niveau de l'eau comme référence de base, ils aplanirent une surface carrée de 52 000 mètres carrés avec une précision telle que nos ingénieurs modernes, armés d'une technologie sophistiquée, n'ont

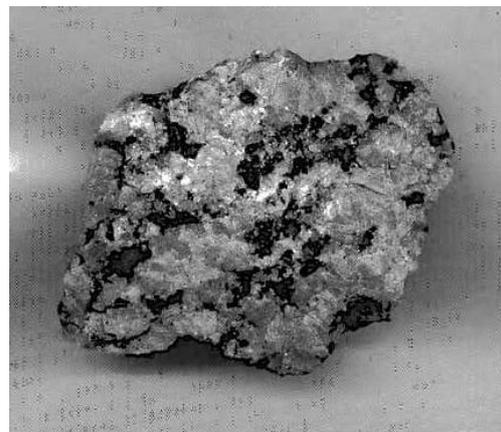
trouvé qu'une différence de 1,25 cm entre les niveaux des angles sud-est et nord-est de la pyramide !!!

L'hypothèse des rampes pour construire les pyramides.

Le travail de la pierre

On comptait 3 carrières principales extérieures au site.

- La première se trouvait à plus de 13 km en amont sur la rive du Nil. Elle fournissait un calcaire coquillé grossier, rempli de fossiles, qui pouvait convenir aux parties intérieures invisibles de la pyramide.
- La deuxième, à quelques kilomètres, était destinée à l'extraction du parement extérieur qui devait être lisse, sans défauts et d'un blanc éblouissant, capable de réfléchir les rayons du dieu-soleil Râ comme un véritable phare ! La carrière s'appelle Tourah.
- Mais le granit de la chambre du roi fut extrait à 800 km de là, dans une carrière d'Assouan. Hémionou avait calculé qu'il aurait besoin d'extraire plus de trois mille cinq cents tonnes à l'aide de masses en dolérite, plus dure que le granit.



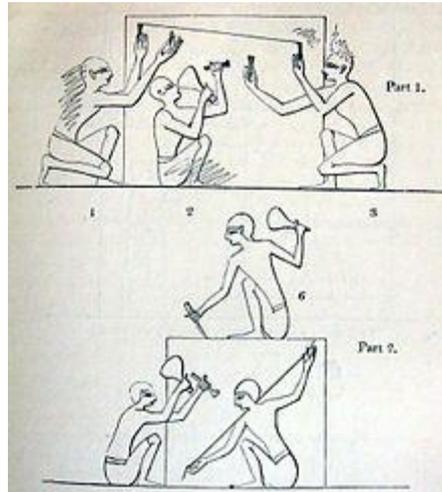
A gauche, ci-dessus, des centaines de boules de Dolérites ont été trouvées dans la carrière de granit d'Assouan. Certaines pesaient 7 kg.

A droite, éclat de granit.

On estime que 500 ouvriers travaillèrent en permanence sur ce site et parvinrent à tailler 43 poutres longues de plus de 7 mètres, d'un poids variant entre 30 et 60 tonnes qu'il fallut acheminer par le Nil, sur des barges aménagées spécialement, jusqu'à Guiséh.

En 20 ans ces carrières allaient fournir plus de 2 millions de blocs, soit cent mille par an en moyenne. Pour cela, les carriers travaillaient 10 heures par jour, une

Pierre était extraite et mise en place toutes les 3 minutes et ce pendant 365 jours par an... pendant 20 ans !!!



Equarrissage d'un bloc de calcaire

Pour détacher les pierres calcaires des carrières on pratiquait des entailles dans les parois, on y insérait des coins de bois qui étaient arrosés d'eau. Lorsque le bois gonfle, il fait sauter la pierre et la découpe en blocs. Les carriers utilisaient aussi des burins en cuivre, des masses en dolérite et de longues scies avec dents ou sans dents qui glissaient alors sur une poudre abrasive.

Le transport des blocs de pierre

Le Nil, fleuve qui traverse le pays, est alors le moyen de transport principal. D'immenses barges, barques à fond plat, permettaient de transporter les blocs de pierre de la carrière au chantier.

Afin d'acheminer les pierres extraites des lointaines carrières (Assouan est situé à près de 800 kilomètres de la région memphite des pyramides), le transport fluvial sur le Nil était nécessaire, comme le confirme le journal de Merer², également connu sous le nom de « Papyrus Jarf ». C'est le nom donné à un journal de bord écrit vers 2560 avant notre ère, qui répertorie les activités quotidiennes des travailleurs ayant participé au transport de bloc de calcaire vers la pyramide de Khéops.

Le texte a été trouvé en 2013 par une mission française sous la direction de l'égyptologue Pierre Tallet, enterré dans des grottes artificielles qui servaient à entreposer les bateaux à Ouadi el-Jarf, face au fort de Tell Ras Budran situé de l'autre côté du golfe de Suez sur la côte de la mer Rouge.

² La période couverte par les papyri s'étend de juillet à novembre

Le transport par voie fluviale, parfaitement maîtrisé, était essentiel aux anciens Égyptiens. Ils avaient à leur disposition des embarcations spécialement adaptées aux lourdes charges (barges transportant des colonnes monolithiques et sans doute des blocs de granite à fond de cale ou suspendus dans l'eau entre deux embarcations), comme l'atteste le bas-relief de la chaussée d'Ounas ci-dessous.



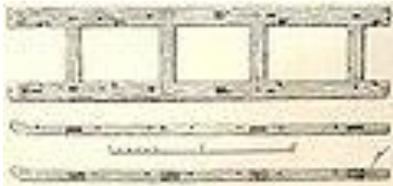
Barge de transport fluvial (Ounas)

L'activité atteignait son maximum durant la période des inondations, mais, afin de remédier aux difficultés liées aux périodes de décrue, une voie navigable avait été creusée parallèlement et à l'ouest du Nil, permettant aux convois de débarquer leurs lourdes charges dans les ports situés à l'emplacement des divers chantiers des temples bas. Environ tous les dix jours, deux ou trois allers-retours étaient effectués, expédiant peut-être trente blocs de deux à trois tonnes chacun, soit deux-cents blocs par mois. Une quarantaine de bateliers travaillaient sous les ordres de Merer. En barge, le voyage de Tourah à Gizeh s'effectuait en une journée.

De plus, en fournitures, il fallait tresser des dizaines de kilomètres d'épais cordages, fabriquer des milliers de ciseaux en cuivre : pour cela, en 20 ans, ils utilisèrent 250 tonnes de cuivre extrait des carrières du Sinäï.

En ce qui concerne la carrière d'Assouan, les 3 500 tonnes de granit expédiées pendant 12 ans, correspondent à 300 tonnes annuelles qui mettaient 30 jours pour descendre le Nil vers le nord jusqu'à Gizeh. Pendant que l'on construisait la pyramide, Hémionou envoyait en Phénicie, l'actuel Liban, des marchands pour échanger des papyrus, de l'or et des objets raffinés contre d'énormes troncs de cèdre, car le bois manquait en Egypte pour divers travaux du chantier et en particulier la construction navale et la fabrication des portes des temples.

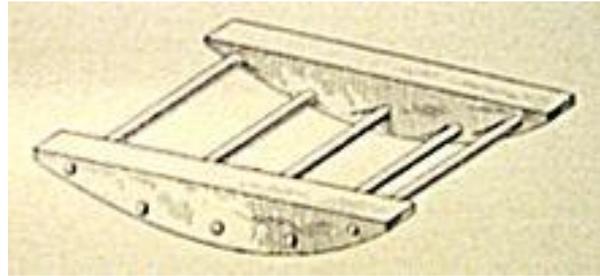
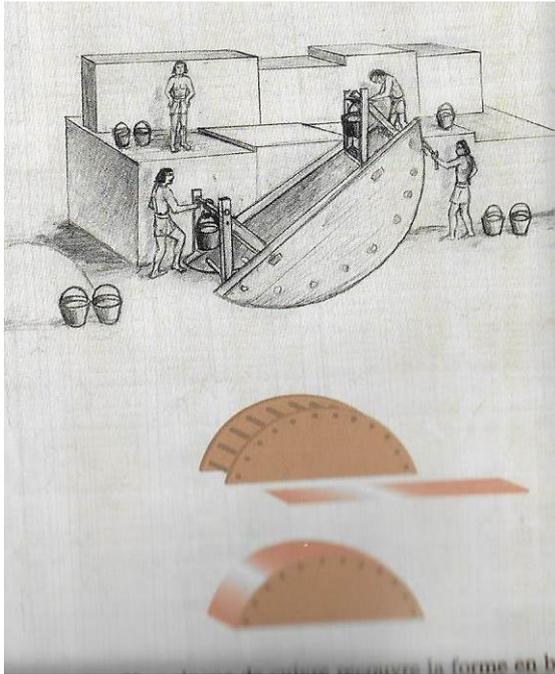
Sur terre, les blocs étaient tirés par des équipes d'hommes sur des traîneaux sous lesquels étaient glissés des rondins. Des bœufs pouvaient également tirer des charges lourdes.



Ils eurent aussi recours à des "chemins de boue" humidifiés avec de l'eau, qui permettaient de tirer assez aisément de lourdes charges.

L'Empire égyptien possédait une excellente administration faite de fonctionnaires sachant lire, écrire, compter et organiser le chantier. Le nombre de blocs nécessaires était calculé au préalable, et chacun d'eux portait une marque pour l'équipe chargée de son transport, et son emplacement dans la pyramide³. Pour éviter les encombrements sur le chantier, l'essentiel du travail d'équarrissage était réalisé dans la carrière.

³ Technique encore utilisée par les tâcherons des carrières des bâtisseurs de cathédrales au Moyen-Age.



Ascenseur oscillant

Il existe au Musée du Caire un instrument en bois (ci-dessus) appelé ascenseur oscillant, sorte de traîneau à patins courbes dont le bloc fixé sur le berceau oscillant s'élève grâce à des cales de plus en plus hautes posées sous chaque extrémité.

Cet appareil permettait de soulever des pierres de plusieurs tonnes ou des seaux remplis de sable d'un degré à l'autre de la pyramide, ci-dessus à gauche.

Des tests de faisabilité et de rapidité ont permis de considérer l'usage de cet outil comme possible. Utilisé à l'envers, ils servait de coffrages pour la construction de voûtes.

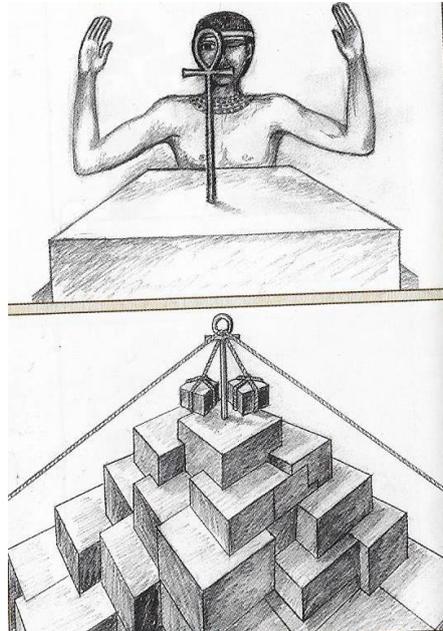
Le revêtement

La pyramide n'a pas alors la même apparence qu'aujourd'hui. Revêtue d'une couche de calcaire taillée, elle est lisse et blanche. Au cours des siècles qui ont suivi, le revêtement a été détaché et utilisé pour d'autres constructions.

Les pyramides étaient couvertes de blocs de calcaire fin et dur parfaitement taillés et polis, provenant des carrières de Tourah et d'El-Maasara.

Pour réaliser le revêtement, ils commençaient simultanément par les quatre coins à la base de la pyramide. Ainsi, pouvaient-ils vérifier en permanence le bon alignement des côtés. Une tige munie d'un cercle servait de visée. Fixée verticalement dans la pierre, elle permettait de vérifier chaque angle en tournant

la visée de 90 degrés pour s'assurer de l'alignement d'une autre arête. Un cordeau bien tendu contribuait à contrôler la rectitude de la visée. Faire converger les quatre arêtes de la pyramide sur un même point (le pointu du pyramidion) relevait de l'exploit !



Vérification des arêtes

La bataille des rampes

Il existe plusieurs modèles de construction des pyramides basés sur l'utilisation de rampes pour faire monter les blocs de pierres.

Dans tous les cas, l'acheminement se faisait par glissement avec traction humaine. Le sol est rendu glissant en utilisant de la boue ou de l'huile et les pierres sont tirées le long des rampes.

On retrouve des modèles avec des rampes frontales, en colimaçon et avec des rampes latérales. Chacun possède certains avantages pour aborder des aspects spécifiques mais ils expliquent mal l'élévation des très lourdes charges.

L'historien grec Hérodote (en -450) parle de leviers en bois pour hisser les pierres

Nous verrons que certains architectes imaginent sérieusement la possibilité de pierres tout simplement moulées, comme du béton.

Une découverte étonnante : une rampe à pente de 20% !!!

Les Égyptiens auraient disposé d'une technologie jusque-là insoupçonnée: ils pouvaient transporter des blocs sur une pente très raide à 20% (on monte de 20 mètres lorsqu'on avance horizontalement de 100 mètres)!

En effet, l'archéologue Yannis Gourdon relate ainsi sa découverte : *«Nous menons des fouilles dans les carrières d'albâtre sur le site de Hatnoub en Moyenne-Égypte (à plus de 200 km environ des grandes pyramides). Mais en creusant, nous avons découvert une rampe qui a toutes les caractéristiques permettant d'expliquer la construction des pyramides. Voir ci-dessous.*



La rampe que nous avons découverte présente une pente de 20% et mesure 3 mètres de large», raconte le chercheur français. *«Elle est flanquée de deux escaliers et il y a un système de trous au sol à intervalles réguliers qui permet d'y fixer des troncs.»*

Aucun chercheur n'avait envisagé que de tels blocs aient pu être transportés sur des pentes aussi importantes. Les scénarios les plus ambitieux décrivaient des rampes de 5 à 10% !!!

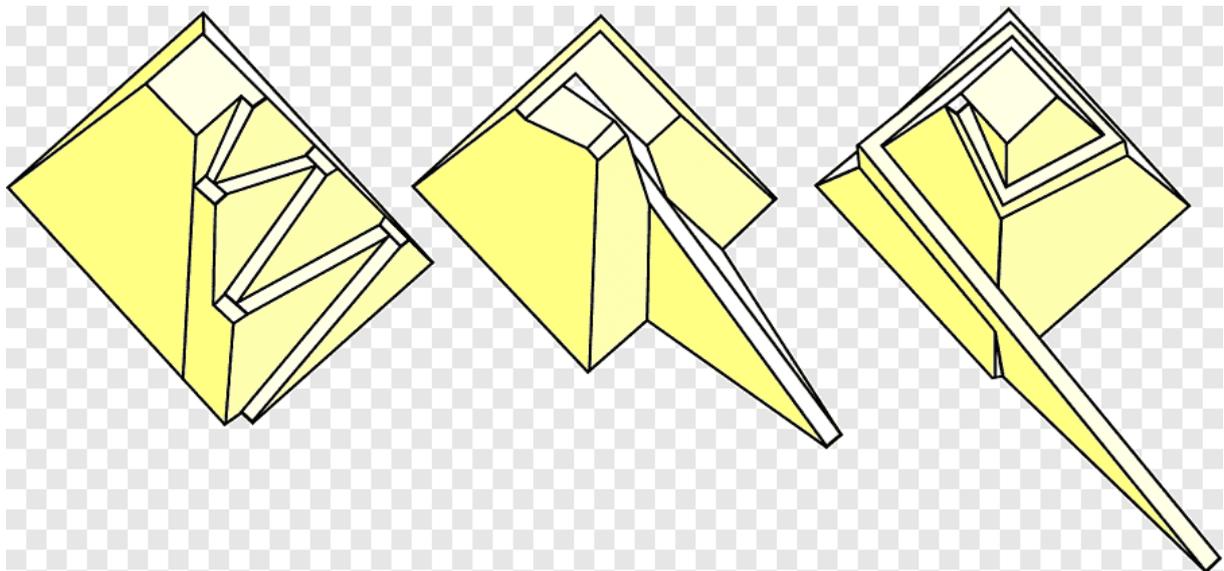
«Nous avons la preuve que cette rampe a été utilisée pour sortir les blocs d'albâtres au moins aussi lourd que le granit,» rajoute Yannis Gourdon. *«Rien ne nous empêche donc de penser que telles rampes ont été construites pour permettre la construction des grandes pyramides, puis supprimée en fin de chantier. Les traces d'outils ainsi que la présence de deux inscriptions découvertes au nom de Khéops sur l'une des parois de la rampe nous montrent qu'elle date au plus tard de la même époque que la pyramide de Khéops.»*

Les Égyptiens devaient transporter les blocs sur des traineaux. Les troncs de bois planté à la verticale tout au long de la rampe devaient à la fois empêcher les

blocs de reculer vers l'arrière, et servir de points d'appui pour hisser les traineaux avec un système de cordes. Les chercheurs vont désormais tenter de mettre au point des modèles pour essayer de reconstituer plus précisément la technique qui aurait pu être mise en œuvre.

Quatre scénarios étaient jusqu'alors envisagés pour la construction de Kheops:

- Une rampe en zig-zig sur une face est impossible !
- une rampe droite (mais qui aurait dû mesurer au moins 1 km de long avec des pourcentages compris entre 5 et 10%) ;
- une rampe coudée qui aurait fait le tour de la pyramide (mais là encore les contraintes techniques liées aux pourcentages maximaux envisagés rendaient sa construction impossible),
- et enfin l'hypothèse d'une rampe intérieure.



La théorie révolutionnaire de Jean-Pierre Houdin

Un chercheur français, Jean-Pierre Houdin, affirme qu'une rampe, en pierre et non en brique, a permis de construire le premier tiers de la pyramide (représentant les 2/3 du volume). Puis les pierres de la rampe auraient servi à terminer le haut de la pyramide. Les bâtisseurs utilisaient alors pour les monter un couloir en spirale, construit à l'intérieur de celle-ci. Cette théorie expliquerait le fait qu'on n'ait retrouvé aucune trace d'une rampe, même construite en brique, aux alentours des pyramides, alors même que certaines sont inachevées.

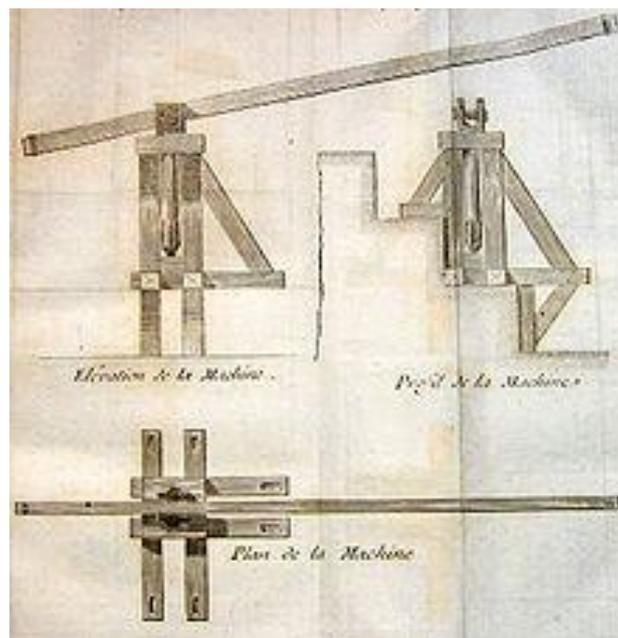
Enfin, certains chercheurs pensent que les Égyptiens ont construit le premier tiers de la pyramide (qui représente la plus grande quantité de pierres) grâce à une

rampe frontale, puis qu'ils ont eu recours à des systèmes de levage à base de levier pour le reste de la construction.

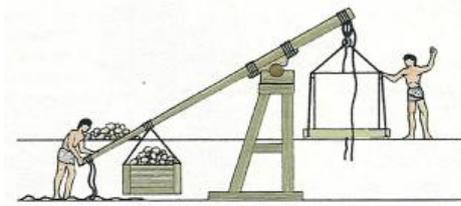
Machines d'Hérodote pour hisser les blocs d'un gradin à l'autre.

Lorsqu'Hérodote visite l'Égypte vers -450, le pays est sous domination perse depuis un peu moins d'un siècle (XXVIIe dynastie).

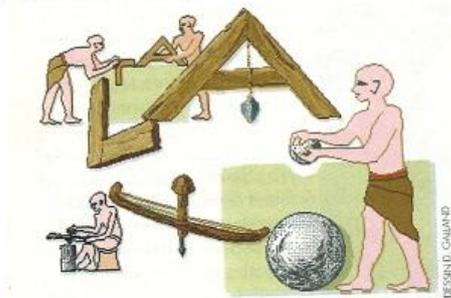
Selon lui : « *Les uns durent, depuis les carrières de la Chaîne Arabique, traîner jusqu'au Nil les blocs de pierre qu'on en tirait ; d'autres eurent la tâche de recevoir ces pierres, passées en barques sur l'autre rive, et de les traîner jusqu'à la montagne qu'on appelle la Chaîne Libyque. Cent mille hommes travaillaient à la fois, relevés tous les trois mois... Voici comment on construisit cette pyramide, par le système des gradins successifs que l'on appelle tantôt krossai (corbeaux), tantôt bomides (plates-formes). On la construisit 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 dans une autre machine installée sur le premier gradin, et on la tirait sur jusqu'au deuxième gradin, où une troisième machine la prenait. »*



Interprétation du témoignage d'Hérodote (gravure du XVIIIe siècle)



Machine à contrepoids pour l'élévation de blocs.
(D'après J.P. Adam)



Quelques outils simples utilisés par les ouvriers : fil à plomb, foreuse à archet, boule de dolérite pour dégrossir le granit

Le 30 mars 2007, Dassault Systèmes, l'un des premiers éditeurs mondiaux de solutions 3D, et l'architecte Jean-Pierre Houdin dévoilent la première théorie consacrée à la construction de la pyramide de Kheops validée scientifiquement.

Cette théorie repose sur trois piliers :

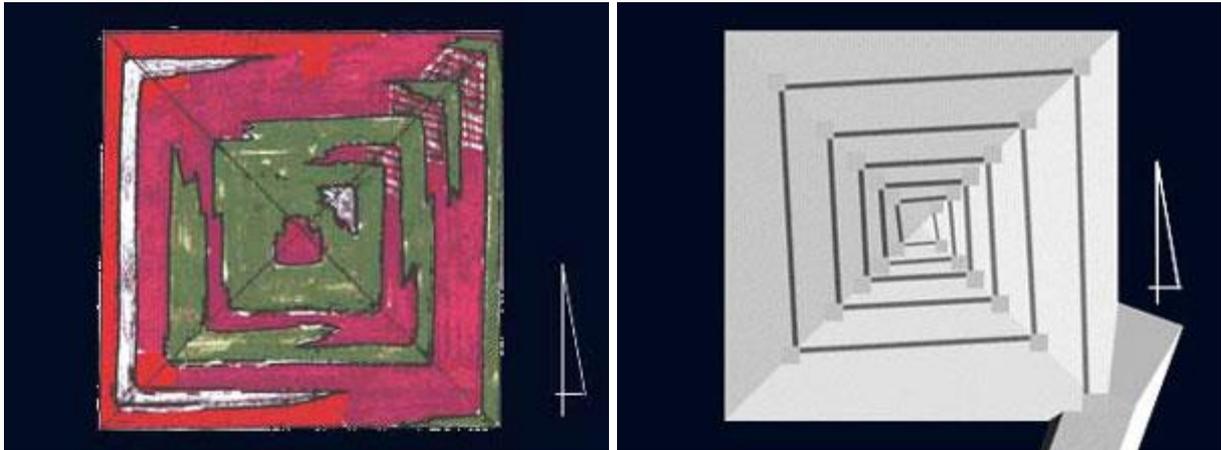
- L'utilisation d'une rampe extérieure pour construire les 43 premiers mètres de la pyramide, soit 65% du volume de la pyramide.
- L'utilisation d'une rampe interne en spirale courant sous les faces de la pyramide pour la terminer.
- L'utilisation de la grande galerie au service d'un astucieux système de contrepoids pour hisser les lourdes poutres de granit (jusqu'à 63 tonnes) des plafonds de la Chambre funéraire du Roi.

La collaboration entre Jean-Pierre Houdin et Dassault Systèmes s'inscrivant dans une démarche scientifique, la prochaine étape consistera à effectuer une mission sur le terrain, afin d'apporter la preuve formelle à cette théorie.

Des preuves

- Sur le plateau de Saqqâra, à Abu Ghurab, le temple solaire de Niuserre, pharaon de la Ve dynastie (qui a aussi construit une pyramide à Abousir), est démantelé mais, comme l'indique un ancien plan de sa construction, Jean-Pierre Houdin et Bob Drier y ont retrouvé les restes d'une rampe intérieure, preuve que les Egyptiens savaient utiliser ce type de structure.
- Une campagne de recherche par microgravimétrie engagée en 1986/87 sous l'égide de la Fondation EDF a permis de connaître plus précisément la densité de la pyramide qui est plus proche de 2t/m³ que des 2,5t/m³ jusqu'alors estimés : il manque donc 15% de la masse. Mais l'objectif de cette campagne étant de rechercher une hypothétique chambre funéraire proche de la Chambre de la Reine,

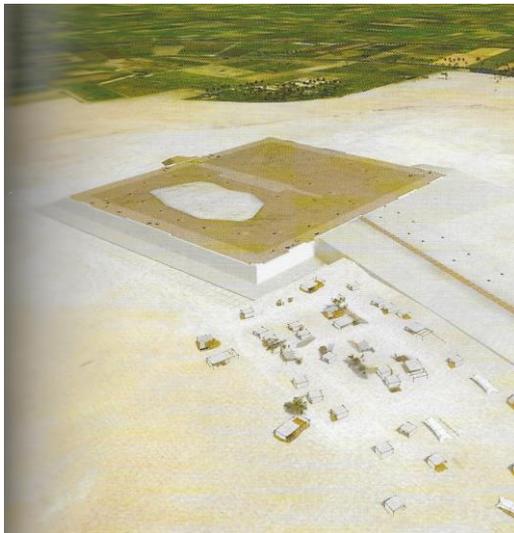
les résultats furent jugés décevants, bien que d'importantes anomalies fussent détectées :



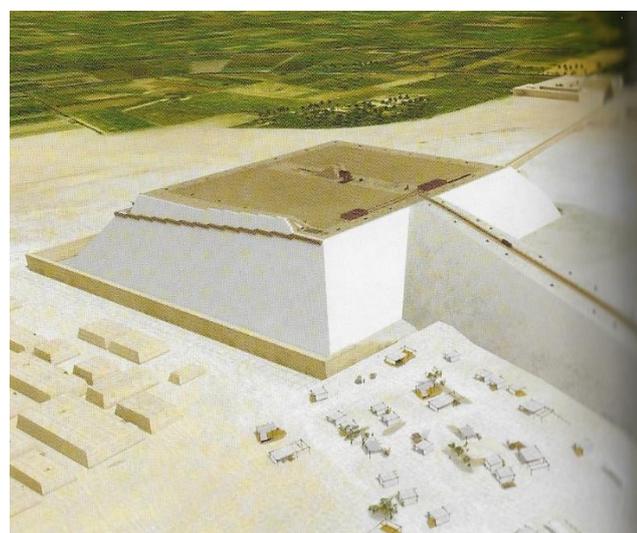
Ci-dessus à gauche, interprétation des mesures de microgravimétrie de la campagne de recherche de 1986 : en vert les zones de faible densité pouvant traduire la présence de cavités.

Ci-dessus à droite, plan du parcours intérieur de la rampe, selon Jean-Pierre Houdin.

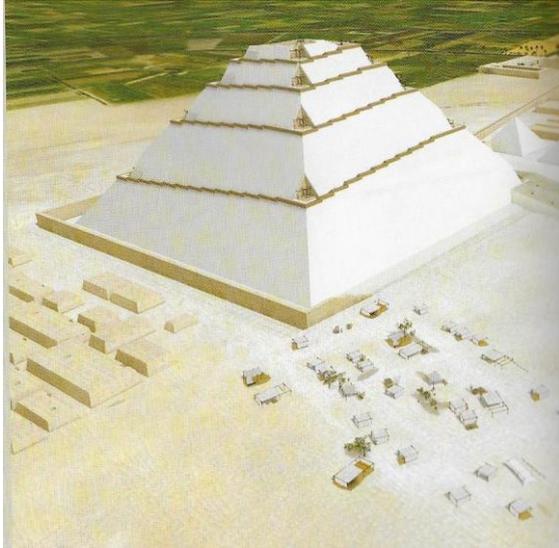
Voici, ci-dessous les différentes étapes chronologiques de la construction de la pyramide de Khéops selon Jean-Pierre Houdin :



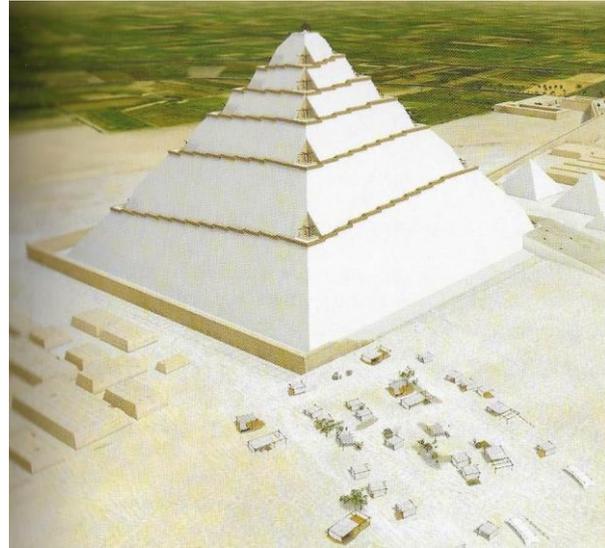
+ 5 ans. Les premiers blocs sont en place. Le socle rocheux blanc, de 7 m de haut, est visible.



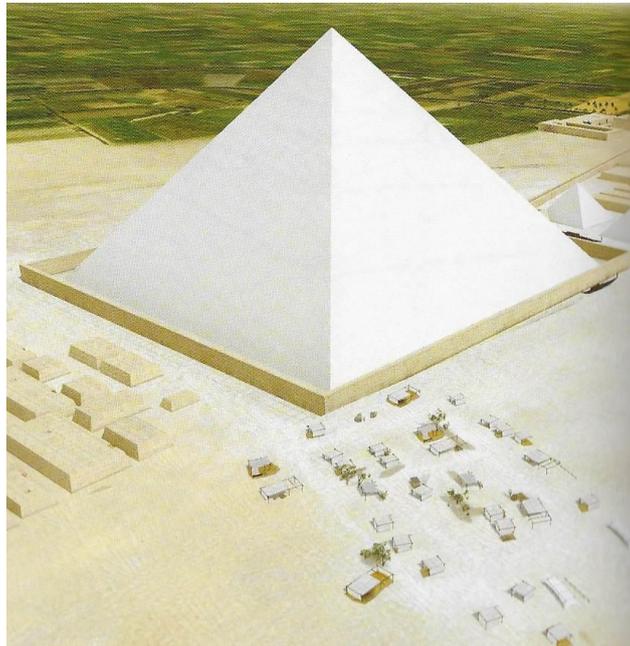
+ 15 ans. Niveau + 43 mètres la rampe extérieure est Toujours utilisée.



+ 19 ans. La chambre du roi est terminée.
La rampe a été démantelée.

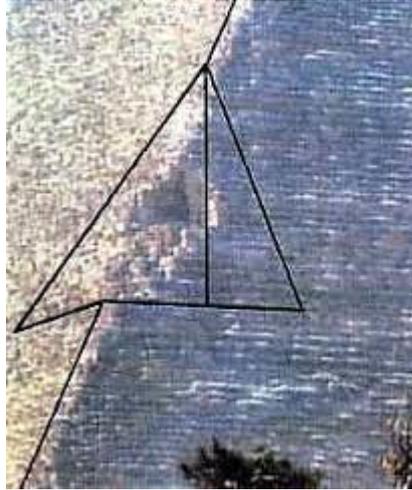


+ 20 ans. Le chantier est presque fini.

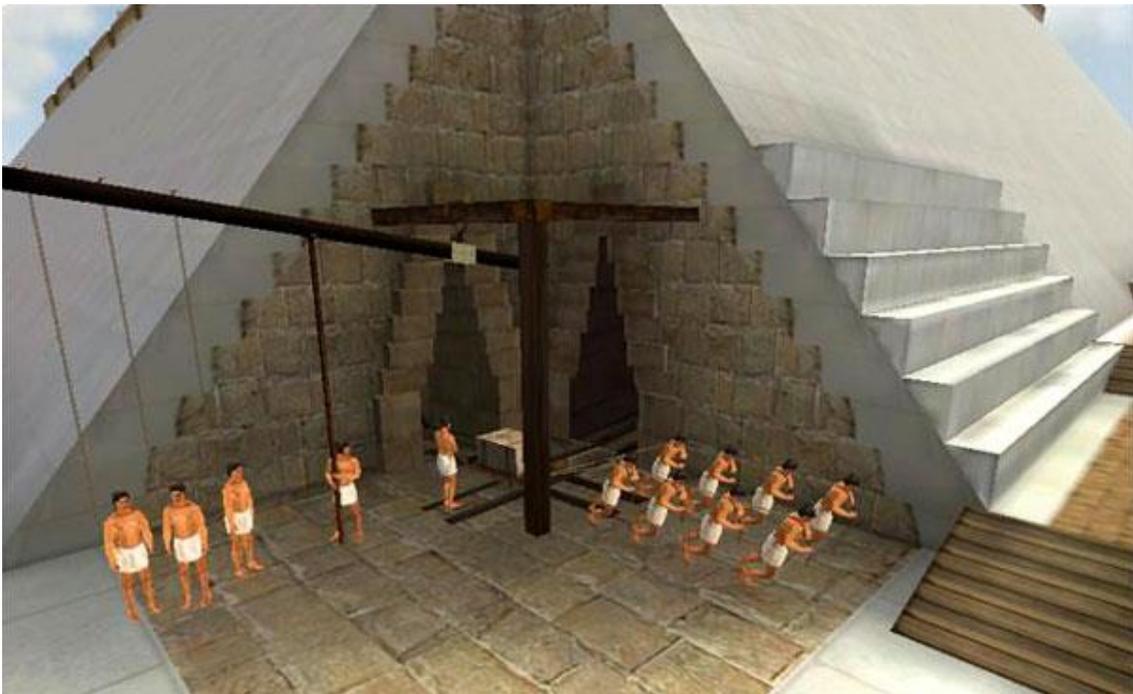


+ 21 ans. La pyramide est terminée. Le parement est d'un Blanc éclatant.

Une encoche dans l'arête nord-est de la pyramide (ci-dessous) a permis à Jean-Pierre Houdin de confirmer son hypothèse de rampe interne.



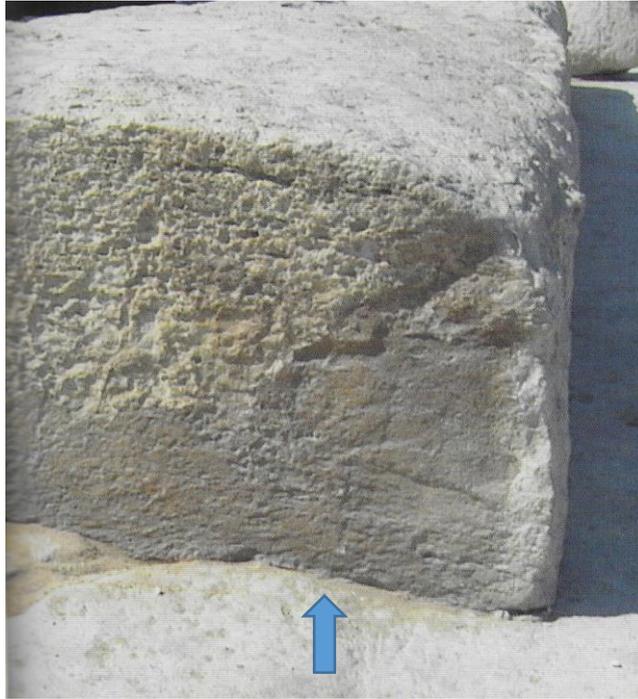
Chaque côté mesure environ trois mètres par trois mètres pour une hauteur de 2,25 m. Cet espace est en retrait de près de neuf mètres des faces d'origine ; selon l'architecte, il s'inscrirait dans la continuité des rampes intérieures au point de rotation des traîneaux.



Compte tenu de la présence de l'encoche, Jean-Pierre Houdin a reconstitué ci-dessus un palier formant comme une encoche dans l'angle de la pyramide qui permettrait de tourner les blocs pour poursuivre l'ascension. (© Dassault Systèmes).

Théories des pierres moulées

Comment est-il possible que les pierres de la première assise des pyramides (voir flèche ci-dessous) épousent de façon parfaite la plateforme rocheuse ? Pour tailler le dessous d'une pierre, il faudrait la maintenir en suspension, puis la monter et la descendre jusqu'à ce que l'ajustage soit parfait.



Même interrogation pour les Incas, qui occupaient la région du Machu Picchu, située aux marges des Andes et de la forêt amazonienne. Ils ont conçu une architecture, faite de pierres en granit parfaitement jointoyées, qui suscite de nos jours des interrogations qui restent sans réponses.



Mur de pierres en granit ajustées avec précision à Machu Picchu.

Selon la théorie des pierres calcaires moulées une partie des blocs des pyramides d'Égypte n'auraient pas été taillés mais moulés, à la manière du béton.

Depuis 1978, le professeur Joseph Davidovits, ingénieur chimiste, développe une théorie selon laquelle les pyramides égyptiennes seraient non pas faites de blocs de pierre taillée mais de pierre réagglomérée : du calcaire naturel désagrégé, mélangé à un liant, puis moulé.

En 2006, les conclusions concordantes d'une équipe de chercheurs de l'université de Drexel, menée par Michel Barsoum, ajoutent du crédit à cette thèse.

En 2012, une étude scientifique publiée dans la revue scientifique Europhysics News, met en évidence le caractère artificiel d'une partie des pierres des pyramides égyptiennes.

Depuis 2001, le Français Joël Bertho ⁴architecte des structures, propose une théorie sur la pyramide en pierre reconstituée.

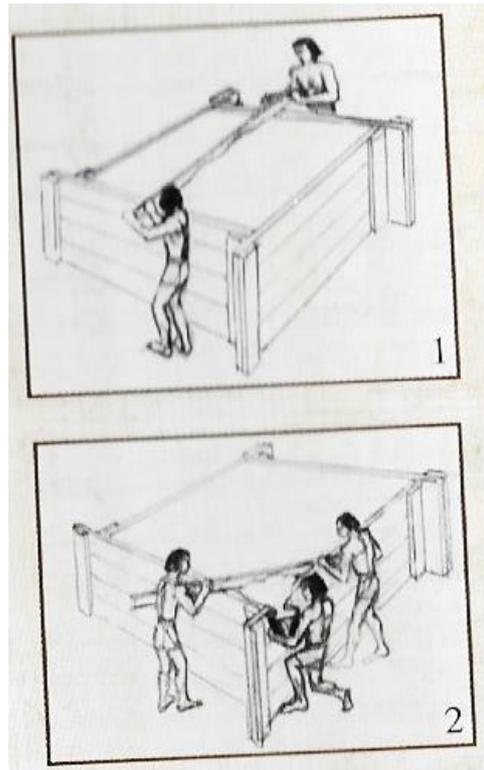
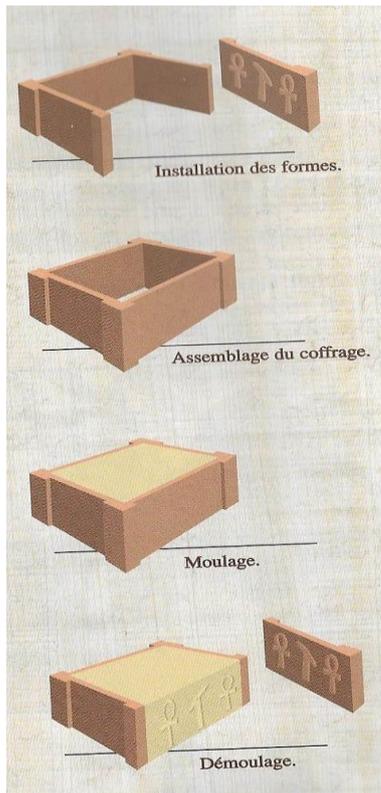
Selon celui-ci, les Egyptiens avaient des connaissances techniques et les possibilités matérielles de réaliser des pierres reconstituées, moulées sur place, aux dimensions voulues. Grâce à la fabrication de la brique crue, couramment utilisée pour la construction de leurs habitations, ils maîtrisaient parfaitement la technique du moulage. Pour réaliser une pierre reconstituée, ils broyaient et tamisaient du gypse puis le déposait dans un four pour le calciner et obtenir de la chaux. Ils rajoutaient de l'eau pour obtenir une pâte homogène à laquelle ils rajoutaient du natron, du calcaire broyé et du sable. Ils versaient ensuite cette préparation dans un coffrage en bois. Ils obtenaient ainsi un mélange aussi dur et résistant que la pierre et qui épouse parfaitement le substrat sur lequel il est coulé.

Les pierres des pyramides de Gizeh renferment des traces étrangement imbriquées pour des pierres calcaires naturelles. Joël Bertho signale avoir observé, à l'aide d'un microscope électronique à balayage, une lame mince d'un échantillon provenant de la pyramide Rouge de Dahshour. Elle révèle « *des petits grains de minéraux bien calibrés, séparés par un ciment de calcium (chaux). Les grains d'une roche sédimentaire, en se déposant, seraient soudés les uns aux autres. L'observation d'une pincée de sable provenant du même lieu présente des particules non calibrées. Il s'agit donc de pierre de carrière broyée, ou de sable ramassé au sol, tamisé et lié par un ciment de chaux, mais en aucun cas de roche naturelle* »

De récentes recherches ont montré que la densité des pierres calcaires du sommet de la pyramide de Khéops est inférieure à la normale.

Cela laisse supposer une nature artificielle !

⁴ Bertho Joël, « La pyramide reconstituée », Editions Unic.



Coffrage et décoffrage.

Moulage et surfacage

En conclusion, les Egyptiens n'ont pas usurpé leur réputation de grands bâtisseurs. L'hypothèse de l'intervention d'extraterrestres est à exclure, celle de civilisations disparues reste à démontrer. Ce peuple eut la chance de développer, autour du pharaon, une société hiérarchisée, laborieuse, fascinée par le beau et le grandiose. Remarquables observateurs du monde qui les entourait, ils surent, avec patience, expérimenter, corriger leurs erreurs et tout noter pour transmettre aux générations futures des monuments destinés à durer « des millions d'années ». Par contre, pour des raisons inconnues, s'ils notaient tout, ils ont volontairement omis de nous transmettre les plans de leurs palais et pyramides... Les meilleurs scientifiques actuels, admiratifs et éblouis, ne peuvent que proposer des solutions séduisantes mais qui demeurent incertaines et réclament encore et toujours des preuves incontestables !

Sources :

- Guide de l'Égypte ancienne - Aude Gros de Beler et Jean-Claude Golvin (éditions Errance)
- Revue Ostrakon printemps 2006 : How the pyramids were built : where the evidence and lack of evidence lead. Charles Rigano.
- Science&Vie décembre 2006.
- Le Point - hors-série : l'Égypte pharaonique nov-déc 2007
- Maspero Guy, L'Archéologie égyptienne, Edition originale.
- Houdin Jean-Pierre, « Le secret de la Grande Pyramide », Fayard
- Bertho Joël, « La pyramide reconstituée », Editions Unic