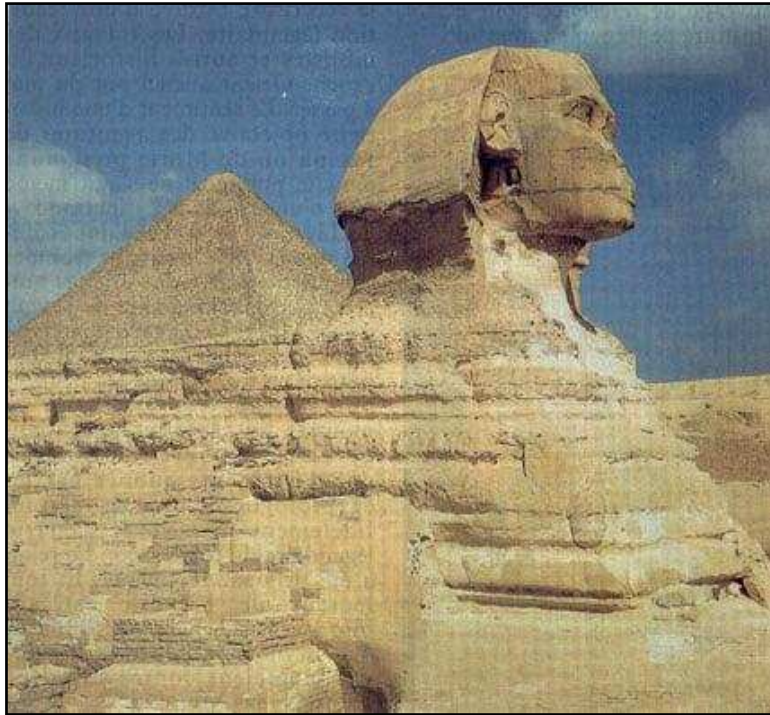


Pierre CROZAT, ©

Architecte-Urbaniste EPF-L (1971)

Dr. Ingénieur INPL/ENSMN (2002)



« SYSTÈME CONSTRUCTIF DES PYRAMIDES »

1997-ISBN - 2-88382-065-1

LE GÉNIE DES PYRAMIDES

« LE GENIE DES PYRAMIDES »

2002- ISBN - 2-84454-161-

CONDENSÉ

F -39380 LA LOYE, 2017

pierre.crozat@free.fr

Table des matières

RÉSUMÉ.....	3
ETUDES PRELIMINAIRES à l'EPF-L (Suisse) (1994 1997).....	5
• UNE RECHERCHE « SCIENTIFIQUE, TECHNIQUE etOPERATOIRE ».....	6
• LE PROCÉDÉ « D'ACCROISSEMENT PYRAMIDAL ».....	7
• HYPOTHESE GEOLOGIQUE.....	14
• CONTINUUM TECHNIQUE DES OUVRAGESTUMULAIRES	17
LES ETUDES POSTDOCTORALES (2003-2015)	20
SIMULATION 3D de la « PALEO-TOPO-STRATIGRAPHIE » du PLATEAU de GIZEH	23
CONFERENCE PUBLIQUE au Centre de Documentation du Patrimoine Culturel et Naturel - CULTNAT à Smart Village, Le Caire - Egypte	26
LE PROJET SCANPYRAMIDS (02/11/2017)	26
LETTRE OUVERTE : mon interprétation du possible « grand vide » dans la pyramide de Khéops (fac-similé du courriel original).....	28
NOTES.....	32

Table des illustrations

Figure 1 : Possibles rampes proposées dans les théories rampistes.....	5
Figure 2 : Possibles machines proposées dans les théories machinistes.....	5
Figure 3 : Simulation de la rampe frontale dans le site.....	5
Figure 4 : bras de levier sur trépied proposé par J-P. Adam, si le principe et l'échelle.....	6
semblent juste, le contrepoids pourrait être constitué d'ouvriers "vivants" servant de poids mort !	6
Figure 5 - Les trois pyramides lisses sur le plateau de Gizeh sont situées au milieu des carrières d'où proviennent les matériaux avec lesquels elles furent construites.....	7
Figure 6 : Reconstitution du site de Gizeh, proposée par G. Goyon.	7
Figure 7 : élever et reposer un bloc sur deux autres blocs constitue un algorithme (de Crozat).....	8
Figure 8 : Modélisation au 1/10 et au 1/3.....	8
Figure 9 : modélisation du procédé "d'accroissement pyramidal", par enveloppes successives, à partir d'un pyramidion élémentaire(4+1) au centre de la base, face par face, bloc par bloc selon l'algorithme	9
Figure 10 : par anticipation de la construction sur une face, on peut réaliser un faisceau de plans inclinés, un couloir, une chambre qui se retrouveront à l'intérieur de la pyramide, par la poursuite de la construction sur les quatre faces	9
Figure 11 : le faisceau de plans inclinés permet de mettre en place, par glissement, l'ensemble des monolithes (30T en moyenne) de la chambre du roi, des rehausses et de l'arc de décharge qui correspond au dernier plan incliné possible depuis le pied de la pyramide.	10
Figure 12 : un extraordinaire ascenseur oblique, avec crémaillère, contrepoids (blocs tampons)	10
Figure 13 : disposition des blocs sur l'arête S-O et sur le sommet (à remarquer les entailles).....	11
Figure 14 : restitution du sommet écrêté de Khéops et interprétation - une couleur par face - par l'auteur	11
Figure 15 : Mykérinos, dernière enveloppe en granit "ravalée".	12
Figure 16 : Schéma de la relation entre les carrières successives et les enveloppes successives construites sur la base d'une carrière de surface double de celle de la pyramide, en coupe. (hypothèse énoncée dès 1997).	12
Figure 17 : reliquats de carrières au pied de Khephren, et à l'angle N-W de Mykérinos (ensablée).....	13
Figure 18 : Schéma théorique de répartition des réseaux de fracturation naturelle des roches.....	13
Figure 19 : Schéma du double système de fracturation naturelle des roches appliqué sur plateau de Gizeh (hypothèse à développer et vérifier in situ).	14
Figure 20 : Tableau synthétique de la géologie structurale et stratigraphique du plateau de Gizeh.	16
Figure 21 : Photo aérienne du "temenos" de Khéops, montrant la fracturation primaire transversale (perpendiculaire à l'axe du pli) et l'exploitation de carrière des blocs de pierre selon la fracturation secondaire (diagonale par rapport à l'axe du pli)	17
Figure 22 : Tumulus- Tombe Maeshowe (îles Cyclades) et Dolmen de la Joselière à Pornic (France).18	
Figure 23 : Cairn de Barnenez (génie religieux)et Aire de battage de Cipierre (génie rural)	18
Figure 24 : Schéma "d'accrétion-exhaussement" d'une pyramide à degrés quelconque (type Saqqarah)	19
Figure 25 : Schémas comparatifs du mode de construction des pyramides à degrés (par degrés) :.....	19
Figure 26 : Panneau explicatif des phases de construction de la pyramide (en maquette).....	20
Figure 27 : Découverte des tectoglyphes sur le socle de Chéphren (R. Perrier & P. Crozat – 2005)	21
Figure 28 : fabrication d'un pic et essais opératoire d'extraction - démisage.....	21
Figure 29 : Superposition de l'orthophotoplan et de la photographie satellite.....	22
Figure 30 : Coupes Transversales 2D sur la diagonale des 3 pyramides de Gizeh.	22
Figure 31 : Coupe sur l'Allée montante de Chéphren démontrant que le Temple haut et bas et la tête du Sphinx appartiennent à la couche (7') Auversien 'a) calcaire dur à petites Nummulites & Curvispira	24
Figure 32 : Coupe sur le Mastaba de Khent-Kawes	25
Figure 33 : Coupe sur le Sphinx : sa tête est de l'Auversien.....	25
Figure 34 : la pyramide de Khéops photographiée de nuit (par J. Kérisel).....	31

RÉSUMÉ...

Depuis bientôt 5000 ans qu'elles furent édifiées, le mode de construction des pyramides d'Egypte demeure, aujourd'hui encore, une véritable énigme, que les technologies contemporaines sont incapables de résoudre. Les théories avancées jusqu'à ce jour par les différents auteurs s'opposent et ne sauraient satisfaire pleinement le praticien de l'Art de bâtir. Aucune n'offre une approche véritablement scientifique, technique et opératoire, pas plus qu'un quelconque élément de preuve tangible.

Le « défi » que P. Crozat se lance à lui-même, sur le Plateau de Gizeh : « si je devais construire une pyramide : comment ferai-je ? » lors d'un voyage touristique familial en 1990.

Dans cet article sera développée la méthode de construction des grandes pyramides lisses de la IV^{ème} dynastie, essentiellement les trois pyramides de Gizeh et particulièrement celle de Khéops, la plus "énigmatique" du fait de ses dispositifs intérieurs, en fait paradoxalement la plus "révélatrice" du "Système constructif des pyramides"¹. Il sera complété par la suite de ses recherches : thèse, études postdoctorales, etc.

Les études préliminaires (1992-96) : pour s'obliger à développer son intuition première « vernaculaire » de la compréhension de l'ensemble du site, depuis devant le Sphinx, P. Crozat s'inscrit en thèse de doctorat en Architecture à l'EPF-L auprès de son ancien Prof. F. Aubry, spécialiste de la construction « vernaculaire ».

Pour l'auteur, les pierres de la pyramide ne sauraient venir "*d'Arabie, de très loin*" et la construction ne peut avoir été réalisée à l'aide "*des levées de terre*", à l'instar des écrits de Diodore de Sicile, mais en empruntant les matériaux alentour au plateau de Gizeh et en application d'une méthode de construction dite "d'accroissement pyramidal", suggérée par la "machine" dont nous parle Hérodote.

En se posant la question en praticien "si je devais construire une pyramide", alors s'enclenche un raisonnement de constructeur, basé sur la nécessité pratique : recherche des matériaux nécessaires, d'un site d'implantation, d'une méthode constructive, d'une organisation du travail, du chantier, de l'intendance. Ces questions trouvent alors leurs réponses dans les différentes disciplines qui concourent à l'Art de bâtir.

Le principe premier : "exploiter la pierre alentour et la mettre en tas au centre", le mode opératoire : "poser un bloc sur deux autres, en encorbellement, et de façon additive et récurrente", le système constructif : "bloc par bloc, face par face, par enveloppes successives" définissant ainsi "l'accroissement pyramidal", fonction par obligation des caractéristiques techniques et dimensionnelles des matériaux utilisés et donc du gisement sur place et de son mode d'exploitation, fonction lui-même du système de fracturation naturelle des roches imposée par la tectonique et la géologie. Ceci nécessitera l'invention de l'outillage adapté, à l'extraction, au bardage, à la mise en œuvre et à l'appareillage.

Ce système constructif peut être modélisé, aujourd'hui comme hier, il permet de construire "en pyramide" dès le début et de réaliser "corollairement" l'ensemble des dispositifs intérieurs de la pyramide de Khéops, à ciel ouvert, au fur et à mesure de l'érection de l'édifice. Dispositifs qui seront ensuite englobés dans la pyramide par la poursuite de la construction sur les quatre faces. La Grande Galerie peut alors être interprétée de façon purement utilitaire, comme un "extraordinaire ascenseur oblique", permettant de hisser les 52 monolithes de granite de la chambre du Roi, jusqu'à 65 m de hauteur.

Différents éléments de preuves sont apportés par l'auteur, les preuves définitives existent, qui sont alors à rechercher et à vérifier in situ : sur le plateau (analyse de la fracturation naturelle des roches du gisement), sur la pyramide (observation de la disposition des blocs du sommet et des arêtes) et dans la pyramide (examen des dispositifs intérieurs). La description fournie par Hérodote², aujourd'hui écartée parce qu'incomprise, s'avère technique, précise, exacte. Elle est corroborée par la modélisation, l'expérimentation et l'observation, et redonne toute leur valeur aux observations de R. Lepsius et aux intuitions d'A. Choisy. Ce mode de raisonnement permet de situer les grandes pyramides lisses à

l'intérieur d'un "continuum technique", dès le premier épierrement agricole du néolithique, basé sur une méthode universelle de construction dite "d'accrétion - exhaussement" qui génère, ordonne et formalise l'ensemble des édifices tumulaires, y compris les pyramides à degrés, dans le temps et dans l'espace.

Cette approche est novatrice et prédictive, qui consiste donc, pour l'essentiel, à la mise en évidence des questions pratiques et des réponses apportées par les différentes disciplines scientifiques, techniques et opératoires, et leur mise en corrélation, au travers d'une vision généraliste, logique et cohérente de "l'Art de bâtir".

Elle demande à être complétée et vérifiée par la communauté internationale. Ce travail est un apport rationnel à l'Histoire des Techniques, à l'Egyptologie et à la Culture en général. Il devrait relancer le débat, sinon le clore, sur le mode de construction des pyramides, et permettre une relecture des premiers chapitres de l'histoire du Génie des Ouvrages et de l'Art de bâtir, au travers de l'étude préalable des Gisements, des Matériaux, des Techniques, des Méthodes, des Appareillages et des Outillages, facteurs génériques des Formes Architecturales.

ETUDES PRELIMINAIRES à l'EPF-L (Suisse) (1994 1997)

Depuis 5000 ans, le mode de construction des grandes pyramides d'Egypte demeure une énigme, et les différentes et nombreuses solutions proposées ne peuvent nous satisfaire. Les technologies modernes sont tout aussi inopérantes.

Dès l'Antiquité, deux modèles interprétatifs s'opposent : théories « machinistes »³ à l'instar d'Hérodote, contre théories " rampistes " ⁴ à la suite de Diodore de Sicile⁵. - les théories « machinistes » se sont bornées à rechercher la " machine " capable d'élever un bloc de la hauteur d'une assise, sans envisager le "système de constructif" dans son ensemble, elles sont incapables de mettre en place les monolithes de granite qui couvrent la chambre du roi Khéops, situés entre 45 et 65m de haut dans la pyramide.

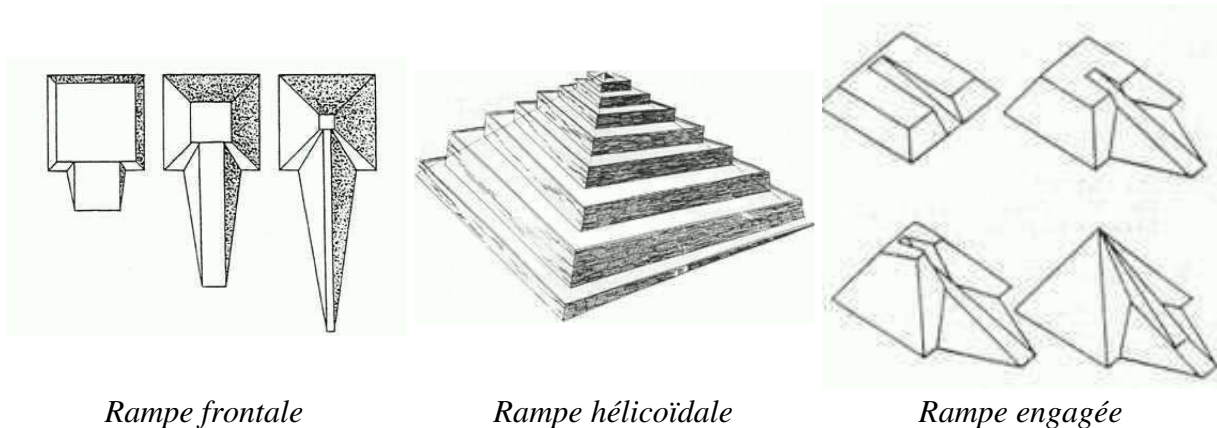


Figure 1 : Possibles rampes proposées dans les théories rampistes

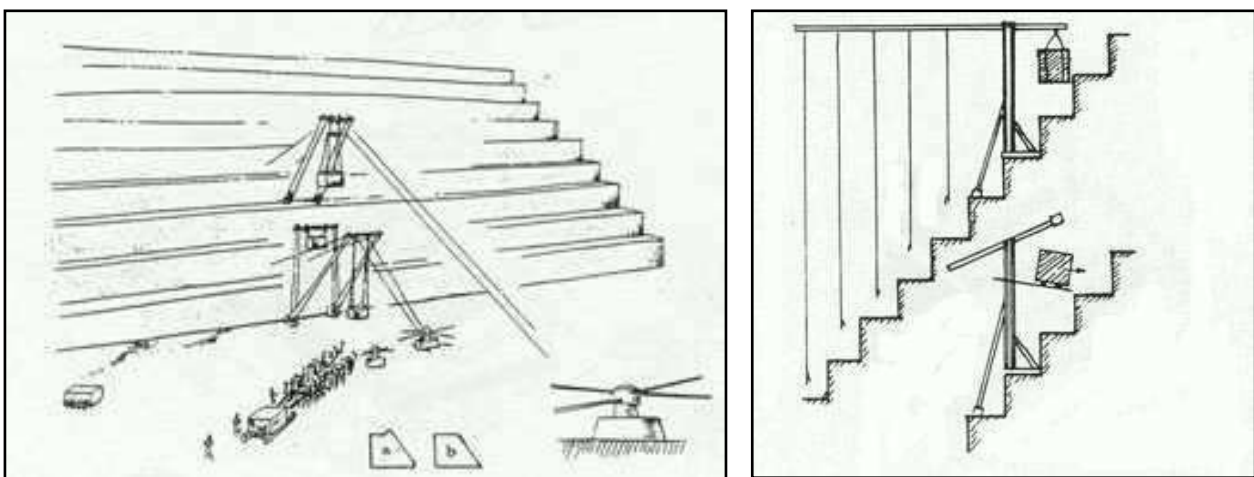


Figure 2 : Possibles machines proposées dans les théories machinistes

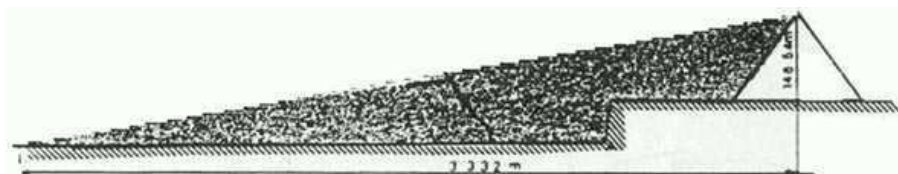


Figure 3 : Simulation de la rampe frontale dans le site

Aucune de ces théories ne donne pleinement satisfaction à l'architecte - ingénieur praticien - car avant d'être "objet" d'archéologie et d'égyptologie, le "sujet" relève avant tout, par essence, de la Construction, Génie civil et Architecture dont les logiques demeurent immuables : économie d'effort et de moyens, évolutivité technologique et structuration des tâches.

- d'une part, il ne peut admettre les solutions " rampistes " ou "mixtes"⁶ par trop contraire de l'Art de bâtir. Il refusera, et la provenance éloignée des matériaux, et le principe d'un quelconque ouvrage annexe, et la banalisation des tâches, que supposent ces théories ; de plus toutes ces théories « rampistes » quelles qu'elles soient, de la plus simpliste (rampe « frontale » de J-PH. Lauer) » à la plus sophistiquée (rampe « hélicoïdale intérieure » de J-P. Houdin) nécessitent la réalisation préalable d'une plateforme horizontale d'assiette, sur un site comportant un pendage de 10%. Que faire de ces matériaux de déblai ?
- d'autre part, si tout un chacun admet possible l'utilisation d'une « machine » levier, les théories "machinistes" demeurent par trop embryonnaires.

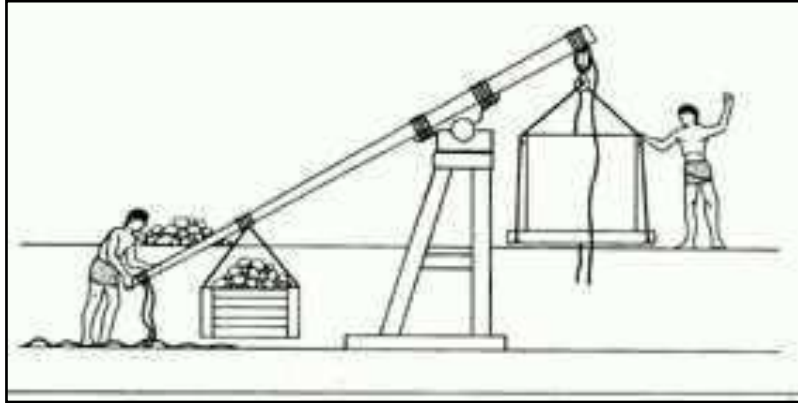


Figure 4 : bras de levier sur trépied proposé par J-P. Adam, si le principe et l'échelle semblent juste, le contrepoids pourrait être constitué d'ouvriers "vivants" servant de poids mort !

- les théories « rampistes » proposent de hisser par glissement sur une rampe ou « levée de terre », les monolithes et l'ensemble des matériaux nécessaires. Cet ouvrage annexe, qu'il faudra ensuite faire disparaître, nécessitera plus de travail que la pyramide elle-même.
- une troisième famille de théories « mixtes » propose de réaliser une rampe jusqu'au niveau de la chambre du roi puis d'utiliser un levier.

• **UNE RECHERCHE « SCIENTIFIQUE, TECHNIQUE et OPERATOIRE »**

La présente recherche est réputée scientifique dans sa méthodologie, technique dans son domaine d'application et opératoire dans la détermination des savoir-faire des gestes et des outils.

Elle s'inscrit dans la suite des théories « machinistes », s'attachant à développer le « système constructif » dans son ensemble - ce qui est novateur - le tout assemblé en un raisonnement logique et cohérent.

Elle repose sur les connaissances enseignées et les savoir-faire pratiques, sur la référence à modèle "original interactif et prédictif" et sur la vérification par l'observation archéologique de l'ouvrage et de son environnement, in situ.

Elle repose sur trois postulats fondamentaux :

- les matériaux de gros œuvre sont empruntés sur place, au plateau de Gizeh selon le principe "exploiter alentour pour foisonner au centre", les monolithes de granite provenant d'Assouan à 850 km en amont sur le Nil ;
- la méthode de construction est obligatoirement simple, efficace, répétitive et économe en travail, basée sur le principe "toujours construire sur ce qu'on vient de construire";
- l'outillage doit être simple d'utilisation et facile à réaliser, dans le contexte technologique de l'époque⁷.

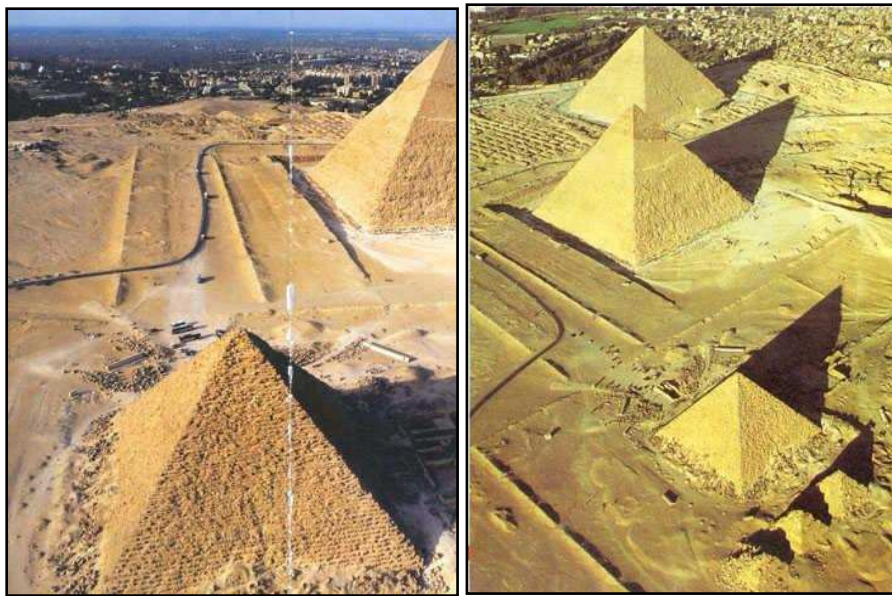


Figure 5 - Les trois pyramides lisses sur le plateau de Gizeh sont situées au milieu des carrières d'où proviennent les matériaux avec lesquels elles furent construites.

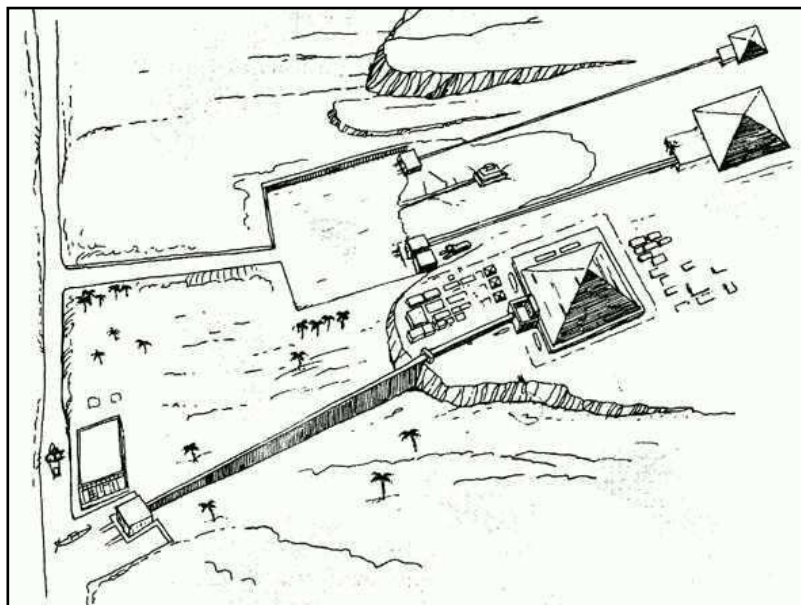


Figure 6 : Reconstitution du site de Gizeh, proposée par G. Goyon.

• LE PROCÉDÉ « D'ACCROISSEMENT PYRAMIDAL »

Préalablement, il convient d'observer un "distinguo" entre les blocs de calcaire (de 2,5 tonnes en moyenne) qui constituent le massif de gros œuvre de la pyramide d'une part, et d'autre part les 52 monolithes de granite (de 30 tonnes en moyenne) qui couvrent la chambre du roi. En toute logique, ces deux types de blocs ne peuvent être mis en œuvre selon la même technique de transport-levage :

- les premiers sont soulevés d'une assise sur l'autre à l'aide d'une simple "*machine faite de courtes pièces de bois* » (dixit Hérodote) : un levier sur un trépied, générant un système en escalier,
- les seconds doivent être hissés par glissement sur des plans inclinés qui seront réalisés, au moment opportun, par anticipation de la construction sur la face nord, en application du système,

- enfin, une troisième sorte de pierre - calcaire ou granite - constituant la dernière enveloppe, posée selon le système et ensuite ravalée : « *on acheva donc la pyramide en commençant par le sommet et les étages inférieurs jusqu'à la base de l'édifice* » (dixit Hérodote).

La méthode de construction est un véritable "système constructif" dit "procédé d'accroissement pyramidal", basé sur :

- un mouvement élémentaire d'un bloc calcaire de 2,5 t consistant à :
- élever de la hauteur d'une assise - soit en moyenne 0,7 m - à l'aide d'une machine de bois : un levier sur un trépied
- et poser en recouvrement sur deux autres blocs préalables
- sans oublier de le décaler, en "encorbellement" du côté interne correspondant à un "entablement" coté externe de l'édifice

Cette disposition est classique de l'appareillage à joints croisés, dans les deux directions, ce qui assure la meilleure cohérence de l'édifice. Elle nécessite néanmoins une suggestion d'assise de chaque bloc qui, nous le verrons par la suite, ne sont pas réguliers.

- la répétition de ce mouvement récurrent, bloc après bloc, en escalier, face par face,
- générant des couches - enveloppes successives, emboîtées les unes sur les autres, à partir d'un pyramidion au centre de la base
- permettant d'accroître la pyramide par homothétie, par simple répétition additive.



Figure 7 : élever et reposer un bloc sur deux autres blocs constitue un algorithme (de Crozat)

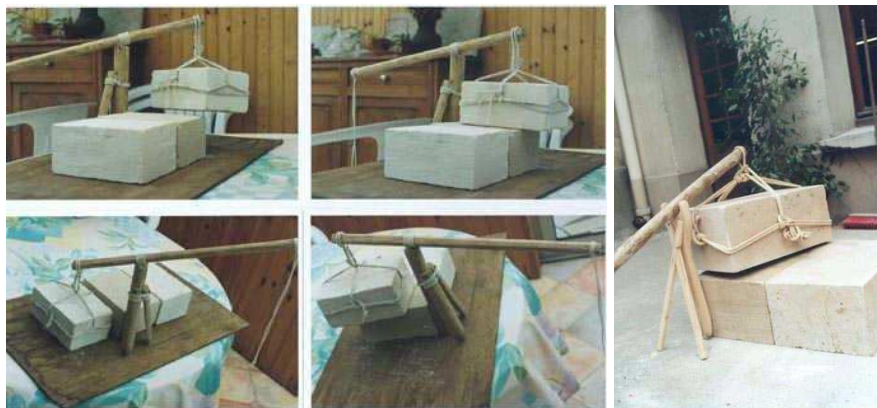


Figure 8 : Modélisation au 1/10 et au 1/3

Ce procédé est aisément modélisable, hier comme aujourd'hui, avec des éléments plus ou moins standardisés : briques, morceaux de sucre - en fait issu de la modélisation -, le mouvement élémentaire représentant un algorithme. Ce modèle qui "ne génère que de la pyramide" est de plus interactif et prédictif⁸.

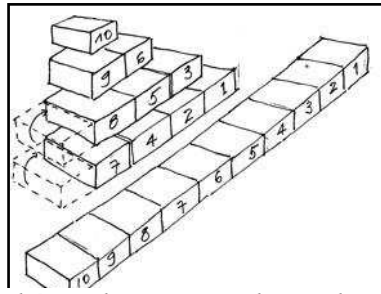


Schéma de principe d'empilement

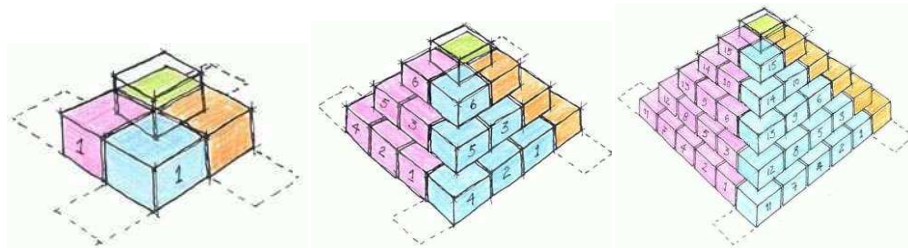


Figure 9 : modélisation du procédé "d'accroissement pyramidal", par enveloppes successives, à partir d'un pyramidion élémentaire(4+1) au centre de la base, face par face, bloc par bloc selon l'algorithme

Le modèle est interactif :

- le procédé permet de réaliser au fur et à mesure de l'érection de la pyramide, l'ensemble des dispositifs intérieurs de la pyramide de Khéops : chambres, couloirs (horizontal, ascendant et descendant), Grande Galerie et conduits de ventilation, leurs formes et emplacements étant corollaires du système.
- par anticipation de la construction sur la face nord, on réalise un plan incliné et tout un faisceau de plans inclinés parallèles et superposés dans lequel, au moment opportun, on peut ménager un couloir et/ou galerie.
- les monolithes de granite (et de calcaire) de la chambre du roi seront alors hissés par glissement, à ciel ouvert, sur ce faisceau, le couloir ascendant et la grande Galerie en sont les témoins archéologiques.

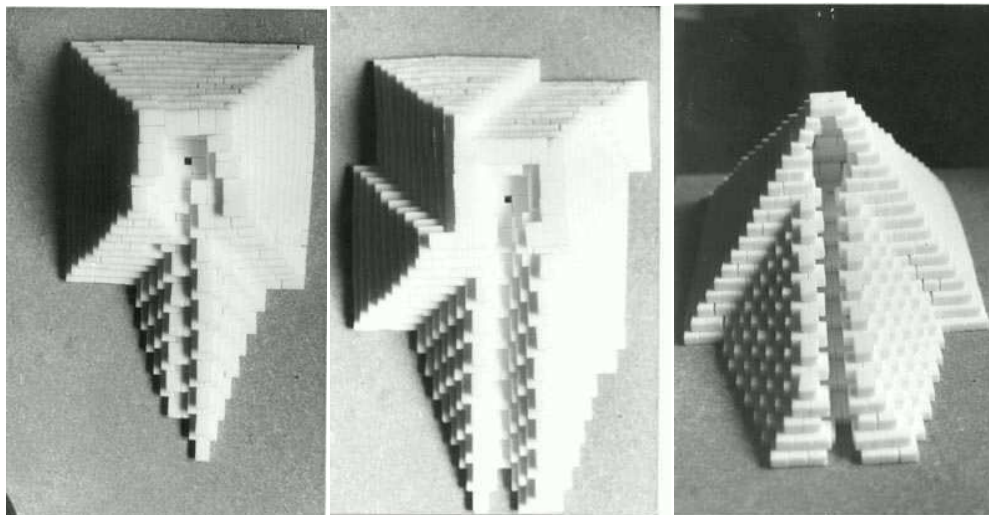


Figure 10 : par anticipation de la construction sur une face, on peut réaliser un faisceau de plans inclinés, un couloir, une chambre qui se retrouveront à l'intérieur de la pyramide, par la poursuite de la construction sur les quatre faces

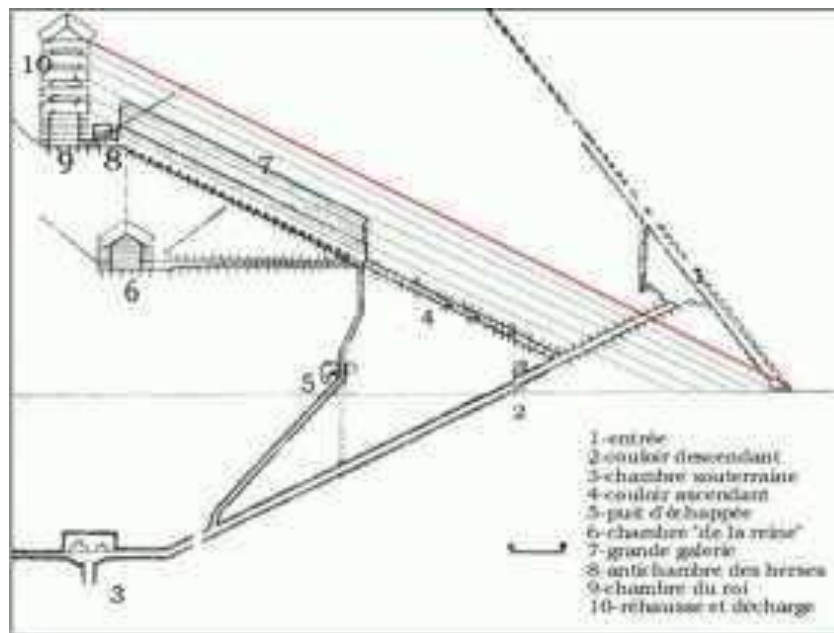


Figure 11 : le faisceau de plans inclinés permet de mettre en place, par glissement, l'ensemble des monolithes (30T en moyenne) de la chambre du roi, des rehausse et de l'arc de décharge qui correspond au dernier plan incliné possible depuis le pied de la pyramide.

- la Grande Galerie, dans son profil : glissière centrale et banquettes latérales, mortaises régulièrement disposées tout au long formant "crémaillère", et les 5 ou 6 futurs blocs-tampons⁹ de granite qui, additionnés (5 de 6 tonnes chacun) serviront de contrepoids, doit être comprise comme un "extraordinaire ascenseur oblique", ayant permis de hisser- par équilibre des forces- l'ensemble des monolithes formant la chambre du roi et les arcs de décharge.

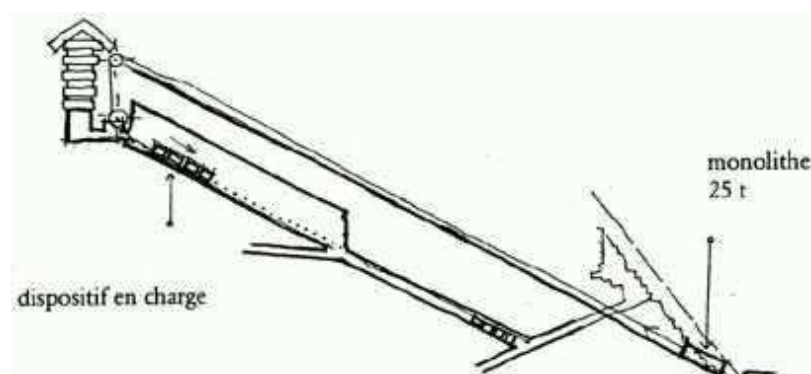


Figure 12 : un extraordinaire ascenseur oblique, avec crémaillère, contrepoids (blocs tampons)

- ces monolithes de granite¹⁰ constituent un système de rehausse dans le but de porter l'arc de décharge en calcaire (sollicité à la compression), à la bonne hauteur afin que la descente de charge ne pousse pas au vide de la Grande Galerie, mettant ainsi en péril l'équilibre et la pérennité de ce dispositif¹¹.
- l'ensemble de ces dispositifs seront ensuite englobés dans la pyramide par la poursuite de la construction sur les quatre faces.

Le modèle est prédictif et vérifiable, il impose que :

- les monolithes de cet arc de décharge soient les derniers à pouvoir être mis en place par le faisceau de rampes et l'ascenseur, ils correspondent d'ailleurs au dernier plan incliné qu'il est possible d'inclure dans la pyramide, la parallèle au couloir ascendant tirée du pied de la pyramide en est la vérification.
- l'angle de pente de la pyramide étant donné, l'angle du couloir ascendant est corollaire, imposé par le recouvrement¹², (1/3 et 2/3) des blocs. Pour une pente de $\text{tg } \alpha = 1.25$, ce qui est le cas de

Kheops, l'angle β du couloir ascendant est alors tel que $\text{tg } \beta = 1/2$, ce qui semble bien être vérifié.

- les blocs d'assises (de proportion moyenne de deux coudées sur trois) soient posés en boutisse sur chacune des faces de la pyramide, il en résulte donc que chaque arête appartient à l'une des faces et que les blocs d'angles ne peuvent pas être croisés), ils sont alors faciles à pousser au vide, ce qui est le cas. Cette disposition imposée est vérifiée.

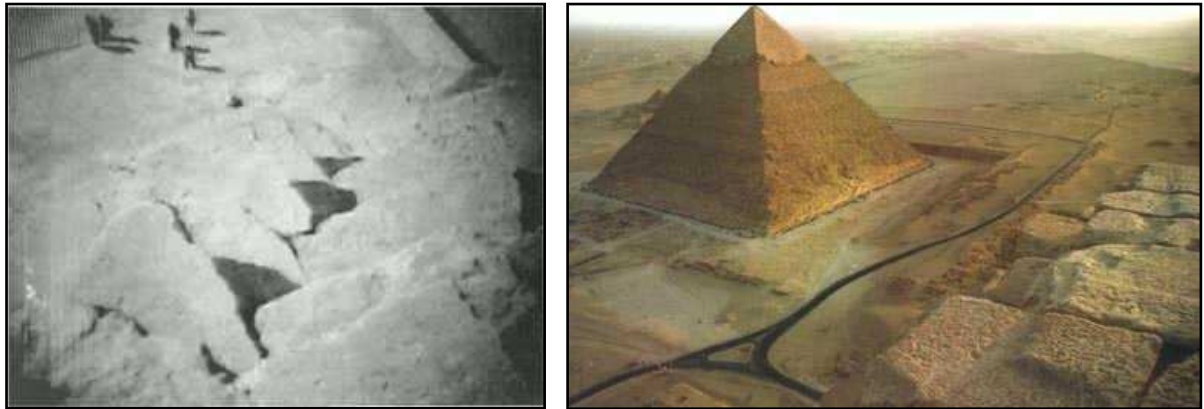


Figure 13 : disposition des blocs sur l'arête S-O et sur le sommet (à remarquer les entailles)

- la juxtaposition et superposition de blocs de hauteur différentes impose à chaque bloc mis en place définitivement - quand il change d'appellation - de lui restituer, par entaille du bloc inférieur, une assise horizontale et plane, pour le bon ordonnancement et la bonne descente des charges, et donc la pérennité de l'ouvrage. Ces entailles sont visibles sur les assises de la pyramide, et particulièrement repérables sur les arêtes et sur le sommet de la pyramide. Elles constituent même un mode connu d'appareillage cyclopéen de pierres "appareil horizontal à décrochement" qualifié "d'appareillage le plus économe" par A. Choisy¹³.
- la disposition en boutisse et le recouvrement des blocs sur le sommet écrêté de la pyramide de Khéops semble bien être aussi vérifiée par la restitution optique "caméra lucida" fournie par E.W. Lane en 1827. Il est dès lors possible de notifier l'appartenance de chacun des blocs du sommet

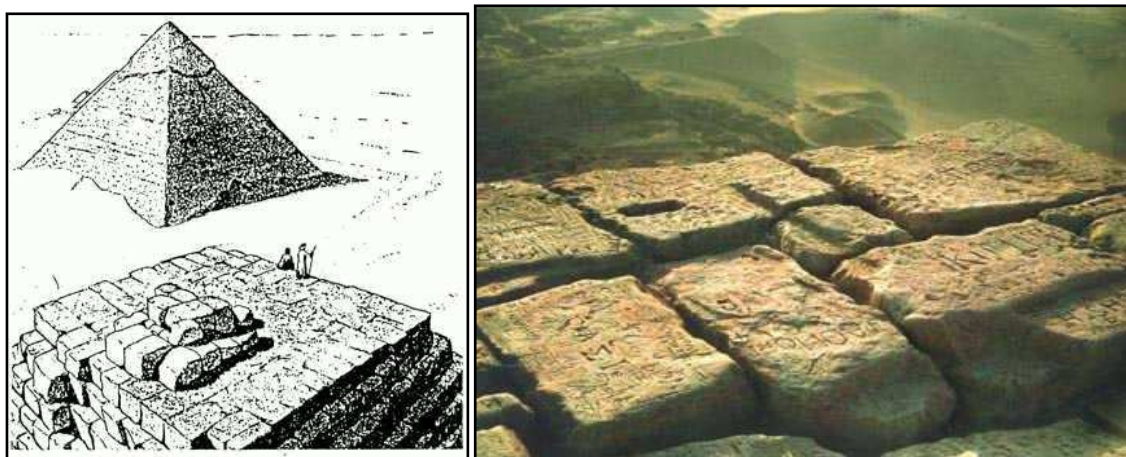


Figure 14 : restitution du sommet écrêté de Khéops et interprétation - une couleur par face - par l'auteur

Finalement, la pyramide sera revêtue d'une dernière enveloppe, mise en œuvre à l'identique - de calcaire fin, de granite ou de pierre de même provenance - qui sera ensuite ravalée, par abatement des nez de marches des assises, "la pyramide sera dès lors achevée, en commençant par le sommet" - dicit Hérodote - puisque ce ravalement exécuté à reculons, du haut vers le bas, aura fait disparaître tous les

entablements sur lesquels repose le trépiéd. Il est alors impossible d'ajouter un quelconque bloc à l'édifice.



Figure 15 : Mykérinos, dernière enveloppe en granit "ravalée".

HÉRODOTE AVAIT RAISON

De fait, l'ensemble de la description du mode de construction de la pyramide de Khéops par Hérodote - l'Enquête - Livre II- Articles 124 et 125, demeurée hermétique jusqu'alors, est élucidé et corroboré par ce travail de recherche scientifique, technique et opératoire. Les termes techniques grecs de "bomides"¹⁴ et "crossaï"¹⁵ sont définitivement explicités, respectivement " pierre servant d'appui - formant entablement" et " pierre montant l'escalier - posée en encorbellement", chaque bloc sera appelé "crossaï" quand il gravit l'escalier et "bomides" une fois posé à sa place servant alors d'appui au "crossaï" suivant.

Le pharaon Khéops était bel et bien dans son sarcophage, toujours en place dans la chambre du roi, où l'aura trouvé le calife Al Ma'moun en 832, après avoir découvert le départ du couloir ascendant dissimulé - avant qu'elle ne tombe - par une pierre de parement prévue à cet effet, comprise dans l'habillage du couloir descendant.

La légende rapportée, par deux fois, par Hérodote selon laquelle Khéops aurait été enseveli sous sa pyramide (et non pas dans sa pyramide), "sur une île entourée d'eau", n'avait pour but que de leurrer les pillers de tombes, ce qui à l'évidence a fonctionné durant 35 siècles ! Hérodote avait néanmoins pris la précaution du " on dit ".

En fait l'explication rapportée par Hérodote contenait la solution depuis 25 siècles, que les égyptologues-archéologues attendaient d'un texte hiéroglyphique ou d'une découverte fortuite. La traduction que nous proposons devra néanmoins être vérifiée.

PROVENANCE DES MATERIAUX : « l'hypothèse géologique »

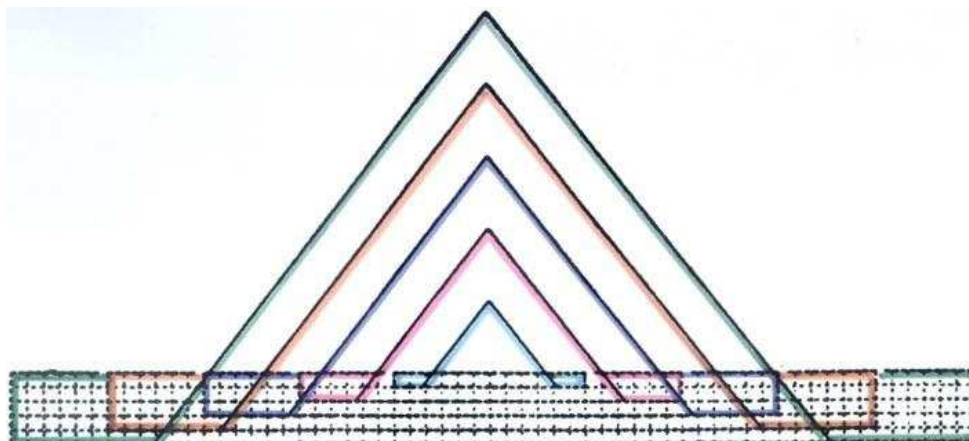


Figure 16 : Schéma de la relation entre les carrières successives et les enveloppes successives construites sur la base d'une carrière de surface double de celle de la pyramide, en coupe. (hypothèse énoncée dès 1997).

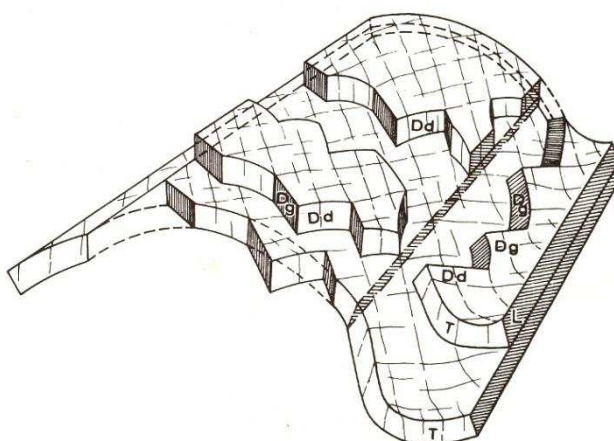
Les blocs de calcaire constituant le massif de gros œuvre, selon notre postulat sont empruntés au plateau de Gizeh, alentour et au plus près, par exploitation directe des strates sub-horizontales du plateau :

- la vérification de la concordance de la pierre du plateau de Gizeh (calcaire lutécien-Eocène Moyen - à nummulites) et des trois grandes pyramides et le repérage par vue aérienne des zones d'emprunt sont aisés.



Figure 17 : reliquats de carrières au pied de Khephren, et à l'angle N-W de Mykérinos (ensablée)

- les reliquats de carrières sont visibles au pied de Khephren et de Mykérinos ¹⁶ (ensablés). Du point de vue géologique, le plateau de Gizeh est constitué d'un calcaire spécifique - Eocène moyen à Nummulites - qui n'affleure pas ailleurs (sauf sous le Vieux Caire). Il forme un léger pli anticlinal, par déformation tectonique, ayant bien évidemment occasionné un système (double) de fracturation naturelle de la roche, que l'on peut analyser ¹⁷:
- selon la théorie développée par le Prof. M. RUHLAND ¹⁸ concernant la répartition des réseaux de fracturation naturelle des roches (sédimentaires stratifiées) que l'on peut résumer dans le schéma qu'il propose, ci-après :
 - un premier système de fracturations larges (diaclasses ouvertes et failles, très facilement repérable) parallèle et perpendiculaire à l'axe du pli tectonique, dû à la flexion,
 - un second système sub-orthogonal de fracturations serrées (diaclasses fermées, plus dense et plus fin, moins visible dû au cisaillement) diagonales gauches et droites par rapport à l'axe du pli, dû à la compression.



Organisation des fractures dans les plis
a) système de diaclasses parallèle-orthogonal à l'axe du pli. Diaclases longitudinales (DL) parallèle à l'axe du pli, diaclasses transversales (DT) perpendiculaire à l'axe
b) système de diaclasses diagonales. Diaclases diagonales droite (DDd), diaclasses diagonales gauches (DDg) par rapport à l'orientation axiale du pli.

Figure 18 : Schéma théorique de répartition des réseaux de fracturation naturelle des roches.

- la carte géologique du Caire et des environs indique l'orientation NE-SW (axe du pli) du plissement tectonique et des failles de bordure du plateau de Gizeh,
- en plaquant ce schéma théorique sur le Plateau, il est alors possible d'énoncer une nouvelle hypothèse dite « géologique » : à savoir que les 3 pyramides de Gizeh sont donc disposées et orientées en fonction de la géologie et de la fracturation naturelle des roches (géologie de l'ingénieur) :
- - a) elles seraient alignées sur le sommet du pli, parallèlement à l'axe, là où les strates sont quasi horizontales et donc plus aisées à exploiter
 - b) elles seraient orientées N-S et E-W en fonction de la fracturation - la plus fine - des diaclases métriques diagonales par rapport à l'axe du pli.

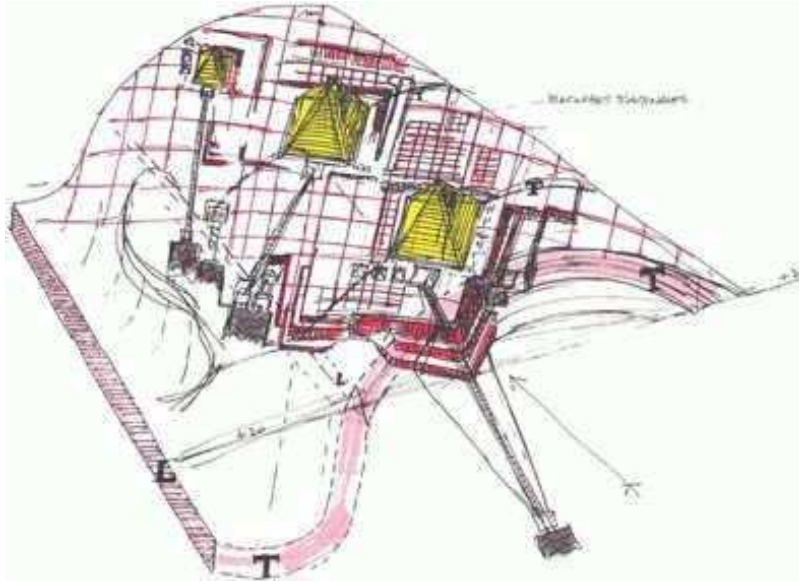


Figure 19 : Schéma du double système de fracturation naturelle des roches appliqué sur plateau de Gizeh (hypothèse à développer et vérifier in situ).

Aujourd'hui comme hier, nul ne saurait faire fi de l'orientation, de la géométrie et de la fréquence de ce système de fracturation, sous peine de ne tirer de la carrière que des blocs écornés, difformes ou fissurés, difficiles sinon impossibles à mettre en œuvre.

- le mode d'extraction des blocs, en carrière horizontale à ciel ouvert, se fera au fur et à mesure des besoins, au plus près et au plus pratique. Les strates sont alors découpées par un quadrillage de tranchées (de largeur d'homme et orienté selon la fracturation diagonale la plus fine) qui déterminent des massifs à décoller par soulèvement : le "démissage". Les encoches nécessaires au soulèvement des massifs sont encore visibles sur le sol de carrière autour des pyramides, sur les strates restées en place et sous certains des blocs mis en œuvre.
- Ce massif extrait devra être refendu (dans la géométrie de la fracturation) pour être transporté et mis en œuvre, les blocs étant pour ainsi dire "pré-découpés" en carrière, ils ne nécessiteront, a priori, que peu de travail de taille.

• HYPOTHESE GEOLOGIQUE

Il repose sur les travaux de différents auteurs « géologues » qui ont été recherchés, analysés, collationnés et synthétisés par P. Crozat, et cités dans sa thèse.

Leurs apports respectifs doivent être mentionnés ici ; ils appelleront « compléments et vérification » par des Etudes postdoctorales » :

- 1) Dj. AÏSSAOUI, géologue français expert en exploitation de carrière, initiera P. CROZAT à la reconnaissance des différents réseaux conjugués de fracturation naturelle des roches d'un pli

anticlinal simple à faible courbure (du même modèle structural que le plateau de Gizeh) dans une carrière abandonnée à DOLE du Jura (carrière SOLVAY de la Combe Truchène) et lui offrira son exemplaire personnel de l'édition des « Recherches sur la fracturation naturelle des roches (1969 - 1972) ainsi que le Dictionnaire de géologie DUNOD (5^e édition) dont il fera bon usage.

Il accompagnera P. CROZAT à la Société Française de Géologie acheter la « Carte géologique du Caire et des environs » déterminera sur la carte l'orientation de l'axe du pli anticlinal du Plateau de Gizeh NE/SO en N 45 (ce qu'il viendra vérifier, *in situ*, en 2003).

2) Les apports du Prof. A. YEHIA, géologue égyptien (1985) :

La thèse de ce géologue égyptien date de 1985 se résume dans :

- l'étude de l'évolution structurelle et morphologique du plissement dont le Plateau de Gizeh ne constitue que la partie Ouest, la partie Est se trouve sous la Vieille Ville du Caire, le centre est un affaissement « graben » par où le Nil a pu passer et déposer ses alluvions.
- la caractérisation et la schématisation du plissement anticlinal (assimilable à un pli simple de faible courbure) que constitue le Plateau de Gizeh :
 - orientation de l'axe du pli anticlinal en Nord 45°
 - orientation des diaclases principales ouvertes : Δ Longitudinales en Nord 45° et Δ Transversales en N 135°.

3) Les apports de J. CUVILLIER, géologue français (1930) :

- Orientation de l'axe du pli NE/SO (sans autre précision)
- Pendage à l'Est de 6° (soit 10 %), moins fort au Sud (?)
- Stratigraphie détaillée des différentes couches géologiques.

4) Les apports du Prof. A. STROUGO, géologue égyptien, à la Faculté de géologie de l'Université de Ain Shams / Abassya / Le Caire :

- Nomenclature (selon R. SAÏD) sur les Formations du Mokattam (anglaise)
- Inférieur (plissement) : 1^{ère} cuesta
- Eocène Moyen (déposé ON LAP) : 2nd cuesta
- Eocène Supérieur (déposé alentour dupli anticlinal sans le recouvrir complètement)
- Synthèse de la stratigraphie du Plateau.

5) Les apports du Prof. OMARA, géologue égyptien (1952) : consistent en l'établissement des diagrammes de fracturation sur le Plateau de Gizeh qui permettront de vérifier les orientations et de l'axe du pli et des diaclases principales (ouvertes) –qui varient à peine de l'une à l'autre des pyramides et semblent particulièrement précises sur les 4 points cardinaux, pour Chéops.

Cependant la pyramide de Chéops étant la première des 3 de Gizeh, il semble illogique que les 2 suivantes aient « perdu le Nord » ;

En fait, l'orientation de ces pyramides n'est pas volontaire mais la conséquence de la tectonique qui a déformé le Plateau :

- L'axe du pli est orienté NE/SO en Nord 45° ainsi que les failles et diaclases Longitudinales (ΔL) parallèles à l'axe, donc diagonal par rapport au Nord géographique,
- Les failles et diaclases Transversales (ΔT) sont orientées NQ/ SE en N 135° conformément au modèle théorique
- Le réseau des Diaclases « diagonales » (par rapport à l'axe) qui prédécoupe chaque strate selon un « canevas » déterminant des « blocs unitaires » c'est-à-dire entier –non fissurés selon leur régime respectif, se retrouve donc – par un simple jeu de circonstances – orienté N-S / E-O.

6) Les observations *in situ* de P. CROZAT :

Ces observations sont de plusieurs ordres :

- zones d'emprunt, stigmates d'extraction, traces de décollement des blocs dit de « démisage », boîtes de démisage au sol, sur la roche en place (socle de Chéphren, face Ouest),
- stratification des différentes couches et repérages des fossiles -marqueurs
- types de Nummulites (petites et grosses), rares ou en extrême abondance, couchées ou debout, algues, oursins, etc.
- traces d'outils (pic, chaouta, gouge, sur le socle de roche – mère en place de Chéphren et sur le front de taille du plateau derrière Chéphren,
- tout particulièrement en amont de la pyramide de Khent-Khawès où l'on repère bien les bancs de la couche (a) Auversien et les fracturations « diagonales » verticales, plus ou moins dense selon le régime proportionnel à l'épaisseur des strates, sur le banc Auversien que l'on peut suivre jusqu'au pied SE de la pyramide de Chéphren. (illustrations Ppt)
- l'hypothèse que le Temple Haut de Chéphren pourrait être en partie supérieure composé d'Auversien commence à poindre.

7) Tableau de la Synthèse géologique : structurale et stratigraphique et des observations in situ proposée par P. CROZAT.

Plateau de Guizeh, synthèse stratigraphique												
MOKATTAM	Lutétien supérieur			dissimulé sous le wadi		AUVERSIEN	(b) Calcaire blanc à bryozoaire	4 m	dissimulé dans le wadi			
	OBSERVATORY FORMATION		Partie supérieure non affleurante				(a) Calcaire dur à petites Nummulites et Gastéropodes	6 m		7'	7	Tête du Sphinx Khent Kawès
						(g) Calcaire blanc exploité "pierre à bâtir" à nummulites <i>Curvispira</i> et <i>Loevigatus</i> avec <i>Operculina pyramidum</i> que certains classent en Observatory Formation	10 m		7	6		
						(f) Calcaire à nummulites <i>Gizehensis</i> et <i>Curvispira</i>	4 m		6	5	sol du Sphinx	
						(e) Calcaire extrême abondance de nummulites <i>Gizehensis</i>	5 m		5			
						(d) Calcaire pétri de petites nummulites	5 m		4	4	cuesta inférieure	
						(c) Calcaire plus blanc	6 m		3	3		
						(b) Calcaire plus tendre (moules, huîtres, petite nummulites)	5 m		2	2		
						(a) Calcaire détritique jaune (pointes d'oursin)	4 m		1			
	Rushdi SAID Amin STRUGO						Jean CUVILLIER		Pierre CROZAT	Alice BASTIEN	Repères	

Figure 20 : Tableau synthétique de la géologie structurale et stratigraphique du plateau de Gizeh.

- 8) L'« hypothèse géologique » s'est étoffée de « l'Ingénieur » : d'intuition initiale à première vue, elle devient structurée, argumentée, et la relation entre carrière et construction se révèle « dépendante » de l'environnement, elle appelle désormais compléments, vérifications et démonstration finale par la reconnaissance du plissement du Plateau de Gizeh et la simulation informatique 3D de la paléo-topo- stratigraphie - avant et après la construction des 3 grandes pyramides -qu'il conviendra de confronter au relevé des affleurements des différentes couches du plateau à réaliser, in situ.



Figure 21 : Photo aérienne du "temenos" de Khéops, montrant la fracturation primaire transversale (perpendiculaire à l'axe du pli) et l'exploitation de carrière des blocs de pierre selon la fracturation secondaire (diagonale par rapport à l'axe du pli)

La forme rhomboïdale de la pyramide de Dashour-Sud n'est pas due à un allègement pour éviter qu'elle ne s'enfonce dans le plateau. Elle se construit selon le même système "d'accroissement pyramidal" qui permet de générer cette forme (aussi). Le défoncé observable alentour¹⁹ ne serait-il pas en fait (hypothèse à vérifier) le reliquat de la zone d'emprunt - la carrière - des matériaux avec lesquels elle est construite ?

• CONTINUUM TECHNIQUE DES OUVRAGES TUMULAIRES

Quelques exemples permettent de dater ces Ouvrages Tumulaires dont le mode constructif est l'expression –même du principe « vernaculaire » (énoncé précédemment), à savoir « emprunter alentour pour foisonner au centre » qui nécessite beaucoup de main d'œuvre.

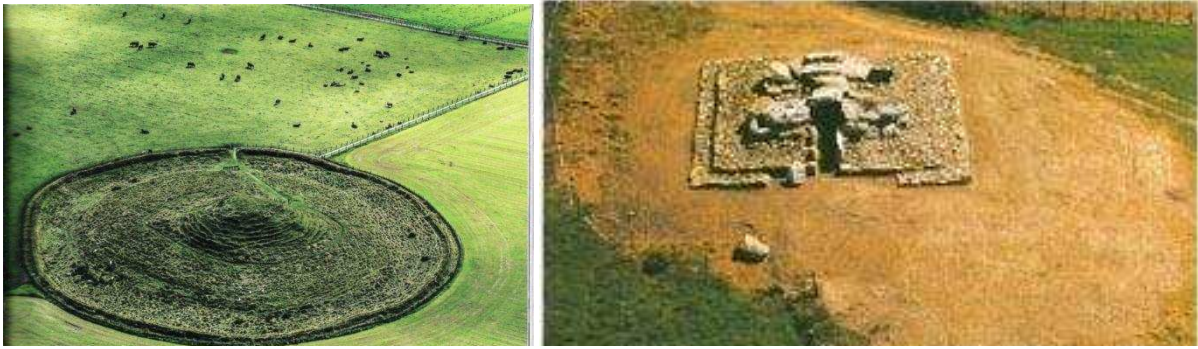


Figure 22 : Tumulus- Tombe Maeshowe (îles Cyclades) et Dolmen de la Joselière à Pornic (France)

En fait, l'ensemble des édifices de terre ou de pierre dès le Néolithique: cairn, tumulus, dolmen, enceinte fortifiée, ziggourat²⁰, mastaba, pyramide à degrés et pyramide lisse, tholos, torre, tombe mycénienne, stupa, etc....édifices mettant en œuvre des quantités importantes voire énormes de matériaux, avec des moyens techniques d'extraction et de levage des plus rudimentaires, sans même d'échafaudage, participent tous de la même méthode dite "d'accrétion-exhaussement" mise en œuvre dès le premier épierrement rural- du premier groupe d'agriculteurs - éleveurs.



Figure 23 : Cairn de Barnenez (génie religieux) et Aire de battage de Cipierre (génie rural)

En effet, cette méthode est au départ et par essence anthropométrique, l'épierrage d'une pâture ou d'un champ de culture produit des monceaux d'épierrements qui, pour occuper le moins de superficie possible au sol devront être surélevés à la main, le cailloutis étant enserré dans des parements appareillés constitués des plus belles pierres ²¹. La hauteur d'homme est la limite anthropométrique possible, ensuite si l'on veut exhausser le tas, il faut ajouter un parement périphérique sur lequel monter, pour pouvoir continuer l'exhaussement du premier, jusqu'à hauteur d'homme et recommencer un deuxième parement sur lequel monter, et ainsi de suite. Cette méthode est appelée par nous "accrétion-exhaussement" car seule l'accrétion périphérique permet l'exhaussement du tas ; elle explicite le schéma de la construction par degrés d'A. Choisy et impose les parements concentriques et degrés ascendants de ces édifices.

Cette méthode a été appliquée aux pyramides à degrés d'Egypte²², et d'ailleurs ; le principe premier "exploiter alentour et foisonner au centre" ainsi que le second "accréter pour exhausser" semblent bien, à charge de vérification, avoir valeur universelle.

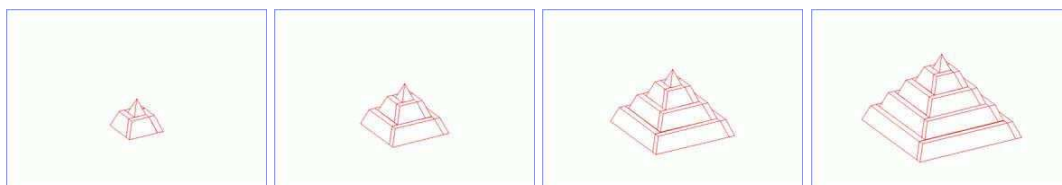


Figure 24 : Schéma "d'accrétion-exhaussement" d'une pyramide à degrés quelconque (type Saqqarah)

Une simulation informatique de cette méthode a été faite qui s'applique à toutes les pyramides à degrés et permet de conjecturer quelles qu'elles soient, grandes ou petites, temple solaire ou pyramide, elles représentent des stades plus ou moins avancés d'un même projet. A l'inverse, la pyramide de Houni-Snefru à Meidum et celle de Sekhem-khet dite "inachevée", ne sont autres que deux stades plus ou moins avancés de leur destruction (schéma).

Et jusqu'au mode de penser, conception et représentation du monde, cosmogonique, théogonique et anthropogénique, tout comme la notation numérique de l'arithmétique naissante d'après G. Ifrah ²³, participent du même concept générique d'accroissement par couches successives emboîtées les unes sur les autres, mis en œuvre dans la construction des pyramides, au point qu'il est quasi évident qu'il s'agit là de la seule et unique façon de penser, de concevoir et de représenter.

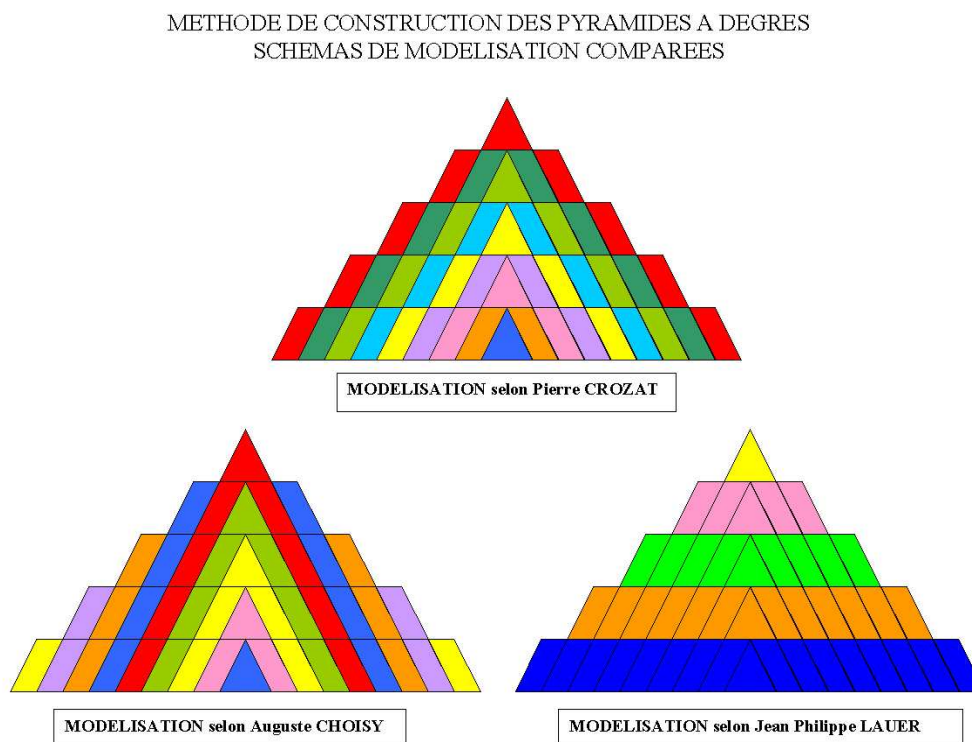


Figure 25 : Schémas comparatifs du mode de construction des pyramides à degrés (par degrés) :

- Pour J.-Ph. Lauer : c'est un empilage de mastabas ce qui nécessite une rampe jusqu'au sommet
- Pour A. Choisy : les parées latérales sont faite pour conforter la pyramide rouge (schéma non-abouti)
- Pour P. Crozat : l'échafaudage de bois de 10 m de haut, repose sur le degrés construit et sert à la construction du degré supérieur (pyramide par degrés = la méthode adaptée au petit module du matériau - Eocène Supérieur - produit l'ouvrage et en génère la forme.

LES ETUDES POSTDOCTORALES (2003-2015)

Ces différentes études ont été suscitées par P. CROZAT et réalisées par d'autres personnes souvent plus compétentes en la matière, Prof. de Géologie, de Géologie de l'ingénieur, étudiants de 'Ecole des Mines de Nancy, carriers tailleurs de pierre, informaticiens et infographistes, ingénieurs, etc.

2002 -03-04 - Création d'un Logiciel de simulation de « la relation : Construction / Carrière » : ENSM Nancy /LAEOGO + ESIAL / Encadrant Prof. O. DECK

2002 – Simulation de la construction avec la « machine : un levier sur un trépied » par Fabien PASIELSKY (infographe) p.m.

2003 - Les Experts en carrières : Dj. AÏSSAOUI, géologue spécialiste et J.-P. FOUCHER, Tailleur de pierre et carrier :

2004 - Une étude de DEA Terre Ressource Environnement sur la géologie du Plateau de Gizeh : (réalisée par A. BASTIEN, étudiante, encadrée par le Prof. D. JOUSSELIN au CRPG de Nancy)

2004 – Publication de National Geographic Society « EGYPTTE « entre Ciel & Terre », photographies de M. Bertinetti

2004 - Infographie des stades successifs d'accroissement de la pyramide de Chéops : (H. ZARZOUR étudiant architecte, stagiaire).(p.m.)

2004-05 – « Analyse du fonctionnement mécanique de la Grande Galerie de la pyramide de Chéops. » par S. SENOUCI (encadrant O. DECK / ENSMN (p.m.)

2006 – Année mondiale de la Physique 0 L4espace des Sciences de Paris – ESP (M. LAGÜS)

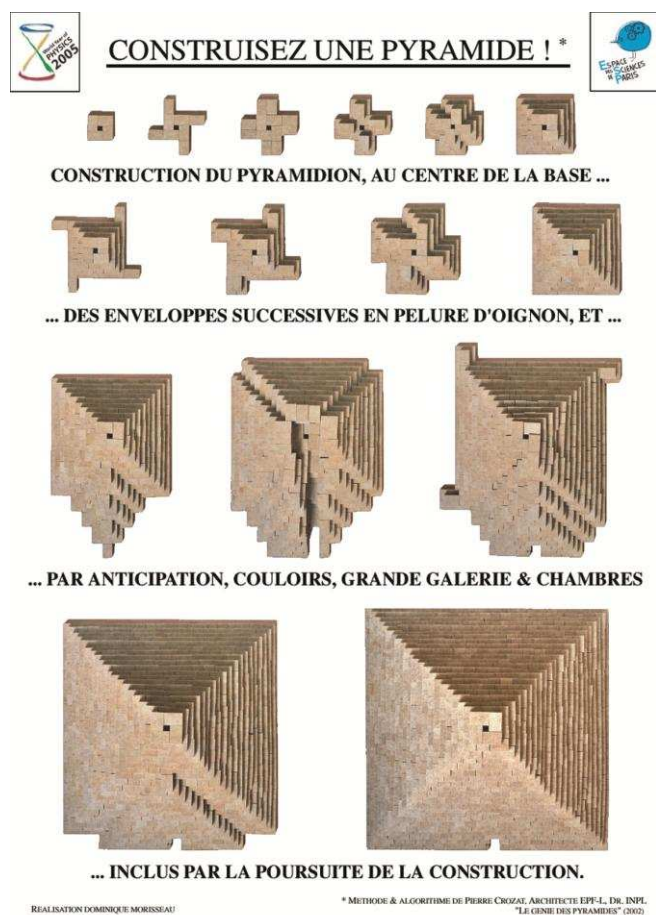


Figure 26 : Panneau explicatif des phases se construction de la pyramide (en maquette)

2005 - Découverte des tectoglyphes par R. PERRIER, géologue français

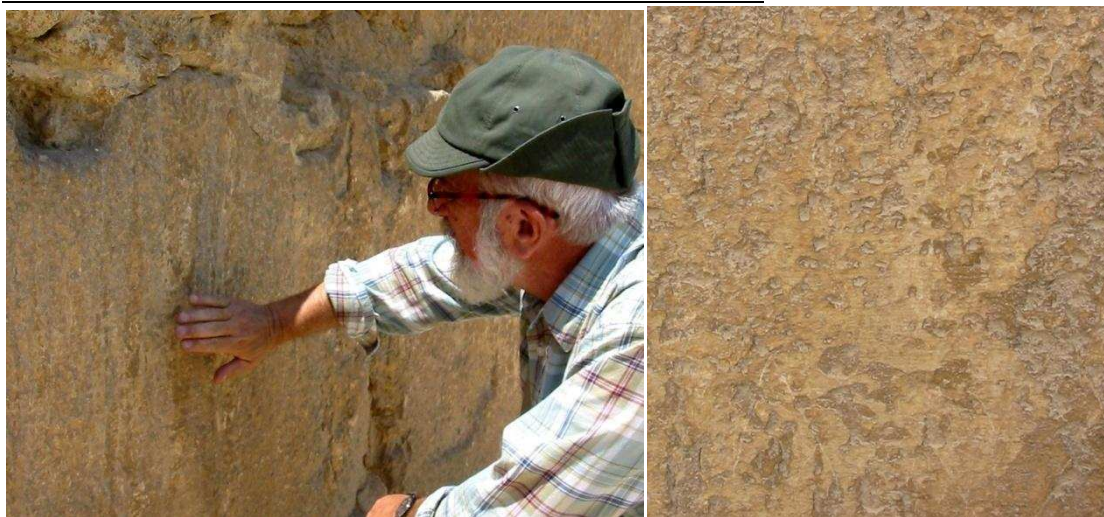


Figure 27 : Découverte des tectoglyphes sur le socle de Chéphren (R. Perrier & P. Crozat – 2005)

2006 - Visite de carrières d'extraction manuelle (Prof. O. CHERIF)

2006 – EABJM – Ecole internationale en Pédagogie « active » : Programme d'enseignement des sciences au collège

2006-07 – PALAIS de la DECOUVERTE / Paris : Exposition –Atelier – Conférences (P. CROZAT, commissaire).

2007 - Visite et Conférence au NARSS par TH. VERDEL et Rencontre du Ministre Hani HELAL (alors Ministre de l'enseignement supérieur et de la recherche et du Prof. Fathi SALEH : directeur-Fondateur en exercice propose d'accueillir la Table Ronde demandée par J-P. MOHEN (CNRS en Egypte, rapporteur de la thèse).(p.m.)

Tentative de Constitution d'une Equipe internationale pluridisciplinaire de recherche, vérification et publication : (France / Ecoles des Mines ; Egypte / Fac. Géologie Aïn Chams & Narss ; USA / UC Berkeley ; Italie / Univ. Florence) : corrélation entre l'évolution des méthodes constructives génératrice de l'évolution des formes des pyramides d'Égypte (en pierre (Tentative avortée du fait des événements politiques en Egypte)

2008 - Géologie et extraction 2^{ème} carrière (des 2 Frères) (O. CHERIF)

2008 – Fabrication d'un pic et extraction-démisage avec le Compagnon R. MOREL



Figure 28 : fabrication d'un pic et essais opératoire d'extraction - démisage

2009 - Conférence à Ain Shams / A. STROUGO et visite du site de Saqqarah Nord -Abousir/O. CHERIF

2010 - Work Shop au Planétarium Science Center, conférence et construction d'une pyramide : sur le parvis de la Bibliothèque d'Alexandrie.

2011 - Etablissement des cartes de synthèse du Plateau de Gizeh

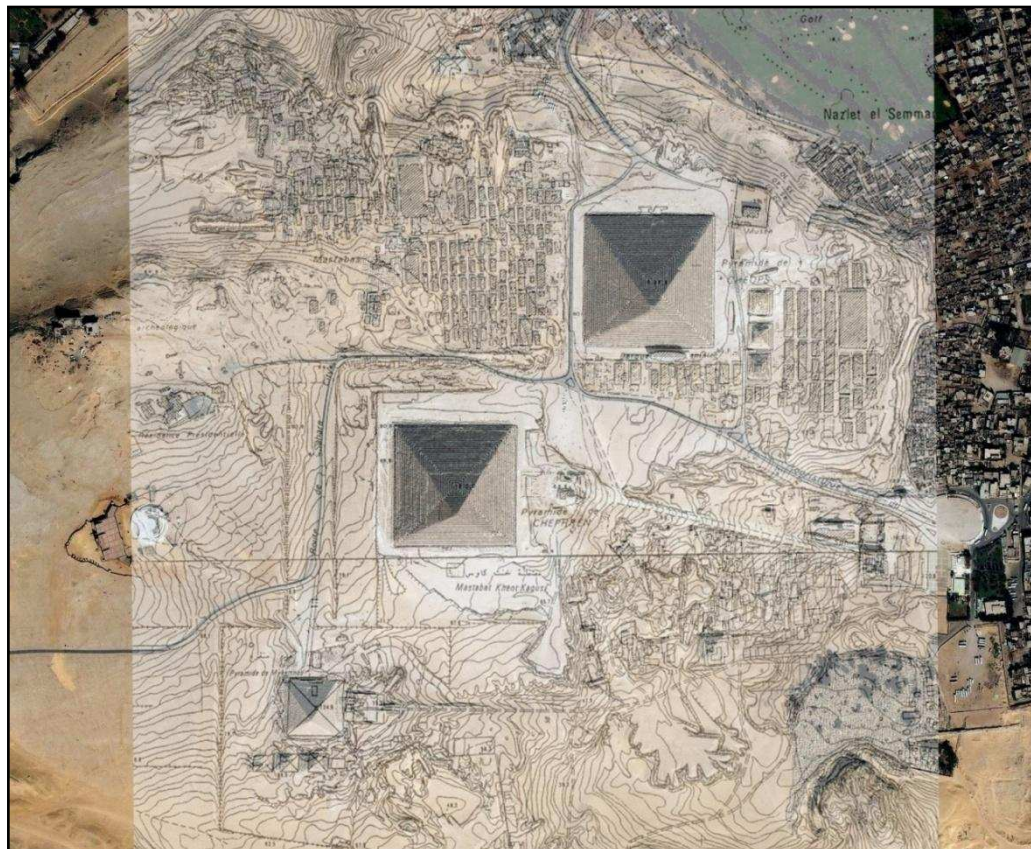


Figure 29 : Superposition de l'orthophotoplan et de la photographie satellite

2012-13-14- DOLE du Jura : Réalisation des Coupes Transversales du Plateau de Gizeh : Topographiques (selon l'orthophotoplan / IGN et Stratigraphiques (selon J. CUVILLIER) superposées : « ce que personne n'avait songé à réaliser »

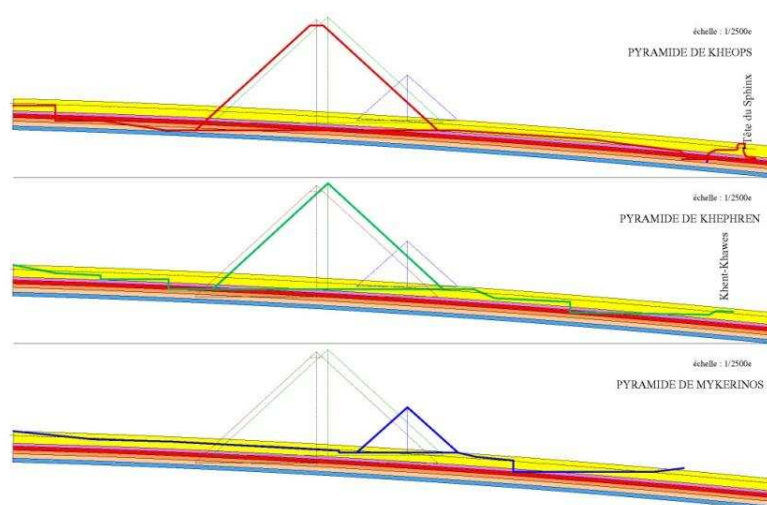


Figure 30 : Coupes Transversales 2D sur la diagonale des 3 pyramides de Gizeh.

SIMULATION 3D de la « PALEO-TOPO-STRATIGRAPHIE » du PLATEAU de GIZEH

A l'initiative et à la demande de l'auteur de la thèse et des études postdoctorale et de Th. VERDEL son directeur de thèse :

Etablissement de la « paléo-topo-stratigraphie » 3D du plateau de Gizeh

Cette simulation a été réalisée à l'Ecole des Mines de Nancy (ENSMN) et l'Ecole Nationale Supérieure de Géologie de Nancy (ENSG Nancy) sur le Logiciel Géomodeleur GOCAD, Département Géoingénierie - GEORESSOURCES Lab.(prof. J. Sausse et Th. Burlett étudiant).

Cette simulation infographique 3D permet de visualiser et comparer - sur le pli anticlinal constitutif du Plateau de Gizeh (A. Yehia, 1985), la topographie tirée de l'orthophotoplan établi par photogrammétrie (IGN), la stratigraphie (J. Cuvillier, 1924) ainsi superposées - l'état du plateau préexistant à la construction des pyramides et l'état existant (après construction et aujourd'hui).

Résultats

D'une façon générale cette simulation 3D de la paléo-topo-stratigraphie » du Plateau de Gizeh est satisfaisante, performante et suffisamment illustrée (après correction des limites), le pli anticlinal est bien représenté et les affleurements sont bien à leur place :

1. Elle couvre assez bien le Plateau pour répondre aux questions latentes :
 - Limite supérieure de l'affleurement Auversien
 - Composition du Temple Haut de Chéphren (voir l'Etude de détail sur la pyramide de Chéphren par P. CROZAT et S. JEANGUILLAUME - 2017)
 - Le Mastaba G 2000 est bel et bien dans la stratigraphie de la Cuesta Supérieur, couche (g) Pierre à bâtir (épaisseur 10 m), il correspond donc à un morceau du plateau entouré de fronts de taille de carrières comme laisse en réserve de matériau (?).
 - Quelles sont les couches constitutives de chaque pyramide, à quelle hauteur était le Plateau préexistant (avant la construction) et quel volume a été emprunté « au pourtour-même » de chacune d'elles.
2. Le Sphinx (laisse de carrière) indique la partie de la stratigraphie qui nous intéresse, à savoir la « cuesta supérieure »
3. La chambre de la Reine de la pyramide de Chéops est posée sur la couche (g) Pierre à bâtir, (épaisseur 10 m) et peut-être légèrement encastrée de 1-2 m dans la couche supérieure(a) Auversien (épaisseur 6 m) dont « *la partie supérieure est non-affleurante* » (d'après A. STROUGO).
4. Cette simulation permet aussi de bien faire apparaître la confusion faite par A. BASTIEN entre les couches (d) et (b) de la Synthèse Stratigraphique (colonne J. CUVILLIER) soit une erreur de 11 m de hauteur ; il faut reconnaître la justesse de son observation concernant le haut de la couche (N° 6) (f) calcaire à Nummulites Gizehensis et Curvispira (J.CUVILLIER) à l'angle NO de Chéphren (à la cote 71 m) et à l'extrémité supérieure des pattes du Sphinx, soit un dénivelé de 47 m, correspondant au pendage selon cette coupe du plateau.
5. En conclusion partielle, le travail d'A. BASTIEN, relevés des affleurements et établissement (vérifié) de la carte lithographique doit être repris et dressé contrairement par des géologues expérimentés.

Illustrations

Cette simulation infographique 3D permet de visualiser et comparer - sur le pli anticlinal constitutif du Plateau de Gizeh (Yehia, 1985), la topographie tiré de l'orthophotoplan établi par photogrammétrie (IGN), la stratigraphie (J. Cuvillier, 1924) ainsi superposées - l'état du plateau préexistant à la construction des pyramides et l'état existant (après construction et aujourd'hui).et d'en mettre en évidence, d'une part les zones d'emprunt et d'autre part les massifs de roche-mère sous-jacents des pyramides, compris les uns comme les autres dans le profil stratigraphique utilisé par les différents ouvrages du site du Plateau de Gizeh.

Cette mise en évidence démontre que ces « massifs sous-jacent » ne sauraient, en aucun cas, être qualifiés de « collines naturelles » (dixit S. RAYNAUD²⁴, géologue) et la tête du Sphinx un bloc erratique (ou rapporté) pas plus qu'un relief ruiniforme ou une éminence (dixit M. LEHNER²⁵) quelconque puisque le Mastaba de Khent-Kawes et le Temple bas de Chephren qui le jouxte sont eux-aussi dans la stratigraphie utile du plateau.

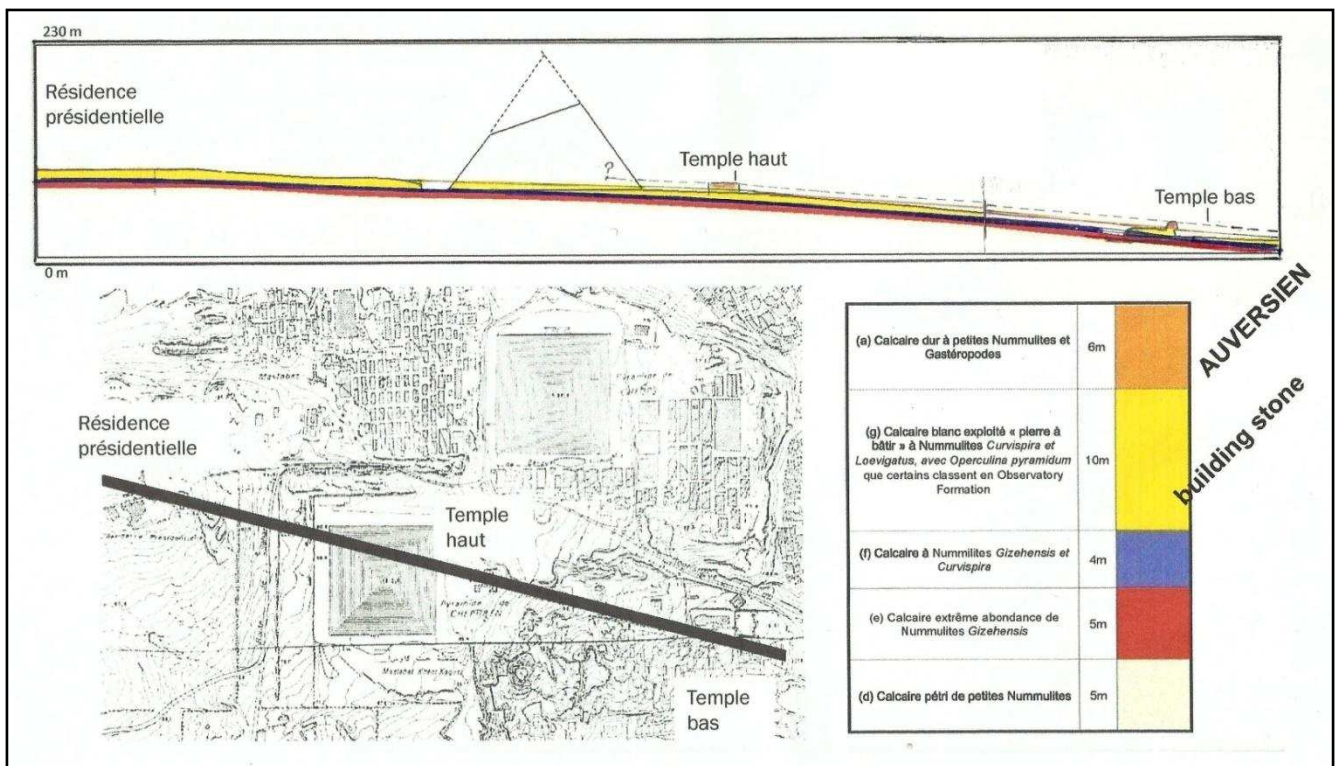


Figure 31 : Coupe sur l'Allée montante de Chéphren démontrant que les Temple haut et bas et la tête du Sphinx appartiennent à la couche (7') Auversien 'a) calcaire dur à petites Nummulites & Curvispira

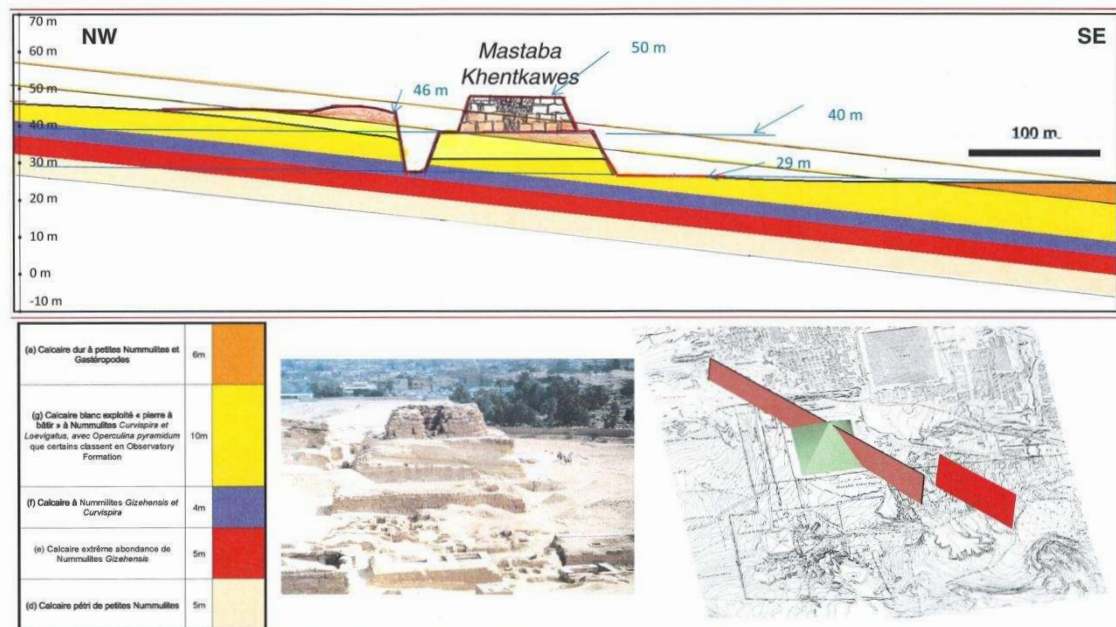


Figure 32 : Coupe sur le Mastaba de Khent-Kawes

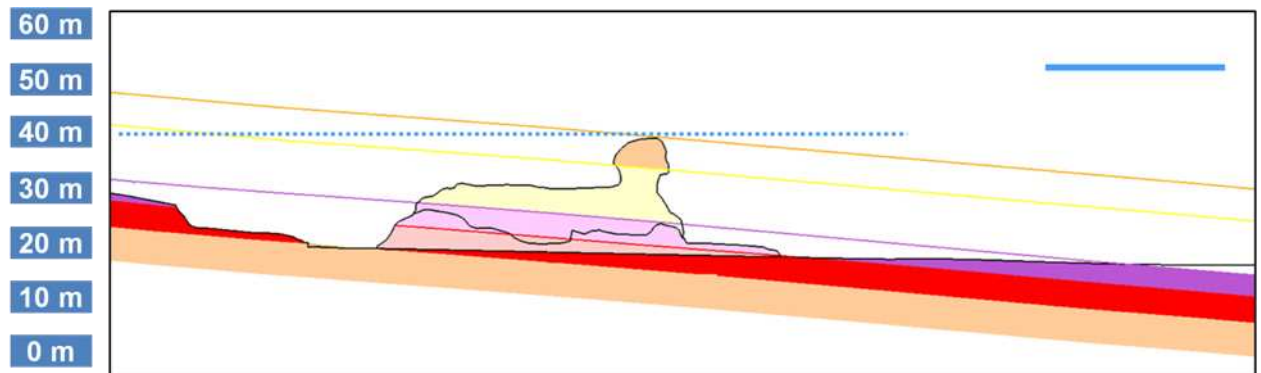


Figure 33 : Coupe sur le Sphinx : sa tête est de l'Auversien

Conclusion de la Simulation 3D

En fait, l'ensemble du site de Gizeh :

- Alignement des 3 pyramides par leurs angles SE sur le réseau primaire des Diaclases Longitudinales (Δl parallèles à l'axe du pli anticlinal orienté en Nord 45°,
- leur orientation sur le réseau « diagonal » (par rapport à l'axe du pli N 45°, donc N.S.E.O.) de fracturation naturelle des roches, attesté scientifiquement par les Tectoglyphes,
- zones d'extraction en surface, au pourtour-même des pyramides
- plateformes périphériques qui ne sont que les carreaux de carrières
- Mastaba de Khent-Kawes
- Mastaba G 2000
- Sphinx qui est une « laisse de carrière
- Temples bas et haut de Chéphren,

ne s'explique rationnellement et logistiquement que par la Géologie structurale et stratigraphique et son extension à la Géologie de l'Ingénieur, sans aucune autre considération de quelque domaine que ce soit (cognitif, historique, littéraire, géométrique, ésotérique ou occultiste).

L'erreur faite jusqu'alors est d'ordre culturel : d'une part l'incompréhension du texte d'Hérodote car il recouvre une notion « technique » de la construction hors du champ de compétence de l'Égyptologie - Archéologie et de celle des traducteurs du grec ancien (c'est justement les différentes versions qui firent s'interroger P. CROZAT), et d'autre part la vision « architecturale » issue de la géométrie grecque qui faussera le mode d'appréhension rendant impossible la

compréhension, alors que les Pyramides et autres Ouvrages Tumulaires doivent être appréhendés en terme de matériau à mettre en œuvre, de méthode constructives adaptée et de moyens et outillages à disposition qui produisent l'ouvrage et génèrent sa forme.

L'hypothèse géologique est vérifiée par la Simulation 3D de la « paléo-topo-stratigraphie du Plateau de Gizeh et la solution à la question du mode de construction des pyramides d'Egypte n'est pas du domaine de l'Architecture mais du Génie Civil et la Géologie d'Ingénieur.

Cette solution « géologique » est sans doute applicable à toutes les pyramides de pierre et même de terre et tous les Ouvrages tumulaires dans le monde.

CONFERENCE PUBLIQUE au Centre de Documentation du Patrimoine Culturel et Naturel - CULTNAT à Smart Village, Le Caire - Egypte

Conférence publique donnée par moi-même P. CROZAT (assisté du Prof. Thierry VERDEL²⁶) : sous le titre « *Construction des pyramides : l'hypothèse géologique* » au CULTNAT, le 26/09/2017, à l'invitation du Prof. Fathi SALEH²⁷, (cette conférence a été filmée) :

Devant un auditoire « scientifique » d'une centaine de personnes invitées, cette conférence portait sur la présentation de la démarche de recherche de l'auteur : thèse « *le génie des pyramides* », des Etudes postdoctorales et des résultats probants de la Simulation 3D de la « *paléo-topo-stratigraphie du Plateau de Gizeh* » (logiciel GOCAD) réalisée en 2017, en collaboration avec Prof. J. SAUSSE, Dép. Géoingénierie ENSMN / UMR 7539 Géoressources.

Cette conférence « publique » au CULTNAT authentifie la propriété intellectuelle et l'originalité de mes recherches, à cette date et fournit à l'égyptologie l'incitation de leur prise en considération et leur reconnaissance.

LE PROJET SCANPYRAMIDS (02/11/2017)

Le projet :

Initié dès 2015 par la création de l'Institut HIP²⁸, le Projet SCANPYRAMIDS vise à ausculter de manière non invasive les constructions avec l'aide de caméras à infrarouge qui permettraient, grâce aux différences de température de l'aube, de découvrir « des cavités, des chambres ou des couloirs, à l'intérieur des monuments ». Dans un second temps, une autre analyse serait effectuée grâce à des images thermiques. Enfin, une troisième méthode vise à utiliser des muons

Le projet se concentre sur la pyramide de Khéops et la pyramide de Khéphren à Gizeh, ainsi que deux autres pyramides situées à Dahchour. Les scientifiques espèrent découvrir par exemple la véritable chambre funéraire de Khéops.

La mission est interdisciplinaire, mêlant les regards d'artistes à ceux d'ingénieurs. La première étape des travaux a donné lieu à une exposition au palais des Beaux Arts de Lille en décembre 2016.

Publication dans la Revue scientifique « Nature »

Le 02 novembre 2017, l'équipe de la mission publie un article dans la revue Nature qui fait état de la découverte d'un nouveau vide au cœur de la pyramide de Khéops. Cette cavité, baptisée « *ScanPyramids Big Void* », a une longueur minimale de 30 mètres (de la taille d'un avion dira M. Tayoubi, de Dassault-Système).

Bien évidemment, une polémique va s'instaurer entre les scientifiques découvreurs et le Comité des égyptologues et le Ministre de tutelle, Dr. Khaled El ENANY, regrettera la façon dont l'information a été lancée.

En ce qui me concerne personnellement, compte-tenu de mes propres recherches : thèse, études postdoctorales, simulation de la « paléo-topo-stratigraphie » du Plateau de Gizeh, aboutissant à la validation de mon « hypothèse géologique », rendue publique lors de ma Conférence au CULTNAT du 26/09/2017 (soit plus d'un mois avant l'Information des résultats du Projet SCANPYRAMIDS, j'ai – de ma seule initiative – rédigé et envoyé par courriel à quatre Professeurs²⁹ du domaine de l'Ingénierie, du Génie Civil, de la Géologie et de l'Héritage Culturel et Naturel de l'Egypte (et reçu réponses) –qui connaissent parfaitement ce travail de recherche « scientifique, technique et opératoire – une LETTRE OUVERTE en date du 13/11/2017 adressée au Directeur scientifique de projet Scanpyramids³⁰, dans le but et de faire connaître ce travail à l'Equipe SCANPYRAMIDS et à donner ma propre Interprétation de cette « découverte » qui demande à être vérifiée par d'autres personnes - habilitées es qualités - que leurs auteurs, dont je souhaite faire partie, à juste titre.

En effet, rien ni personne, dans le Projet Scanpyramids, ne parle de l'environnement géologique, du matériau, des différences de densité des couches stratigraphiques, de la méthode constructive, de la fonctionnalité des dispositifs intérieurs (couloirs, chambres Grande Galerie, antichambre du Roi, des 52 monolithes de granite superposés) pas plus que des dispositions élémentaires de statique et résistance des matériaux qui sont le B-A- BA de la construction des ces Ouvrages tumulaires que sont les pyramides d'Egypte et du monde entier.

Et de laisser libre cour aux fabulations habituelles, une fois encore, une fois de trop sur la « Chambre secrète de Khéops et sur son trésor qu'on ne va pas manquer de découvrir bientôt... » de quoi dévoyer ou tuer à tout jamais toute crédibilité, tout sérieux, toute compréhension en l'égyptologie

LETTRE OUVERTE : mon interprétation du possible « grand vide » dans la pyramide de Khéops (fac-similé du courriel original)

LETTRE OUVERTE à la Mission SCANPYRAMIDS

Adressée à son Directeur scientifique : le Pr. Hany HELAL,
suite à l'Article de la revue scientifique NATURE en date du 02 Novembre 2017
« Découverte d'un grand vide dans la pyramide de Khéops par l'observation de muons »

Proposition d'interprétation, d'analyse et de participation aux recherches, de la part de Pierre CROZAT³¹, Ph. D.

Suite aux récents articles des media internationaux concernant la communication de « NATURE » relatant la découverte par l'Equipe SCANPYRAMIDS d'un grand vide inconnu à l'intérieur de la pyramide de Khéops et l'appel lancé aux égyptologues, archéologues et autres chercheurs dans le domaine, je propose d'apporter, ici, une interprétation personnelle de cette importante découverte.

Dans l'interview donnée à Science & Avenir (Aline Kine, journaliste), le 15/01/2016, le Prof. Hani Helal³² parlant de son antériorité en matière d'apport de l'ingénierie en archéologie, cite : « En 2000 une thèse est soutenue à l'Ecole des Mines de Nancy sur une des théories³³ de construction des pyramides. », dont je suis l'auteur, le directeur de thèse étant le Pr. Thierry Verdel³⁴ et le Président du jury le Pr. Hany Helal lui-même.

Le domaine traité par cette thèse intitulée « *Le génie des pyramides* » et les 15 années d'études postdoctorales consacrées notamment à la simulation 3D de la paléo-topo-stratigraphie du Plateau de Gizeh, recouvrent des recherches personnelles entamées en 1990 suite à un premier voyage en Egypte est d'ordre scientifique, technique et opératoire : scientifique : géologie structurelle et stratigraphique, et Géologie de l'ingénieur (réseaux de fracturation naturelle des roches)

technique : Art de bâtir, méthodes constructives et Continuum technique des ouvrages tumulaires issus du « vernaculaire »,

opératoire : Savoir-faire des Métiers de la pierre (carrier, tailleur de pierre, appareilleur et outil et machine) avec la collaboration des Compagnons du devoir.

Le stade actuel d'avancement de ces recherches a fait l'objet d'une Conférence Publique donnée, le 26/09/2017 au CULTNAT devant un auditoire scientifique invité et du dépôt d'un Communiqué – Abstract – 2017 sur le site academia.edu³⁵ et la version française sur le site français de Marc Chartier « Pyramidales »³⁶.

Nota : Pour consulter la totalité de ma thèse, se rendre sur le site personnel du Directeur de thèse : thierryverdel.perso.univ-lorraine.fr/recherche/theses/these-crozat.pdf.

Il n'y a pour moi qu'une seule interprétation possible et logique (voire même impérative) qui serait constructivement précautionneuse, à savoir : « que cet espace vide pourrait correspondre à la réalisation d'un Couloir d'arcs de décharge en chevron ou voussoir (laissant un vide triangulaire) – sans doute généreux - superposé à la Grande Galerie – selon sa pente et suffisamment haut placé – qui aurait pour effet de renvoyer latéralement les charges verticales de la partie supérieure de la pyramide, de part et d'autre du vide de la Grande Galerie, dans le massif appareillé ».

Aussi, je pense, suite à mes recherches, être en mesure d'apporter ma contribution - « ma pierre à l'édifice » selon la formule consacrée - dans la compréhension du mode de construction, à savoir : « l'accroissement pyramidal » (comme je l'ai appelé) que j'ai extrait, par modélisation, du texte de l'historien grec Hérodote datant du Vème siècle av. JC. (Voir : Communiqué –Abstract – 2017 (français et anglais, ci-joints) et pouvoir ainsi proposer une démarche et une équipe de recherche (Géologie, Ingénierie – Architecture, Savoir-faire des Métiers de la pierre) propre à analyser les ouvrages internes de Khéops et articuler une réponse logique, rationnelle et fiable à la question posée par la découverte fortuite de ce grand vide.

Aussi et pour ces raisons, ai-je l'honneur de solliciter, ici et maintenant, auprès du Pr. Hany Helal, Directeur scientifique de Mission Scanpyramids, la possibilité de présenter mes recherches sur « *Le génie des pyramides* » et mon intégration au débat, équipe et programme de recherches suscités par cette découverte.

Les Pr. Fathi Saleh, Fondateur du CULTNAT, Thierry Verdel, Directeur de thèse, Hany Helal, Président du jury de ma thèse et Omar Chérif³⁷, géologue au NARSS et collaborateur précieux, personnalités francophones, sont ensemble destinataires de cette Lettre Ouverte à la Mission Scanpyramids adressée au Pr. Hany HELAL et sont invités par le présent courrier à me représenter et à défendre cette proposition positive et constructive de mon interprétation – ils connaissent tous très bien mes recherches – interprétation rédigée, soussignée et enregistrée³⁸ ce jour 13 Novembre 2017.



Pierre CROZAT, 10/11/2017 Architecte – Urbaniste EPFL (1971) ; Dr. INPL / Ecole des Mines Nancy (2002)

FR 39380 - LA LOYE - pierre.crozat@free.fr - <http://www.pierre.crozat.free.fr>

CONCLUSION GENERALE « le génie des pyramides »

Ce travail de recherche scientifique, technique et opératoire - en partant du matériau, de l'outillage et de la « machine » (mode opératoire décrit par Hérodote), se développe au travers d'un « modèle » interactif et prédictif pour proposer un système constructif référentiel de mise en œuvre qui génère la production en même temps qu'il crée la forme.

Issu du domaine primordial du Vernaculaire, compris au travers du « Continuum technique des Ouvrages Tumulaires », et enrichi par la Pratique - Pensée Ouvrière des Constructeurs de Tombes, le mode de construction des pyramides appartient au domaine du Génie Civil et non pas de l'Architecture, sinon au Savoir-faire des Carriers « bâtisseurs ».

Le matériau pierreux constitutif du massif de gros œuvres est emprunté au pourtour-même de la pyramide et empilé au centre par étapes successives d'accroissement, selon un système constructif adapté au matériau fourni par le site d'implantation :

- selon le système dit « d'accrétion – exhaussement » pour les pyramides à degrés de la IIIème dynastie, du fait de blocs manu-portables, en parées successives de 10 m, fournis par les sites d'implantation de l'Eocène supérieur ; les degrés servant à reposer l'échafaudage de bois, elles devraient être appelées « pyramides par degrés ». Les pyramides d'Abousir, bien qu'appartenant à la Vème dynastie (où l'on savait lever des blocs « cyclopéens », seront construites selon cette même méthode, car situées sur un gisement « de petit module » de l'Eocène supérieur.
- selon le système dit « d'accroissement pyramidal » pour les grandes pyramides de la IVème dynastie, du fait de blocs « cyclopéens » de 2 t, empilés en enveloppes successives emboîtées sur la précédente, fournis par les sites d'implantation de l'Eocène Moyen. La démonstration de l'implication « géologique » et des réseaux de fracturation naturelle des roches (géologie de l'ingénieur) faite sur le Plateau de Gizeh, devrait pouvoir être élargie aux sites des 2 autres grandes pyramides de Dahchour.

Ce travail de recherche, venu du domaine des « bâtisseurs » constitue un apport objectif à l'égyptologie et à l'archéologie, capable d'entendre et d'intégrer une connaissance à la fois théorique, pratique et ouvrière, encore enseignée dans les certaines Ecoles et Instituts, en France et dans le monde entier.

Il corrobore et explicite complètement les écrits d'Hérodote, le débat sur le mode de construction des pyramides s'en trouve ainsi relancé, enrichi et objectivé au travers d'une vision généraliste et synthétique des connaissances relevant des Sciences de la Terre, du Génie des Ouvrages et des Savoir-faire des Métiers de la pierre.

Le Projet SCANPYRAMIDS arrive à point nommé – quels que soit son objectif, sa réalité et sa conclusion, il met les Grandes pyramides d'Egypte sous les projecteurs médiatiques –qui doit me permettre d'exposer, expliciter et démontrer mon travail de recherche (depuis 27 ans) et d'affirmer l'ensemble de la logique-logistique du bâtisseur depuis l'environnement, la géologie et la fracturation naturelle des roches (géologie de l'ingénieur), l'extraction, le démisage, en carrière horizontale à ciel ouvert au pourtour-même des ouvrages, l'acheminement, l'appareillage et la mise en œuvre de l'ensemble des dispositifs intérieurs –couloirs, chambres et grande Galerie, réalisés à ciel ouvert, y compris le « Grand Vide » dans leur utilité, leur intelligence, leur parfaite réalisation et fonctionnalité, à un tel point qu'il est inutile de chercher ailleurs sans raisonnement, sans savoir-faire et sans raison.

Et que personne n'aille plus invoquer les caprices du Pharaon, des erreurs d'ouvriers et défauts de construction, la tradition fourre-tout et encore moins la symbolique sans cesse invoquée de « *l'âme du Pharaon monte au ciel par escalier* » ou pour d'autres le « *le mode constructif des pyramides était unsecret d'état* » ou encore que « *le secret gît dans la pierre* »..

L'explication des trois projets successifs de chambres de L. Borchardt : chambre souterraine, de la Reine et du Roi, au cas où le Pharaon décéderait avant l'achèvement de l'ouvrage, ne tient pas longtemps quand on change de paradigme en abandonnant la construction par assises horizontales des

théories « rampistes » pour la théorie « machiniste » par enveloppes successives décrite par Hérodote et que j'ai explicité dans ma thèse.

En fait, la première chambre dite de la Reine constitue le début de la construction tout autour d'elle, par un petit tas de blocs empilés que l'on va faire s'accroître par enveloppes successives, puis par anticipation de la construction sur la face Nord, on réalise une rampe, sur laquelle ménager un couloir ascendant et une Grande Galerie et une chambre haute, la Grande Galerie « extraordinaire ascenseur oblique » pour hisser et mettre en place l'ensemble de monolithes de granite (système de rehausse) et calcaire (en chevron pour renvoyer latéralement les charges supérieures) au-dessus de la Grande Galerie, etc. Cette description est purement d'ordre technique du domaine de la statique et de la résistance des matériaux que connaissaient parfaitement des bâtisseurs de cette époque, connaissance empirique acquise par expérience, accumulée et enseignée encore aujourd'hui dans les collèges des Métiers « opératoires ».

L'ensemble de ce dispositif est « ingénieux », ingénieux au vrai sens du terme et non pas moqueur comme J-Ph. LAUER, architecte -archéologue l'employait à dessein vis-à-vis de la théorie « machiniste » d'Hérodote, « l'ingénierie » ou génie civil et mécanique des roches que l'Architecte formaliste ne condescend jamais à entrevoir et encore moins à considérer ; il est d'ailleurs si ingénieux qu'il aura fallu un « violeur de sépulture » pour le forcer sauvagement, avec le feu (la poudre venue de Chine), le vinaigre et le levier, dira le Calife Al Ma'moun en 832 ; c'est-à-dire 33 siècles plus tard.

Khéops était dans son sarcophage d'où Al Ma'moun l'a délogé, et Hérodote s'est fait l'écho, par deux fois, de la supercherie des prêtres du Temple de Ptah à Memphis, ses informateurs, qui lui ont indiqué le « secret » qu'il fallait insinuer sans cesse, à savoir que « *Khéops n'est pas dans mais sous la pyramide, sur une île entourée d'eau* », supercherie très efficace qui dure depuis 4.500 ans et durera sûrement encore....

La pyramide de Khéops a tout révélé sauf peut-être un dispositif technique de renvoi des charges de part et d'autre de la Grande Galerie (mon interprétation), que SCANPYRAMIDS aura repéré, au travers de la pierre, grâce aux muons.

Il n'en est sans doute pas de même de la pyramide de Chéphren qui, postérieure et dont les blocs sont réguliers, se devrait d'être plus ingénieuse encore ! J'aurai- je l'espère – l'occasion de participer à cette découverte et de l'interpréter constructivement.

Espérons que la découverte faite par l'équipe de Scanpyramids permettra de nouvelles études sur la construction des pyramides qui s'appuieront sur des bases observées et scientifiques. Espérons que les théories non scientifiques et non prouvées, impliquant des chambres secrètes, seront mises au repos. Espérons que le monde admirera la cohérence et l'ingéniosité des constructeurs antiques qui s'appuyaient sur des techniques logiques et maîtrisées, facilement compréhensibles par l'approche géologique et technique.

« Si la pyramide de Chéops y laisse un peu de son "Mystère", elle y gagne beaucoup en "Génie"...³⁹



Figure 34 : la pyramide de Khéops photographiée de nuit (par J. Kérisel).

* * *

- 1 - Elles sont datées de la IV^{ème} dynastie sous l'Ancien Empire. Les trois grandes se situent sur le plateau de Gizeh, proche du Caire, la plus grande et la plus célèbre "merveille du monde" étant celle du pharaon Khéops (haut. 147m).
- 2 - Hérodote, historien grec (V^{ème} siècle av. JC) - "l'Enquête" - livre II - art 125 et 126. Editions Gallimard (1964).
- 3- Les théories "machinistes" : chèvre de M. Strub-Roessler, élévateur de L. Croon ou l'ascenseur oscillant de G. Legrain.
- 4- Les théories "rampistes" : rampe frontale de J. Ph. Lauer, rampe hélicoïdale de G. Goyon et/ou M. Lehner, rampe latérale de R. Stadelmann, ou engagée de D. Arnold, égyptologues contemporains éminents.
- 5 - Diodore de Sicile, historien grec (1^{er} siècle av. JC) - "Naissance des Dieux et des Hommes" - livre I - art LXIII - Editions les belles lettres - Collection La roue à livres 1991 - Traduction de M. Casevitz - p 77 et 78.
- 6 - Les théories "mixtes" : représentée par J. Kérisel et J.P. Adam.
- 7 - Contexte technologique défini par les réalisations précédentes et contemporaines telle que la barque de Khéops.
- 8- Bien évidemment, modélisation n'est pas construction et virtualité n'est pas réalité, cependant la modélisation permet la conceptualisation et la compréhension. Cette approche, issue de la Tradition, est utilisée par les Compagnons de Devoir, elle est fondamentale en stéréotomie qui permet d'appréhender le volume.
- 9 - Ces blocs servent de tampon pour l'obstruction du couloir ascendant. Ils ont été découverts par la sape d'Al Ma'moun en 827. De toute évidence, ils étaient en nombre supérieur et ont eu une première fonction : celle de contrepoids et furent manœuvrés de nombreuses fois dans la Grande Galerie, expliquant ainsi la raison d'être de cette crémaillère.
- 10 - Ces monolithes sont considérés à tort comme des arcs de décharge, seul le dispositif supérieur en chevron remplit ce rôle
- 11 - De plus cette disposition des monolithes de rehausse (en granit imposé par sa meilleure résistance à la flexion), loin d'être une erreur, est plus légère - les pleins additionnés aux vides - qu'un massif en calcaire.
- 12 - La pente de la pyramide est donnée par le rapport hauteur/demi-base qui est égal à 1,25 (et non pas 1,2727 racine du nombre d'or comme certains le prétendent).
- 13- Auguste Choisy (1841-1909), fils d'architecte, polytechnicien français, ingénieur de l'Ecole des Ponts et Chaussées, publie "l'Art de bâtir chez les Egyptiens" (1904) -Edouard Rouveyre, Editeur : "les pyramides sont exécutées par application successive de tranches de maçonnerie aux flancs d'un pyramidion central » (p 99). Il est le premier à schématiser, de façon intuitive, la construction par degrés et la structure en pelures d'oignon, sans toutefois les démontrer
- 14 - « bomides » : petit autel, socle, piédestal, plate-forme élevée, table, entablement,
- 15 - « crossai » : corbeau, encorbellement, crénneau formant escalier,
- 16 - Reliquats de carrières qu'il est impossible de nier et qu'il est nécessaire d'intégrer dans tout schéma explicatif.
- 17 - Sci. Géol. Bull.- Recherches sur la fracturation naturelle des roches 1969-1972. -"Méthode d'étude de la fracturation naturelle des roches associée à divers modèles structuraux" par Michel Ruhland. Equipe de Recherche associée au CNRS " Géologie structurale et analyse tectonique". Institut de Géologie de l'Université Louis Pasteur. Strasbourg. Contrairement à ce que l'on peut lire ou entendre, de la part de certains égyptologues de renom, les trois grandes pyramides ne seraient pas implantées à l'image de la Constellation du Chien, de même que leur orientation n'est pas dictée par le lever héliaque de Sirius. L'axe du pli, indiqué par la présence des grandes failles, est NE-SO, il en résulte que les diaclases diagonales et donc les pyramides seront orientées NS et/ou EO.
- 18- Prof. Michel RUHLAND, géologue, Université L. Pasteur / Strasbourg.
- 19 - Voir la photographie aérienne réalisée par Marilyn Bridges et publiée dans son ouvrage -L'Egypte vue du ciel- p 40. (1996) -Ed. du Seuil.
- 20 - Il n'est certes pas très surprenant de constater que le terme ziggourat " siqquratu " a comme racine " s.q.r " qui signifie " être haut " ou peut-être même " s'exhausser " et que c'est la même racine chamito-sémitique que " Saqqarah " puisqu'il s'agit de la même forme, pourrait-on en déduire qu'il s'agit aussi de la même méthode de construction ? Il faudra néanmoins le vérifier.
- 21 - L'archéologie des édifices préhistoriques "Des DOLMENS pour les MORTS" - Roger Joussaume 1985 Editions Hachette. Tous les dolmens dans le monde semblent avoir utilisé ce procédé, la plupart du temps sur plan circulaire plus ou moins maîtrisé, mais le dolmen de la Joselière à Pornic (Loire Atlantique) offre la particularité d'être sur plan carré et de comporter deux, peut-être trois parées, au point qu'il préfigure de loin les futures pyramides à degrés.
- 22 - Pyramide à degrés de Djoser à Saqqarah est la plus célèbre, elle aurait été construite par l'architecte Imhotep. J.-Ph. Lauer a travaillé près de 70 ans sur ce site sans toutefois nous en donner une explication constructive valable. Elle devait, à notre avis, comporter 7 degrés. C'est à l'analyse de cette pyramide à degrés que Richard Lepsius définira "l'accrétion", nous proposerons "accrétion-exhaussement", dans la mesure où l'accrétion n'est motivée que par la volonté d'exhausser l'édifice. Cependant la corrélation suggérée par R.Lepsius, entre la longueur du règne du Pharaon et le volume de sa pyramide garde toute sa valeur, néanmoins il n'est pas interdit de penser que plusieurs rois ont pu participer au même ouvrage. Ce qui expliciterait bien des questions posées par la pyramide de Meidum.
- 23 - Georges Ifrah - "Histoire universelle des Chiffres" - (1981-1994) Editions Robert Laffont (p.394). De la même façon l'arithmétique additionnelle que Pythagore apprendra des Egyptiens, et que le monde grec dédaignera ensuite, pour être reprises par les Modernes, qui en déduire les bases des Théories Mathématiques contemporaines, n'est que jeu d'additions, de séries et de suites, emboîtées.
- 24 - Suzanne RAYNAUD, géologue française, Université Montpellier 2 (France)
- 25 - Mark LEHNER, égyptologue américain : « pourquoi n'a-t-il jamais songé à superposer topographie et stratigraphie ? »
- 26 - Prof. Thierry VERDEL est le directeur de thèse de l'auteur, (Ecole Nationale Supérieure des Mines de Nancy), actuellement Recteur de l'Université francophone L. SENGHOR à Alexandrie.

-
- 27 - Pr. Fathi SALEH, Directeur-Fondateur émérite du CULTNAT Héritage Culturel & Naturel de l’Egypte (numérisé) connaît, suit et apprécie le travail de recherche de P. Crozat depuis 1996.
- 28- HIP (Héritage – Innovation – Préservation) créé en 2015 par trois co-fondateurs MMrs. M. TAYOUBI, H. HELAL et F. SCHUITEN)
- 29- Pr. Hany HELAL (Dr. en mécanique des roches) Pt de mon jury de thèse), Thierry VERDEL (Dr. en Génie Civil) Dir. de thèse, Fathi SALEH, Fondateur – Directeur émérite du CULTNAT et Omar CHERIF (Dr. en Géologie au NARSS).
- 30- Prof. Hany HELAL, Prof. à la Faculté d’Ingénierie de l’Université du Caire à Gizeh.
- ³¹Pierre Crozat, (1941- Français) Architecte-Urbaniste de l’Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL -Suisse). Prix SIA(1971), Dr. de l’Institut National Polytechnique de Lorraine – INPL / Ecole Nationale des Mines de Nancy / Laego (2002 - Félicitations du jury), thèse intitulé « Le génie des pyramides » ; Auteur de « Système constructif des pyramides » Ed. Canevas – 1997 (ISBN 2-88382-064-3 et « Le génie des pyramides » Ed. Dervy – 2002 (ISBN 2-84454-161-5).
- ³²Hany Helal, Dr. en Mécanique des Roches, Professeur à la Faculté d’Ingénierie de l’Université du Caire, ex-Ministre de l’Enseignement Supérieur et de la Recherche d’Egypte, et Président du Jury de thèse de Pierre Crozat.
- ³³ Cette thèse de type « machiniste » inspirée du texte d’Hérodote (Vème siècle BC) s’oppose aux théories « rampistes » inspirées du texte de Diodore de Sicile (Ier siècle) est probablement la seule thèse universitaire traitant de cette méthode.
- ³⁴ Thierry Verdel, Dr. En Mécanique des Roches, Professeur à Ecole des Mines de Nancy, Recteur de l’Université Senghor à Alexandrie, Directeur de la thèse de Pierre Crozat.
- ³⁵<https://independent.academia.edu/PierreCrozat>
- ³⁶<http://pyramidales.blogspot.com/eg/search/label/Crozat%20%28Pierre%29>
- ³⁷ Prof. Omar CHERIF, géologue émérite, Université d’Ain Shams, et auprès du National Authority for Remote Sensing and Space Sciences - NARSS, Le Caire / Egypte.
- ³⁸ Dépôts pour ampliation sur les sites numériques : Academia.edu et « Pyramidales » de Marc CHARTIER, la date de dépôt faisant foi.
- 39- « Du Génie des Ouvrages & des Hommes, du Laboratoire Environnement – Géomécanique et Ouvrage - LAEGO, des Arts et des Métiers, des Méthodes constructives et des Savoir-faire, des Engins, des Machines et des Outils ».