

12 janvier 2005

La reconstitution du chantier de la grande pyramide

Le 12 janvier 2005, la Délégation Grand Ouest de l'AFGC et l'URIS des Pays de la Loire ont accueilli 240 auditeurs dans un amphi de l'Ecole Centrale de Nantes pour écouter Jean-Pierre Houdin, Architecte DPLG, venu exposer sa théorie révolutionnaire et de plus en plus approuvée sur le mode de construction de la grande pyramide de Khéops.

Le contenu de cette conférence extrêmement intéressante et bien documentée est reproduit ci-après, et nous remercions chaleureusement son auteur de nous en avoir donné l'autorisation.

Ce texte est déjà paru dans la revue Hippocampe (juin 2005) de l'Association des Ingénieurs Centrale Nantes, et dans la revue Antenne (janvier 2006) du Club d'Affaires Franco-Egyptien CAFE, revue à double entrée, en français et en arabe en sens inverse.

Les lecteurs sauront apprécier comme il se doit cette reconstitution magistrale du chantier de la Grande Pyramide d'Egypte dont l'avenir proche nous dira vraisemblablement que la thèse est désormais retenue ...

Un peu d'histoire

La Grande Pyramide, seule et unique « Merveille du Monde » encore visible à notre époque, a depuis toujours fait rêver l'Homme par sa pureté, sa puissance et sa masse. Curieusement, le vide entourant l'histoire du Roi Kheops et l'absence de « Trésor » ont contribué au fil des siècles à créer ce que l'on appelle « Le Mystère de la Grande Pyramide », si bien relayé par Edgar P. Jacobs.

Il en est résulté que le problème de sa construction n'a jamais réellement été abordé de manière sereine et que toute tentative d'explication a toujours été influencée par de nombreux facteurs extérieurs : écrits des uns, dogmatisme architectural des autres, enfin mysticisme ou imaginaire surdéveloppé pour les plus audacieux.

Et pourtant, cette pyramide n'est pas le « fruit de la génération spontanée », mais l'apogée d'un lent processus de découvertes techniques commencé près d'un siècle plus tôt avec Imhotep et la pyramide de Djoser à Saqqarah.

La maîtrise ainsi acquise lors de la construction des pyramides précédentes va amener naturellement les Architectes de Kheops à être très audacieux et à introduire une révolution dans l'Art de construire :

Réaliser le premier projet moderne de l'Histoire par l'intégration dans son architecture de la totalité des moyens techniques nécessaires à sa construction.

Et ce n'est qu'en repartant du projet originel imaginé par les concepteurs que la reconstitution du chantier de la pyramide de Kheops peut être abordé : en fait, ce n'est pas un mais deux chantiers totalement différents qui ont été réunis au sein d'un même projet. La

construction de la pyramide elle-même fait appel à un ensemble de procédés successifs, tandis que celle de la Chambre du Roi est rendue possible par l'intégration du moyen de levage de poutres, pesant jusqu'à 63 tonnes, dans l'architecture intérieure : la Grande Galerie.

La grande réussite du projet tient évidemment à la parfaite maîtrise, par les égyptiens de l'époque, des techniques employées, à leurs incroyables connaissances en géométrie, en mathématique, en astronomie ou en géologie et enfin en une remarquable organisation de chantier. Après une très longue analyse de tous les composants du monument, un constat devient évident : tout est étonnant jusqu'au moindre détail, preuve d'une ingénierie très développée. Qu'ils fussent Prêtres, Vizirs ou Scribes, ce sont bien des Architectes et des Ingénieurs au sens noble qui ont bâti cette merveille.

Après cinq années de recherches, d'études, d'analyse, et plus de 5.000 heures de conception et de simulation avec l'aide d'un puissant et indispensable logiciel CAO 3D, le « Mystère de la Grande Pyramide » est peut-être en passe d'être enfin levé. Malgré l'absence de documents de l'époque, le code de sa construction a été lentement décrypté par la reconstitution pierre par pierre de chaque élément composant l'ensemble, et finalement les « pierres ont parlé ».

La découverte, il y a plus de trois ans, de documents oubliés depuis plus d'une quinzaine d'années, a contribué à faire parler un peu plus ces pierres : la microgravimétrie avait donné involontairement une image surprenante de la pyramide en décelant une anomalie « ...sans qu'il ressorte de symétrie simple autre qu'une certaine allure en spirale ». L'auteur de ces propos tenus au Symposium d'Athènes en 1988, le Professeur Huy Duong BUI, Membre de l'Académie des Sciences, Membre de l'Académie Européenne des Sciences, n'est autre que celui qui a dépouillé à l'époque, sur un ordinateur Cray 1, le millier de mesures de microgravimétrie effectuées sur place. Son commentaire sur la thèse avancée est donc d'autant plus appréciable :

« Je suis très séduit par votre hypothèse de la rampe droite à quart tournant...qui cadre le mieux à nos calculs de l'époque ».

Les chiffres du défi Khéops

L'époque, 2.550 avant J.C., soit plus de 4.550 ans.

Les dimensions, avec une base carrée de 230,60 m par 230,60 m, une hauteur de 146,70 m, un volume de 2.600.000 m³ et un poids d'un peu plus de 5.000.000 de tonnes (la tour Eiffel ne « pèse » que 7.500 tonnes).

La moyenne des blocs est de 1 m³ pour environ 2 tonnes, c'est à dire que cela représente :

- **2.600.000 traîneaux tirés** chacun par une vingtaine d'hommes sur une distance d'environ 3 kilomètres avec une différence de niveau moyenne de 90 m soit l'équivalent de :
- **500.000 camions** de 10 tonnes de charge

De plus, il y a une centaine de blocs pesant de 30 à 65 tonnes qui proviennent de carrières situées à Assouan, à plus de 900 km du Caire, les plus hauts étant à plus de 60 m de la base de la pyramide.

La durée du chantier, estimée entre **20 et 22 années**

Les moyens techniques de l'époque, absolument rudimentaires :

- **Pas de fer**, donc pas de roue ni poulie, que des traîneaux tirés par des hommes sur des chemins lubrifiés avec du limon
- Pour extraire les blocs des carrières, **des boules en dolérite et des scies en cuivre** qu'il fallait sans arrêt affûter
- **Des cordes**, que les Egyptiens, bons marins, savaient très bien fabriquer à partir du papyrus
- **Des couffins** en osiers, **des bateaux** et **du bois** utilisé avec économie
- **Une main d'œuvre abondante** (pas d'esclaves car cela n'existait pas) mais des hommes qui faisaient un « service à la pyramide » comme on fait un « service militaire » avec en prime... une place dans l'Eternité à côté du Pharaon. **100.000 personnes pouvaient y passer chaque année**, mais à cause de la taille de la pyramide et du manque de place au cœur du chantier, **il ne pouvait pas y avoir plus de 4.000 hommes en même temps** sur ce dernier (haleurs, maçons, tailleurs de pierre, manœuvres, etc.)... Il fallait donc être très efficace et compenser ce handicap avec des techniques intelligentes.

Donc, que des bras, des jambes et de l'intelligence servis par une remarquable organisation de chantier.

Le contrôle des paramètres de la pyramide : la **précision des dimensions est extraordinaire**, les écarts n'étant que de quelques centimètres en général (par centaine de mètres), tout cela sans instruments particuliers, si ce n'est une « chaîne d'arpenteur » en corde, des équerres et des fils à plomb. Cela résulte d'un contrôle constant de l'élévation pour empêcher la pyramide de « vriller », donc d'une accessibilité des faces, des arêtes et des diagonales pendant toute la durée du chantier.

Les théories couramment avancées

Plusieurs dizaines qui se veulent scientifiques et autant de bizarres, des écluses aux dirigeables en passant par les extraterrestres !

Pour celles dites scientifiques, aucune ne répond à toutes les contraintes ou interrogations, entres autres :

Les manifestations régionales

- **D'où viendraient et** que seraient devenus les 750.000 à 1.800.000 m³ de matériaux d'une rampe frontale unique
- **Même problème** pour rampe hélicoïdale extérieure entourant la pyramide, d'un volume minimum de 400.000 m³, avec en plus la difficulté de faire tourner les traîneaux dans les angles.
- **Comment** utiliser des machines de levage sur des faces dont la pente dépasse les 51° ? et il aurait fallu des milliers d'engins, alors qu'il n'y a pas de bois en Egypte !
- **Comment monter les énormes blocs de 63 tonnes ?**



Et pourtant voici schématiquement l'état des lieux lors de la 21ème année - Niveau +146m

Le chantier de la Grande Pyramide est terminé.

Aucune trace de la méthode de construction.

Aucune trace de dépôt majeur de matériaux provisoires n'a été retrouvée.

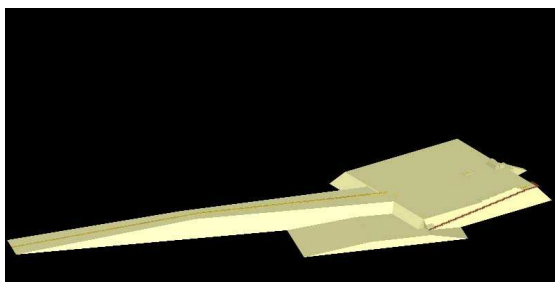
La thèse

Cette **méthode logique et cohérente**, élaborée par l'auteur et Henri Houdin, est basée sur deux concepts novateurs qui permettent de résoudre tous les problèmes de construction :

- **Une rampe intérieure droite à quart tournant et**
- **Un système à contrepoids**

1) La rampe intérieure

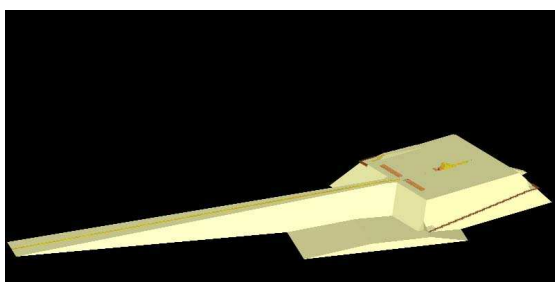
Il s'agit d'une **rampe intérieure droite à quart tournant**, chaînon manquant entre une rampe extérieure limitée à moins du tiers de la hauteur et l'emploi d'une tour de levage pour les dernières assises. Partant de la base, elle est constituée d'une succession de 21 galeries droites de faible largeur (5 coudées), situées dans la maçonnerie de soutien parallèlement aux faces, à une distance au plus près comprise entre 3 et 4 m de la paroi d'origine, et couvertes avec une voûte en tas de charge (dite en encorbellement) construite au fur et à mesure de l'avancement ; d'une pente moyenne de 7,13% (1 paume pour 2 coudées), elle est utilisable en permanence.



8^{ème} année - Niveau +20 m

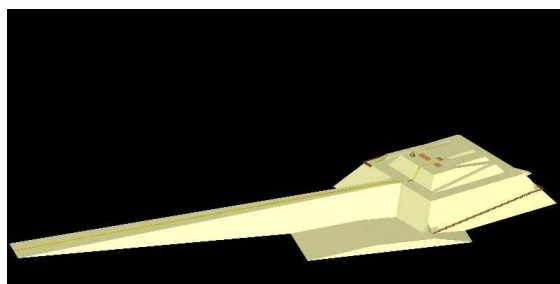
Base de la Chambre de la Reine.

*La rampe intérieure atteint son 1er palier.
1er nivellement général. Les chevrons du plafond sont
hissés sur l'aire de stockage située au Sud de l'assise.*



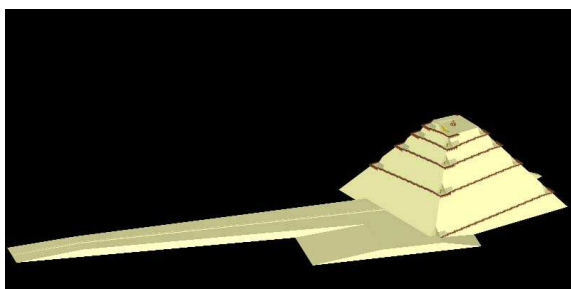
14^{ème} année - Niveau +43 m

*Le pyramidion, les poutres et chevrons du toit de la
Chambre du Roi sont hissés sur l'aire de stockage au
sud avec l'aide du contrepoids*



15^{ème} année - Niveaux +43m et +60m

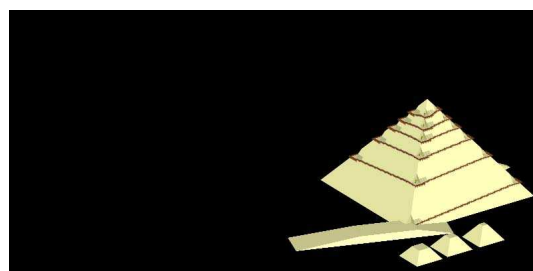
*Les 4 premiers plafonds sont posés.
Les poutres et chevrons du 5ème plafond et du toit au
niveau +60m sont hissés avec l'aide du contrepoids.*



19^{ème} année - Niveau +113m

*La rampe extérieure disparaît petit à petit.
Les blocs re-calibrés sont utilisés depuis le niveau
+76m, transportés via la rampe intérieure.*

Elle part à chaque volée d'un palier en encoche ouvert sur l'extérieur au droit d'une arête et débouche dans la paroi perpendiculaire, sur le palier d'une nouvelle encoche. De là elle repart à angle droit, comme un escalier, parallèlement à la nouvelle face jusqu'à la face perpendiculaire suivante, d'où son nom : à quart tournant. Le sol des galeries comporte une voie centrale sur laquelle glissent les patins des traîneaux supportant les charges. Les attelages humains travaillent en toute sécurité dans de bonnes conditions de température, de ventilation et d'éclairage (réseau de lampes à huile intégré dans les parois); une coursive extérieure parallèle en bois la complète. A la fin du chantier, les encoches sont soigneusement rebouchées avec des blocs de même provenance, de telle sorte qu'aucune différence ne soit visible.



20^{ème} année - Niveau +146m

*La pyramide est terminée, 80% des matériaux de la
rampe extérieure ont été réemployés.
Les derniers blocs de parement sont posés.*

2) Un système à contrepoids

Cette technique permet l'élévation et la mise en place des poutres des plafonds (jusqu'à 63 tonnes) et chevrons du toit de la Chambre du Roi.

Ce système est basé sur les éléments suivants :

- **un contrepoids** (constitué des 3 blocs bouchons obstruant actuellement le couloir ascendant) suspendu à un traîneau se déplaçant sur les banquettes latérales de la Grande Galerie.
- **une rampe extérieure** en appui contre la face Sud et limitée au niveau +43m, avec une chaussée centrale utilisée pour la montée et le stockage des poutres et chevrons à ce niveau.
- **une rampe spéciale**, incorporée dans la face Sud de la pyramide intérieure érigée autour de la Chambre du Roi (au fur et à mesure de la construction de celle-ci) et utilisée pour la mise en place définitive des poutres et chevrons aux niveaux +48m, +51m, +54m, +57m et +60m.
- **des équipes de traction** manœuvrant toujours sur une plate-forme horizontale

La combinaison de ces éléments est très *avantageuse* car:

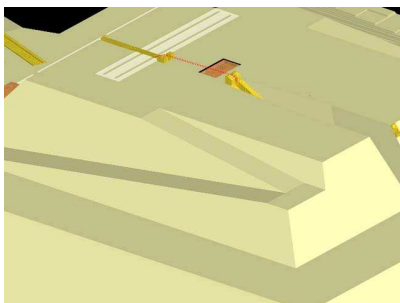
- **l'effort** à fournir par les hommes est diminué grâce à la force restituée par le contrepoids.

- **les hommes**, n'ayant pas à élever le poids de leur corps sur une rampe, peuvent fournir un effort bref (2 mn) très important (plus de 60kg chacun).
- **les attelages** sont réduits, donc facilement coordonnables, et disposent de beaucoup d'espace.

Cette *méthode logique et cohérente*, résout parfaitement tous les problèmes rencontrés dans la construction d'un tel ouvrage, et ne fait appel qu'à des outils et techniques connus à cette époque. C'est la seule qui permet de monter facilement les monolithes, d'utiliser définitivement une grande partie des matériaux extraits des carrières en réemployant ceux provenant du démontage de la rampe extérieure, et d'approvisionner en blocs calibrés les dernières assises. Le chantier est exécuté en continu puisqu'il dispose en permanence d'une rampe en pente douce. Les conditions de contrôle de l'élévation sont optimales car aucune structure ne masque les arêtes, les diagonales et les bords de la pyramide. Les assises sont réalisées horizontalement couche par couche et la majeure partie du ravalement est effectuée en cours de travaux, seuls quelques blocs du sommet, de l'entrée, des encoches et des appuis de la coursive extérieure ne sont ravalés qu'en fin de chantier.

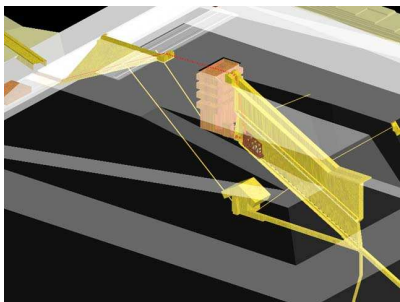
Exemple de la montée d'une poutre de la Chambre du Roi du niveau +43m au niveau +60m.

Les poutres ont dans un premier temps été montées par la rampe extérieure avec l'aide du contrepoids sur l'aire de stockage au niveau +43m. Elles sont maintenant hissées au niveau de leur emplacement définitif.



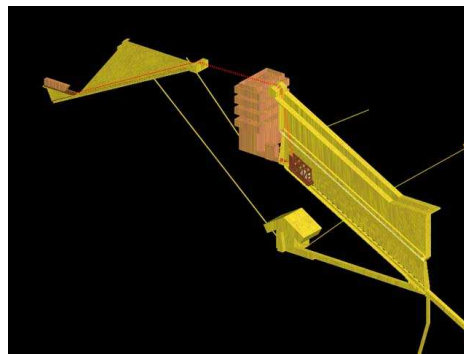
1 - 15^{ème} année - Niveaux +43m et +60m

Les poutres de la Chambre du Roi des 4 premiers plafonds aux niveaux +48m à +57m sont posés. Les poutres et chevrons du 5^{ème} plafond et du toit au niveau +60m vont être hissés avec l'aide du contrepoids.

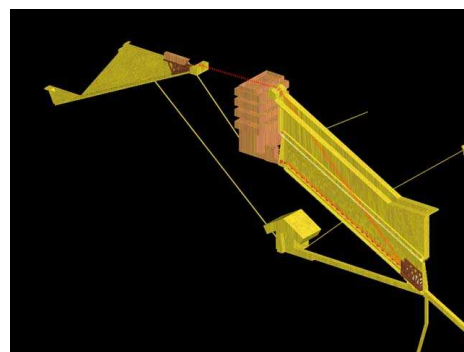


2 - Vue de l'intérieur de la pyramide : Le contrepoids est en position haute

Les manifestations régionales

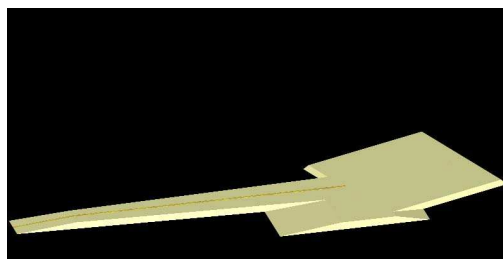


3 - Démonstration de la montée d'une poutre : La poutre est sur le funiculaire au niveau +43m, le contrepoids est en position haute.



4 - Démonstration de la montée d'une poutre : Le funiculaire et la poutre sont arrivés au niveau +60m, le contrepoids est en position basse.

Le chantier de la grande pyramide étape par étape



5^{ème} année - Niveau +7 m

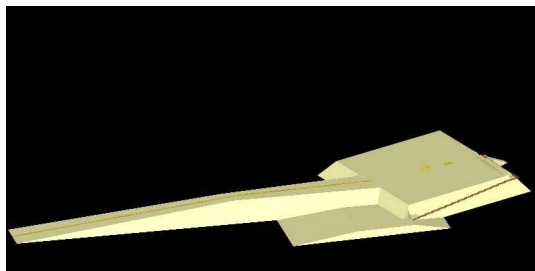
1^{ère} véritable plate-forme horizontale. Début de la construction de la rampe intérieure. Le chantier est approvisionné par la rampe extérieure.

8^{ème} année - Niveau +20 m

Base de la Chambre de la Reine. La rampe intérieure atteint son 1^{er} palier. 1^{er} nivellement général. Les chevrons du plafond sont hissés sur l'aire de stockage située au Sud de l'assise.

9^{ème} année - Niveau +24 m

Construction du toit de la Chambre de la Reine. Expérimentation du système à contrepoids imaginé pour la construction du toit de la Chambre du Roi.



10^{ème} année - Niveau +26m
*Le chantier avance régulièrement,
 approvisionné par la rampe extérieure.*

10^{ème} année - Niveau +28m

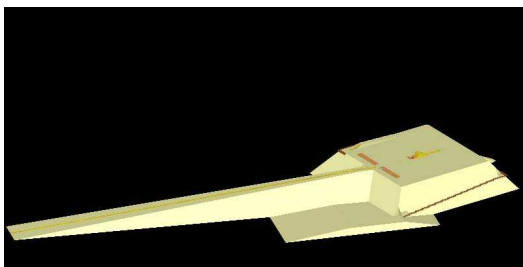
La rampe intérieure progresse, croisant l'entrée à un mètre au dessus de la 2^{ème} paire de chevrons.

10^{ème} année - Niveau +32m

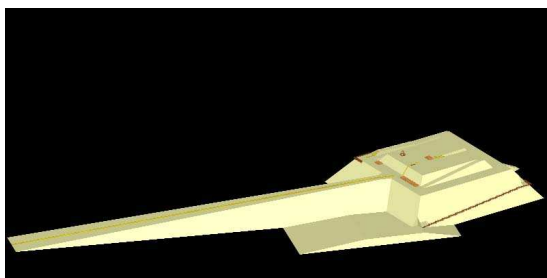
Les travaux de la Grande Galerie commencent.
 2^{ème} nivellement général.

14^{ème} année - Niveau +43 m

Base de la Chambre du Roi.
 3^{ème} nivellement général.
 Construction de la Chambre des Herses.



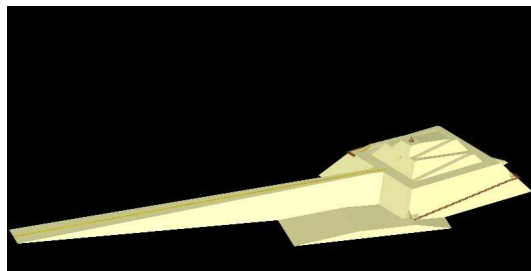
14^{ème} année - Niveau + 43 m
*Le pyramidion, les poutres et chevrons du toit de la
 Chambre du Roi sont hissés sur l'aire de stockage au
 sud avec l'aide du contrepoids*



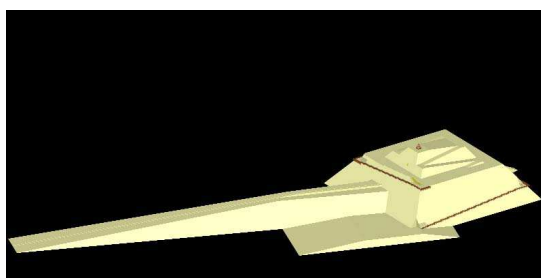
15^{ème} année - Niveaux +43m et +54m
*Réalisation d'une pyramide intérieure.
 Les poutres du 3^{ème} plafond au niveau +54m sont mises
 en place avec l'aide du contrepoids.*

15^{ème} année - Niveaux +43m et +60m

Les 4 premiers plafonds sont posés.
 Les poutres et chevrons du 5^{ème} plafond et du toit au
 niveau +60m sont hissés avec l'aide du contrepoids.



16^{ème} année - Niveaux +43m et +76m
*Grâce à la rampe extérieure, la pyramide intérieure est
 construite jusqu'au niveau +76m.
 70% de la pyramide est réalisé et le chantier va
 continuer maintenant grâce à la rampe intérieure.*



17^{ème} année - Niveaux +54m et +76m
*La pyramide intérieure est en cours d'enrobage, via la
 rampe intérieure, avec des blocs de petite dimension.
 Le démontage de la rampe extérieure a débuté, les
 matériaux sont récupérés puis re-calibrés.*

17^{ème} année - Niveaux +65m et +76m

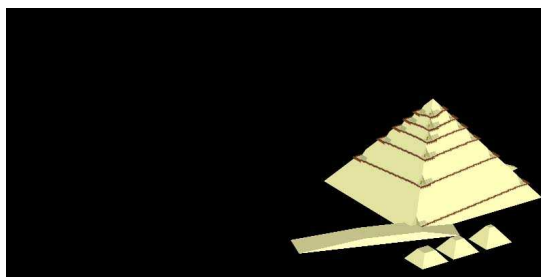
L'enrobage de la pyramide intérieure se poursuit.
 Le chantier avance régulièrement, plus aucune
 difficulté n'étant rencontrée.

19^{ème} année - Niveau +113m

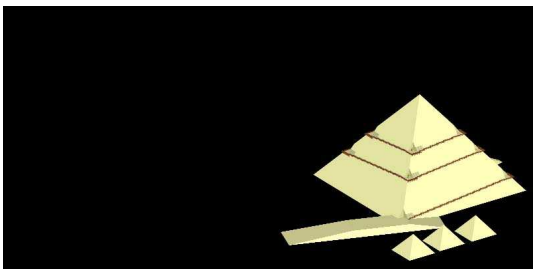
La rampe extérieure disparaît petit à petit.
 Les blocs re-calibrés sont utilisés depuis le niveau
 +76m, transportés via la rampe intérieure.

20^{ème} année - Niveau +140m

La rampe intérieure s'est arrêtée au niveau +130m.
 Sa longueur maximum a été atteinte : plus de 1600m.
 Elle sert maintenant à approvisionner la tour de levage
 qui est utilisée pour finir les dernières assises.



20^{ème} année - Niveau +146m
*La pyramide est terminée, 80% des matériaux de la
 rampe extérieure ont été réemployés.
 Les derniers blocs de parement sont posés.*



20^{ème} année - Niveau +146m
*Les travaux de parachèvement débutent.
 Rebouchage des encoches, ravalement des blocs de
 façade laissés bruts, démontage des coursives
 extérieures.*

21^{ème} année - Niveau +146m

Les travaux de parachèvement se poursuivent.
 Rebouchage des encoches, ravalement des blocs de
 façade encore bruts, démontage des coursives.
 La coursive extérieure et la petite rampe d'accès à
 l'entrée de la rampe intérieure sont démontées.
 Le chantier de la Grande Pyramide est terminé.
 Aucune trace de la méthode de construction.
 Aucune trace de dépôt majeur de matériaux provisoires
 n'a été retrouvée.

La campagne de recherche par microgravimétrie effectuée en 1986

Les recherches effectuées en 1986 par la fondation EDF* sur la pyramide de Kheops dans le cadre de son *Mécénat technologique* ont été publiées dans le compte rendu de la séance du 23 octobre 1986 en la salle des Ingénieurs et Scientifique de France et relatées lors du Symposium International d'Athènes des 19-23 septembre 1988.

Au cours du Symposium le Professeur Huy Duong BUI, déjà cité, avait notamment mentionné :

"ces zones ne se corrélaient pas horizontalement et peuvent suggérer diverses dispositions constructives en spirale"

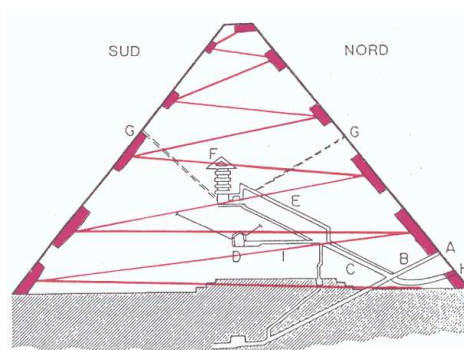
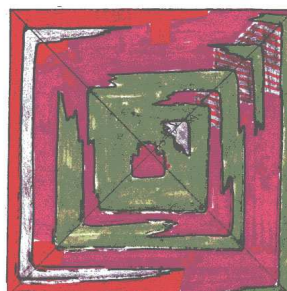
et concluait :

" en ce qui concerne les résultats déjà acquis signalons en les plus importantssans qu'il ressorte de symétrie simple autre qu'une certaine allure en spirale ".

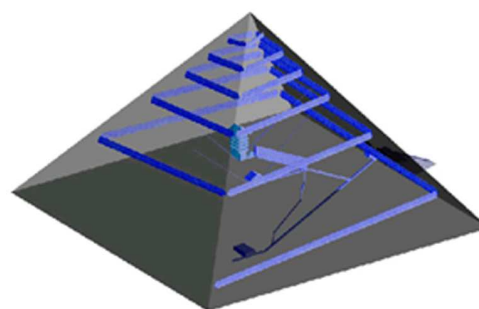
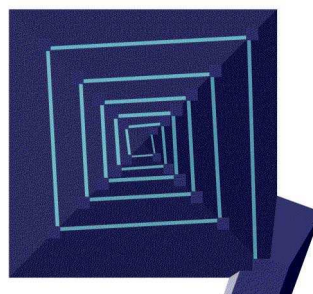
Initialement le but était de déceler la présence de chambres inconnues dans le corps de l'ouvrage et les anomalies qui intéressent la thèse n'avaient pas pu être alors analysées et étaient tombées dans l'oubli. Aussi, lors d'une réunion avec certains membres de l'équipe ayant effectué les recherches et l'auteur (qui était totalement ignorant de ces anomalies) il est alors apparu que la thèse présentée pouvait très bien en apporter une explication crédible. Ces anomalies constituent une ébauche de preuve car la superposition du plan d'interprétation des zones de densité avec celui de la rampe intérieure révèle une très grande similitude. Ainsi se trouverait démontrée la validité de la rampe intérieure droite à quart tournant.

Les manifestations régionales

Cela a conduit l'auteur à analyser plus en détail l'ensemble des résultats de cette campagne et d'autres indices intéressants sont alors apparus, renforçant la crédibilité de la théorie.



*Image de l'anomalie détectée involontairement
 par la microgravimétrie
 (en vert les zones de sous-densité pouvant
 refléter des cavités)*



*Position des galeries de la rampe intérieure
 dans la pyramide*

*G. Dormion, J.P. Goidin, J. Laksmanan, H.D.Bui, J.P. Baron, P. Delétie et Chawki Nakhla

Au sujet de l'encoche visible dans l'arête Nord-Est

En examinant en détail l'aspect actuel de la pyramide, on note la présence d'une **encoche dans l'arête Nord-Est** située à un peu moins des 2/3 de la hauteur. Certaines photos sont à ce sujet très intrigantes : serait-ce l'amorce d'une encoche telle qu'imaginée dans la thèse ? Lors du pillage des blocs de façade, certains blocs de cette encoche, mal rebouchée, aurait alors pu être emportés dans la foulée.

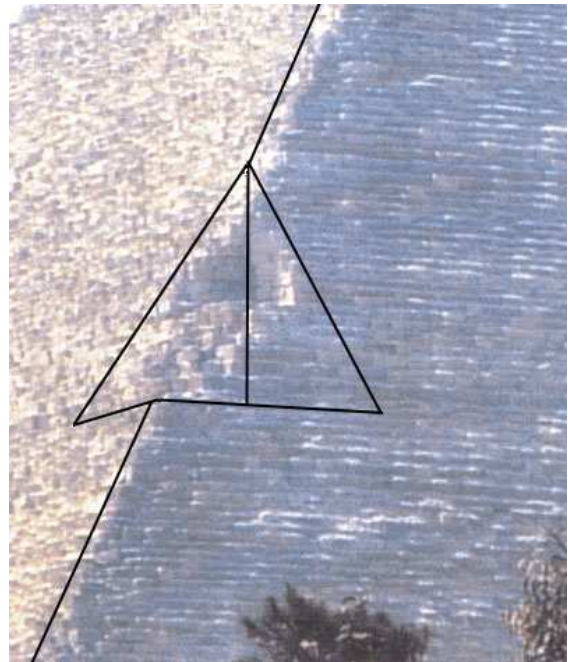
En Janvier 2003, lors d'une rencontre avec Mr Pierre Delétié et Mr Jean-Pierre Baron, membres de l'équipe de la campagne de recherche par microgravimétrie de 1986/87, cette question a été évoquée. Mr Baron se rappelait très bien de cette encoche qu'il avait remarquée et qu'il avait mesurée.

L'encoche visible a une base carrée de 2,53 m de côté et est située à une hauteur d'environ + 94 m par rapport à la base ; de plus, l'arête d'angle est parfaitement verticale...

La 9^{ème} encoche de la rampe intérieure de la théorie se trouve dans l'arête Nord-Est à une hauteur de + 87 m par rapport à la base ! Cette 9^{ème} encoche se situe à ce niveau après 1.110 m de développé de la rampe intérieure à 7,13% (une paume pour 2 coudées) de pente moyenne ! la base de l'encoche visible étant plus petite que le palier de la 9^{ème} encoche, la **partie apparente correspondrait à la supérieure de cette dernière !**

D'après les éléments disponibles, cela pourrait bien être le cas...

Mr Baron a également fait part d'une anecdote curieuse : alors qu'il effectuait le relevé des dimensions de cette encoche, il a **remarqué la présence d'un renard du désert (fennec)** qui entrait et sortait de son terrier à quelques blocs de l'encoche. Il n'a pas pu voir la profondeur de ce terrier, mais le renard disparaissait bien à l'intérieur... La volée de la rampe intérieure débouchant sur cette 9^{ème} encoche devrait se trouver à environ 3 m en retrait à cet endroit ; Maître Renard aurait-il découvert **un accès à celle-ci** et disposerait-il d'un Palace à l'intérieur de la pyramide ?



Encoche Nord-Est vue de loin et au zoom avec surimpression de la 9^{ème} encoche de la rampe intérieure

Conclusion

Près de 6 années ont passées depuis le début de notre « aventure Kheops », et le chemin parcouru commence à devenir impressionnant : de nombreuses personnalités du monde scientifique - égyptologues, architectes, ingénieurs, scientifiques - ont été rencontrés et ont apporté leur caution à cette thèse. Plusieurs conférences, ayant permis d'exposer cette thèse à un large public, ont toutes reçu **un écho extrêmement favorable**. Une association (ACGP), fondée par d'éminentes personnalités, s'est constituée dans le but d'apporter les preuves irréfutables et plusieurs mécènes se sont déjà engagés à apporter leur soutien. **Une grande campagne** de recherches, utilisant des techniques de détection non-destructives **est en préparation**, la demande d'autorisation de « fouilles » auprès du Service des Antiquités Egyptiennes étant en cours d'instruction.

L'avenir proche nous dira peut-être que la thèse est désormais devenue :

« la Reconstitution du Chantier de la Grande Pyramide ».

Jean-Pierre Houdin
Architecte DPLG