

Jean-Pierre Houdin

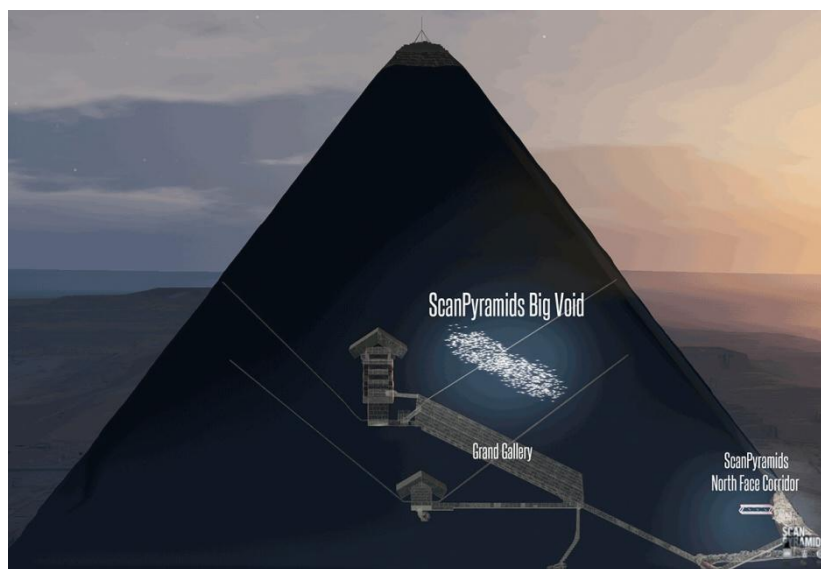
Architecte Honoraire

Co/fondateur, Administrateur et Secrétaire Général de HIP.Institute*

(*coordinateur de la mission ScanPyramids avec la Faculté des Ingénieurs de l'Université du Caire)

Pyramide de Kheops, découverte récente d'une grande cavité par la mission ScanPyramids

Ce vide important, conçu par Hemiounou et Ankh-haef, est indispensable pour la construction de la structure au-dessus de la Chambre du Roi



©ScanPyramids

Le « Big Void » (La Grande Cavité) Mémoire

Ce texte fait partie d'une future trilogie, il sera suivi de :

« Pyramide de Kheops,
découverte récente d'un couloir sous la face Nord par la mission ScanPyramids »
puis de
« Pyramide de Kheops,
découverte récente d'une cavité sous l'arête Nord-Est par la mission ScanPyramids »

PARIS, le
25/10/2022

TABLE DES MATIÈRES

1 – PRÉAMBULE.....	Page 2
2 - GENÈSE DE LA MISSION SCANPYRAMIDS.....	Page 3
3 - LA PROBLÉMATIQUE DU CHANTIER DE CONSTRUCTION DE LA CHAMBRE DU ROI.....	Page 7
4 - RECONSTITUTION PROPOSÉE DU SYSTÈME À CONTREPOIDS : LES DÉVELOPPEMENTS DEPUIS L'ORIGINE.....	Page 9
5 – ÉVOLUTION DE LA POSITION DE L'ANOMALIE DÉTECTÉE PAR NAGOYA ET LE KEK ENTRE LE 20 NOVEMBRE 2016 ET LE 25 MAI 2017 ET LES ANOMALIES DÉTECTÉES PAR LE CEA.....	Page 20
<i>Note d'information N°1</i>	Page 23
6 – DE FIN MAI AU 2 NOVEMBRE 2017, DATE DE L'ANNONCE DE LA DÉCOUVERTE DU BIG VOID DANS LA REVUE <i>NATURE</i>	Page 28
<i>Note d'information N°2</i>	Page 32
7 - L'APRÈS 2 NOVEMBRE 2017 JUSQU'À LA FIN DE L'ANNÉE 2019.....	Page 37
<i>Note d'information N°3</i>	Page 40
8 – LE TEMPS SUSPENDU ET LE TEMPS DE SORTIR DE L'OMBRE.....	Page 48
<i>Note d'information N°4</i>	Page 52
9 – LE BIG VOID EST LA PIÈCE MAÎTRESSE DE LA CONSTRUCTION DE LA SUPERSTRUCTURE AU-DESSUS DE LA CHAMBRE DU ROI.....	Page 82
10 – SÉQUENCES DU CHANTIER DE LA CHAMBRE DU ROI ET DE SA SUPERSTRUCTURE.....	Page 100
11 – HISSAGE DES MONOLITHES : TABLEAUX DES FORCES REQUISES ET CHARGEMENTS DES CONTREPOIDS SELON LES PHASES.....	Page 110
12 - PREMIERS INDICES SOUTENANT CERTAINES PROPOSITIONS AVANCÉES.....	Page 124
13 – CONCLUSION AU SUJET DE LA DÉCOUVERTE DU BIG VOID.....	Page 147
14 – BIBLIOGRAPHIE.....	Page 150
15 – LIENS INTERNET UTILES POUR DÉCOUVRIR MES TRAVAUX.....	Page 152

RECOMMANDATION

De nombreuses illustrations du document sont dans un format réduit pour limiter le nombre de pages.
Pour une meilleure lecture, il est recommandé d'afficher les pages du Pdf sur votre écran à +150%

À HRH...

1 – PRÉAMBULE

Suite à l'intuition de mon père Henri Houdin (Ingénieur des Arts et Métiers, Paris 1941¹) au début de janvier 1999 : la pyramide de Kheops a été construite « de l'intérieur » en partie grâce à une rampe interne, je n'ai pas cessé de me consacrer² à la résolution de cette énigme vieille de plus de 4.500 ans. Cela fait donc maintenant près d'un quart de siècle que je suis immergé dans la pyramide de Kheops, et ses consœurs égyptiennes, particulièrement celles de la quatrième Dynastie.

Dès le départ, j'avais compris que je devais penser en "architecte Égyptien de l'époque" et non pas en constructeur d'aujourd'hui et pour cela il me fallait acquérir le maximum de connaissances quant aux techniques, matériaux, outils et savoir-faire à la disposition des anciens Égyptiens de la quatrième Dynastie.

Entre 1999 et 2005, j'ai ainsi passé plus de 5.000 heures, seul, à modéliser mes idées en 3D³, avec cet avantage unique de pouvoir visualiser, en temps réel, ce qui me venait à l'esprit, avec la possibilité de connaître précisément les rapports spatiaux des différents éléments que j'avais en face de moi sur l'écran de l'ordinateur.

En mars de l'année 2001, j'étais déjà totalement convaincu qu'à l'époque les architectes avaient conçu le projet en imaginant deux chantiers distincts intégrés l'un dans l'autre: d'un côté le volume lui-même, de l'autre la Chambre du Roi et sa superstructure ; ils avaient ensuite été réalisés avec des méthodes et des moyens totalement différents, chacun étant optimisé pour une exécution parfaite.

En 2003, sous l'impulsion de mon père, l'Association Construire la Grande Pyramide⁴ a été créée par une vingtaine d'ingénieurs et scientifiques⁵, son but : « ...réunir les moyens scientifiques, techniques et financiers à mettre en œuvre pour soutenir le développement et la reconnaissance de la théorie mentionnée ci-dessus et étudier la structure interne des grandes pyramides lisses de la quatrième Dynastie sur l'exemple de la pyramide de Kheops. Elle s'attachera notamment à la détection de cavités encore inconnues ».

Dès 2004, grâce à l'aide de l'ACGP et ses mécènes⁶, j'ai pu me rendre régulièrement en Égypte et faire mes propres investigations sur place ; je trouvais souvent un indice qui venait corroborer une de mes propositions.

Par la suite, grâce à une remarquable collaboration avec Dassault Systèmes⁷ débutée en 2006⁸ et les logiciels⁹ de conception 3D et de réalité virtuelle de cette société, la « connaissance » de l'intérieur de

¹ Ecole des Arts et Métiers, Paris.

² Et ce avec lui jusqu'à son décès le 25 octobre 2014.

³ Avec le logiciel AutoCad.

⁴ ACGP, Association Construire la Grande Pyramide - www.construire-la-grande-pyramide.org.

Actuellement, Laurent Chapus en est le Président, Jean Billard le Secrétaire général et Chantal Mazières la Trésorière. Laurent Chapus est également Trésorier de HIP.Institute.

⁵ Dont une grande partie membres du Comité des Experts en Construction du CNISF – Conseil National des Ingénieurs et Scientifiques de France (actuel IESF) et Mme Ruth Schumann-Antelme, égyptologue, ancienne assistante de Mme Christiane Desroches-Noblecourt.

⁶ Eiffel Construction Métallique, THALES, Gaz de France étant les premiers.

⁷ Société leader mondial des logiciels de conception 3D dirigée par Bernard Charlès.

⁸ Dans le cadre du programme de mécénat « *Passion for Innovation* » mené par Mehdi Tayoubi assisté de Richard Breitner sous la direction de Pascal Daloz. J'ai été introduit chez Dassault Systèmes grâce à Jean-Jacques Urban-Galindo, présent lors d'une conférence donnée à la Société des Ingénieurs des Arts & Métiers à l'invitation de Gérard Ledieu, Hubert Labonne, Jean Carayon, Pierre Jartoux, Jean-Louis Simonneau et Vincent Guittet. La solidarité des Gad'zarts à l'égard d'un de leur camarades, mon père Henri.

⁹ CATIA, DELMIA, SIMULIA et VIRTUOOLS. Ces logiciels ont contribué au développement impressionnant de mes travaux, avec l'aide à mes côtés, entre autres, de deux spécialistes, Jacques Jaworski et Alain Dugousset.

la pyramide de Kheops a fait un incroyable bond en avant, permettant, en plus, d'effectuer des simulations opérationnelles lourdes sur de nombreux aspects techniques de ce chantier. Après toutes ces années, j'ai, je l'avoue humblement, acquis une extraordinaire capacité à « connecter les points » entre tous les composants à l'intérieur de la pyramide de Kheops. Cette connaissance s'est parallèlement approfondie à l'ensemble du Plateau de Gizeh, l'implantation de la pyramide de Kheops étant déjà la première grande réussite du projet.

Dernier élément très important pour comprendre mon état d'esprit dans mes travaux sur la pyramide: j'ai toujours cherché à faire évoluer mes propositions, au fur et à mesure de mes avancées, avec en point de mire « la logique et la simplicité », qui pour moi étaient fondamentales dans la conception et la réalisation de la Grande Pyramide.

Dans l'Histoire, deux génies ont été adeptes de la simplicité :

- Léonard de Vinci : « La simplicité est la sophistication suprême »
- Albert Einstein : « L'objectif suprême de toute théorie est de rendre les éléments irréductibles de base aussi simples et réduits que possible »

Je suis absolument convaincu qu'Hemionou et Ankh-haef, les architectes - ingénieurs qui ont conçu et bâti la Grande Pyramide, étaient des génies animés par le même esprit que ces deux géants

2 - GENÈSE DE LA MISSION SCANPYRAMIDS

L'origine de la mission ScanPyramids remonte au 21 mars 2002, le jour où mon père et moi-même avons rencontré, à notre demande, le Conseiller Culturel près l'Ambassade d'Égypte à Paris, le Professeur Hany Helal. Ce dernier m'a ouvert la porte de l'Égypte, la même année en programmant, avec le Dr Mahmoud Ismail, ma toute première conférence au Centre Culturel Égyptien de Paris, puis, en 2004, en m'introduisant auprès du Secrétaire Général¹⁰ du Conseil Suprême des Antiquités (SCA) de l'époque, enfin et surtout en s'engageant à m'aider à monter une mission scientifique.

C'est ainsi qu'au début de l'année 2005, Hany Helal ayant réintégré la Faculté des Ingénieurs du Caire, l'ACGP et l'ECAE¹¹ ont commencé à travailler sur un projet de mission d'investigation de la pyramide de Kheops au moyen de techniques non destructives qui allaient être sélectionnées parmi une dizaine de disciplines.

Avec l'aide de mon ami égyptologue le Dr Bob Brier¹² et après plus d'une année de préparation, un dossier très complet était prêt à être déposé au SCA. Il allait être présenté au nom de l'ECAE et du CNISF¹³, avec le soutien financier de l'ACGP, sous ma direction et avec la participation en résidence du Professeur Hany Helal. Le projet de mission était basé sur trois techniques non-destructives prioritaires, la microgravimétrie¹⁴, la réflectométrie radar¹⁵ et le radar de sol pénétrant¹⁶; et vu leur

¹⁰ Le Dr Zahi Hawass.

¹¹ ECAE – Engineering Center for Archaeology and Environment. Organisme de la Faculté, dirigé par Mme Nahed Abdel Raheem, qui préparait les programmes de restauration des monuments pour le compte du SCA.

¹² Que j'avais rencontré à New York en juin 2003 et qui s'est engagé à mes côtés dès notre première rencontre. Bob Brier est surnommé « M. Mummy » pour avoir momifié un cadavre selon les méthodes égyptiennes.

¹³ CNISF – Conseil National des Ingénieurs et Scientifiques de France (actuel IESF).

¹⁴ Société SAFEGE, ex société CPGF ayant réalisé la campagne de microgravimétrie dans les années 1986/87.

¹⁵ Pour le projet, la Société THALES a réalisé deux campagnes d'essai sur la Château de Coucy (Aisne) et celui de Pierrefonds (Oise). François Levieux, Président du Comité Scientifique et Technique de l'ACGP, était à l'époque le directeur des processus techniques chez THALES.

¹⁶ Société LERM, spécialiste de la détection de cavités dans le sol ayant une grande expérience acquise lors de la construction des lignes TGV par la SNCF.

facilité de mise en œuvre, deux autres techniques étaient aussi prévues: l'infrarouge¹⁷ et la photogrammétrie architecturale¹⁸.

Au dernier moment, alors que j'étais au Caire, le Secrétaire Général du SCA a imposé une condition supplémentaire : la mission devait comporter un égyptologue reconnu ayant déjà travaillé sur une fouille en Egypte. J'ai immédiatement pensé au Dr Dieter Arnold¹⁹ que j'avais rencontré l'année précédente avec Bob Brier dans son bureau du Metropolitan Museum de New York pour lui présenter mes travaux. Sachant qu'il était à Dahchour fouillant la pyramide de Sesostris III, je l'ai contacté pour lui demander s'il pouvait me recevoir. Le lendemain j'étais sur place et lui expliquais la situation. A la fin de l'entretien, il m'a donné son accord et préparé une lettre en ce sens que j'ai portée quelques jours plus tard au SCA. Pour plus de sécurité, j'ai aussi contacté le Pr Dr Rainer Stadelmann²⁰, à qui j'avais fait une présentation de mes travaux quelques mois plus tôt et qui avait été très intéressé par mes idées. Je lui ai demandé s'il serait d'accord pour faire partie de la mission. Sa réponse a été positive et il m'a aussi préparé une lettre en ce sens pour le SCA. Avec deux égyptologues de renom acceptant de faire partie de la mission ès-qualité de conseillers, j'étais donc très confiant pour la suite.

Malheureusement, quelques semaines plus tard le Dr Dieter Arnold m'informait, en s'excusant, qu'il lui était « impossible » de faire partie de la mission, suivi de peu par le Pr Dr Rainer Stadelmann qui devait lui aussi « renoncer » ; la double réponse à la condition pour obtenir une autorisation venait d'être rejetée. J'ai appris par la suite que ces deux égyptologues avaient été récusés au prétexte qu'ils avaient tous les deux une mission en cours...

Une proposition faite par Bob Brier, qu'il prenne lui-même la direction de la mission, a été refusée au motif qu'il n'était pas un spécialiste des monuments égyptiens. En dernière tentative, j'ai proposé au Dr Zahi Hawass²¹ de prendre lui-même la direction de la mission ; il a décliné en me disant que ce n'était pas « sa » mission. J'ai finalement compris que je n'obtiendrai jamais celle-ci de la part du SCA. Une belle leçon que je n'oublierai jamais. Cela dit, un homme averti en vaut deux...

Par la suite deux évènements majeurs ont eu lieu grâce à Dassault Systèmes : la présentation de « Kheops Révélé²² » à la Géode de Paris le 30 mars 2007, qui a fait connaître mes travaux dans le monde entier en vingt-quatre heures, puis celle de « Kheops Renaissance²³ », toujours à la Géode, le 27 janvier 2011. Entre les deux, j'ai eu le privilège de participer à trois documentaires concernant mes travaux pour de grandes chaînes de télévision : « Kheops Révélé²⁴ », « Unlocking the Great Pyramid²⁵ » et « Kheops » pour la NHK Japan²⁶ ; ce dernier, programmé en « prime time » lors de sa première diffusion le 5 juillet 2009, sera regardé par onze millions de téléspectateurs. Près de trois ans plus tard, il aura surtout une « retombée » inattendue mais extraordinaire.

¹⁷ Société TCC – Jean-Claude Barré, expert en infrarouge ayant acquis une grande expérience au cours de grands projets. Plus tard, il fera partie de l'équipe infrarouge dans la mission ScanPyramids.

¹⁸ Le Professeur Pierre Grussenmeyer - INSA Strasbourg.

¹⁹ Egyptologue, à l'époque Directeur du département des Antiquités Egyptiennes au Metropolitan Museum de New York et de la mission américaine à la pyramide de Sesostris III à Dahchour.

²⁰ Egyptologue, à l'époque Directeur de l'Institut Allemand d'Archéologie du Caire et de la mission allemande à la pyramide Rhomboïdale à Dahchour.

²¹ A la même époque, le Dr Zahi Hawass venait juste d'écrire une préface pour mon livre « Le secret de la construction de la Grande Pyramide ».

²² Une présentation 3D en temps réel et relief projeté sur un écran hémisphérique de 400m2 sur des animations réalisées par la talentueuse équipe d'EMISSIVE, start-up créée par Emmanuel Guerriero et Fabien Barati.

²³ Une nouvelle présentation du même type pour annoncer l'existence probable de vides inconnus dans la pyramide de Kheops.

²⁴ « Kheops Révélé » réalisé par Florence Tran pour France 2 et France 5 et produit par Gédéon Programmes.

²⁵ « Unlocking the Great Pyramid » réalisé par Peter Spry-Leverson pour la chaîne National Geographic (USA).

²⁶ NHK Japan – la grande chaîne publique japonaise.

Malheureusement là encore, la présentation de « Kheops Renaissance » du 27 janvier 2011 a eu lieu au moment même où l’Egypte entrait dans une période difficile, mettant un arrêt pendant plus de deux ans à toute activité liée aux pyramides.

Mais comme le veut l’adage : vingt fois sur le métier remets ton ouvrage...

Cela dit, entre les deux événements de la Géode, j’avais été contacté en juin 2010 par Matthieu Klein, spécialiste en infrarouge du MIVIM²⁷. Celui-ci me proposait un partenariat pour une future mission sur la Grande Pyramide. Après plusieurs mois de discussions, un accord en ce sens a été annoncé lors de la présentation de « Kheops Renaissance ».

En novembre 2011, j’ai été à nouveau contacté par un scientifique, le Dr Hiroyuki Tanaka de l’Université de Tokyo²⁸, qui, ayant découvert mes travaux à travers le documentaire de la NHK, m’expliquait qu’il était un spécialiste des muons et qu’il pouvait « voir » à travers les volcans. Il me proposait d’utiliser cette technique pour « voir » à travers la pyramide de Kheops. En juin 2012, à son invitation, je me suis rendu à Tokyo pour visiter son laboratoire et discuter d’un projet de mission. Je suis rentré enthousiaste à Paris mais la période n’était toujours pas favorable pour parler de mission avec mes amis de l’équipe Kheops chez Dassault Systèmes.

Finalement, fin 2012, j’avais réuni trois spécialistes de techniques non-destructives pour un nouveau projet de mission : deux pour la thermographie infrarouge, le MIVIM de l’Université Laval de Québec et Jean-Claude Barré (qui faisait déjà partie du projet de mission de 2006) et pour la muographie²⁹, le Pr Tanaka de l’Université de Tokyo.

En février 2013, j’ai repris contact³⁰ avec Hany Helal qui a accepté l’idée d’un nouveau projet de mission. En raison de la situation politique en Egypte, nous étions conscients qu’il nous faudrait beaucoup de temps et de patience pour finir par obtenir un accord.

Début mars 2014, le Dr Tanaka m’informait que la NHK japonaise était prête à financer une mission de radiographie par les muons sur la pyramide de Kheops et que des représentants de cette chaîne voulaient me rencontrer à Paris pour discuter d’une coopération. Cette rencontre eut lieu le 24³¹, suivie d’une seconde le 26 avec Hany Helal³² et l’équipe Kheops³³ chez Dassault Systèmes. Quelques jours plus tard, la NHK nous annonçait qu’elle était d’accord pour rejoindre le projet de mission que nous préparions et que Takumi Hisaizumi³⁴ était nommé coordinateur du projet pour le compte de la NHK.

Peu après, le Dr Tanaka étant devenu indisponible en raison d’autres engagements, et sur ses conseils, la NHK s’est tournée vers le Professeur Kunihiro Morishima de l’Université de Nagoya³⁵ et son équipe et le Professeur Fumihiko Takasaki du KEK³⁶ et son équipe, chacun avec sa propre technique de radiographie par les muons.

Après plusieurs mois de simulations sur des modèles de pyramides, les deux techniques étaient validées ; le 12 novembre, Hany Helal rencontrait le Ministre des Antiquités³⁷, le Dr. Mamdouh

²⁷ MIVIM, un laboratoire de l’Université Laval à Québec, Chaire de recherche du Canada en vision infrarouge et thermographie dirigée par le Professeur Xavier Maldague.

²⁸ Earthquake Research Institute – The University of Tokyo – Muons Detector Technique.

²⁹ Radiographie par les muons, dite Muographie.

³⁰ Par l’intermédiaire de Florence Tran qui faisait de fréquents séjours au Caire.

³¹ Avec Toshihide Yabuki, Koichi Jo et Mme Mutsumi Funato (traductrice).

³² Et Yasser Elshayeb, directeur de l’organisme culturel égyptien Culnat.

³³ Mehdi Tayoubi, Richard Breitner, Benoît Marini, Alain Dugousset et Mme Marie-Pierre Aulas.

³⁴ Takumi Hisaizumi assurera la coordination avec les équipes japonaises pendant toute la durée de la mission.

³⁵ Institute of Advanced Research, Nagoya University – Plaques à émulsions.

³⁶ Institute of Particle and Nuclear Studies, KEK, High Energy Accelerator Research Organization – Scintillator

³⁷ Le nouveau Ministre des Antiquités nommé le 17 juin 2014 en remplacement de M. Mohamed Ibrahim Ali al-Sayed.

Mohamed Eldamaty et le 10 février 2015 le projet de mission était présenté au Comité Permanent des Antiquités Egyptiennes. Celui-ci donnait rapidement son accord de principe à la mission en la divisant en deux phases : la première sur les pyramides de Dahchour et en cas de résultats positifs, la seconde sur la pyramide de Kheops. Il ne restait plus qu'à préparer le dossier de mission définitif qui devait être déposé conjointement, du côté français, par une entité non commerciale et pour le côté égyptien, par la Faculté des Ingénieurs du Caire, la future mission « Internationale » étant placée sous l'autorité du Ministère des Antiquités de la République Arabe d'Egypte.

Le 7 juin, le Dr. Mamdouh Mohamed Eldamaty confirmait par lettre au Professeur Hany Helal que le Comité Permanent des Antiquités Egyptiennes avait donné son accord sur les techniques sélectionnées³⁸ et l'invitait à transmettre la liste des équipements utilisés, les CV des membres des équipes et leurs passeports pour les services de sécurité.

Le 8 juin, l'association HERITAGE, INNOVATION, PRESERVATION INSTITUTE était administrativement³⁹ créée lors d'une assemblée générale constitutive réunissant les huit membres administrateurs⁴⁰, les statuts étant signés par le Président, Mehdi Tayoubi, et le Secrétaire Général, Jean-Pierre Houdin, l'association optant pour sa désignation le sigle HIP.Institute⁴¹.

Les mois suivants ont été consacrés à la consolidation du financement de la mission⁴², à des repérages sur place et aux préparatifs du côté de la logistique⁴³, les premiers matériels commençant à être transférés au Caire dès le début septembre.

Finalement, après d'intenses négociations sur les détails⁴⁴ du futur déroulement de la mission au niveau des relations entre le Ministère des Antiquités, les coordinateurs et les opérateurs, la mission ScanPyramids était officiellement lancée le 25 octobre 2015 lors d'une grande conférence de presse qui s'est tenue à la Mena House, hôtel mythique faisant face à la pyramide de Kheops, en présence du Ministre des Antiquités, le Dr. Mamdouh Mohamed Eldamaty, du Professeur Hany Helal, de Mehdi Tayoubi, du Dr Kunihiro Morishima, du Professeur Fumihiko Takasaki, de Matthieu Klein et de plusieurs membres des équipes qui allaient réaliser la mission. La première phrase du communiqué de presse du Ministère des Antiquités était la suivante :

"The ScanPyramids project was approved by the permanent committee at the antiquities ministry and has obtained all the necessary permission from security agencies and other concerned authorities."

Seule ombre au tableau...La mission avait obtenu ses autorisations⁴⁵ à condition d'être « agnostique⁴⁶ » et que les données des découvertes éventuelles soient mises gratuitement à la disposition des chercheurs⁴⁷. Conséquence pour moi : j'étais privé de participation⁴⁸ à la mission en

³⁸ Infrared Thermography, Muons radiography, Laser scanning et Photogrammetry for 3D reconstruction.

³⁹ L'Association était en préparation depuis plusieurs mois et il ne manquait plus que l'accord de principe du Ministre pour finaliser sa création.

⁴⁰ Messieurs Mehdi Tayoubi (Président), Jean-Pierre Houdin (Secrétaire Général), Laurent Chapus (Trésorier), Hany Helal, François Shuiten, Henri Pomeranc, Philippe Forestier et Mme Laure Kaltenbach.

⁴¹ Et également les sigles Institut H.I.P. ou encore H.I.P. Institute.

⁴² La partie Japonaise étant assurée par la NHK Japan, le reste étant pris en charge par HIP.Institute grâce au mécénat.

⁴³ Celle-ci était confiée à Vincent Steiger, un habitué des tournages de films sur des sites extrêmement difficiles, tandis que Nicolas Sér koff secondait Mehdi Tayoubi pendant toute la durée de la mission.

⁴⁴ Etant sous l'autorité du Ministère des Antiquités de la République Arabe d'Egypte, une mission de cette ampleur entraînait une multitude de problèmes légaux à régler par avance entre tous les protagonistes.

⁴⁵ Pour le conseiller dans son analyse des techniques, le Comité Permanent des Antiquités avait créé un Conseil Scientifique et nommé le Dr Zahi Hawass comme directeur.

⁴⁶ La mission ne pouvait pas être réalisée dans le cadre d'une vérification d'une quelconque théorie.

⁴⁷ Le but de la mission ScanPyramids étant de faire progresser la connaissance des pyramides, cette clause était essentielle car elle ouvrait la porte à tout chercheur intéressé par les éventuelles découvertes.

⁴⁸ Petite consolation, la date du 25 octobre marquait le premier anniversaire du décès de mon père ; sans lui et son intuition du 2 janvier 1999, cette mission ScanPyramids n'aurait jamais vu le jour !

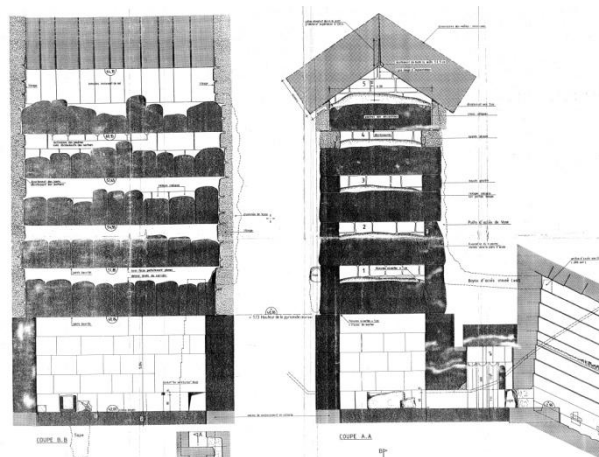
raison de mes travaux sur la pyramide de Kheops et je n'apparaîtrai dans aucun document publié par ScanPyramids. Suite à mon expérience de la mission avortée de 2006, je n'ai eu aucune difficulté à accepter car je savais que, bien que restant à Paris, je serai quand même au cœur de la mission en temps réel, étant en contact permanent avec tous les intervenants. Pour moi, le plus important était que cette mission existe et que les techniques d'investigation non destructives sur lesquelles j'avais passé tant de temps finissent par déboucher sur des découvertes. Comme je l'ai si souvent dit lors de mes conférences, « *les pierres parlent et c'est la pyramide qui nous apportera les réponses* ». Elle ne m'a pas déçu de ce côté-là.

Finalement, le succès de la mission doit beaucoup au Professeur Hany Helal et à Mehdi Tayoubi qui ont eu la patience, la résilience et la ténacité pour mener à bien cette entreprise hors du commun. Les trois grandes découvertes annoncées par ScanPyramids, le Big Void, le couloir derrière les chevrons de l'entrée en face Nord s'enfonçant dans le corps de la pyramide et la cavité détectée sous l'arête Nord-Est sont toutes en rapport⁴⁹ avec certains éléments de ma théorie globale. Ces découvertes sont bien évidemment à porter aussi au crédit de tous les scientifiques et de tous les intervenants de cette mission dont les conséquences pour la connaissance de la pyramide de Kheops n'ont pas encore été réellement appréciées à leur juste valeur.

Ayant participé à celle-ci en « arrière-plan » et suite à la quantité de données qui ont été accumulées durant son déroulement, j'ai acquis une très grande connaissance du dossier et il me paraît très légitime de parler des découvertes annoncées par ScanPyramids et de donner mon interprétation quant au Big Void en m'appuyant sur des bases très solides.

3 - LA PROBLÉMATIQUE DU CHANTIER DE CONSTRUCTION DE LA CHAMBRE DU ROI "Un problème sans solution est un problème mal posé" - Albert Einstein

Dans le quatrième paragraphe du Préambule, j'écrivais « *... j'étais déjà totalement convaincu qu'à l'époque les architectes avaient conçu le projet en imaginant deux chantiers distincts intégrés l'un dans l'autre: d'un côté le volume lui-même, de l'autre la Chambre du Roi et sa superstructure* ».



Plans en coupe de Gilles Dormion

La Chambre du Roi et sa superstructure

En granit d'Assouan : Sol, cinquante-cinq mètres carrés, murs, une centaine de blocs, plafonds, 43 poutres de 25 à 60 tonnes.
En calcaire de Tourah : Toit, 22 poutres formant 11 paires de chevrons.

⁴⁹ Le Big Void avec le système à contrepoids, le couloir avec le Circuit Noble et la cavité avec la rampe intérieure.

L'objet de ce document concerne le second chantier évoqué dans cette phrase, celui de *la Chambre du Roi et sa superstructure*, qui est selon moi un chef-d'œuvre de conception et d'ingénierie qu'il faut resituer dans le temps, il y a 45 siècles, ce qui rend l'exploit encore plus impressionnant pour l'architecte que je suis. Pour comprendre ce qui va suivre dans les pages à venir, il faut avant tout essayer de « bien poser le problème » car tout le monde parle d'une chambre⁵⁰ en granit aux dimensions parfaites⁵¹, avec son plafond plat en défilé à la masse qui la surplombe, de ses cinq autres « chambres⁵² » très basses, les quatre premières⁵³ avec elles aussi des « plafonds » plats en granit, la cinquième étant couverte d'un toit⁵⁴ en poutres de calcaire de Tourah formant chevrons. Quant à sa construction, rien, sinon que les poutres et blocs de granit ont été extraits à Assouan, que les chevrons en calcaire venaient de Tourah, sur la rive Est du Nil, et qu'ils ont été transportés par bateau⁵⁵ jusqu'à Gizeh. Hormis cela, on a pu lire que les monolithes⁵⁶ avaient été placés dans l'enceinte de la pyramide au début du chantier⁵⁷ et qu'ils avaient ensuite été élevés⁵⁸ au fur et à mesure de la construction ; une non-solution car elle oublie pratiquement tous les paramètres qui entraient en jeu pour ce chantier. Un exemple parfait de « problème mal posé ».

Cette liste, non exhaustive, est un exemple de paramètres à prendre en compte pour bien poser le problème et arriver à une solution.

- 1 - L'extraction et le façonnage des poutres et blocs de granit des carrières d'Assouan et des chevrons de calcaire de Tourah étaient des opérations difficiles impliquant de nombreuses années d'effort avant que tous ces monolithes soient livrés sur le chantier à Gizeh.
- 2 – Les carrières de Tourah étaient à une trentaine de kilomètres de Gizeh sur la rive Est du Nil, celles d'Assouan à près de huit cents kilomètres au sud. Depuis Assouan, le transport par bateau se faisait de façon saisonnière, lors de la crue du Nil, limitant le nombre de rotations⁵⁹ annuelles.
- 3 – Dans le cadre de la préparation du chantier de la pyramide, un canal raccordé au Nil à une trentaine de kilomètres au sud de Gizeh et un port de déchargement des matériaux au pied de la pyramide ont dû être creusés, nécessitant entre un et deux ans de travaux avant la première livraison.
- 4 - Les livraisons arrivaient au port au niveau de la (cote 20)⁶⁰ tandis que la base de la pyramide se situe à la (cote 60), soit une différence de niveaux de 40m.
- 5 - Toutes les poutres et chevrons devaient être mis en place dans la pyramide entre les niveaux +49m, (cote 109), et +62m, (cote 122), soit une différence de niveaux de 102m par rapport au port.
- 6 – La distance entre le port et la face sud de la pyramide était d'environ 400m.
- 7 - A l'époque les Egyptiens n'avaient aucun moyen technique pour transférer par levage des poutres et chevrons pesant de 25 à 60 tonnes⁶¹ sur une hauteur de 102m et sur une distance de 400m.
- 8 - La seule solution était de hisser ces poutres et chevrons en les tractant sur des rampes

⁵⁰ Sol, murs et cinq « plafonds ».

⁵¹ Référence au nombre d'or que ses dimensions transcrivent et qui me paraît fondée.

⁵² Baptisées au fil de leurs découvertes aux noms de Davidson, Wellington, Nelson, Lady Arbuthnot et Campbell.

⁵³ « Chambres dites de décharge », un terme qui est totalement inapproprié car cette structure ne décharge absolument rien par rapport à la Chambre du Roi.

⁵⁴ C'est lui seul qui reprend toute la charge au-dessus ; voir le document « *Une simulation numérique pour déterminer quand les poutres de la Chambre du Roi de la Grande Pyramide ont craqué* ».

<https://independent.academia.edu/JeanPierreHoudin>.

⁵⁵ Après avoir été tractées jusqu'au Nil, sur une pente descendante, une opération aisée, les carrières étant en hauteur par rapport au fleuve.

⁵⁶ Terme qui couvre l'ensemble des poutres et blocs en granit ou en calcaire de Tourah de la Chambre du Roi et sa superstructure.

⁵⁷ Il aurait fallu une trentaine de barques capables de transporter jusqu'à 60 tonnes pour acheminer les 3.500 tonnes de granit et 600 tonnes de calcaire pour que tout soit livré en deux ou trois ans.

⁵⁸ Aucune explication n'est apportée à ce sujet bien qu'il reste encore plus d'une soixantaine de mètres en hauteur à atteindre pour les pièces les plus hautes.

⁵⁹ On peut estimer que deux grandes barges pouvant transporter 60 tonnes et faisant deux rotations chacune par an sur une douzaine d'années auraient été suffisantes pour assurer toutes les livraisons.

⁶⁰ Par référence au niveau géographique de l'Égypte.

⁶¹ Le processus de hissage et de mise en place devait avoir la capacité de traiter le monolithe le plus lourd, une poutre en granit du 1^{er} plafond pesant environ 60t. De ce fait tous les autres monolithes entraient dans les capacités du processus.

9 - La force humaine n'étant pas multipliable à l'infini, l'idée d'employer et de coordonner 600 hommes pour tracter une poutre est absolument inconcevable.

10 – Pour respecter le planning établi par les architectes, tous les matériaux mis en œuvre dans la Chambre du Roi et sa superstructure devaient impérativement avoir été livrés sur le chantier lorsque la pyramide a atteint la base de la chambre au niveau +43m, soit autour de la 14^{ème} année du règne de Kheops. Les concepteurs avaient donc laissé suffisamment de temps aux carriers pour qu'ils fournissent des poutres, des chevrons et des blocs parfaitement taillés.

La Chambre du Roi et sa superstructure ont finalement été construites, preuve incontestable que les concepteurs égyptiens avaient bien posé le problème et qu'ils avaient confiance dans la solution qu'ils avaient envisagée pour la livraison et la mise place des matériaux: une douzaine d'années après le début effectif des travaux, ils n'avaient pas droit à l'erreur.

Cela dit, les Egyptiens étaient familiers avec les lois de la physique ayant des applications utilitaires dans leur quotidien, comme par exemple le shadouf⁶², comme ils l'étaient de même du côté croyances, avec le concept de la balance pour la pesée du cœur⁶³ du défunt.

La solution qu'ils ont appliquée au chantier avait un nom : Contrepoids.

Mais en élaborant tout un système basé sur le principe du contrepoids qui allait être mis en œuvre en s'appuyant sur la logique, l'Art de la mesure, la programmation et la planification des tâches, la gestion du temps, la logistique et les séquences des opérations, l'économie de moyens, la division des forces en jeu, l'efficacité, l'emploi à minima de la force humaine et finalement la répétition de tâches simples.

Les Architectes ont confié la construction de la Chambre du Roi et de sa superstructure aux meilleures équipes du chantier car celui-ci était un véritable défi architectural qui a été gagné haut la main : 4.500 ans plus tard, le Temps n'a pas marqué l'ouvrage.

4 - RECONSTITUTION PROPOSÉE DU SYSTÈME À CONTREPOIDS : LES DÉVELOPPEMENTS DEPUIS L'ORIGINE

Pour information :

Depuis 2003 je reçois l'aide scientifique inestimable de Denis Denoël⁶⁴, architecte-ingénieur de l'aérospatiale à la retraite, dans l'élaboration et la faisabilité des hypothèses de solutions techniques imaginées pour le système à contrepoids. Tout ce qui suit a été l'objet d'innombrables calculs, maquettes et essais dynamiques réalisés par Denis Denoël⁶⁵.

Parallèlement à la constante évolution de la méthode de construction par l'intérieur pour le volume, liée à l'accroissement de mes connaissances et des indices, pour en arriver à mes propositions actuelles⁶⁶, dès le début 2001 je m'étais lancé dans l'ingénierie d'un contrepoids circulant dans la Grande Galerie ; pour moi son usage était la seule solution viable pour le hissage des monolithes au-dessus de la Chambre du Roi. Dès le début j'étais conscient que les lois de la physique m'imposeraient un certain nombre de contraintes à respecter, les deux plus importantes étant, d'une

⁶² L'agriculture dans la vallée du Nil est au cœur du développement de l'Égypte Antique grâce à un système d'irrigation très dense. Le shadouf permettait le transfert de l'eau dans les réseaux.

⁶³ Qui ouvrait la porte de l'Éternité au défunt.

⁶⁴ Membre de l'ACGP et de son Comité Scientifique et Technique, Denis Denoël a fait sa carrière à la S.E.P. (Société Européenne de Propulsion) en tant qu'ingénieur en chef de projets spécialiste des moteurs / fusées.

⁶⁵ Certains complétés par des simulations numériques réalisées par Dassault Systèmes avec le logiciel SIMULIA.

⁶⁶ « Kheops Renaissance », résumé : www.youtube.com/watch?v=CwcCTPL-S_0.

part, la force de traction effectivement restituée par le contrepoids et, d'autre part, l'angle β^{67} , que les cordes de traction pouvaient prendre. Dans le cas du chantier de la pyramide de Kheops, il y a deux cas de tractions applicables (pour une tonne et avec des cordes restant parallèles aux pentes) :

Cas N°1, le contrepoids d'une tonne circule sur une pente de $26,5^\circ$ (50%) et la charge d'une tonne à tracter circule à l'opposé sur une pente de $4,5^\circ$ à $5,7^\circ$ (8% à 10%). Dans ce cas, le contrepoids pourra, tous frottements compris, tracter la charge sans apport complémentaire grâce à la différence entre les pentes. Ce cas⁶⁸ est favorable au système.

Cas N°2, le contrepoids d'une tonne circule sur une pente de $26,5^\circ$ (50%) et la charge d'une tonne à tracter circule à l'opposé aussi sur une pente de $26,5^\circ$. Dans ce cas le contrepoids ne pourra pas tracter la charge sans un apport complémentaire en raison de l'équivalence des pentes. Les frottements du contrepoids et de la charge sur leurs supports et ceux des cordes sur les renvois font encore chuter le rendement⁶⁹, d'où l'importance de les réduire au minimum pour diminuer la force humaine qui sera nécessaire.

Par ailleurs, dès qu'un angle β est créé, la force de traction devient variable ; si cet angle est important au départ d'une traction, la force restituée sera plus importante mais elle diminuera ensuite au fur et à mesure de la descente, l'angle β diminuant, et il faudra alors compenser la perte. Ce problème, surligné en rouge dans les deux dessins de la page 12, sera inversé lors du réarmement du contrepoids. Il est donc important de conserver les cordes parallèles à la pente ou de minimiser cet angle β s'il est inévitable.

A partir de ces paramètres incontournables, je n'ai eu de cesse d'essayer d'optimiser le rendement du contrepoids que j'imaginai dans la Grande Galerie, ouvrage qui, pour l'architecte en moi, apparaissait comme une « friche industrielle », une sorte de « glissière » qui aurait eu une utilité constructive liée aux plafonds et au toit au-dessus de la Chambre du Roi.

Pour avancer dans ma démarche explicative, il me paraît important de faire un rapide historique de ma vision du système à contrepoids⁷⁰ et des évolutions qui ont suivi dans le temps car elles conduisent à l'interprétation que j'avance pour le Big Void dans la Grande Pyramide⁷¹. La Grande Galerie étant une des pièces maîtresses du système à contrepoids, je la désigne sous le terme de GG1 afin de faciliter la compréhension dans tout ce qui va suivre.

Depuis le début, j'ai divisé les séquences des opérations de hissage des monolithes en deux Phases principales avec éventuellement des subdivisions :

- La Phase 1 concerne le transfert des monolithes du port jusqu'à une aire de stockage au niveau +43m, base de la Chambre du Roi, soit un dénivelé de 83m. Le cas N°1 s'applique ici, le contrepoids circulant dans la GG1 et, à l'opposé, la charge à hisser étant tractée sur une rampe de pente plus faible.

⁶⁷ L'angle d'une pente par rapport à l'horizontale est appelé angle α . Quand les cordes de traction sont parallèles cette pente, elles suivent ce même angle. Dès qu'elles le dépassent, le nouvel angle créé par rapport à l'horizontale est appelé angle β .

⁶⁸ Les monolithes arrivant au port devaient être hissés jusqu'au niveau de la Chambre du Roi avant le début de sa construction.

⁶⁹ Le rendement pourra éventuellement diminuer de moitié.

⁷⁰ Cette appellation englobe deux définitions à la fois :

- La première, tous les éléments entrant dans la composition d'un contrepoids particulier avec d'un côté le *tracteur*, un chariot et sa charge, et à l'opposé le *tracté*, un traîneau ou une plateforme de transport des monolithes à hisser, auxquels il faut rajouter les cordes et tous autres dispositifs nécessaires au bon fonctionnement de l'ensemble.

- La seconde, l'ensemble composé des différents contrepoids définis ci-dessus ayant été mis en œuvre pour le hissage des monolithes depuis le port de livraison jusqu'à leur place finale dans la pyramide.

⁷¹ Afin de mieux comprendre les intentions architecturales des concepteurs depuis douze ans tous mes modèles 3D CATIA de la pyramide de Kheops ont été réalisés en mesures égyptiennes (coudées, paumes et doigts).

Le BIG VOID

- La Phase 2 concerne la mise en place des monolithes dans la superstructure depuis l'aire de stockage au niveau +43m et ce jusqu'au niveau +62m, pour un dénivelé de 19m. Le cas N°2 s'applique alors, le contre poids circulant dans la GG1 et, à l'opposé, la charge à hisser étant tractée sur une rampe-glissière de même pente. La Phase 2 est, a priori, moins favorable au contre poids.

Historique du système à contre poids :

A – Première époque, de 2001 à 2005.

La livraison des monolithes du port jusqu'au niveau +43m se faisait en deux Phases :

- La Phase 1A, du port jusqu'à la base de la rampe extérieure en passant par le Wadi au sud du Plateau de Gizeh uniquement grâce à la force humaine en profitant de la topographie et de la longueur du parcours permettant de garder une pente très faible d'environ 3%.



En beige, le parcours du port jusqu'à la base de la rampe extérieure.

- La Phase 1B, de la base de la rampe extérieure⁷² jusqu'au niveau +43m grâce à l'utilisation d'un contre poids circulant dans la GG1⁷³. Celui-ci était composé d'un chariot en bois chargé des trois blocs de granit (ceux-là même qui obstruent maintenant le bas du couloir ascendant), pour un poids d'environ 17 tonnes ; il circulait sur les banquettes latérales de la GG1, de la graisse animale étant utilisée pour réduire les frottements. Dans cette phase, les cordes de traction restaient parallèles à la pente. Pour le réarmement la « technique du renvoi⁷⁴ à 180° » (ou « proto-palan ») permettait de limiter l'équipe de traction à une centaine d'hommes. Une extrémité étant ancrée en haut de la GG1 (dans la Chambre dite des Herses), les cordes faisaient demi-tour à l'avant du contre poids pour repartir vers l'équipe chargée du réarmement.

La construction de la Chambre du Roi et de sa superstructure se faisait en une Phase :

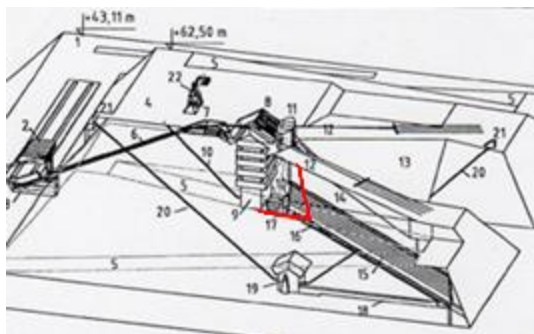
⁷² La rampe arrivait contre la face Sud face à la GG1, suivant un angle légèrement tourné vers l'Ouest pour s'adapter à la topographie et démarrer à la (cote 67).

⁷³ Avec une pente à 8,5%, la rampe extérieure mesurait 425m de longueur. La course du contre poids dans la GG1 étant de 39,60m, il fallait 11 cycles traction/réarmement pour hisser un monolithe. Rien que pour hisser les 43 poutres de granit et les 22 poutres en calcaire de Tourah du toit, il fallait au minimum 715 cycles, sans compter la centaine de blocs de granit des murs hissés par petits groupes. On voit déjà tout l'intérêt pour un système de contre poids dans ce chantier.

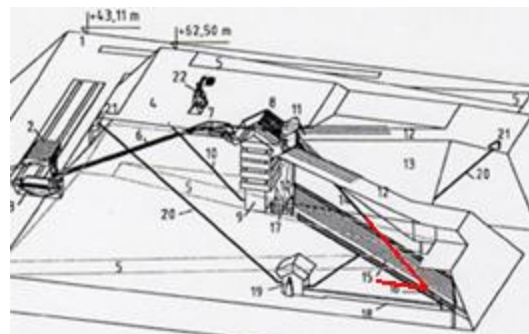
⁷⁴ Une loi physique, qui divise par deux la force théorique nécessaire, hors frottements, mais au prix du doublement de la longueur des cordes. Les cordes étant tirées par des hommes à poste fixe, la longueur des cordes n'avait aucune importance. La technique du renvoi à 180° peut être également appelée technique des 2 brins, une extrémité - ou brin - étant ancrée à poste fixe, l'autre extrémité étant celle de la partie tirée.

Le BIG VOID

- La Phase 2 durant laquelle la GG1 restait ouverte et était surmontée d'une rehausse maçonnée ouverte, permettant le débattement des cordes, elle-même débouchant dans une tranchée qui allait jusqu'au niveau du toit. Ce vide de 43m de hauteur coupait la partie Nord de la pyramide en deux. L'angle β important pénalisait le rendement. Pour les tractions, le poids du contrepoids était porté à 24,5 tonnes par l'ajout temporaire de trois blocs de granit de 2,5 tonnes. Utilisant la technique du renvoi à 180°, plus de 200 hommes⁷⁵ apportaient la force complémentaire pour hisser les poutres les plus lourdes. Une fois le monolithe livré, les surcharges étaient retirées par la rehausse, le contrepoids revenant à son poids de base de 17 tonnes pour le réarmement. Celui-ci était assuré par une partie des mêmes équipes⁷⁶ de traction toujours suivant la technique du renvoi à 180° sur un second jeu de cordes relié au contrepoids et dédié à cette opération.



Phase 2, contrepoids en position haute. L'angle β , en rouge, créé par les cordes de traction est très important par rapport à l'angle α , celui de la pente de la Grande Galerie. (Voir note 67 Page 10).



Phase 2, contrepoids en position basse. L'angle β , en rouge, créé par les cordes de traction est peu important par rapport à l'angle α , celui de la pente de la Grande Galerie. (Voir note 67 Page 10).

En résumé, le principe du système à contrepoids était plausible mais faisait face à plusieurs situations pénalisantes : la Phase 1A, du port jusqu'au pied de la rampe extérieure n'était pas dans la logique d'un tel processus ; dans la Phase 2 la construction du volume de la pyramide était suspendue entre la partie centrale et les faces⁷⁷, la configuration de la partie Nord au-dessus de la GG1 était trop complexe⁷⁸, la perte de traction due aux frottements importants et à l'angle β des cordes devait être compensée par un nombre très élevé de tireurs pour le hissage des poutres les plus lourdes. Cela dit, le système à contrepoids était déjà d'une efficacité incomparable par rapport à la force humaine seule, la possibilité de faire varier la charge du contrepoids était un atout pour le réarmement.

B – Deuxième époque, de 2005 à 2010.

Dans le but d'améliorer l'efficacité du système de contrepoids, plusieurs modifications ont été apportées durant cette période, suite à de longues études consacrées au frottement étayées par des expérimentations sur modèles physiques⁷⁹, et par des découvertes d'indices sur site :

- En 2005, la suppression des frottements sous le chariot contrepoids et sous la plateforme de livraison des monolithes avec l'introduction d'une technique de roulement totalement à la portée des Egyptiens de l'époque. Le « Train de rouleaux » permet de maintenir l'écartement et le parallélisme de rouleaux⁸⁰ en cèdre du Liban interposés entre les patins du chariot contrepoids et les banquettes latérales de la GG1, idem pour la plateforme de hissage des monolithes.

⁷⁵ Jusqu'à 240 hommes, répartis sur 2 lignes de traction de 120 tireurs de part et d'autre du vide central.

⁷⁶ Environ cent hommes.

⁷⁷ L'aire de stockage des monolithes au niveau +43m a eu aussi une conséquence pour la rampe intérieure de ma théorie : la 4^{ème} section, sous la face Sud, est horizontale, la 3^{ème} section débouchant sous l'arête Sud-Ouest au niveau +43m et la 5^{ème} section démarrant sous l'arête Sud-Est au même niveau +43m.

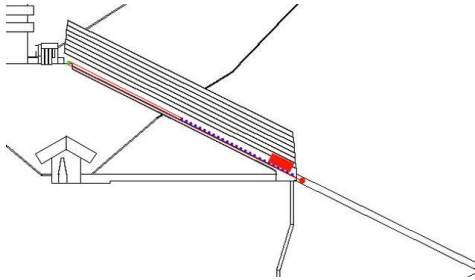
⁷⁸ Le comblement de l'ensemble des vides représentait un volume de matériaux conséquent.

⁷⁹ Réalisées par Denis Denoël.

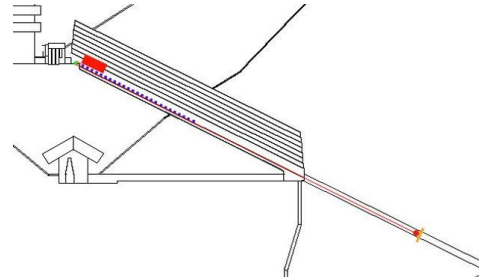
⁸⁰ Les Égyptiens utilisaient des rondins pour déplacer des traîneaux chargés sur des chaussées préparées.

Le BIG VOID

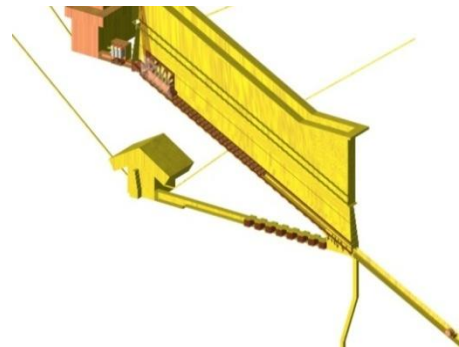
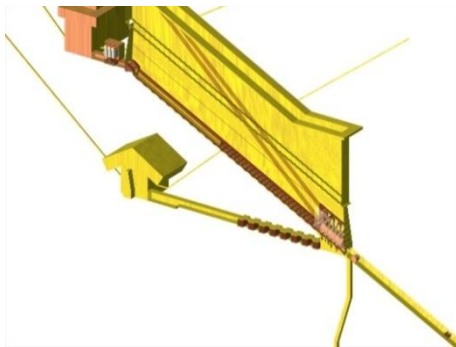
La mise en place d'un train de rouleaux est l'élément clé du déplacement du chariot contrepoids sur les banquettes de la GG1. Lors du réarmement ou de la restitution, le chariot contrepoids avance⁸¹ sur ce train de rouleaux, l'entraînant avec lui. Mais ce « train » avançant deux fois moins vite que le chariot, il ne mesure qu'environ la moitié de la longueur de la GG1. Pour le maintenir en permanence en tension, l'avant du train est relié, par une corde faisant demi-tour sur le quai en partie haute de la GG1, à un lest circulant dans la partie haute du couloir ascendant (que j'ai baptisée « la queue du chat » par analogie).



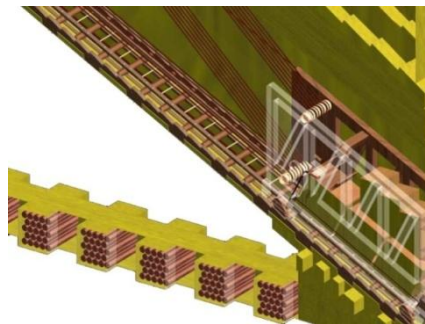
Le contrepoids, en rouge, en position basse, est à l'arrière du Train de rouleaux, en bleu ; le lest de tension, en rouge, est en partie haute du couloir ascendant.



Le contrepoids, en rouge, en position haute, est à l'avant du Train de rouleaux, en bleu ; le lest de tension, en rouge, est en partie basse dans le couloir ascendant.



Les cordes de traction et de réarmement passent à travers la rehausse maçonnée pour pouvoir desservir la partie supérieure de la superstructure au-dessus de la Chambre du Roi. L'angle β varie fortement en fonction de la position du contrepoids.



Le contrepoids sur son « train de rouleaux », les rondins de rechange en cèdre sont stockés dans le couloir horizontal.



Des pièces de bois crantées étaient insérées dans les mortaises creusées dans les banquettes latérales ; elles permettaient de maintenir latéralement les rouleaux du train de rouleaux et comportaient des crans d'un système de cliquets et rochets pour la sécurité du chariot contrepoids.

⁸¹ Des simulations furent aussi réalisées par Dassault Systèmes www.youtube.com/watch?v=xE39WfQRZL4.

Le BIG VOID

- En 2006, le réarmement du contrepoids était toujours effectué suivant la technique du renvoi à 180° par une équipe d'une centaine d'hommes disposés en face du débouché de la GG1. Avant le réarmement, celui-ci avait été délesté de ses surcharges par la rehausse, revenant à son poids de base de 17 tonnes. Une fois réarmé en position haute, le contrepoids était à nouveau surchargé à 24,5t avant une nouvelle traction.

- En 2007, vu en coupe, le système à contrepoids de la GG1 avait l'aspect ci-dessous pendant la construction de la Chambre du Roi et sa superstructure.



La plateforme de livraison des monolithes à gauche, la Chambre du Roi au centre, le contrepoids dans la GG1 à droite. Cette dernière est surmontée d'une rehausse maçonnée débouchant sur une tranchée ouverte. Les équipes de traction opèrent de part et d'autre de cette dernière. Le réarmement est effectué par une autre équipe faisant face au débouché de la GG1.

- En 2010, suite à une remarque⁸² judicieuse faite par un internaute sur un forum au sujet du transport des poutres de granit depuis le port jusqu'à la base de la rampe extérieure, c'est-à-dire durant la Phase 1A, le principe du système à contrepoids global a vu sa probabilité incontestablement renforcée : je me suis rendu compte que la chaussée monumentale menant à la pyramide de Khephren avait été réalisée sur une ancienne rampe du chantier de construction de la pyramide de Kheops.



Photo aérienne du Plateau de Gizeh, prise en février 1904 par Eduard Spelterini depuis un aérostat avec ma réaction immédiate en rouge : le trajet des monolithes pendant les Phases 1A et 1B.

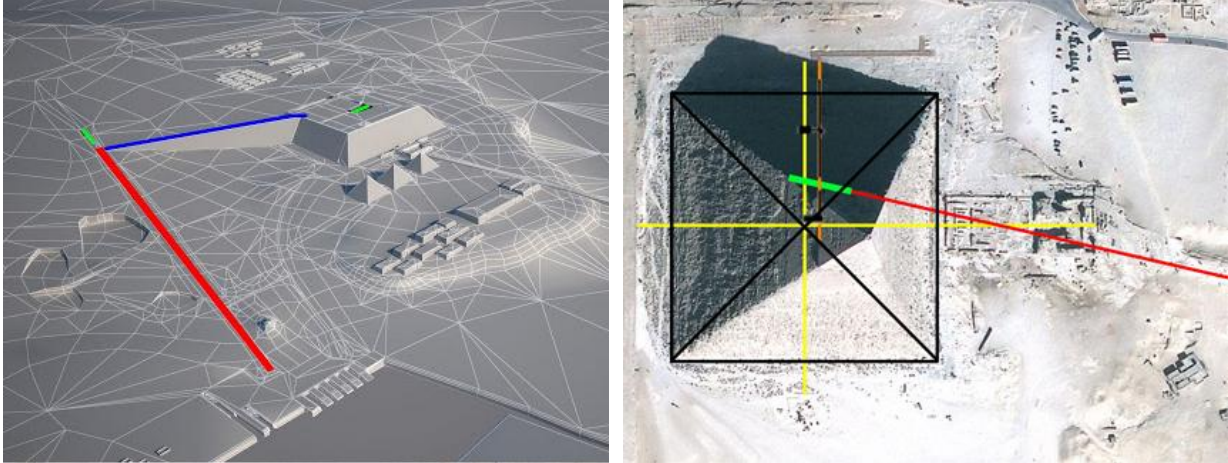
⁸² Cette remarque demandait une explication claire et réaliste. Etrangement, une photo aérienne du Plateau de Gizeh, prise en février 1904 par Eduard Spelterini depuis un aérostat, a été postée par hasard peu de temps après par Vincent Brown sur son blog *Talking Pyramids*. L'angle et la hauteur de prise de vue de cette photo étaient tels que la réponse devenait évidente.

Le BIG VOID

Cette rampe partait du port et atteignait la (cote 73), soit environ 13 mètres plus haut que la base de la pyramide de Kheops (cote 60). En conséquence, la rampe extérieure⁸³ de la pyramide était rapprochée de l'arête Sud-Ouest et subissait une légère rotation vers l'Ouest afin d'avoir sa base en connexion avec le point d'arrivée de la rampe du port.

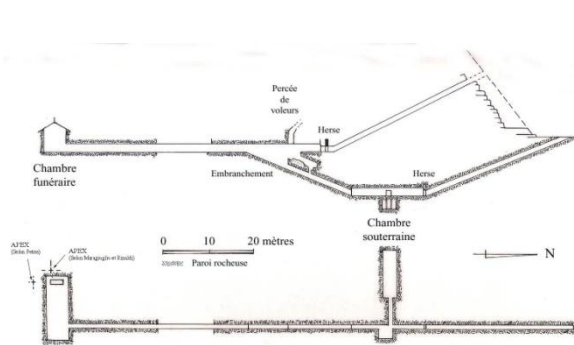
Mais plus encore, cette rampe parfaitement droite, épousant la pente naturelle du terrain de 8,5% en moyenne⁸⁴, laissait à penser qu'elle aurait très bien pu être complétée, en partie haute, par un système à contrepoids circulant dans une tranchée creusée dans le socle rocheux.

Le problème : cette zone est désormais sous la pyramide de Khephren et donc inaccessible.

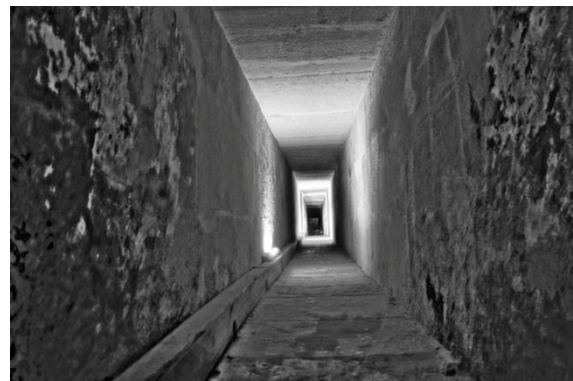


Pour le hissage des poutres sur la rampe du port (en rouge), l'idéal pour la Phase 1A serait qu'un contrepoids circule à son extrémité haute dans une tranchée (en vert). Lors de la construction de la pyramide de Khephren, cette tranchée aurait alors pu créer un problème car le couloir d'accès à la Chambre Funéraire a été creusé à plusieurs mètres de profondeur, traversant la zone dans laquelle la tranchée aurait été creusée.

La réponse : elle était dans tous les plans connus de l'intérieur de la pyramide de Khephren ; le couloir horizontal, situé à plusieurs mètres de profondeur dans le socle rocheux, conduisant à la chambre funéraire comporte une anomalie : il est en partie construit et non pas creusé. Plus étonnant, cette partie maçonnée dans une tranchée est exactement dans l'axe en continuité de la rampe du port⁸⁵.



© Franck Monnier



© Mathias Glad

A gauche, l'intérieur de la pyramide de Khephren, la partie construite du couloir est représentée par 2 traits fins. A droite, le couloir est maçonné, sol, murs et plafond, sur une dizaine de mètres de longueur et creusé de part et d'autre.

⁸³ La pyramide de Kheops étant implantée à la (cote 60), les 13 premiers mètres de celle-ci ont été construits en comblement jusqu'au niveau +13m de la pyramide et il ne restait plus qu'une hauteur de 30m à atteindre. Avec une pente de 9,4%, elle était plus courte, 320m de longueur au lieu de 425m, et moins volumineuse.

⁸⁴ Quand on est sur le site, on remarque que les zones encaissées ont été comblées par d'énormes blocs de calcaire et celles en protubérance rabotées.

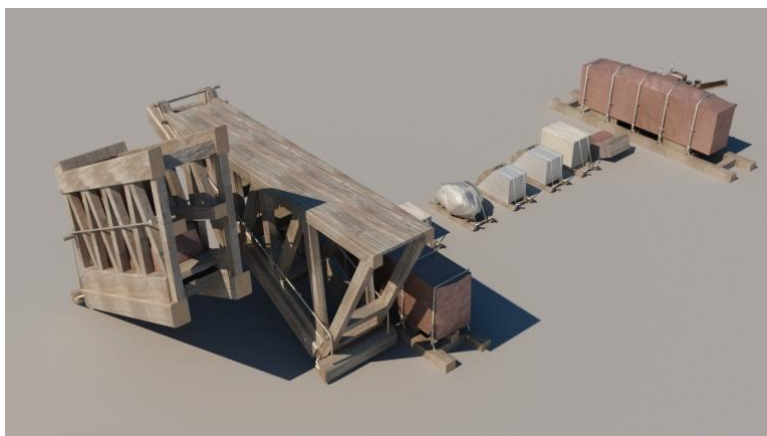
⁸⁵ Voir document *Analyse critique du Plateau de Gizeh*, 1 - Historique de la Chaussée Monumentale de Khephren <https://independent.academia.edu/JeanPierreHoudin>.

Le BIG VOID

La tranchée devait avoir l'aspect de la Grande Excavation à Zawyet El-Aryan⁸⁶ avec une pente et une longueur de course pour le contrepoids identique à celle de la GG1⁸⁷. L'aménagement de la rampe/glissière était le même que celui de la GG1, par contre, le contrepoids était formé d'une plateforme horizontale montée sur des patins parallèles à la pente se déplaçant aussi sur un train de rouleaux. A chaque hissage, la charge, calculée⁸⁸ en fonction du poids du monolithe à tracter, était déposée sur la plateforme sous forme de blocs de granit pesant jusqu'à 2,5 tonnes ; une fois une traction terminée, ces blocs étaient retirés de la plateforme pour un réarmement à vide⁸⁹. L'opération se répétait jusqu'à ce que le monolithe soit arrivé au sommet de la rampe.

A l'époque, la rampe du port mesurait environ 625m pour une pente à 8,5%, nécessitant seize cycles de traction/réarmement par monolithe⁹⁰. Mis en service au début de la 3^{ème} année du règne, dès que les livraisons de granit d'Assouan et de calcaire de Tourah ont débuté, le contrepoids aurait été utilisé dans la Phase 1A pour hisser les poutres⁹¹ depuis le port, dès leur déchargement, jusqu'à une aire de stockage provisoire située à l'emplacement actuel de la pyramide de Khephren. Au fur et à mesure de leur arrivée, les poutres de granit et les poutres en calcaire de Tourah étaient triées et stockées en fonction de leur position finale, par plafonds et par versants du toit en chevrons⁹², jusqu'au début de la Phase 1B, vers la 14^{ème} année du règne⁹³.

La plateforme sera démontée à la fin de la Phase 1A pour être remontée plus tard dans la Phase 2 en opposition au contrepoids de la GG1.



De gauche à droite : le chariot contrepoids dans la GG1, la plateforme contrepoids de la Phase 1A et de livraison/contrepoids de la Phase 2, des traîneaux et leur chargement et une poutre de granit sur son traîneau.

La Phase 1B restait identique à celle déjà décrite avec cependant une amélioration concernant son rendement : la rampe extérieure étant plus courte⁹⁴ suite à son déplacement vers l'Ouest, le nombre de tractions requises par monolithe diminuait⁹⁵.

⁸⁶ Voir aussi la note 85 en bas de Page 15.

⁸⁷ Le Cas N°1, favorable au système, s'appliquait donc comme pour la Phase 1B.

⁸⁸ Pour avoir une traction contrôlée, lente et régulière, le contrepoids était freiné par une petite équipe de 4 ou 5 hommes. L'intérêt était de permettre aux accompagnateurs du traîneau tracté de glisser des rouleaux sous les patins de celui-ci avec précision.

⁸⁹ Selon le même principe que pour les tractions et réarmements du contrepoids dans la GG1 dans la Phase 2.

⁹⁰ Soit un total minimum de 1.040 cycles rien que pour hisser les 43 poutres de granit et les 22 poutres en calcaire de Tourah du toit.

⁹¹ Le hissage des poutres se faisait par segments de la longueur de course du contrepoids, un segment de cordes étant retiré après chaque traction.

⁹² Cette disposition logistique sera répétée lors du transfert de la Phase 1B, les groupements étant réalisés en fonction de l'ordre de mise en place des monolithes.

⁹³ Voir la note 59 en bas de Page 8.

⁹⁴ 320m au lieu de 425m précédemment.

⁹⁵ La course du contrepoids dans la GG1 étant de 39,60m, il ne fallait plus que 8 cycles traction/réarmement pour hisser un monolithe, soit une réduction d'environ 210 cycles pour hisser les 43 poutres de granit et les 22 poutres en calcaire de Tourah du toit ; et cela grâce à une meilleure gestion de la topographie du Plateau de Gizeh.

Il s'ensuit qu'un autre problème majeur était également résolu par la mise en service de la rampe du port et de son contrepoids dès les premières années du chantier : tous les blocs « hors gabarit⁹⁶ » entrant dans la construction de la pyramide entre la base de la pyramide et le niveau +43m allaient eux aussi être transférés vers leur emplacement final par ce moyen.

Enfin et surtout, la rampe du port avait un rôle primordial pour la construction de la pyramide : avec ses 23m⁹⁷ de largeur, elle était un véritable « boulevard », au milieu des carrières de calcaire local ouvertes de part et d'autre de son parcours, que tous les blocs de la pyramide⁹⁸ ont emprunté pour rejoindre la rampe extérieure⁹⁹.

En résumé, le principe du système à contrepoids gagnait en crédibilité soutenu par des indices difficilement contestables¹⁰⁰ : le problème des frottements sous les patins du chariot contrepoids et de la plateforme de hissage des monolithes était éliminé grâce au train de rouleaux, de même que sous les traîneaux avec des rouleaux ; la Phase 1A, du port jusqu'au pied de la rampe extérieure entrait maintenant dans la logique d'un tel processus, en complément de son utilisation élargie à presque tous les transports de charges et en améliorant la Phase 1B.

La logique du système à contrepoids s'affirmait et la simplification était en marche.

C – Troisième époque, de 2011 à novembre 2016.

Lors de la présentation de « Kheops Renaissance » le 27 janvier 2011 à la Géode, le système à contrepoids était désormais basé sur deux contrepoids : celui sur le Plateau et celui de la GG1, les monolithes pouvant être transférés sans problème, pendant les Phases 1A et 1B, du port jusqu'à l'aire de stockage au niveau +43m situé en face Sud de la pyramide. La construction de la Chambre du Roi et de sa superstructure pouvait commencer.

Comme dans une réaction en chaîne, une conséquence logique très positive apparaissait : le déplacement vers l'arête Sud-Ouest de la rampe extérieure permettait son prolongement en tranchée ouverte dans le corps de la pyramide. Celle-ci, en s'élevant dans le sens des aiguilles d'une montre jusqu'au niveau +70m¹⁰¹ en quatre sections n'entraînait jamais en conflit avec la rampe intérieure¹⁰² ni avec les chambres, les couloirs et la GG1¹⁰³. Cette nouvelle configuration apportait un avantage : la construction du volume de la pyramide pouvait être réalisée pendant la construction de la Chambre du Roi et de sa superstructure, exception faite de la partie réservée¹⁰⁴ pour le stockage des monolithes en face Sud.

⁹⁶ Tous les éléments en calcaire de Tourah : blocs énormes de la première assise, poutres pour les toits en chevrons de l'entrée et de la Chambre de la Reine, blocs de la GG1.

⁹⁷ A comparer aux Chaussées Monumentales de Kheops (10,50m) et Mykerinos (8,50m).

⁹⁸ Hormis les blocs standards des façades en calcaire de Tourah qui avaient leur trajet particulier du port jusqu'à l'entrée de la rampe intérieure.

⁹⁹ Et ce jusqu'à la fin de son utilisation et son démontage. Les blocs de la partie supérieure de la pyramide ont été tractés par la rampe intérieure.

¹⁰⁰ Pour la rampe du port, réutilisée plus tard pour la Chaussée Monumentale de Khephren : quelle était la probabilité de trouver une preuve qu'une tranchée existait dans son axe à son extrémité haute si ce n'est que les deux ont été réalisées selon un plan précis et commun ?

¹⁰¹ A ce niveau, près de 85% du volume de la pyramide est réalisé avec la seule rampe extérieure de 320m de longueur et sa prolongation en tranchée, reculant le moment de son démontage et l'utilisation de la rampe intérieure comme seul moyen de livraison.

¹⁰² La rampe intérieure s'élevant dans le sens contraire des aiguilles d'une montre entre la rampe en tranchée et les faces de la pyramide

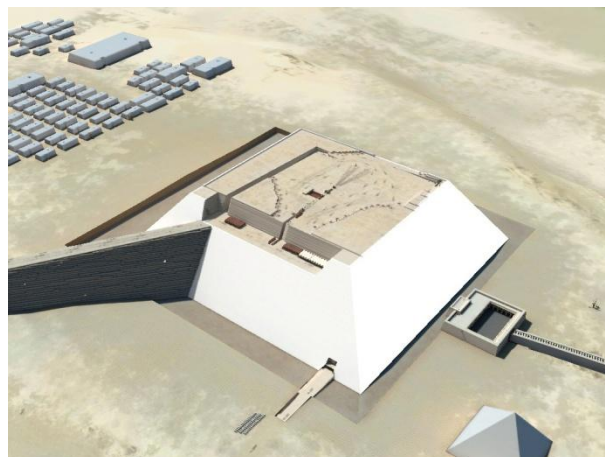
¹⁰³ Tous ces ouvrages étant concentrés dans une étroite bande le long de l'axe Nord-Sud de la pyramide

¹⁰⁴ Cette partie créait une brèche en face Sud d'une vingtaine de mètres de hauteur jusqu'à la fin de la construction du toit en chevrons au-dessus de la Chambre du Roi

Le BIG VOID



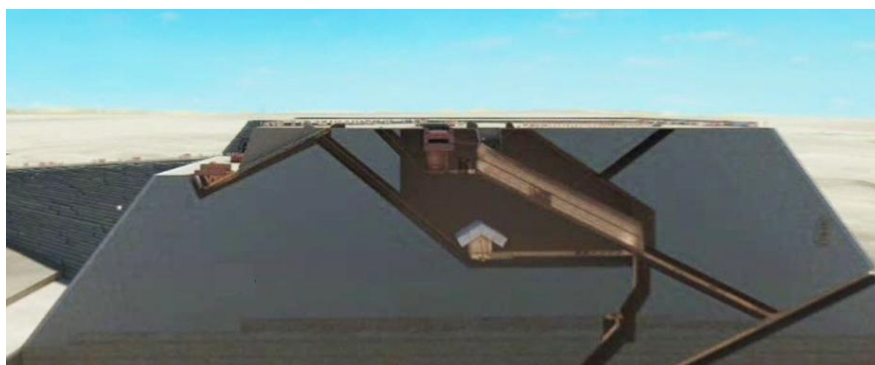
Aspect de la pyramide dans la version de 2007 lors de la construction du 3^{ème} plafond. Le chantier de construction du volume est suspendu en périphérie au niveau +43m.



Aspect de la pyramide dans la version 2011 lors de la construction du 3^{ème} plafond. Le chantier de construction du volume continue parallèlement, hors aire de stockage.

Quant à la GG1, elle était maintenant en grande partie couverte, seul un puits vertical¹⁰⁵ étant conservé dans sa partie Sud, près de Chambre du Roi. Ce puits servait au passage des cordes du contrepoids qui étaient dévotées,

Cette nouvelle configuration avait l'avantage de libérer totalement l'espace pour les équipes de traction lors du hissage des poutres ; seul inconvénient, la charge du contrepoids dans la GG1 pendant la Phase 2 restait fixe à 24,5 tonnes¹⁰⁶. La modulation se faisait au niveau du nombre de tireurs¹⁰⁷ en fonction du poids du monolithe à hisser. Dernière amélioration logique, le réarmement du contrepoids était maintenant assuré par la plateforme de livraison¹⁰⁸, qui une fois vide, était chargée à environ 40 tonnes¹⁰⁹ à chaque cycle de réarmement¹¹⁰.



La plateforme de livraison des monolithes à gauche, la Chambre du Roi au centre, le contrepoids dans la GG1 à droite. Cette dernière est couverte à l'exception d'un puits ouvert pour le passage des cordes en partie haute de la GG1. Les équipes de traction opèrent au niveau du plafond à construire au-dessus de la GG1. Le réarmement est effectué à l'aide de la plateforme transformée en contrepoids temporaire.

¹⁰⁵ La couverture de la GG1 a été conçue pour permettre une ouverture totale ou des ouvertures ponctuelles pendant le chantier et leur fermeture à la fin de l'utilisation de la GG1.

¹⁰⁶ La charge de base plus les trois blocs complémentaires.

¹⁰⁷ De l'ordre de 200 hommes pour les poutres les plus lourdes.

¹⁰⁸ La plateforme retrouvait donc temporairement sa fonction originelle de contrepoids de la Phase 1A.

¹⁰⁹ Chargée avec des blocs de 2,5 tonnes facilement transportables pour une quarantaine de tonnes.

¹¹⁰ La force de traction étant légèrement supérieure aux besoins, la descente du contrepoids temporaire était freinée par une équipe.

En résumé, n'étant plus conditionné à l'avancement du chantier de la Chambre du Roi, celui du volume de la pyramide n'avait plus à être suspendu, faisant gagner un temps précieux¹¹¹ ; de plus, le réarmement du contrepoids se faisait sans recours à la force humaine.

Par contre deux éléments très intéressants apparaissaient :

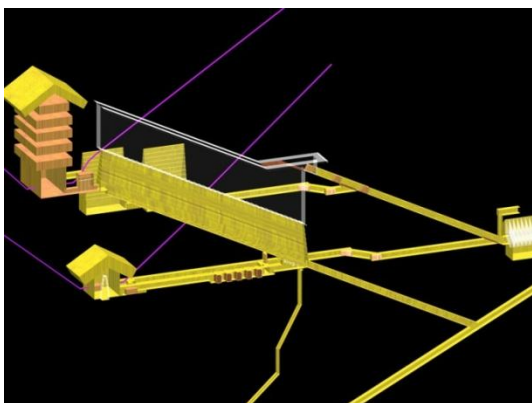
- Le principe de réemployer¹¹² le même matériel, la plateforme faisant contrepoids de la Phase 1A, pour la livraison des poutres et le réarmement du contrepoids dans la GG1 dans la Phase 2.
- La notion d'un puits ponctuel en lieu et place d'un vide sur toute la longueur de la GG1.

Malheureusement, après toutes ces années de recherches autour du système à contrepoids, il y avait toujours quelque chose d'illogique dans la configuration que j'imaginai car :

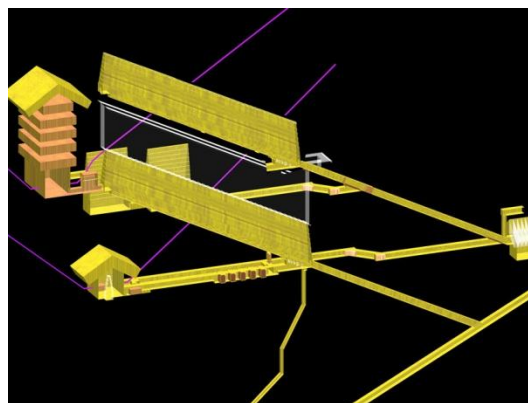
- Elle obligeait à conserver des équipes de traction humaine conséquentes alors que la surface disponible diminuait au fur et à mesure de l'élévation de la pyramide.
- Que la technique du renvoi à 180° des cordes pour hisser tous les monolithes des plafonds et du toit ne pouvait pas être utilisée dans la GG1 faute de longueur de course pour le contrepoids¹¹³ au-delà du 2^{ème} plafond.
- Que l'angle β augmentait au fur et à mesure de la construction de l'ensemble, avec le problème lié. Pour moi, il devenait évident que les concepteurs avaient résolu ces problèmes auxquels j'étais confronté et qu'ils étaient allés plus loin dans la logique et la simplicité.

Une solution simple flottait dans mon esprit : intégrer une seconde Grande Galerie à une douzaine de mètres au-dessus du toit de la GG1 et revenir à la modulation de la charge du contrepoids dans ces deux rampes/glissières. Pour moi, la construction d'une telle galerie, sur plusieurs années, n'était pas extravagante du tout et toute cette entreprise et prouesse technique¹¹⁴ avait un but précis : protéger quelque chose au Nord de la Chambre du Roi¹¹⁵.

La question qui me venait ensuite était aussi simple : ne vais-je pas trop loin dans mon imaginaire ?¹¹⁶



Etude d'une configuration de la GG1 et sa rehausse en tranchée (en transparence) de la Phase 2 de 2006 avec le Circuit Noble et les deux antichambres révélées en janvier 2011 avec « Kheops Renaissance ».



Au début des années 2010, l'idée d'une seconde Grande Galerie au-dessus et à la place de la rehausse de 2006 (en transparence) n'aurait pas été extravagante et résolvait les derniers problèmes rencontrés.

¹¹¹ La construction d'une pyramide était en réalité une course contre la mort du Roi dont la longévité était une inconnue. Plusieurs Rois n'ont jamais eu leur pyramide prête pour leurs funérailles.

¹¹² Quand on commence à bien connaître l'état d'esprit des concepteurs des grands chantiers égyptiens de l'époque, on se rend compte que les notions de réemploi ou de recyclage de matériels ou de matériaux sont une constante dans les projets.

¹¹³ Ce qui est totalement illogique lorsqu'une technique efficace est déjà mise en œuvre dans un système, ici pour le besoin en traction humaine.

¹¹⁴ Deux Grandes Galeries et une superstructure étonnante au-dessus de la Chambre du Roi.

¹¹⁵ Voir « Kheops Renaissance ».

¹¹⁶ Sans imagination, l'Homme fait du surplace. Comme l'a dit Albert Einstein: «L'esprit intuitif est un don sacré et l'esprit rationnel est un serviteur fidèle. Nous avons créé une société qui honore le serviteur et a oublié le don».

5 - ÉVOLUTION DE LA POSITION DE L'ANOMALIE DÉTECTÉE PAR NAGOYA ET LE KEK ENTRE LE 20 NOVEMBRE 2016 ET LE 25 MAI 2017 ET LES ANOMALIES DÉTECTÉES PAR LE CEA¹¹⁷

Dans les premières pages¹¹⁸, j'ai écrit :

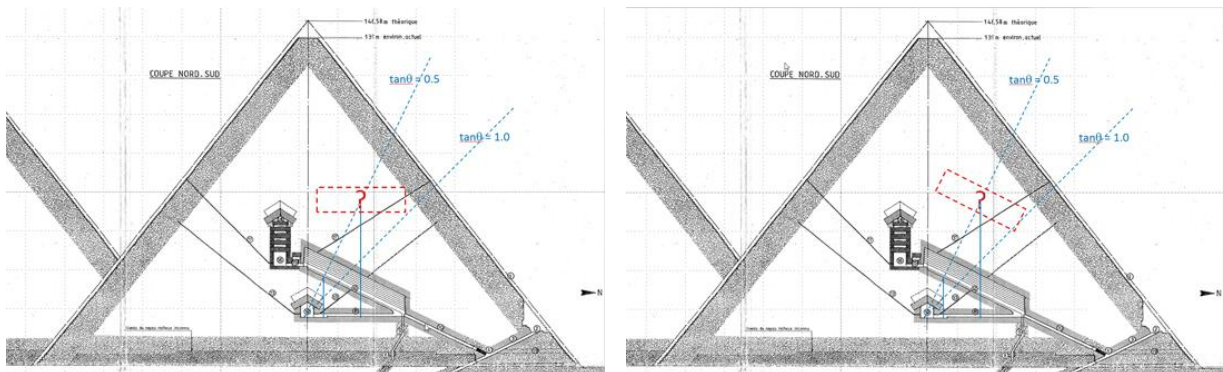
.../...

Conséquence pour moi : j'étais privé de participation à la mission en raison de mes travaux sur la pyramide de Kheops et je n'apparaîtrai dans aucun document publié par ScanPyramids.

.../...

Ayant participé à celle-ci en « arrière-plan » et suite à la quantité de données qui ont été accumulées durant son déroulement, j'ai acquis une très grande connaissance du dossier.

Ainsi, le 22 novembre 2016 j'ai eu l'occasion d'assister à une séance de travail réalisée entre l'équipe de la mission ScanPyramids et les équipes scientifiques de muographie japonaises de Nagoya et du KEK¹¹⁹ et l'équipe française du CEA. Les Japonais annonçaient la découverte d'une très importante anomalie (Cavity) à la verticale de la Grande Galerie. Dans le rapport qu'il a remis, daté du 20 novembre 2016, le Dr Morishima indiquait que, pour Nagoya, cette anomalie mesurerait environ 30 m de longueur et que son épocentre se trouvait à une hauteur d'environ 53,30m au-dessus du sol de la Chambre de la Reine¹²⁰; il montrait également les deux positions possibles pour cette cavité: soit horizontale, soit inclinée parallèlement à la Grande Galerie en dessous.



Base, plan de Gilles Dormion utilisé par l'équipe de Nagoya

Les 2 positions possibles de l'anomalie détectée par les muons de l'équipe de Nagoya :
A gauche, horizontale, à droite, inclinée.

Dès que j'ai vu ces images, j'ai indiqué aux participants que cette anomalie devait être liée à la présence d'une seconde Grande Galerie complétant le système à contrepoids¹²¹. J'avais immédiatement compris l'importance de cette découverte car elle faisait disparaître les défauts du système que j'ai évoqués plus haut¹²². Elle redonnait au système toute sa logique et une cohérence totale pour le hissage des poutres et chevrons depuis le port jusqu'au toit de la Chambre du Roi.

Après avoir reçu les croquis ci-dessus le 25, le lendemain je réalisais une première esquisse¹²³ montrant cette seconde Grande Galerie que je baptisais GG2¹²⁴ pour la différencier de la Grande Galerie connue¹²⁵.

¹¹⁷ Dirigée par Sébastien Procureur, l'équipe du CEA (Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives) avait rejoint la mission ScanPyramids durant l'année 2016.

¹¹⁸ Voir : 2 – LA GENÈSE DE LA MISSION SCANPYRAMIDS, Pages 6 et 7.

¹¹⁹ Les deux équipes avaient leur matériel installé dans la Chambre de la Reine.

¹²⁰ Soit à 74,45m de la base de la pyramide (21,15m + 53,30m).

¹²¹ Ayant servi à hisser les poutres et chevrons de la structure couvrant la Chambre du Roi.

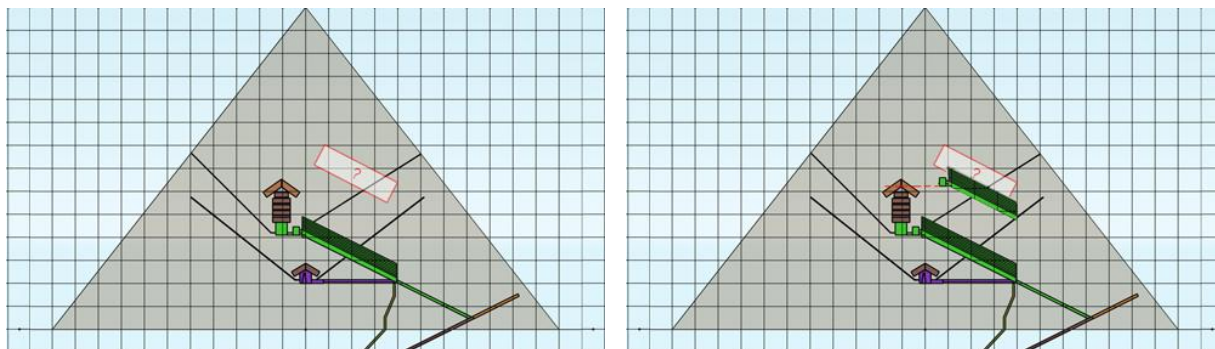
¹²² Voir : 4 - RECONSTITUTION PROPOSÉE DU SYSTÈME À CONTREPOIDS, Page 18.

¹²³ Réalisé hâtivement sur la base d'une coupe d'un modèle CATIA élaboré pour Kheops Renaissance.

¹²⁴ Référencée sous le terme SPG pour ScanPyramids Gallery et plus tard SP-BV pour ScanPyramids Big Void.

¹²⁵ Que j'ai immédiatement rebaptisée GG1 pour la différencier suite à cet événement surprenant.

Je plaçais la GG2 à un niveau plus bas que je jugeais plus réaliste, à savoir son quai haut¹²⁶ au niveau +63,05m¹²⁷. Sa longueur était succinctement définie avec en tête le principe de la traction par renvoi à 180°¹²⁸, estimant sa longueur plus près des quarante mètres¹²⁹ que de la trentaine annoncée.



A gauche, position de l'anomalie (cavity) version inclinée annoncée le 20 novembre 2016 par les Japonais ; à droite, quelques jours après, en surimpression, la position de la GG2 me paraissant mieux adaptée pour le système à contrepoids.

Avant cette annonce, la longueur de la GG1 aurait permis de réaliser les deux premiers plafonds selon cette technique du renvoi à 180° mais pas les suivants, je l'avais donc abandonnée ; par contre je savais qu'elle aurait dû mesurer près de 80m de longueur pour l'appliquer à tous les plafonds et au toit, ce qui aurait été irréaliste.

Imaginant que les concepteurs avaient coupé en deux parties le système à contrepoids à l'intérieur de la pyramide, à la trentaine de mètres¹³⁰ annoncée, il me fallait rajouter pour la GG2 la longueur du chariot contrepoids, la marge pour l'allongement des cordes et le quai haut comme dans la GG1¹³¹.

Lors de la conception du projet, les architectes n'ont pas réparti les niveaux des plafonds de la superstructure de façon empirique, mais bien au contraire suivant des hauteurs particulières qui avaient une raison technique. Et ils n'ont pas commandé le même type de poutres pour les trois plafonds supérieurs.

Quand on étudie ces deux éléments, on voit que les « pierres parlent encore » !

Début décembre 2016, en ré-analysant le plan en coupe qui suit, je soupçonnais que les concepteurs, adeptes des séquences, avaient divisé la Phase 2 en deux Phases distinctes :

- La Phase 2A avec le contrepoids circulant dans la GG1 :

La technique du renvoi à 180° avait été appliquée et l'angle β des cordes de traction avait été réduit au strict minimum¹³², permettant la construction des plafonds N°1 et N°2 et le hissage de tous les monolithes restant stockés au niveau +43m sur une nouvelle aire de stockage provisoire au niveau +51,85m, celui du plafond N°2.

¹²⁶ Le quai haut de la GG1 se trouve au niveau +43m, base de la Chambre du Roi.

¹²⁷ Avant le début de la mission, la mise en place des poutres formant chevrons pour le toit de la Chambre du Roi était basée sur un axe pivot se situant au niveau +62,10m. Plus tard, reprenant mon étude sur la mise en place des chevrons en face Nord, cet axe a encore été légèrement relevé à +64,10m, rallongeant légèrement la GG2.

¹²⁸ Déjà décrite plus haut.

¹²⁹ La même longueur d'une trentaine de mètres était appliquée à l'anomalie horizontale et à celle inclinée.

Considérant que l'anomalie était inclinée à 26,5°, pour moi la longueur de l'anomalie annoncée par Nagoya était celle de sa projection sur un plan horizontal et non pas sa longueur réelle suivant la pente.

¹³⁰ Cette longueur n'aurait représenté que celle de la course du contrepoids seule.

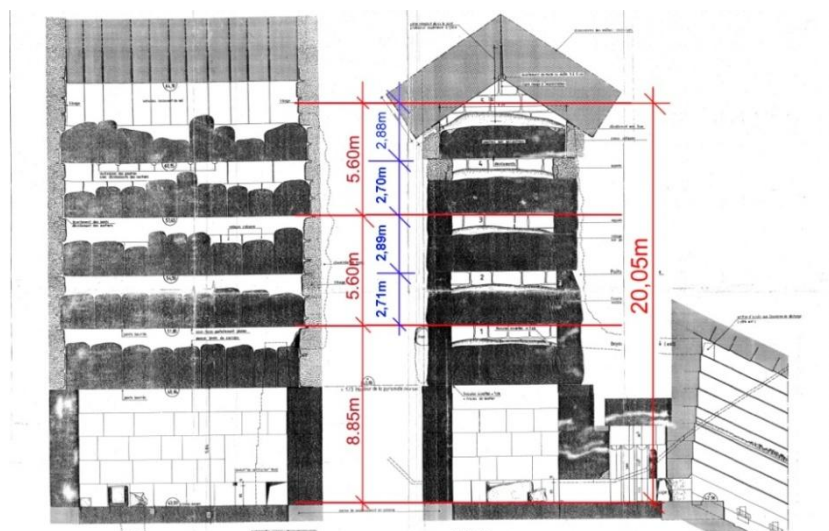
¹³¹ Soit dans l'ordre 5,50m + 1,00m + 1,87 m et un total d'environ 8,40m.

¹³² Sans réelle influence sur les besoins en force de traction.

Le BIG VOID

- La Phase 2B avec un contrepoids¹³³ circulant dans la GG2, cette Phase 2 étant subdivisée en deux séquences, la Phase 2B1 et la Phase 2B2 :

La technique du renvoi à 180° avait aussi été appliquée ; l'angle α ¹³⁴ de la GG2 et celui des cordes de traction restaient parallèles¹³⁵. Dans la Phase 2B1, les plafonds N°3 et N°4 étaient construits et tous les monolithes restant stockés au niveau +51,85m étaient hissés sur une nouvelle aire de stockage provisoire au niveau +57,45m, celui du plafond N°4. Dans la Phase 2B2, le plafond N°5 était construit et les poutres des chevrons du toit étaient hissées sur une dernière aire de stockage provisoire au niveau +63,05m. De là, elles allaient être mises en place plus tard, une fois les installations de chantier démontées.



A partir des plans en coupe de Gilles Dormion.

Dans ces plans en coupe on constate que la superstructure a été minutieusement conçue par les architectes pour faciliter sa construction en séquences successives.

D'abord au niveau des hauteurs des poutres en granit et en calcaire de Tourah:

Celles des 1^{er} et 2^{ème} plafonds sont constantes et limitées, celles des trois plafonds suivants sont de hauteurs très variables et celles du toit formant chevrons semblent constantes¹³⁶. Ainsi, la hauteur des poutres correspondrait à des paramètres techniques liés à leur position finale.

Ensuite, les hauteurs des séquences de hissage :

Dans la Phase 2A, le contrepoids de la GG1 hissait, au-delà du 1^{er} plafond, tous les monolithes sur une hauteur de 8,85m. Dans les Phases 2B1 et 2B2, entre le 2^{ème} et le 3^{ème} plafond (2,71m) la hauteur est identique à celle entre le 4^{ème} et 5^{ème} plafond (2,70m) ; entre le 3^{ème} et le 4^{ème} plafond (2,89m) la hauteur est également identique à celle entre le 5^{ème} plafond et l'axe de rotation imaginé pour les poutres du toit (2,88m). Enfin, les hauteurs des séquences des Phases 2B1 et 2B2 sont identiques (5,60m).

Là encore, il n'y a pas de coïncidence, mais une volonté des concepteurs en relation évidente avec la course des contrepoids.

¹³³ Ce contrepoids était en fait celui de la GG1 qui avait été démonté à la fin de son utilisation ; les trois blocs de granit de la charge de base avaient été laissés dans la GG1 tandis que trois blocs identiques les remplaçaient pour la nouvelle utilisation du chariot dans la GG2.

¹³⁴ L'angle α (Alpha) est l'angle de la pente de la GG2 soit de 26,5°.

¹³⁵ La force exercée par le contrepoids était donc constante pendant toute la durée de la traction

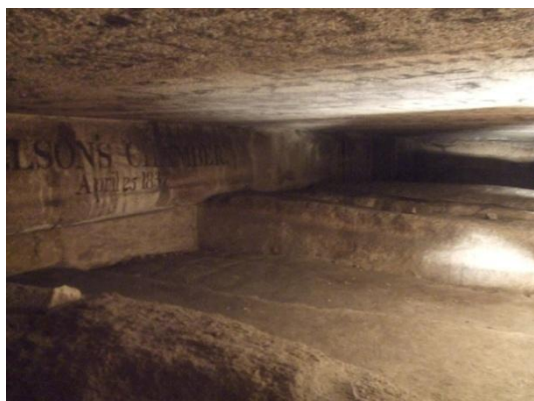
¹³⁶ Si on se réfère aux chevrons de l'entrée en face Nord.

Note d'information N° 1 :

Il convient d'éliminer l'expression « chambres de décharge » lorsque l'on parle de la superstructure au-dessus de la Chambre du Roi pour la bonne raison qu'elle ne la décharge de rien ! Les "plafonds" ne sont pas non plus réellement des plafonds : les quatre premiers¹³⁷ sont des poutres formant butons¹³⁸ qui retiennent les murs latéraux d'un grand vide, que l'on désigne à notre époque sous le terme de "tranchée blindée" ; le cinquième est un entrait qui empêche les poutres formant chevrons du toit de se refermer¹³⁹. Cette structure sert à monter le plus haut possible le toit de la Chambre du Roi pour que les charges obliques encaissées par le toit ne poussent pas sur une zone dans laquelle il y aurait un ouvrage à protéger¹⁴⁰.

Tout cet effort parce que les concepteurs s'étaient donné un gigantesque challenge : offrir à leur Roi Kheops une chambre funéraire avec un plafond plat et autre chose... Une prouesse technique qui n'avait encore jamais été tentée.

C'est la preuve explicite d'une très grande connaissance des matériaux, des charges, des forces, des contraintes et du comportement d'une structure : à notre époque, c'est le travail d'un 'Bureau d'Études en Ingénierie et Techniques du Bâtiment'.



Vide baptisé « Chambre de Nelson » entre les poutres/butons des 2^{ème} et 3^{ème} « plafonds » qui s'enfoncent d'environ 1m dans les murs latéraux Nord et Sud.



Google Utilisation équitable

Butons hydrauliques retenant les murs latéraux d'un ancien parking pendant le chantier BruCity à Bruxelles.

A partir du 20 avril 2017, une nouvelle séance de travail de trois jours s'est déroulée à Paris et à laquelle j'ai assisté le dernier jour¹⁴¹. Lors de celle-ci, les équipes de Nagoya et du KEK ont échangé leurs résultats concernant la SPG¹⁴², l'anomalie détectée en 2016, et un consensus se dessinait autour d'une cavité de grande dimension directement à l'aplomb de la GG1 ; sa hauteur par rapport au sol de la Chambre du Roi variait légèrement entre les équipes¹⁴³, de même que sa largeur. Pour moi, le plus important était la confirmation que cette découverte était directement axée au-dessus de la GG1. L'horizontalité ou l'inclinaison de celle-ci n'étaient pas définies¹⁴⁴.

¹³⁷ Le premier est bien sûr avant tout un plafond plat pour couvrir la Chambre du Roi.

¹³⁸ D'où le choix du granit, seul matériau capable d'enjamber un vide de quelque 5,20 m entre les murs Nord et Sud de la chambre ; le granit étant aussi très résistant à la compression, les fissures qui ont apparu pendant le chantier n'ont pas affecté la solidité de l'ouvrage. Voir la note 54 en bas de Page 8.

¹³⁹ Dans la réalité, les chevrons ont eu tendance à s'ouvrir de quelques centimètres. (voir lien ci-dessus).

¹⁴⁰ Selon moi, les encorbellements de deux antichambres possibles annoncées le 27 Janvier 2011 avec « Kheops Renaissance ».

¹⁴¹ J'ai également présenté mes premières interprétations au sujet de la GG2 lors de cette réunion.

¹⁴² Voir la note 124 en bas de Page 20.

¹⁴³ A titre d'exemple, entre 14m et 24m pour les deux chercheurs de Nagoya présents ; entre 15m et 20m, 20m et moins de 30m pour les trois chercheurs du KEK présents.

¹⁴⁴ La possibilité qu'une SPG horizontale soit fractionnée en plusieurs vides avait aussi été évoquée.

Le 1^{er} mai suivant, le Dr Morishima et son équipe remettaient leur rapport d'étape accompagné par de nombreuses images de données recueillies par les plaques à émulsions et de simulations effectuées parallèlement. Les conclusions¹⁴⁵ de ce rapport étaient les suivantes :

- La coupe transversale de cette nouvelle grande cavité¹⁴⁶ est comparable à celle de la Grande Galerie (GG1) et elle est directement au-dessus d'elle.
- Sa longueur est estimée à environ 30m mais dépend de son inclinaison.
- Le centre¹⁴⁷ de la nouvelle grande cavité est situé entre +55m et +70m de la base de la pyramide, selon la méthode d'analyse.
- Une investigation plus approfondie est nécessaire pour connaître l'emplacement précis et l'inclinaison de la nouvelle grande cavité.

Celles-ci apportaient des précisions conformes à ce que j'avais imaginé en novembre 2016 :

- L'équipe de Nagoya avait abaissé la hauteur estimée de l'anomalie d'un épicycle à +74,45m¹⁴⁸ à une hauteur comprise entre +55,00m et +70,00m, une zone dans laquelle j'avais positionné la GG2.
- La coupe transversale était comparable à celle de la GG1.

Cela dit, l'enseignement principal à tirer était le fait que ni Nagoya ni le KEK ne pouvaient scientifiquement annoncer que la grande cavité était soit horizontale, soit inclinée, sur la base des données disponibles sans qu'une étude architecturale ait été faite au préalable¹⁴⁹.

Pour ma part, il était évident qu'une grande cavité horizontale d'une trentaine de mètres de longueur, d'une section comparable à la GG1 et située au niveau des chevrons qui couvrent la Chambre du Roi n'avait aucun sens architectural ni fonctionnel !

A contrario, une anomalie inclinée à 26,5° débouchant au niveau de ces mêmes chevrons prenait tout son sens et pouvait être soutenue par une analyse architecturale et fonctionnelle précise qui ne pourrait en aucun cas être attribuée au hasard.

Le 17 mai suivant, l'équipe de Nagoya réalisait un nouveau rapport comportant de nombreuses simulations de modèles simples, basés sur la GG1, positionnés selon une douzaine de possibilités, horizontales ou inclinées ; l'architecture était réduite au minimum et aucune conclusion n'était faite.

En analysant ces simulations, j'ai refait tout l'historique de mes réflexions au sujet du système à contrepoids et j'ai remarqué que j'avais oublié un élément¹⁵⁰ qui avait eu son importance mais que j'avais abandonné dans la dernière version du 27 janvier 2011 : la possibilité de moduler la charge du contrepoids en fonction de la poutre à hisser avec l'abandon de la rehausse au-dessus de la GG1.

J'ai alors compris pourquoi les scientifiques n'arrivaient pas à décider si la grande cavité était horizontale ou inclinée pour une raison très simple : celle-ci était les deux à la fois parce que la GG2 devait être complétée par une rehausse maçonnée qui permettait de moduler la charge du contrepoids, poussant l'utilisation de celui-ci au maximum de son efficacité. Le rapport était assorti d'une information nouvelle indiquant trois points épicycles A, B et C dans une zone de 30m de largeur à 5+Sigma et un point D¹⁵¹ dans une zone contiguë à 4+Sigma, l'ensemble pouvant donner l'impression d'une horizontalité. Ce point D demandait à être confirmé.

¹⁴⁵ Le rapport concernait également la découverte d'une anomalie derrière les chevrons de l'entrée en face Nord.

¹⁴⁶ Le terme Grande Cavité était maintenant officialisé.

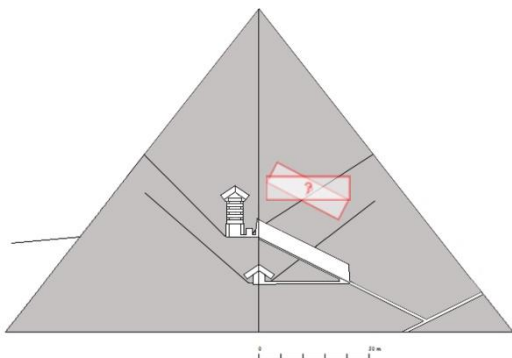
¹⁴⁷ Avec cette précision: le centre n'est pas défini comme la position centrale de la cavité parce qu'il est calculé par le point en croix du centre de l'excès de muons.

¹⁴⁸ Voir la note 120 en bas de Page 20.

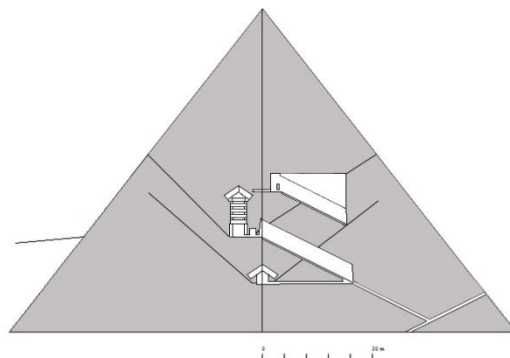
¹⁴⁹ Pour définir un volume qui soit compatible avec la distribution intérieure de la pyramide de Kheops.

¹⁵⁰ A l'annonce de la découverte de l'anomalie au-dessus de la GG1, je m'étais focalisé sur la technique du renvoi à 180° et de l'angle β .

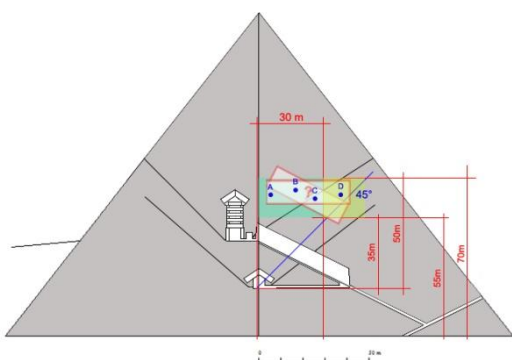
¹⁵¹ Mais qui était proche de l'extérieur de l'angle d'exposition de 45° des plaques de la Chambre de la Reine.



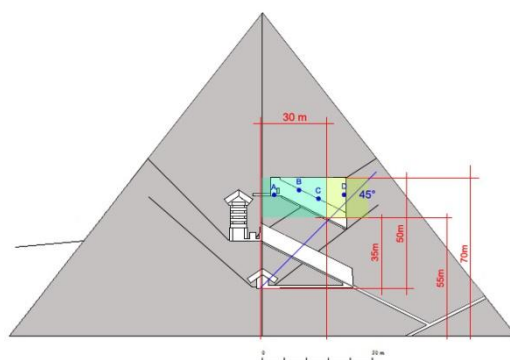
En mai 2017 l'équipe de Nagoya abaissait d'une dizaine de mètres la zone potentielle, horizontale ou inclinée, dans laquelle l'anomalie avait été détectée en novembre 2016.



Conséquence : la zone inclinée se retrouvait directement sur la GG2 imaginée en novembre 2016 ; la zone horizontale venait se superposer à une potentielle rehausse. Elle permettait la modulation de la charge du contrepois.



Les 4 points A, B, C et D et les dimensions annoncées des zones détectées au-dessus de l'angle de 45° du cône de réception des muons : les zones et 3 points sont entre +55m et +70m de la base de la pyramide sur une largeur de 30m. Les points A, B et C étaient confirmés à 5+Sigma, le point D à 4Sigma ne pouvait pas être confirmé en l'état.



La GG2 et sa rehausse sont dans les mêmes limites en hauteur et horizontalement. La ligne bleue de l'angle à 45° est à l'intersection des lignes rouges +55m et 30m. Le haut de la rehausse est aligné avec la ligne +70m. Les 4 points sont à l'épicentre, les points B et C sur la même pente que la GG2. La future position exacte du point D serait donc déterminante.

En résumé: depuis ma première esquisse du 26 novembre 2016 la GG2¹⁵² n'a pratiquement pas changé de position; par contre, entre le 20 novembre 2016 et le 17 mai 2017, suite à l'analyse de nouvelles données recueillies sur plusieurs mois, les équipes de Nagoya et du KEK ont communément révisé à la baisse le positionnement de l'anomalie¹⁵³ pour la placer exactement sur la GG2 que j'ai affinée le 25 mai 2017.

A cette date j'ai rajouté la rehausse maçonnée au-dessus de la GG2, le mur Nord de l'ensemble restant aligné sur celui de la GG1. Quant à la GG2 elle-même, la seule légère modification apportée était liée à la technique de mise en place des chevrons du toit de la Chambre du Roi ; reprenant une étude que j'avais faite au cours de l'été 2016 pour les chevrons au-dessus de l'entrée en face Nord, je plaçais alors le quai haut de la GG2 au niveau de la sous-face de la jonction des chevrons du toit, soit au niveau +64,10m¹⁵⁴ au lieu de +63,05m comme annoncé précédemment. Cette modification augmentait la hauteur à monter pour hisser les poutres des chevrons dans la Phase 2B2, celle-ci passant de 5,60m à 6,65m, entraînant un allongement de la longueur de la course du contrepois d'environ 4,70m et la longueur totale de la GG2 à plus de 38,00m¹⁵⁵.

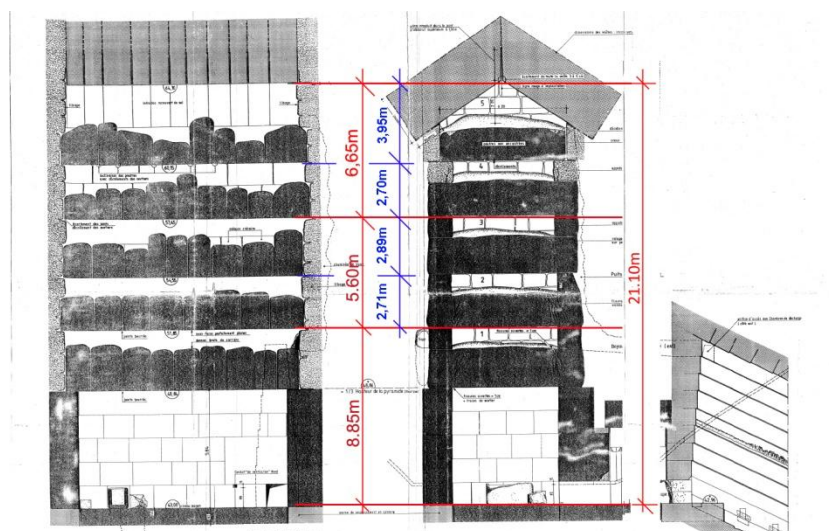
¹⁵² Pour rappel, la GG2 étant ma dénomination de la SPG car liée à mon interprétation de l'anomalie.

¹⁵³ D'une dizaine de mètres.

¹⁵⁴ Voir la note 127 en bas de Page 21.

¹⁵⁵ Sans compter la pièce technique horizontale en partie haute de la GG2, pendante de la Chambre des Horses de la GG1, ce qui portait la longueur totale à plus d'une quarantaine de mètres.

Le BIG VOID



A partir des plans en coupe de Gilles Dormion

La Phase 2B1 reste identique avec 5,60m à monter, tandis que la Phase 2B2 passe de 5,60m à 6,65m, entraînant un allongement de la GG2 d'environ 4,70m. La hauteur totale à desservir pour la livraison des monolithes depuis la base de la Chambre du Roi passe de 20,05m à 21,10m.

Maintenant, au sujet des anomalies détectées par l'équipe du CEA :

Lors des réunions de travail de novembre 2016, Sébastien Procureur avait aussi fait le point des investigations du CEA en cours¹⁵⁶ avec les trois télescopes¹⁵⁷ en activité, le premier visant la face Nord à une trentaine de mètres de l'arête Nord-Ouest et les deux autres visant la face Sud à une trentaine de mètres de l'arête Sud-Ouest ; ces positions avaient été décidées suite à la découverte¹⁵⁸ en octobre 2016 de la cavité C1¹⁵⁹ identique à la cavité C2 connue sur l'arête Nord-Est par ces trois télescopes.

Dans les données du télescope en face Nord, deux anomalies apparaissaient dans une zone au-dessus de la GG1. Il avait été demandé à Sébastien Procureur de faire une analyse complémentaire des données et si une corrélation était établie entre une des anomalies et la SPG, de transférer le télescope de la face Nord juste dans l'axe de la SPG.

Finalement, la corrélation étant faite, les trois télescopes du CEA ont été transférés¹⁶⁰ devant la face Nord fin mai 2017 et installés dans trois tentes climatisées.

Dans les semaines précédentes, une série de modèles représentant plusieurs hypothèses ont été réalisées par l'équipe de ScanPyramids¹⁶¹, avec ma participation, pour effectuer des simulations de cavités que les télescopes pourraient découvrir.

¹⁵⁶ La mission 2 du CEA.

¹⁵⁷ Baptisés Brahic, Alvarez et Alhazen.

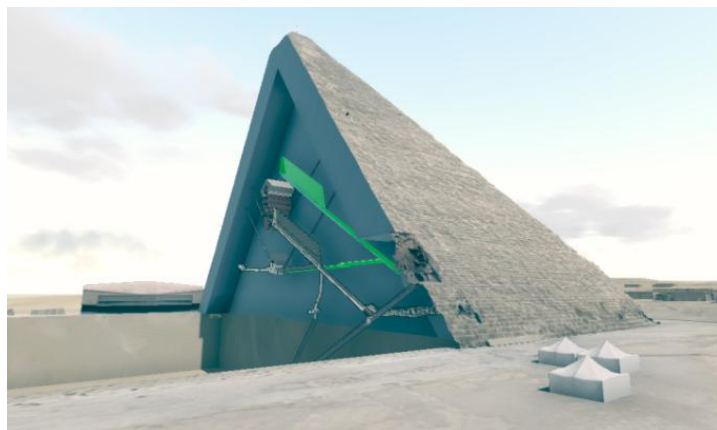
¹⁵⁸ Lors de la mission 1 du CEA.

¹⁵⁹ Voir la découverte de C1 et C2 sur <https://vimeo.com/190875987>.

¹⁶⁰ Appelée mission 3 par le CEA.

¹⁶¹ Particulièrement par Pierre Gable, d'Emissive, créateur des modèles 3D, et Benoît Marini, ingénieur concepteur du logiciel de simulation pour la muographie.

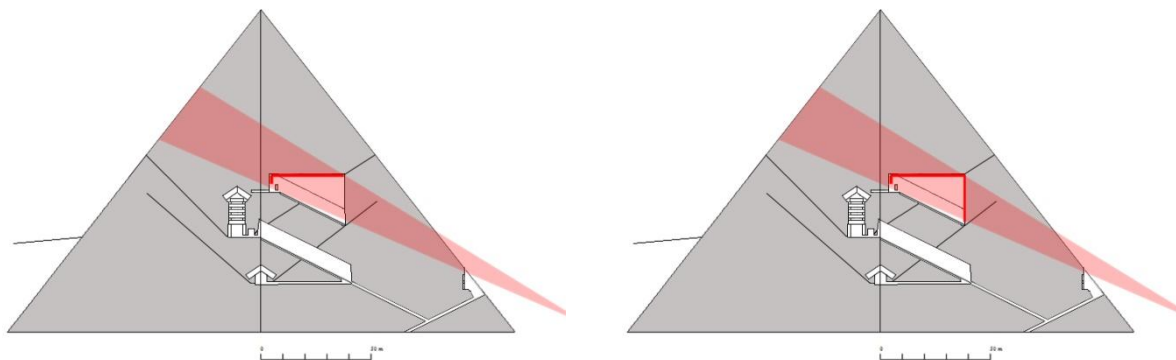
Le BIG VOID



©ScanPyramids

Modélisation d'une SPG du type GG1 pour le CEA afin de simuler l'empreinte muographique des trois télescopes disposés dans des tentes devant la face Nord de la pyramide.

Les simulations montraient une « image » plus longue de réception de muons dans le cas d'une cavité horizontale par rapport à une cavité inclinée. J'avais aussi réalisé quelques croquis d'anticipation de ce que les télescopes pouvaient détecter, particulièrement au sujet de l'hypothèse d'une GG2 avec la rehausse¹⁶²



Bien que n'étant pas un spécialiste de la muographie, ma compréhension de cette technique ne me posait aucun problème quant à la détection de la grande cavité par l'extérieur, vu ses dimensions ; par contre, dans l'hypothèse d'une GG2 avec rehausse, donc d'une cavité triangulaire, et d'un écart de quelques mètres ou degrés des télescopes par rapport à l'axe vertical, le CEA pourrait interpréter les données en faveur d'une cavité horizontale comme indiqué par les traits en rouge. Cela dit, l'important était tout de même de détecter quelque chose.

Le but de la mission 3¹⁶³ était avant tout d'essayer de détecter la SPG et d'avoir ainsi une troisième technique de muographie confirmant la découverte depuis l'extérieur.

De mon côté, le début du mois de juin fut très intense, travaillant à une mise à jour complète du système à contrepoids ; malheureusement, le 11 juin j'étais transféré en urgence à l'hôpital de la Salpêtrière à Paris en soins intensifs pour un infarctus¹⁶⁴.

¹⁶² Voir croquis Page 25.

¹⁶³ La mission 2, écourtée, avait pourtant décelé la probable existence d'autres cavités du type C1 et C2 sur l'arête Nord-Ouest, mais, faute de temps d'exposition, le nombre de Sigma n'était pas assez significatif ; les investigations ne reprendront jamais.

¹⁶⁴ Heureusement sans séquelles si ce n'est deux stents, une heure de marche quotidienne et des pilules à vie.

6 - DE FIN MAI AU 2 NOVEMBRE 2017, DATE DE L'ANNONCE DE LA DÉCOUVERTE DU
BIG VOID DANS LA REVUE *NATURE*

Pour revenir à la période comprise entre le 30 mai et le 11 juin, chaque jour¹⁶⁵ m'apportait des idées d'amélioration du système à contrepoids ; ayant maintenant entériné l'idée de la rehausse au-dessus de la GG2, la question des points A, B, C et D et la possibilité avancée par le Dr Morishima que la SPG¹⁶⁶ pouvait éventuellement être aussi constituée de plusieurs volumes successifs¹⁶⁷ m'intriguait.

De mes rencontres avec le Professeur Hiroyuki Tanaka¹⁶⁸, j'avais retenu trois points importants :

- le premier, que la quantité de muons reçue était dépendante de la trajectoire, et que plus l'angle de celle-ci s'éloignait de la verticale, plus la quantité diminuait, pour être nulle à l'horizontale ; il en résulte que les récepteurs de muons perdent de leur efficacité sous un angle de 45°¹⁶⁹.

- le second, que la quantité de muons traversant une masse diminuait au fur et à mesure de leur progression, absorbés par cette masse, et que le ou les vides éventuels traversés ralentissaient cette diminution¹⁷⁰.

- le troisième, que les récepteurs ne pouvaient pas faire la ségrégation entre un ou des vides traversés et que l'épicentre d'une trajectoire dans du vide n'indiquait qu'une longueur de vide égale de part et d'autre de celui-ci mais pas forcément dans le même vide.

Dans le cas de la Pyramide de Kheops et la SPG, du fait de sa forme, la hauteur de masse à traverser est plus importante vers le centre que vers les faces à mi-distance entre le sommet et l'angle à 45° ; dans le premier cas, il y a plus de muons mais une plus grande absorption de fait de la hauteur, dans le deuxième cas, il y a moins de muons mais moins d'absorption. Conclusion : entre la verticale et 45°, la quantité de muons reçue par les détecteurs permet d'avoir une bonne estimation des pleins et des vides.

Les points A, B, C et D indiquaient donc des pics de réception de muons qui pouvaient être liés à des ruptures dans la continuité de la rehausse se traduisant au niveau des résultats enregistrés par une incertitude supplémentaire : la SPG pouvait être à la fois inclinée, horizontale et constituée partiellement de volumes séparés, une réponse impossible à imaginer sans analyse architecturale.

Dans la dernière version de la GG1 de janvier 2011, pour le passage des cordes de tractions, j'avais introduit la notion de puits en partie haute de la glissière du contrepoids, une technique de construction extrêmement répandue à l'époque, particulièrement pour le creusement des chambres funéraires sous les mastabas¹⁷¹. Je commençais à imaginer des possibilités de puits liés aux quatre points d'épicentre, soit dans un « blindage »¹⁷² de la rehausse, soit dans des puits séparés. Les deux esquisses suivantes sont des exemples parmi d'autres.

¹⁶⁵ Et aussi pratiquement chaque nuit tellement mon cerveau était en ébullition.

¹⁶⁶ Voir la note 152 en bas de Page 25.

¹⁶⁷ Voir la note 144 en bas de Page 23.

¹⁶⁸ Voir 4^{ème} paragraphe Page 5.

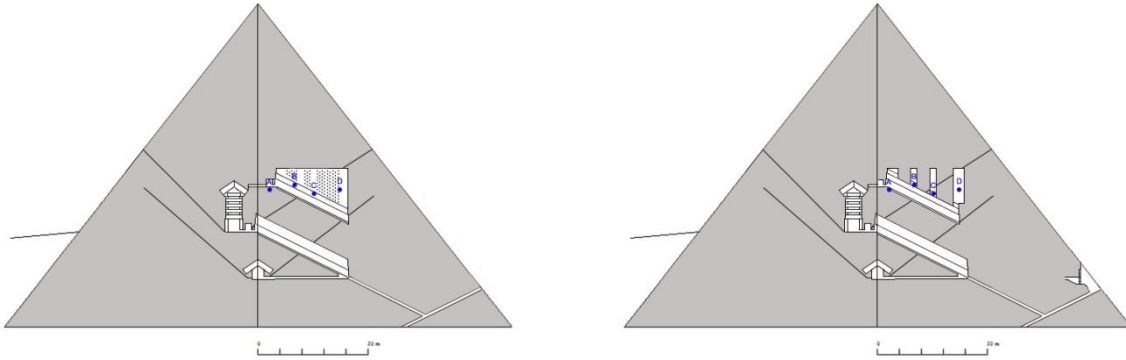
¹⁶⁹ D'où l'importance du trait bleu à 45° sur les diagrammes de Nagoya et le point D avec seulement 4 Sigma.

¹⁷⁰ C'est pour cela que les récepteurs « voient » les vides car ils reçoivent plus de muons.

¹⁷¹ Rien que sur le Plateau de Gizeh, il y a plusieurs centaines de mastabas réalisés avec au minimum deux puits ; les mastabas étaient eux-mêmes construits selon une structure de caissons remplis avec les chutes de calcaire extraits lors du creusement des appartements funéraires souterrains; de véritables « taupinières » géantes, une gestion intelligente des résidus de fouilles.

¹⁷² Un renforcement de la rehausse par des pièces de bois entre des passages verticaux absorbant les muons.

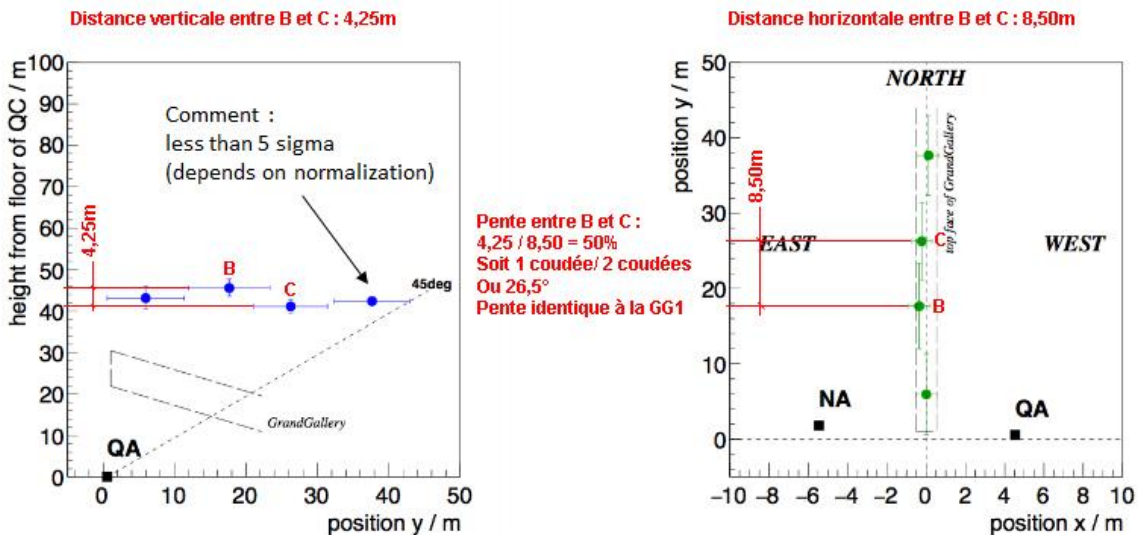
Le BIG VOID



A gauche une esquisse avec la rehausse renforcée par des butons laissant des passages verticaux pour la modulation de la charge du contrepoids. A droite une esquisse avec des puits verticaux. Dans les deux esquisses, les points A, B, C et D sont positionnés à l'épicentre de la zone comprise entre +55m et +70m. A cette époque, la dimension et le positionnement des vides verticaux demandaient plus de précisions par rapport aux courses du contrepoids, mais le principe des puits était entériné.

En analysant plus en détail le rapport de Nagoya du 17 mai 2017, j'avais aussi remarqué une information « discrète »¹⁷³ concernant les relations entre les points B et C : la différence de hauteur entre ces deux points par rapport au sol de la Chambre de la Reine, où étaient positionnées les plaques à émulsion NA et QA de cette campagne, était de 4,25m ; la distance en projection horizontale entre ces mêmes points était de 8,50m. Ces deux mesures correspondent aux deux côtés d'un triangle rectangle ; la pente entre ces deux points est donc de 50% (26,5°), identique¹⁷⁴ à celle de la GG1, l'hypoténuse étant parallèle à la glissière de la GG2.

Pour moi, ce détail en disait long sur l'inclinaison de la SPG et il pouvait se transformer en une évidence dans l'hypothèse où de nouvelles données apporteraient des précisions sur la hauteur du point D. Si ce dernier se retrouvait sur la même ligne de pente que les points B et C, il n'y aurait plus aucun doute que l'anomalie détectée comportait au moins un volume avec une inclinaison identique à la GG1.



La position dans l'espace entre les points B et C apporte une information précise : ils sont tous les deux sur une ligne en pente à 26,5° (50%), identique à la pente de la GG1 (à gauche, le graphique et la graduation de l'ordonnée sont compressés de moitié par rapport à l'abscisse, troublant sa compréhension, la GG1 semblant être inclinée à 13° au lieu de 26,5°).

¹⁷³ Rapport "Analysis of NA and QA 20170517" (Page 9).

¹⁷⁴ Pour l'œil d'un architecte, ce constat était déjà évident rien qu'en voyant les graphiques publiés par Nagoya.

Le BIG VOID

La notion de construction d'un mastaba provisoire avec des puits pour la GG2 devenait rétroactivement évidente pour la GG1 aussi. Cette idée de « monticule central¹⁷⁵ » englobant la GG1 avait toujours été présente dans les diverses évolutions de ma théorie du système à contreponds, mais elle se structurait maintenant sur un type d'ouvrage du paysage architectural égyptien de l'époque, le mastaba.



© Jon Bodsworth

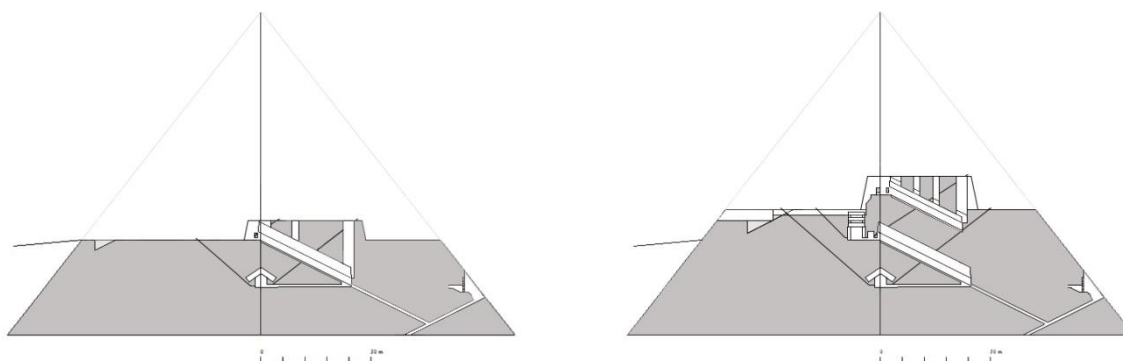
Le mastaba de El-Faraun.



Google Earth

La Pyramide de Kheops est entourée à l'Est, au Sud et à l'Ouest par de nombreux mastabas, dont ceux d'Hemionou et d'Ankh-haef. On peut distinguer les puits de construction.

L'application du concept du mastaba et des puits était donc au cœur de la technique de construction de la Chambre du Roi, avec un premier mastaba au-dessus de la GG1, pour les Phases 1B et 2A, puis un second au-dessus de la GG2 pour les Phases 2B1 et 2B2.



A gauche, esquisse de la GG1 surmontée de son « mastaba » de construction et ses puits. A droite, esquisse de la GG2 surmontée du sien et ses puits. Au fur et à mesure de la construction des plafonds, les mastabas se retrouvaient noyés dans la masse de la pyramide. A la fin de l'utilisation de la GG1, ses puits seront rebouchés pour consolider la structure sous la GG2.

Cette évolution du système à contreponds répondait aux objectifs de simplification et de logique car elle permettait la mise en œuvre de la technique de traction avec renvoi à 180°¹⁷⁶ pour tous les plafonds et le toit, la modulation de la charge du contreponds en fonction du poids du monolithe à hisser et la suppression du recours à la force humaine en masse¹⁷⁷.

¹⁷⁵ Voir croquis Page 12 et rendu 3D Page 18 en haut à gauche.

¹⁷⁶ Les premiers calculs réalisés par Denis Denoël montraient que le rendement du contreponds avait évolué de façon très significative et que de nouveaux gains pouvaient être réalisés du côté des frottements sur les renvois.

¹⁷⁷ Qui aurait été impossible en raison du manque flagrant d'espace disponible sur les mastabas de construction. Avant cette évolution du système à contreponds, il fallait un complément en force humaine d'environ 200 hommes pour les monolithes les plus lourds.

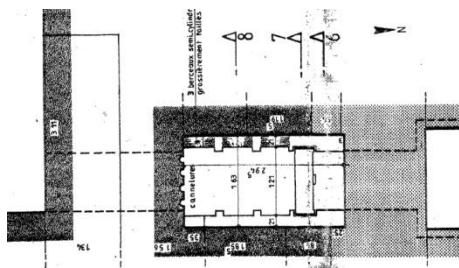
Et comme à chaque avancée lorsque l'on fait de la rétro-ingénierie, la résolution de ces problèmes m'a amené à une nouvelle réflexion en relation avec la simplicité et la logique ; une idée a germé dans mon esprit au niveau de la traction par le contrepoids en repensant :

- à l'intérêt de freiner la course d'un contrepoids pour avoir une traction douce et contrôlée.
- au principe de l'ascenseur, avec d'un côté une cabine à passagers et de l'autre un contrepoids ; entre les deux, il suffit d'un petit moteur électrique qui apporte la force nécessaire pour élever la cabine ou le contrepoids

C'est ainsi qu'est née l'idée du « moteur¹⁷⁸ » qui me semblait dans la suite logique de la conception du système à contrepoids par des hommes doués d'un immense talent créatif tels qu'Hemionou et Ankh-haef. L'utilisation d'un contrepoids dans la GG2 et l'espace limité sur son mastaba avaient été le déclencheur de cette idée ; en analysant à nouveau les plans de la pyramide, un élément m'a sauté aux yeux : la Chambre « dite¹⁷⁹ » des Herses !

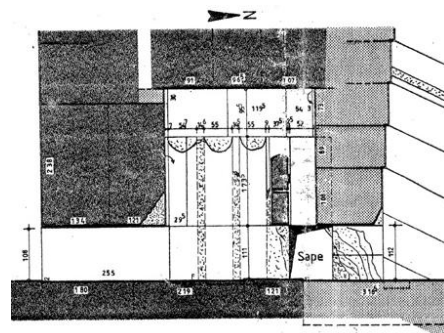
Celle-ci est idéalement positionnée entre la Chambre du Roi et la GG2 pour être surmontée d'un puits vertical ayant une hauteur suffisante pour y faire circuler les trois herses, ou plutôt les trois « lests¹⁸⁰ » apportant le complément de traction au contrepoids lui-même ; le dernier élément pour une modulation parfaite des tractions en fonction de la charge à hisser. Avantage supplémentaire, ce complément pouvait être facilement freiné pour obtenir une traction lente et totalement contrôlée¹⁸¹.

En analysant bien l'architecture de la Chambre des herses, il est évident qu'elle n'est pas optimisée pour une fonction de blocage efficace parce qu'elle a eu un autre important rôle pendant le chantier : être la base d'un puits dans lequel circulait le moteur du système à contrepoids de la GG2. Cette pièce était la remise temporaire dans laquelle les trois lests du moteur étaient stockés lorsque le contrepoids n'était pas en service¹⁸². Le puits lui-même était l'exact prolongement des murs Nord¹⁸³, Est, Sud et Ouest de la partie basse de la pièce et comportait les mêmes rainures latérales sur ses murs Est et Ouest, assurant le parallélisme des herses-lests lors des manœuvres.



Plan et coupe Gilles Dormion

Vue en plan sur la Chambre des Herses : la section du puits était la même que celle de la partie basse de la pièce avec les cannelures des murs Est et Ouest.



Vue en coupe : les murs Nord et Sud du puits étaient en prolongement de ceux de la pièce. Les herses/lests étaient suspendues à des rondins engagés dans les engravures semi-circulaires du mur Ouest pendant les périodes d'inactivité.

¹⁷⁸ Le terme « moteur » est pris dans le sens d'un dispositif spécial chargé de mettre des éléments en mouvement.

¹⁷⁹ Pour moi, l'appellation « Chambre des Herses » n'est le reflet que d'une partie de sa raison d'être.

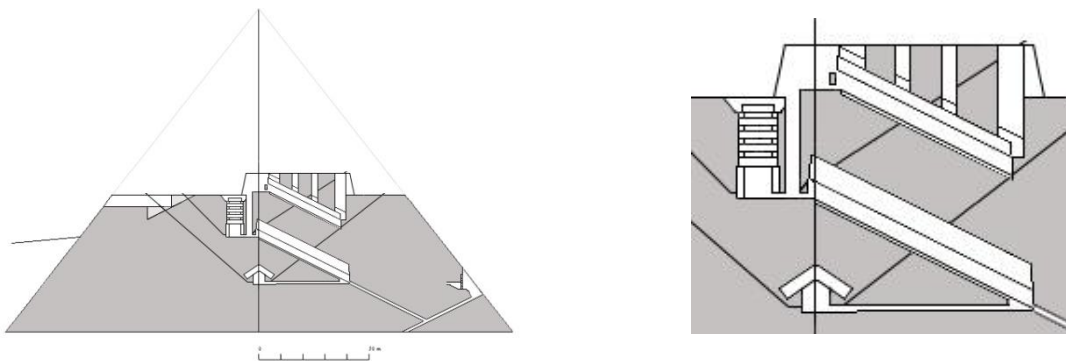
¹⁸⁰ En étudiant les parties de « herses » retrouvées dans la pyramide et la hauteur disponible entre le couloir d'accès à la Chambre du Roi et le bas des engravures semi-circulaires des rainures latérales, on peut estimer le poids de chacune à environ 2,35 tonnes (1,18m x 0,52m x 1,43m soit 0,87m³ x 2,7).

¹⁸¹ Et la récupération d'une herse-lest de 2,35t est plus aisée qu'un bloc de 7,05t en cas d'incident.

¹⁸² Par rapport à la durée du chantier global de la Chambre du Roi, l'utilisation du contrepoids dans la GG2 pendant les Phases 2B1 et 2B2 ne représentait que des séquences de durées relativement courtes. Le système était donc hors-service entre les séquences, mais ses composants devaient rester prêts à l'emploi.

¹⁸³ L'espace entre la herse fixe présente dans la pièce et le mur Nord aura un rôle important pendant les opérations de traction et de réarmement du contrepoids.

Le BIG VOID



A gauche, une nouvelle esquisse avec le puits surplombant la chambre des herses. A droite vue rapprochée sur le puits dans lequel les trois herses-lests circulaient, faisant partie du moteur du système.

En résumé, pour hisser une poutre de X tonnes, le contrepoids était chargé de Y tonnes, une charge insuffisante pour tracter la poutre ; le moteur de Z tonnes apportait le complément nécessaire pour permettre la traction. En partie haute, une petite équipe freinait la descente du moteur en retenant un second jeu de cordes enroulées autour de rondins en bois, utilisant le frottement des cordes¹⁸⁴. Lors d'une traction la sécurité du contrepoids était assurée par un système de cliquets et de rochets installé le long des murs latéraux des galeries¹⁸⁵ et sur le chariot.

Note d'information N° 2 :

Afin de préciser les forces de traction nécessaires pour les hisser à leur place définitive, le poids¹⁸⁶ arrondi estimé¹⁸⁷ de chaque poutre en granit ou en calcaire de Tourah a été une nouvelle fois calculé pour cette étude, la décomposition¹⁸⁸ étant la suivante :

1er plafond :

9 poutres de : 50t / 62t / 56t / 40t / 50t / 49t / 52t / 41t et 38t.

2ème plafond :

8 poutres de : 52t / 45t / 43t / 53t / 46t / 47t / 47t et 50t.

3ème plafond :

9 poutres de : 46t / 47t / 33t / 34t / 39t / 41t / 47t / 48t et 46t.

4ème plafond :

9 poutres de : 35t / 35t / 32t / 46t / 39t / 42t / 27t / 29t et 46t.

5ème plafond :

8 poutres de : 44t / 33t / 44t / 32t / 41t / 27t / 25t et 46t.

Toit en chevrons :

22 chevrons (2 paires de 11 chevrons), dont 10 de 28t, 6 de 30t, 2 de 34t, 2 de 40t et 2 de 45t.

Pour résumer les efforts de traction : de 50t à 62t dans 8 cas, 5 au 1^{er} plafond et 3 au 2^{ème} plafond, tous hissés par le contrepoids de la GG1. Il y a donc 57 poutres et chevrons de moins de 50t sur 65 monolithes, le contrepoids de la GG2 ne hissant que des monolithes de moins de 50t. On comprend pourquoi cette modulation des charges des contrepoids était importante.

¹⁸⁴ Technique très répandue dans la marine depuis des siècles.

¹⁸⁵ Voir détails sur les quatre illustrations en bas de la Page 13.

¹⁸⁶ Pour cette étude, basée sur les plans réalisés par Gilles Dormion, le poids des poutres des quatre premiers plafonds a été établi en considérant des encastremements de deux coudées en plus des 10 coudées de portée de mur à mur, soit une longueur totale de 14 coudées (7,33m pour une coudée royale de 0,524m). Les poutres du 5^{ème} plafond mesurent 6,20m de longueur. Quant aux poutres des chevrons du toit, leurs poids sont basés sur la longueur connue d'une poutre du toit de la Chambre de la Reine et sur la largeur des chevrons supérieurs de l'entrée en face Nord.

¹⁸⁷ L'irrégularité en hauteur des faces supérieures des poutres a été prise en compte au plus défavorable.

¹⁸⁸ D'Ouest vers l'Est.

Le BIG VOID

Par ailleurs, il est également précisé que les hauteurs à monter sont basées sur les niveaux des sous-faces de chaque plafond ; les courses des contrepoids de la GG1 et de la GG2 sont calculées sur ces données. Cela dit, en raison du mode de transport des monolithes, leur sous-face était à un niveau plus élevé de plusieurs dizaines de centimètres¹⁸⁹, le mode opératoire de leur mise en place définitive sur les appuis étant adapté en conséquence.

Quant aux poutres beaucoup plus hautes que larges, leur face supérieure comporte des engravures pour être solidement maintenues par les cordes d'arrimage. Les poutres reposaient sur deux cales en cèdre interposées entre elles et le traîneau.



Un chargement type, déplacé sur des rouleaux, était composé du traîneau et d'une poutre posée sur deux cales en cèdre pour faciliter la mise en place.



Sur la face supérieure des poutres beaucoup plus hautes que large, des engravures d'arrimage ont été creusées pour assurer la stabilité de l'ensemble.



Avant livraison, les carriers avaient préalablement tracé l'axe central et les repères latéraux sur chaque poutres pour leur mise en place qui était réalisée par le côté Est de la Chambre du Roi.



Les poutres du plafond de la Chambre du Roi portent encore les traces laissées par la sève des cales en cèdre sur lesquelles elles étaient posées pour leur transport. Les premières livrées sont les plus marquées.

La modulation de la charge du contrepoids était réalisée en surchargeant le chariot avec des lests en granit du même type que les herses connues, chaque lest pesant environ 2,25t¹⁹⁰, sans compter un

¹⁸⁹ L'épaisseur d'un chargement type, entre le sol et la sous-face de la poutre, était composée : des rouleaux sous les patins du traîneau, des patins du traîneau et d'une cale en cèdre interposée entre le monolithe et le traîneau pour permettre le transfert de la poutre (comme dans le cas les palettes modernes).

¹⁹⁰ Pour pouvoir être déposés dans la structure du chariot contrepoids, les dimensions optimales des blocs de surcharges devaient être de 1,02m x 0,52m x 1,57m (2c x 1c x 3c) pour 2,25t (densité du granit : 2,7).

lest¹⁹¹ spécial de 1,1t éventuellement utilisé pour affiner la force de traction en fonction du poids des poutres. La longueur maximum disponible pour la surcharge, équivalente à la longueur des trois blocs de granit formant¹⁹² la charge de base, aurait permis la dépose d'un maximum de 9 lests de surcharge, soit environ 20t, doublant le poids du contrepoids de base, pour un total d'environ 39t.

Une série de calculs provisoires au sujet de la force de traction nécessaire pour hisser les monolithes de 25t à 62t a été réalisée durant cette période par Denis Denoël, d'une part pour les Phases 1A et 1B, et d'autre part pour les Phases 2A, 2B1 et 2B2. Sans rentrer dans les détails¹⁹³, il apparaissait déjà évident que le principe du moteur circulant dans le puits au-dessus de la Chambre des Herses en complément du contrepoids dans la GG2 pour les Phases 2B1 et 2B2 était encore une idée géniale des concepteurs, pour toutes les raisons déjà évoquées plus haut, et que celle-ci devait avoir aussi été appliquée en complément du contrepoids dans la GG1 ; c'était mon projet pour les jours suivants, mais le 11 juin stoppera l'élan pour un bon moment.

Cela dit, en une dizaine de jours, la définition du système à contrepoids avait fait un pas de géant.

Au début juillet, j'ai repris contact avec les équipes de ScanPyramids qui étaient présentes à Paris pour une nouvelle réunion de travail de plusieurs jours afin de préparer un rapport d'étape détaillé sur toutes les découvertes faites par la mission sur la Pyramide de Kheops depuis ses débuts. Ce rapport était destiné à être présenté aux autorités égyptiennes dans le but d'obtenir l'autorisation d'installer le matériel dans d'autres espaces de la pyramide, la Grande Galerie, l'entrée actuelle et la Chambre Souterraine. Au même moment, des séquences ont aussi été tournées pour un documentaire couvrant la mission et programmé par France Télévision¹⁹⁴ pour l'automne.

En relisant mes notes écrites¹⁹⁵ au fur et à mesure de mes réflexions, j'ai vu qu'à la date du 30 août 2017 j'avais écrit quelques lignes au sujet d'une idée étonnante concernant la relation entre le puits au-dessus de la Chambre des herses et la Chambre du Roi : la réponse, plus simple et très probable, à une énigme¹⁹⁶ que je pensais avoir résolue de façon convaincante il y a une dizaine d'années mais basée sur des connaissances acquises bien avant la mission ScanPyramids. Encore une fois, une conséquence de la rétro-ingénierie dont je parlerai dans mon prochain document à venir.

Finalement, une importante délégation, dirigée par le Pr Hany Helal et Mehdi Tayoubi et composée de toutes les équipes¹⁹⁷ scientifiques et techniques de la mission ScanPyramids, s'est rendue au Caire pour présenter les résultats de deux années de recherches¹⁹⁸ au Ministère des Antiquités Égyptien :

- le 9 septembre, au Comité Scientifique d'Égyptologues¹⁹⁹ mis en place par le Ministère pour donner un avis consultatif sur les résultats présentés,
- le 13 septembre, au Comité Permanent des Antiquités Égyptiennes.

¹⁹¹ Ce bloc devait mesurer 1,02m x 0,52m x 0,78m pour un poids de 1,1t.

¹⁹² Ces trois blocs étaient identiques pour les contrepoids de la GG1 et la GG2. Ceux de la GG1 sont ceux visibles en bas du couloir ascendant et ont été mesurés ; la longueur totale des blocs est de 4,91m.

¹⁹³ Toutes les poutres, de 25t à 48t, pouvaient être hissées sans problème, sans surcharge du contrepoids pour les poutres pesant jusqu'à 28t, l'appoint du moteur étant suffisant. Au-delà, par ajout de lest sur le contrepoids, avec le maximum de 9 lests pour les poutres de 48t.

¹⁹⁴ « Khéops, mystérieuses découvertes » réalisé par Florence Tran (également réalisatrice du documentaire « Kheops Révélé »), produit par Bonne Pioche pour une première diffusion par France 5.

¹⁹⁵ Sur des enveloppes de courrier que j'ai pris l'habitude de recycler en bloc-notes depuis des dizaines d'années

¹⁹⁶ J'évoque ce détail car il a une grande importance pour soutenir certaines de mes propositions.

¹⁹⁷ Plus l'INRIA, représentée par Jean-Baptiste Mouret, un organisme spécialisé en robotique ayant rejoint la mission avec deux types de robots en cours de réalisation pour une future exploration.

¹⁹⁸ ScanPyramids – 2017 Findings reports – September 9th 2017.

¹⁹⁹ Dirigé par le Dr Zahi Hawass et composé des Egyptologues suivants : le Dr Mark Lehner, le Pr Dr Rainer Stadelmann et le Dr Miroslav Bartá.

Concernant la grande cavité²⁰⁰ découverte par les trois techniques de muographie mise en œuvre, la conclusion de ce rapport²⁰¹ était la suivante :

« Les différentes analyses faites par l'équipe ScanPyramids nous permettent de dire que :

- SP-BV est situé au-dessus de la Grande Galerie à une distance du sol entre 50 et 70 mètres,
- Son volume approximatif est de 400m³ (le volume dépend de la distance au sol et la forme architecturale de SP-BV qui reste à définir),
- Sa longueur minimale est de 30 mètres,
- SP-BV est composé d'une ou plusieurs structures adjacentes,
- Sa pente est soit horizontale soit inclinée ».

Une précision était apportée au niveau de la zone dans laquelle se trouvait l'anomalie : sa distance par rapport au sol était abaissée de 5 mètres, passant de +55m à +50m et sa longueur était d'un minimum 30m au lieu d'environ 30m. Cela dit, l'indication la plus remarquable concernait le volume : approximativement 400m³.

Cette découverte était vraiment exceptionnelle et, scientifiquement, ne pouvait en aucune manière être contestée ou minimisée. Un tel volume, équivalant aux deux-tiers²⁰² de la Grande Galerie, était quelque chose d'inconcevable avant cette mission, et aurait dû susciter l'enthousiasme de toute personne passionnée par l'Égypte Ancienne.

Cela étant, à la suite de la présentation du 13 septembre, le Comité Permanent des Antiquités Égyptiennes, suivant les recommandations du Comité Scientifique d'Égyptologues, rendait ses instructions aux représentants de la mission ScanPyramids :

- la diffusion médiatique auprès du grand public des résultats présentés était interdite à ce stade,
- les résultats devaient préalablement être publiés dans un cadre scientifique, donc une publication scientifique peer-reviewed²⁰³, avant d'être révélés par les médias,
- pour la suite de la mission, l'autorisation d'installer du matériel dans la Grande Galerie, l'entrée actuelle et la Chambre Souterraine était conditionnée au respect²⁰⁴ de ces instructions.

La réaction des équipes de ScanPyramids ne s'est pas fait attendre ; des efforts inimaginables ont été faits par chacun pour respecter les obligations imposées. Toutes les équipes scientifiques ont été convoquées à Paris à la fin du mois de septembre afin de rédiger l'article à publier. Grâce à l'expérience de plusieurs des membres habitués à ce genre de publication, des contacts ont été pris avec la revue scientifique de référence *Nature* et d'autres journaux peer-reviewed du même type.

Jugeant que la découverte de la SP-BV méritait de passer en procédure accélérée, la revue *Nature* a très rapidement répondu favorablement et demandé à ce que l'article à publier lui soit soumis entre le 6 et le 9 octobre²⁰⁵ suivant. Finalement, celui-ci sera publié dans *Nature*²⁰⁶ moins d'un mois²⁰⁷ plus tard, le 2 novembre, à la stupeur du Comité Scientifique d'Égyptologues²⁰⁸ et du Comité Permanent des Antiquités Égyptiennes. Les instructions imposées par ce dernier ayant été remplies, l'annonce de la découverte du « BIG VOID » a été reprise par les médias²⁰⁹ dans le monde entier.

²⁰⁰ Rappel : SP-BV pour ScanPyramids-Big Void – voir note 124 en bas de Page 20.

²⁰¹ Traduction française d'un résumé du rapport présenté en anglais.

²⁰² A la date de l'annonce des résultats au Ministère des Antiquités Égyptiennes.

²⁰³ Dans un article scientifique revu par des experts en la matière.

²⁰⁴ Quand on sait qu'un article dans une revue scientifique peer-viewed peut demander jusqu'à un an de délai avant publication, les instructions imposées avaient un petit air d'enterrement de première classe pour la mission.

²⁰⁵ Cette publication sera aussi partagée sur les plateformes de dialogues entre scientifiques aux mêmes dates.

²⁰⁶ <http://www.nature.com/nature/journal/vaap/ncurrent/full/nature24647.html> ou en version gratuite le même article avant le peer-review <https://hal.inria.fr/hal-01630260v2>.

²⁰⁷ Soit dans un délai extrêmement court pour ce genre de publication.

²⁰⁸ Des commentaires qui ont suivi, fait par certains de ses membres, peuvent être lus sur la page Wikipedia de ScanPyramids <https://fr.wikipedia.org/wiki/Scanpyramids>, sous « Réactions des institutions égyptiennes ».

²⁰⁹ J'avais suggéré à Mehdi Tayoubi de prendre comme comparatif le volume du fuselage d'un Airbus A321.

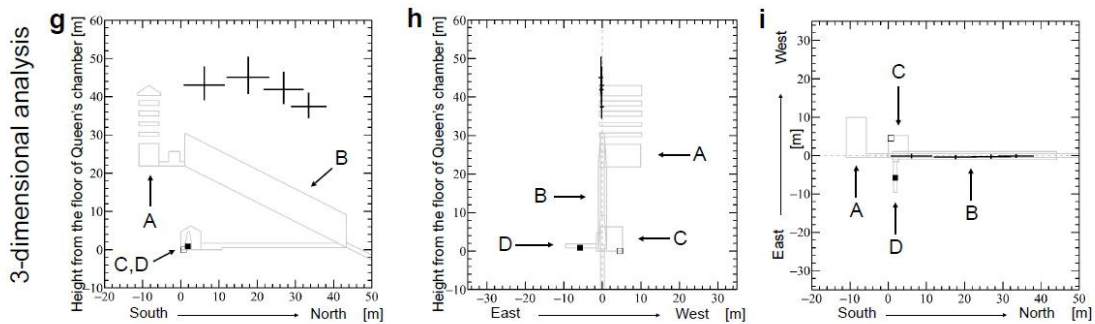
Le 7 novembre, la chaîne de télévision France 5 diffusait à une heure de grande écoute le documentaire « Khéops, mystérieuses découvertes ».

Pour revenir à l'article publié par *Nature*, la Fig.2 en haut de la Page 3 comporte trois séries d'informations remarquables quant à leur précision ; la dernière série, composée de trois diagrammes représentant la coupe Nord-Sud de la pyramide vue de l'Est (g), la vue en coupe Est-Ouest vu du Nord (h) et la vue en plan (i) sur lesquelles les épïcètres²¹⁰ des vides détectés par muographie étaient reportés sous forme de croix. La position de ces épïcètres avait été précisée et, fait nouveau, le point D avait été largement déplacé suite à l'analyse de données complémentaires.

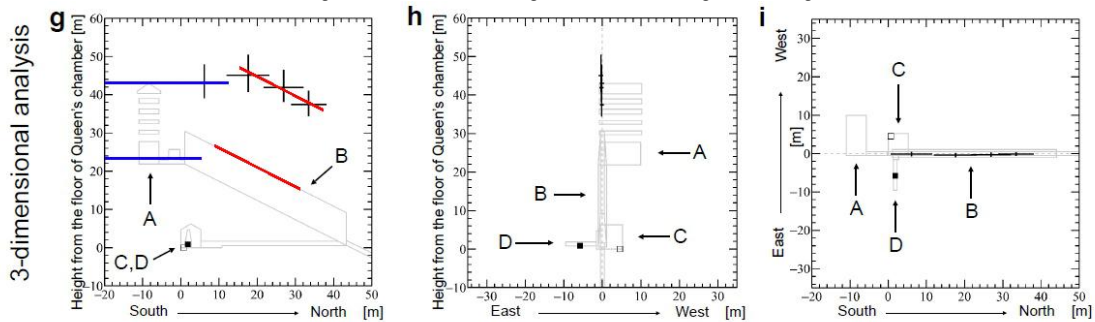
Dans le dernier paragraphe Page 29, j'écrivais :

« Pour moi, ce détail en disait long sur l'inclinaison de la SPG et il pouvait se transformer en une évidence dans l'hypothèse où de nouvelles données apporteraient des précisions sur la hauteur du point D. Si ce dernier se retrouvait sur la même ligne de pente que les points B et C, il n'y aurait plus aucun doute que l'anomalie détectée comportait au moins un volume avec une inclinaison identique à la GG1. »

Ces trois diagrammes sont reproduits ci-dessous.



Coupes (g)²¹¹ et (h) et plan (i). Les 4 croix de la coupe (g) correspondent aux 4 points bleus A, B, C et D des coupes en haut de la Page 25²¹² et dans le diagramme en bas à gauche Page 29.



Les données complémentaires ont permis de préciser la position du 4^{ème} point bleu (D) du 17 mai 2017. Celui-ci a été abaissé²¹³ et se trouve maintenant sur la même ligne en pente (trait rouge) à 26,5° que les 2 autres points bleus (C) et (D), ligne qui est parallèle à la pente de la Grande Galerie (trait rouge inférieur).

Il y a maintenant une évidence scientifique qu'une grande partie du volume vide détecté, annoncé « big void » en titre de l'article de *Nature*, est sur une pente à 26,5°. En traçant une ligne (trait bleu inférieur) entre la Grande Galerie et la Chambre du Roi à l'épïcètre de la Chambre des Herses²¹⁴, il semble évident que la dernière croix représentant le point bleu (A) du BIG VOID doit se trouver dans un volume lui aussi horizontal.

²¹⁰ Les épïcètres A, B, C et D matérialisés par des points bleus décrits dans le dernier paragraphe Page 24.

²¹¹ A noter également que la coupe (g) n'est plus compressée comme celle du rapport du 17 mai 2017.

²¹² A ne pas confondre avec les lettres A, B, C et D des coupes ci-dessus qui indiquent la Chambre du Roi (A), la Grande Galerie (B) et les plaques à émulsions installées dans la Chambre de la Reine (C) et (D).

²¹³ Comme je l'avais pressenti en analysant le rapport de l'équipe de Nagoya du 7 mai 2017.

²¹⁴ Entre A et B.

Plus troublant, ce point est exactement à la hauteur de la sous-face de la jonction des chevrons du toit à +64,10m (trait bleu supérieur), dernière hauteur desservie par le contrepoids de la GG2.

De fait, depuis la fameuse réunion du 22 novembre 2016 et ma phrase « c'est une seconde Grande Galerie », les annonces de résultats obtenus au fur et à mesure de la mission ScanPyramids²¹⁵ n'ont fait que valider des propositions que j'avais à chaque fois anticipées suite à mes analyses.

7 - L'APRÈS 2 NOVEMBRE 2017 JUSQU'À LA FIN DE L'ANNÉE 2019

Les deux instructions imposées par le Comité Permanent des Antiquités Égyptiennes ayant été respectées à la lettre, les équipes de ScanPyramids se réjouissaient d'avoir franchi une étape très importante pour la mission et commençaient à se préparer pour la suite, le transfert du matériel dans la Grande Galerie, l'entrée actuelle et la Chambre Souterraine. L'autorisation de procéder à ces opérations ne semblait plus qu'être une formalité administrative qui n'allait pas tarder. Erreur...

Le Ministère des Antiquités Égyptiennes a commencé, curieusement²¹⁶, à vouloir rediscuter les engagements pris par le précédent Ministre signataire²¹⁷ et à imposer de nouvelles conditions²¹⁸ s'éloignant un peu de la Science et de l'Égyptologie...

En tête du second paragraphe en Page 7, j'écrivais :

« Finalement, le succès de la mission doit beaucoup au Professeur Hany Helal²¹⁹ et à Mehdi Tayoubi qui ont eu la patience, la résilience et la ténacité pour mener à bien cette entreprise hors du commun ».

Cette phrase est applicable à l'ensemble de la mission ScanPyramids, et particulièrement pour la période qui a suivi la publication dans *Nature* jusqu'au début juin 2018. A cette époque, un accord ayant été trouvé, la mission a été relancée et les matériels transférés comme initialement prévu. La seule action autorisée pendant cette période avait été le changement²²⁰ de plaques à émulsion par l'équipe de Nagoya aux emplacements existants.

Dans les semaines qui ont suivi la publication dans *Nature*, j'ai réalisé de nouvelles mises à jour de mon interprétation du BIG VOID en adaptant la GG2 aux dernières données annoncées. Parmi les esquisses faites, celles ci-dessous me paraissaient bien résumer l'idée générale qui avait prévalu à l'époque lors de la conception du second système à contrepoids à l'intérieur de la pyramide ; la forme et la position de la GG2 commençait à répondre à la fois aux besoins du chantier et aux résultats de la muographie comme la comparaison des deux le montre. Je sentais que j'approchais de plus en plus vers la forme optimale mais qu'il fallait encore plus de données pour y arriver.

²¹⁵ Les résultats publiés dans la revue *Nature* par les deux autres équipes de ScanPyramids, celle du KEK japonais et celle du CEA français sont accompagnés de diagrammes explicites en Pages 4 et 5 du document.

²¹⁶ Peut-être sous l'influence de quelqu'un.

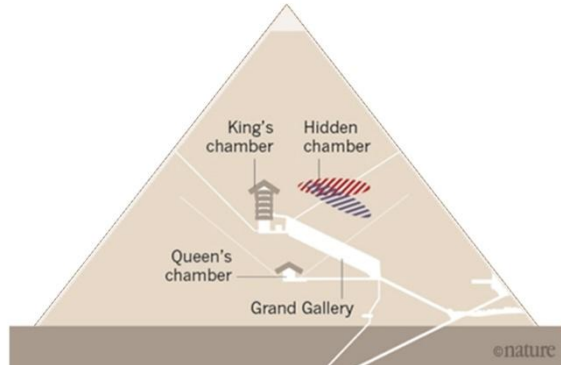
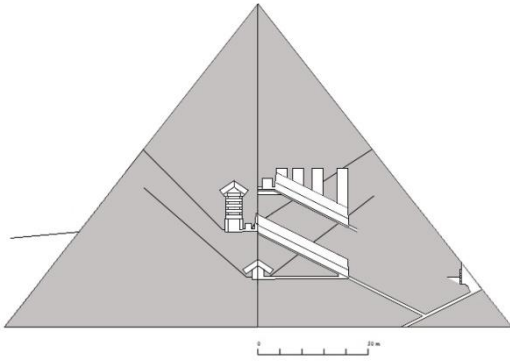
²¹⁷ Le Dr. Mamdouh Mohamed Eldamaty.

²¹⁸ En qualité de Secrétaire Général de HIP.Institute, j'ai été constamment informé des « négociations » pendant plusieurs mois, je sais donc de quoi je parle.

²¹⁹ La sauvegarde de la mission en cette période très difficile est avant tout à porter au crédit du Pr Hany Helal, ancien Ministre de la Recherche et de la Haute Education de 2006 à 2011, fonction qui lui a valu le respect des autorités égyptiennes et de tous ses pairs. Hany Helal est un ingénieur géologue, diplômé de l'École des Mines de Nancy (France), Recteur d'Université et ancien membre du Conseil Suprême des Antiquités. J'associe également Mehdi Tayoubi qui n'a pas ménagé ses efforts dans ces moments difficiles.

²²⁰ Au début mai 2018.

Le BIG VOID

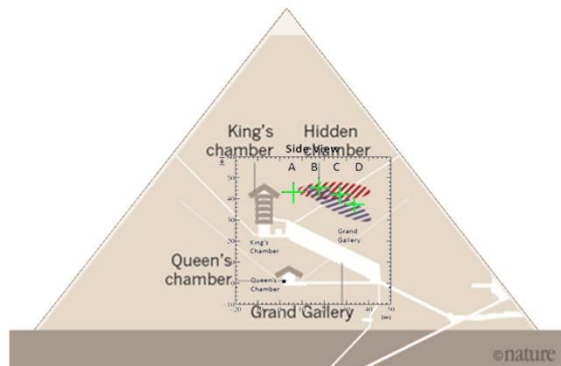
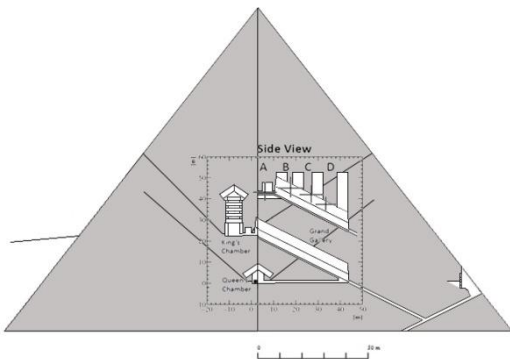


A gauche, l'esquisse d'une version en évolution de la GG2, à droite une coupe illustrative réalisée pour la revue *Nature*.

La GG2 est représentée avec 4 puits de modulation des charges du contrepoids : un puits inférieur pour l'enlèvement des surcharges, deux puits intermédiaires pour le chargement de surcharges pour les plafonds 3 et 5, puis pour le plafond 4 et un dernier pour les poutres du toit.

En haut de la GG2, un local de manœuvres et sous celui-ci, un couloir d'accès à la GG2 elle-même (équivalent au couloir horizontal dans la GG1).

L'illustration de droite comporte 2 zones oblongues hachurées en bleu et rouge indiquant les positions possibles du BIG VOID.



Comparaison du positionnement des épacentres A, B, C et D entre l'esquisse de gauche et l'illustration de *Nature*.

Dans l'esquisse de gauche, la croix A est à l'épicentre d'un double volume horizontal composé du local technique et du couloir d'accès à la GG2. Comme dans l'illustration de droite, la croix A se trouve légèrement décalée par rapport aux zones représentant les positions possibles du BIG VOID. Toujours dans l'esquisse de gauche, les croix B, C et D se trouvent à l'épicentre des vides composés de trois puits et de la GG2.

A remarquer : la croix D est séparée du puits inférieur par du calcaire²²¹.

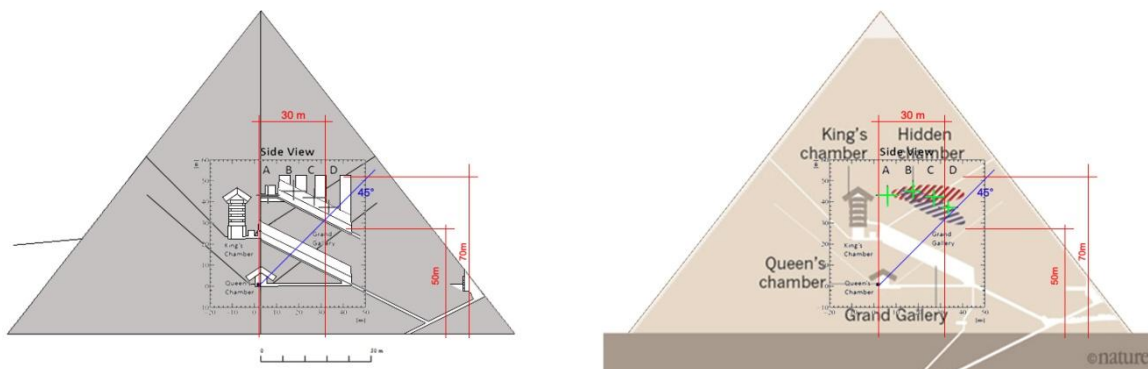
Dans l'illustration de *Nature*, les trois croix (en vert pour une meilleure lisibilité) se trouvent à l'épicentre des zones hachurées bleue et rouge. Cette information est importante car, d'un côté, si le BIG VOID était un seul volume horizontal, les trois croix B, C et D devraient être à l'horizontale dans la zone hachurée rouge.

Maintenant, si le BIG VOID n'était composé que d'un volume incliné, ces trois mêmes croix devraient se trouver à l'épicentre de la zone bleue. On peut donc en conclure que le BIG VOID est à la fois un volume incliné d'un « seul tenant » similaire à la GG1 et un volume horizontal qui serait « fractionné », les trois croix se trouvant aux épacentres de trois volumes séparés et du volume incliné.

A remarquer également : la croix D est séparée de la zone hachurée rouge par du calcaire.

²²¹ Voir 5^{ème} paragraphe Page 28.

Le BIG VOID

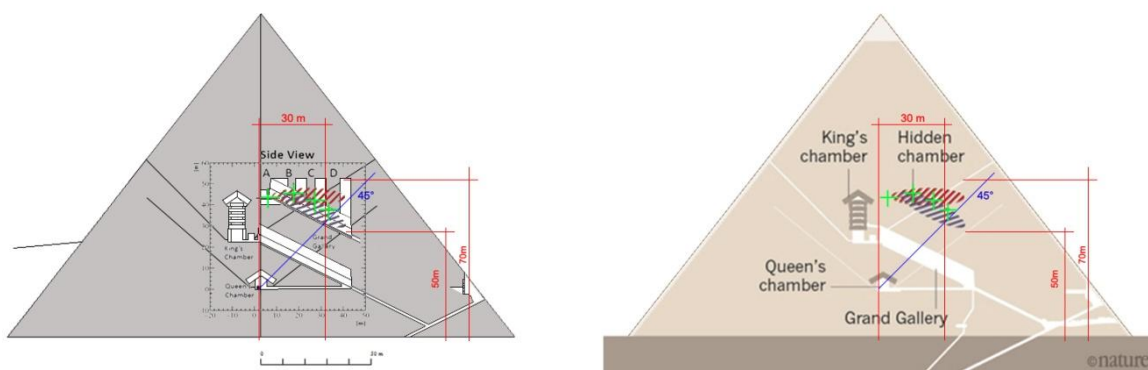


Comparaison des cotes annoncées par ScanPyramids entre l'esquisse de gauche et l'illustration de *Nature*.

Dans l'esquisse de gauche, la ligne verticale de droite de la cote des 30m de largeur coupe la ligne bleue du cône de 45° de réception des muons à la sous-face de la GG2, laissant la partie de la GG2 sous cette ligne bleue en dehors de la zone détectée, tandis que le puits inférieur en fait partie. Par contre cette même partie de la GG2 est bien entre +50m et +70m.

On peut en conclure que tous les vides de l'esquisse sont totalement dans les limites annoncées.

Etrangement, ces mêmes caractéristiques se retrouvent dans l'illustration faite par *Nature*.



Pour clore cette étude comparative, les zones bleue et rouge de l'illustration de *Nature* sont reportées sur l'esquisse de gauche. La superposition est parfaite.

L'installation de matériel de muographie dans la Grande Galerie était essentielle pour obtenir des données plus précises. La pose à l'horizontale, par Nagoya, d'un caisson central renfermant des plaques en bas de la Grande Galerie, devait apporter les informations qui manquaient concernant les zones bleue et rouge au-delà des 30m de largeur.

Après cet épisode de mise à jour de la GG2, j'ai fait une pause²²² dans mes analyses jusqu'au début de l'été 2018, la mission reprenant ses travaux dès la seconde semaine de juin :

- L'équipe du KEK démontait le scintillateur de la Chambre de la Reine pour le reconstruire dans la Chambre Souterraine,
- L'équipe de Nagoya équipait la Grande Galerie de quatre paires de caissons en bois, répartis le long des banquettes latérales, renfermant chacun plusieurs plaques à émulsion; un dernier caisson central était installé en partie basse de celle-ci,
- Enfin, l'équipe du CEA installait deux télescopes²²³ construits spécialement à cet effet, l'un en partie haute de la Grande Galerie, l'autre en partie basse.

Ces évènements positifs étaient les bienvenus, à la fois pour le moral et pour la suite de la mission. Il ne me restait plus qu'à attendre de recevoir de nouvelles données enregistrées par les différents matériels installés dans la Grande Galerie et la Chambre Souterraine.

²²² L'ambiance liée à la situation décrite dans la première partie de ce chapitre Page 37 n'invitait vraiment pas à une réflexion sereine au sujet des découvertes de ScanPyramids.

²²³ Baptisés Charpak and Degennes, ils pouvaient être installés à l'intérieur de la pyramide contrairement aux trois précédents qui étaient conçus pour rester à l'extérieur.

Cela étant, pendant ma période de pause, le 6 mars 2018, j'ai été reçu par Mme Aline Gérard, journaliste au quotidien Le Parisien, qui préparait une série d'articles concernant les découvertes annoncées par la mission ScanPyramids en novembre de l'année précédente ; Mme Gérard voulait connaître mon avis sur le BIG VOID. L'interview a duré près de trois heures durant lesquelles j'ai expliqué longuement mes travaux et donc les raisons qui m'amenaient à ma conclusion. L'article²²⁴ fut publié le 29 avril suivant, comportant une réponse de ma part qui annonçait une fois encore à l'avance une conclusion des scientifiques de la mission ScanPyramids qui sera rendue publique plus d'un an plus tard.

Aline Gérard : Que cache, selon vous, ce grand vide ?

Jean-Pierre Houdin. Les analyses le diront mais je suis quasiment certain qu'il s'agit de l'équivalent d'une seconde grande galerie, longue sans doute d'une quarantaine de mètres, située en aplomb de l'autre. J'espère qu'elle servira de fil d'Ariane pour d'autres découvertes.

J'étais déjà intimement persuadé que le BIG VOID mesurait une « quarantaine » de mètres de long.

Note d'information N° 3 :

Comme je l'ai dit au tout début de ce document, j'ai toujours été à la recherche d'informations pour tout ce qui concerne la construction à l'époque des grandes pyramides. Je me suis ainsi intéressé à deux missions opérant en Egypte : à partir de 2013 aux travaux de l'égyptologue Pierre Tallet²²⁵ sur le port de la Mer Rouge à Ouadi al-Jarf et, à partir de 2017, à ceux de l'égyptologue Yannis Gourdon dans la carrière d'albâtre d'Hatnoub au sud de Deir el-Bercheh. Ces deux missions concernent des sites ayant été en activité du temps du Roi Kheops, des preuves ayant été découvertes sur place. De plus, j'ai aussi eu le plaisir de rencontrer ces deux égyptologues pour discuter de leurs missions²²⁶.

Tout d'abord, concernant les travaux de Pierre Tallet :

Les découvertes qu'il a faites sont exceptionnelles car elles apportent des informations directes et incontestables en relation avec le chantier de la pyramide de Kheops au niveau programmation, planning, logistique, intendance, matériels, capacités techniques, savoir-faire, encadrement et main-d'œuvre. Pour ne citer que quelques exemples d'informations:

- *L'organisation d'un port de haute mer et les installations nécessaires à la protection des navires au mouillage, à leur entretien, au ravitaillement des marins et des escortes,*
- *La saisonnalité des expéditions aux mines de cuivre et de turquoise du Sinaï, avec les rotations à travers le Golfe de Suez entre le port de Ouadi al-Jarf et celui d'Al-Markha.*
- *Hors saison, le stockage des bateaux démontés dans des galeries creusées dans les collines de calcaire proches.*
- *La technique de fermeture des galeries pour protéger les bateaux²²⁷.*
- *l'utilisation optimale de la topographie pour le tracé de la voie de transfert des cargaisons du port de Ouadi al-Jarf jusqu'au Nil, avec interposition de postes relais et de puits pour le ravitaillement en eau des convois.*
- *Et surtout, la découverte de nombreux papyrus, véritable journal d'intendance d'un responsable, l'inspecteur Merer, dont certains décrivent la livraison de blocs de calcaire de Tourah au chantier²²⁸ de*

²²⁴ Égypte : «La pyramide de Kheops cache une chambre secrète» Par Aline Gérard.

<https://www.leparisien.fr/societe/egypte-la-pyramide-de-kheops-cache-une-chambre-secrete-29-04-2018-7689225.php>.

²²⁵ Et de l'égyptologue Grégory Marouard, chercheur associé à l'Oriental Institute, Université de Chicago.

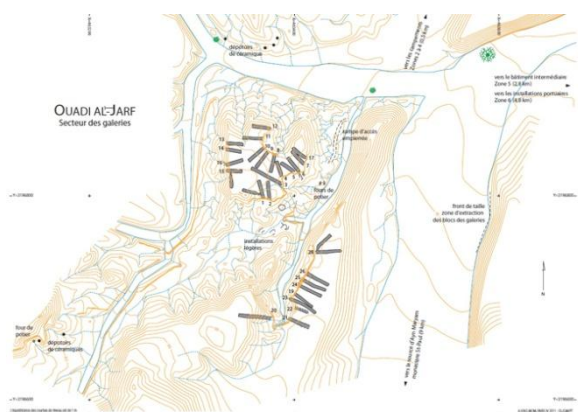
²²⁶ Au sujet de la mission d'Hatnoub de Yannis Gourdon, HIP.Institute a participé au financement, permettant l'embauche d'ouvriers en plus grand nombre afin d'accélérer le déblaiement de la carrière.

²²⁷ Un savoir-faire soutenant un des éléments de la théorie que j'évoquerai dans le futur document « Pyramide de Kheops, découverte récente d'une cavité sous l'arête Nord-Est par la mission ScanPyramids»

²²⁸ Merer indique bien que cette livraison est destinée au chantier de la pyramide ; on peut en déduire que ces blocs étaient destinés aux façades, donc une information importante par rapport au planning de chantier..

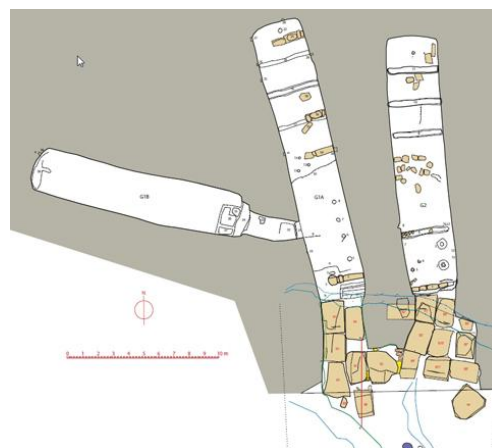
la pyramide de Kheops. Le trajet des bateaux est détaillé, celui-ci prenant deux jours à l'aller et un jour au retour.

Ces informations sont donc des preuves évidentes que les grands chantiers pharaoniques étaient avant tout marqués par une maîtrise totale de toute la chaîne constructive²²⁹ du début de la conception jusqu'à la livraison finale du monument.



Secteur des galeries à Ouadi al-Jarf
Une trentaine de galeries ont été creusées.

© D. Laisney



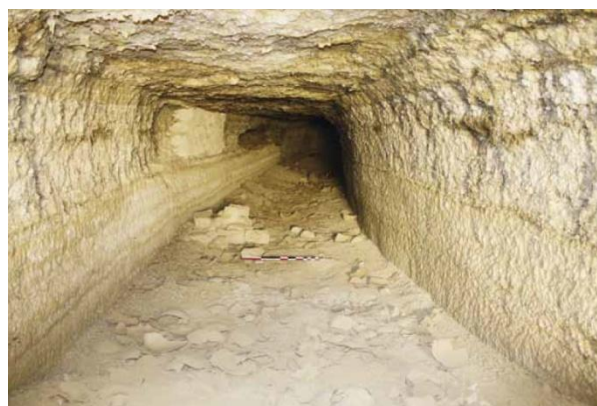
Plan des galeries G1a-G1b et G2. Des blocs de fermeture sont également insérés dans les galeries.

© G. Castel, D. Laisney



Bloc principal de fermeture de la galerie G5 à Ouadi al-Jarf
flanqué de petits blocs de comblement latéraux.

©Grégory Marouard



Intérieur de la galerie G23 à Ouadi al-Jarf.

©Grégory Marouard

Ensuite, concernant les travaux de Yannis Gourdon :

A l'automne 2018, Yannis Gourdon a rendu public un diaporama intitulé « Nouvelles recherches dans les carrières d'albâtre de Hatnoub : La Carrière P²³⁰ ». Ce long document est consacré à trois thèmes principaux : l'albâtre et son usage dans l'Art et l'architecture dans l'ancienne Egypte, la carrière et son exploitation, de l'extraction des blocs jusqu'à leur transfert au port de chargement sur le Nil, et enfin les inscriptions laissées par les ouvriers travaillant sur le site à l'époque. C'est grâce à ces dernières relevées en plusieurs endroits sur les parois qu'il est établi que cette carrière était en activité du temps de Kheops. Ce diaporama a été ensuite complété par un article publié²³¹ au deuxième trimestre 2019.

²²⁹ Certaines informations corroborent des points avancés dans : 3 - LA PROBLÉMATIQUE DU CHANTIER DE CONSTRUCTION DE LA CHAMBRE DU ROI

²³⁰ Auteur : Yannis Gourdon, codirecteur de la mission archéologique de Hatnoub, Institut Français, Le Caire, 7 octobre 2018.

²³¹ Article : Des carrières d'albâtre aux pyramides : la rampe de Hatnoub N°93, Page 3 (publication non précisée).

Dans le cadre de mes recherches, ce qui m'intéresse en premier lieu concerne la rampe d'extraction des blocs comportant des indices d'une technique de traction sur une forte pente, témoignant d'un savoir-faire en matière de génie civil.

La campagne 2018 venait compléter le déblaiement, commencé en 2012, de la partie supérieure de cette rampe qui avait été comblée avec le temps. La première information montre que cette rampe est assez pentue, de 20% à près de 30% dans une certaine partie, bien au-delà des pentes des rampes habituellement trouvées lors de fouilles, et qu'elle servait à extraire des blocs pouvant peser plus d'une vingtaine de tonnes²³². La seconde concerne la découverte de trous creusés par paires le long de cette rampe et d'autres sur les parois latérales, de sections d'escaliers de part et d'autre du passage central, et d'outillage, dont des boules de pierre de petites dimensions. Il est donc évident que les Egyptiens avaient mis au point un système d'extraction des blocs basé sur une technique réduisant les efforts de traction afin de compenser certaines contraintes liées aux caractéristiques de cette rampe : sa forte pente, son étroitesse et sa forme, rectiligne en partie basse suivie d'une courbe prononcée en partie haute.

Pour reprendre les mots de Yannis Gourdon « elles ont abouti à la mise au jour d'un système de halage des blocs datant de l'époque de Khéops, système qui permettrait de comprendre comment la Grande Pyramide a été érigée ». Cette phrase²³³, s'appuyant sur une interprétation²³⁴ de la découverte transcrite à travers deux dessins publiés²³⁵ en accompagnement, s'inspirent d'une technique utilisée par les Grecs pour le déplacement²³⁶ de blocs destinés au chantier du Parthénon. Elle me rappelait une technique mise en avant par l'égyptologue Jean-Philippe Lauer dans le documentaire « Le Mystère des Pyramides²³⁷ » pour la partie haute, à plus de 30% de pente, d'une rampe frontale de plus d'un kilomètre et demi de longueur.



© Ifao, Th. Sagory

Vue aérienne de la rampe qui permettait de sortir les blocs d'albâtre extrait de la carrière. A noter, le tracé en courbe de cette rampe.



© Ifao, Th. Sagory

Vue aérienne rapprochée de la partie en courbe de la rampe. Les trous de la paire de gauche sont de part et d'autre de la rampe, tandis que ceux à droite sont tous les 2 du même côté de celle-ci, axés sur l'axe de la partie de rampe rectiligne. A noter la zone centrale de la rampe bien marquée en bordure du trou inférieur.

²³² Basé sur le poids estimé du bloc d'albâtre brut extrait pour la réalisation du sarcophage d'Hétephères visible au musée du Caire (densité de l'albâtre : 2,3).

²³³ Qui ne pouvait que m'intéresser.

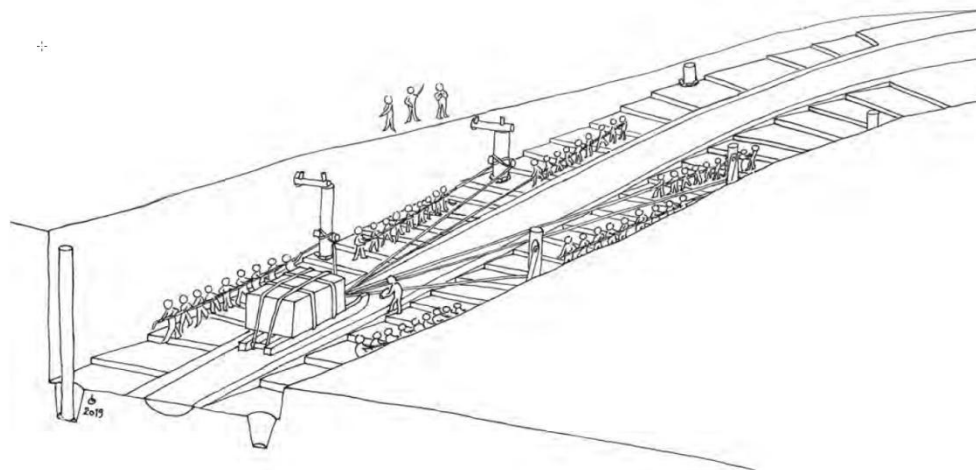
²³⁴ Qui est proposée sous forme conditionnelle.

²³⁵ Le premier dessiné par Olivier Lavigne dans le diaporama du 7/10/2018 et reproduit page suivante, le second dans l'article (voir la note 232 ci-dessus) sous © Ifao, Th. Sagory.

²³⁶ Le but de la technique était de freiner la descente de blocs extraits d'une carrière en utilisant le frottement des cordes sur des rondins solidement arrimés verticalement dans le sol ; une technique totalement inadaptée pour un halage en montée, encore moins pour le hissage de blocs très lourds.

²³⁷ Réalisé en 1998 par Jean-François Delassus et produit par Point du Jour pour France 2. Ce documentaire est à l'origine de mon aventure aux Pyramides !

Le BIG VOID



© Ifao, O. Lavigne

Vue synthétique préliminaire du système de halage de Hatnoub proposé par l'auteur des documents évoqués.

Autant je suis d'accord avec la première partie de cette phrase, « elles ont abouti à la mise au jour d'un système de halage des blocs datant de l'époque de Khéops, », autant je n'arrive pas à comprendre comment les Egyptiens auraient pu hisser ces blocs d'albâtre avec la solution proposée²³⁸. Un mystère pour moi.



© Ifao, Th. Sagory

Vue sur la zone centrale bien marquée en partie haute en courbe de la rampe. A noter la convexité de celle-ci et les nombreuses petites cavités creusées dans le sol.



© Ifao, Th. Sagory

Regroupement de nombreux petits blocs sphériques trouvés sur le site lors des fouilles pouvant avoir un lien avec les cavités remarquées sur la photo de gauche.

Ces informations sont donc également des preuves que lors de la construction de la pyramide de Kheops, les Egyptiens avaient mis au point une technique de traction qui leur permettait de hisser des charges très lourdes sur une pente pouvant aller jusqu'à 30%²³⁹, même dans des zones reculées. La description des découvertes ci-dessus seraient, selon moi, les indices de la mise en œuvre de la technique de traction par renvoi à 180°²⁴⁰, la même que celle utilisée sur le chantier de la pyramide de Kheops dans le système à contrepoids. Seule différence, la force humaine²⁴¹ aurait été la seule utilisée pour la traction, les hommes étant positionnés sur le plateau en bout de rampe. Mais cette force nécessaire aurait été, frottements compris, divisée par deux par rapport à la force requise dans la version avancée ci-dessus, juste par mise en œuvre d'une simple loi de la physique.

²³⁸ Par contre, cette technique est très appropriée pour le freinage. Il est prouvé qu'elle était connue des Grecs. Il faut aussi rappeler que ces derniers ont puisé une grande partie de leur savoir-faire de l'Égypte antique.

²³⁹ Pente se rapprochant des 50% de la rampe de hissage des monolithes de la structure au-dessus de la Chambre du Roi dans les Phases 2A, 2B1 et 2B2 du système à contrepoids que j'imagine dans ce document.

²⁴⁰ Je m'arrête là dans la description de cette technique adaptée à la rampe d'Hatnoub qui n'est pas le sujet de ce document.

²⁴¹ Dans l'état actuel des connaissances au niveau de la rampe. Il pourrait en être différemment si de futures fouilles avec déblaiements de cette rampe montraient l'existence d'un puits axé sur celle-ci, au-delà du débouché haut de la partie rectiligne en amont de la courbe. Une corrélation entre sa profondeur et l'espacement entre les paires de trous le long de la partie basse pourrait signifier beaucoup.

A partir de l'été 2018, dans l'attente de nouveaux résultats, je me suis consacré à affiner la configuration de la GG2 et à reconstituer les séquences optimales probables de hissage des monolithes depuis l'aire de stockage provisoire²⁴² au pied de la rampe extérieure jusqu'à la fin de la construction de la Chambre du Roi et de sa superstructure.

A première vue, cela pourrait paraître sans importance, pourtant le succès de la solution imaginée par les concepteurs reposait sur une succession de séquences de hissage des monolithes très précises, la position des poutres de chaque plafond et du toit à chaque transfert conditionnant leur mise place le moment venu. A titre d'exemple, la Phase 1B, le hissage des soixante-cinq monolithes de la base de la rampe extérieure jusqu'à l'aire de stockage au niveau +43m en face Sud : l'introduction de la GG2 m'a obligé à modifier la répartition des séquences de transfert des monolithes par rapport à la version de ma théorie de 2011 ; l'ancien regroupement des poutres ne permettait plus de satisfaire aux contraintes des séquences de mise en place au-dessus de la Chambre du Roi et d'espace disponible. Cela montre le degré d'organisation du chantier par les concepteurs, rien n'étant laissé au hasard.



Dans la dernière version, ci-dessus, de ma théorie de 2011, la répartition des poutres sur l'aire de stockage au niveau +43m avait été établie en fonction d'un ordre de mise en place au moyen de la seule GG1.

A l'époque, les monolithes restaient sur cette aire jusqu'au moment de leur mise place.

Grâce à la GG2, une nouvelle méthodologie sera induite permettant de reprendre la construction de la partie Sud de la pyramide au fur et à mesure de la construction des plafonds, simplifiant l'avancement du chantier.

La répartition des poutres sur l'aire de stockage au niveau +43m est différente et répond à cette nouvelle méthodologie.

En septembre 2018 et en mai 2019, de nouvelles réunions de travail regroupant les équipes de ScanPyramids ont eu lieu à Paris. A chaque fois, les scientifiques ont fait le point sur l'avancement de la mission, l'heure étant à la collecte du maximum de données possibles.

Pendant cette période, j'ai eu de nombreux échanges avec Denis Denoël dans le but d'essayer de définir une forme optimale pour la GG2 en fonction des longueurs de traction suivant différentes solutions pour les séquences de hissage dans les Phases 2A, 2B1 et 2B2. Après analyse des avantages et inconvénients des unes et des autres, le 10 janvier 2019 j'envoyais un e-mail de Los Angeles²⁴³ pour lui faire part de la dernière mouture concernant la GG2 que j'avais retenue ; j'en reproduis un extrait :

« En attendant, je me "vide la tête"...je profite un peu de la "retraite"...mais j'ai encore "compris" des choses....comme pour la GG2...3 puits seulement parce que les poutres en calcaire de Tourah et les poutres de granit du 4ème plafond partagent le même puits (le plus haut), comme le 3ème et le 5ème partagent aussi le même puits (l'intermédiaire)

C'est le trou circulaire dans le mur Ouest sous les chevrons côté Sud qui m'a convaincu...avec les trous creusés de part et d'autre sur le dessus des poutres du 5ème plafond...

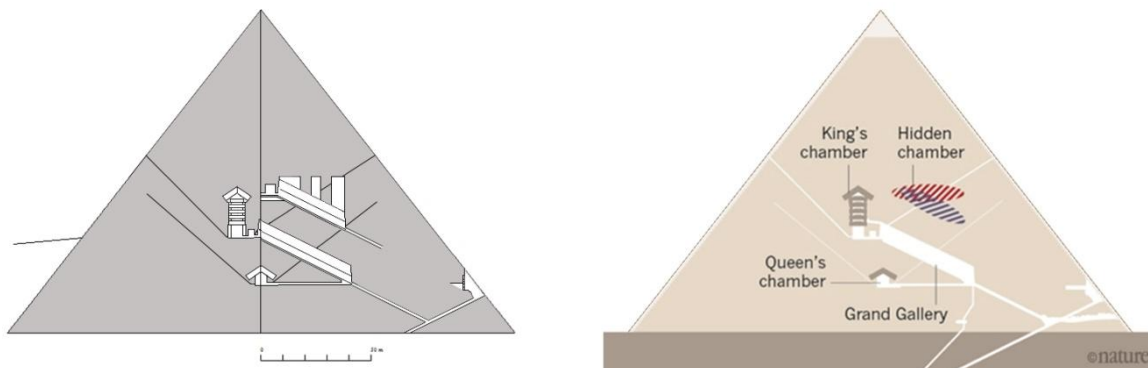
Simplifier les processus...le principe fondamental des gars...3 puits, c'est mieux que 4... »

²⁴² Voir second paragraphe Page 6.

²⁴³ Où je passais quelques semaines de vacances.

Le BIG VOID

Dans cette nouvelle version, comme pour la GG1, je rajoutais une section de couloir ascendant ayant une longueur minimum égale à la course du train de rouleaux dans lequel circulait le rouleau-lest de tension de ce dernier. Sa prolongation semblait arriver directement dans le couloir détecté derrière les chevrons de l'entrée. Concernant celui-ci, des plaques à émulsions étant installées dans l'entrée actuelle, les futures données recueillies pouvaient apporter plus de précisions sur la position exacte du couloir. Cela étant, l'ensemble de ces volumes découverts dans la partie Nord de la pyramide, sur le même axe, montrait bien un plan global fruit d'une réflexion et non pas le résultat d'une succession de hasards. Et toujours plus de progrès dans la simplicité.

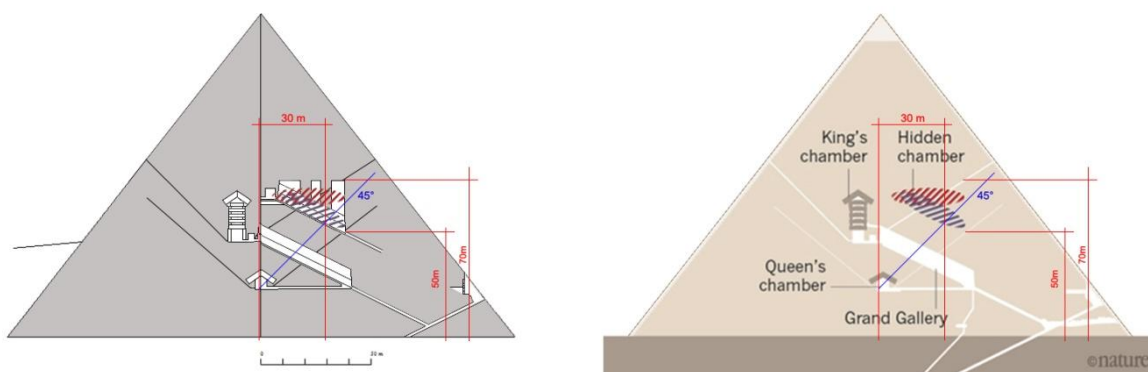


A gauche, l'esquisse de cette nouvelle version de la GG2, à droite la coupe illustrative réalisée par la revue *Nature*.

La nouvelle GG2 est dessinée avec trois puits de modulation des charges du contreponds : un puits inférieur pour l'enlèvement des surcharges, un puits intermédiaire pour le chargement de surcharges pour les plafonds 3 et 5, et un puits supérieur pour le plafond 4 et les poutres du toit. Ce dernier puits est plus long pour tenir compte des deux différentes hauteurs à atteindre. En partie basse de la GG2, un second couloir ascendant pour le déplacement du rouleau-lest de tension du train de rouleaux. L'équivalent de la partie de couloir ascendant en bas de la GG1, que j'appelle « la queue du chat²⁴⁴ ».

Pour un œil affûté, la prolongation de ce couloir semble déboucher derrière les chevrons de l'entrée, exactement là où la seconde anomalie baptisée SP-NFC²⁴⁵ a été découverte.

L'illustration de droite comporte deux zones hachurée en bleu et rouge représentant les positions possible du BIG VOID.



Les zones bleue et rouge de l'illustration de *Nature* sont reportées sur l'esquisse de gauche. La superposition est toujours parfaite.

Suite à la dernière réunion du mois de mai, l'été qui a suivi a été consacré à la préparation d'un rapport scientifique résumant l'historique des actions entreprises et des découvertes réalisées. Ce rapport d'étape était destiné au Ministère des Antiquités Egyptiennes avec l'espoir de continuer les investigations en cours et d'ouvrir la voie à une nouvelle série de techniques.

²⁴⁴ Voir le 1er paragraphe Page 13.

²⁴⁵ SP-NFC pour ScanPyramids - North Face Corridor. Cette découverte sera interprétée ultérieurement dans le document « Pyramide de Kheops, découverte récente d'un couloir sous la face Nord par la mission ScanPyramids »

Finalement, ce document de 68 pages, intitulé « 2019 Scientific Report – September 2019 », compilé par Mehdi Tayoubi et contenant les dernières avancées de la mission, était remis aux autorités au début du mois d'octobre. En introduction on pouvait lire (traduction française):

“Depuis 2015 ScanPyramids utilise trois techniques non-invasives et non-destructrices différentes pour voir à travers les Pyramides et détecter des vides significatifs inconnus :

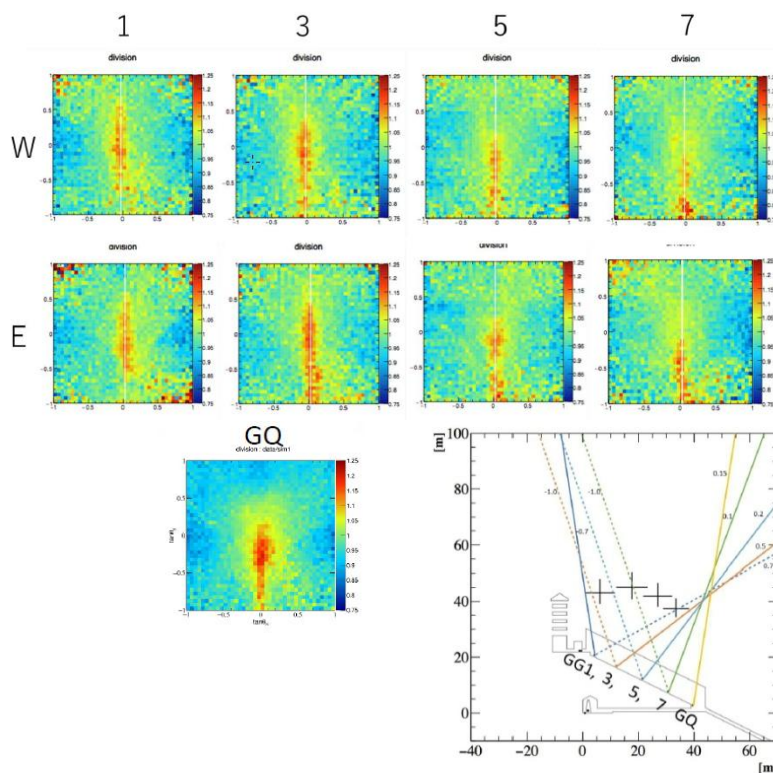
- La technologie infrarouge,
- La muographie,
- La reconstitution 3D et la simulation,

A partir d'octobre 2019 :

- Le géoradar²⁴⁶,
 - La microgravimétrie²⁴⁷,
 - La tomographie par résistivité électrique²⁴⁸,
- seraient utilisés²⁴⁹ dans certaines zones spécifiques pour intensifier les investigations ».*

Dans le document, les derniers résultats, suite à plus d'une année d'accumulation de données et d'analyses de celles-ci par les trois équipes utilisant la muographie, confirmaient totalement ceux déjà acquis et apportaient de nouvelles précisions incontestables.

L'analyse des données acquises depuis la Grande Galerie²⁵⁰ par l'équipe de Nagoya était accompagnée d'une série d'images²⁵¹ représentant les muons collectés par les plaques et un diagramme avec les limites du BIG VOID.



Les positions des plaques sont indiquées sur le diagramme.
Les limites probables du BIG VOID sont à l'intérieur des lignes pleines obliques de couleur.

²⁴⁶ Trois équipes Universitaires d'Allemagne, d'Italie et de France étaient programmées.

²⁴⁷ Projet préparé par une équipe de l'Université de Rennes.

²⁴⁸ Projet préparé par une seconde équipe de l'Université de Rennes.

²⁴⁹ A noter que dans le projet de mission de 2005, ces trois techniques faisaient partie d'un deuxième groupe retenu pour compléter les techniques non-destructives sélectionnées en cas de succès de ces dernières.

²⁵⁰ Tout le long de la Grande Galerie, sur les banquettes latérales de part et d'autre et en bas au centre pour GQ.

²⁵¹ Une pour chaque position de groupement de plaques à émulsion installées dans la Grande Galerie.

Il était précisé que (traduction française):

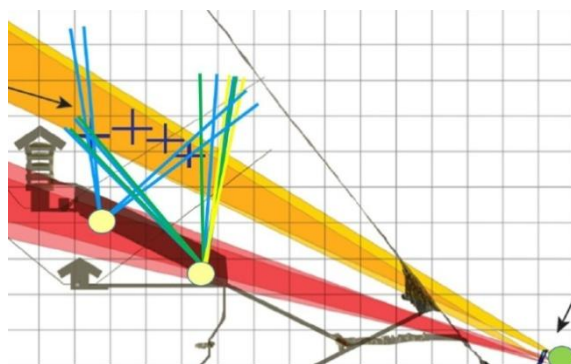
« Toutes les données extraites et analysées en 2019 des positions 1, 3, 5, 7 et QG dans la Grande Galerie ont confirmé à un niveau de confiance supérieur à 5 Sigma la découverte du SP-BV. Les nouvelles analyses sont conformes avec les conclusions de l'article publié par Nature. Le ScanPyramids - Big Void apparaît dans les images suivant l'importante ligne rouge centrale. Grâce à ces nouvelles positions depuis lesquelles le SP-BV a été vu, la triangulation a été affinée. On peut maintenant conclure que le SP-BV mesure au minimum 40m de longueur. Aucune conclusion concernant l'inclinaison du SP-BV ne peut être tirée de l'analyse des données de la Grande Galerie. Le SP-BV est probablement un vide continu. »

L'analyse des données de plaques complémentaires positionnées dans la structure²⁵² au-dessus de la Chambre du Roi montrait que le SP-BV était aussi détecté par la muographie. Par contre aucune cavité n'avait été détectée²⁵³ à la verticale de la Chambre du Roi, entre celle-ci et le sommet.

Par ailleurs, l'analyse des données des télescopes²⁵⁴ réalisée par l'équipe du CEA confirmait point par point les résultats de l'équipe de Nagoya (traduction française):

« Nous pouvons maintenant conclure que le SP-BV qui avait été évalué à une trentaine de mètres de longueur est, en fait, au minimum long de quarante mètres. Cette évaluation est compatible avec les mesures de 2018-2019 depuis la Grande Galerie par l'Université de Nagoya »

Un diagramme était joint.



Le rond vert à droite représente la position des télescopes à l'extérieur en 2017
Les ronds jaunes à gauche représentent les télescopes dans la Grande Galerie en 2018/2019.
Les traits obliques indiquent les cônes de réception des muons. Les limites du SP-BV sont à l'intérieur de ces traits.

Je notais avec une grande satisfaction ces deux phrases :

Nagoya : « On peut maintenant conclure que le SP-BV mesure au minimum 40m de longueur. »

Le CEA : « le SP-BV qui avait été évalué à une trentaine de mètres de longueur est, en fait, au minimum long de quarante mètres ».

Une fois encore, ces résultats venaient confirmer une prédiction que j'avais annoncée près de deux années²⁵⁵ plus tôt, prédiction basée sur des études précises et non pas à la légère.

Dans les conclusions ScanPyramids butait toujours sur les mêmes questions (traduction française) :

« - La pente de SP-BV est toujours difficile à déterminer mais les données recueillies depuis les chambres de décharge au-dessus de la Chambre du Roi devraient aider. La détermination de la pente dépend aussi des formes architecturales hypothétiques de SP-BV »,

²⁵² Par trois plaques dans la Position 2F, soit dans le deuxième vide.

²⁵³ Par une plaque dans la Position 5F, soit dans le dernier vide sous les chevrons.

²⁵⁴ Positionnés en haut et en bas de la Grande Galerie.

²⁵⁵ Voir en haut de la Page 40 à propos de l'article paru dans Le Parisien.

- *La forme architecturale de SB-BV est toujours indéterminée* ».

Enfin, le rapport annonçait les étapes suivantes dans « Plan 2020 » :

Pour le ScanPyramids Big Void (SP-BV) (traduction française) :

- *Poursuite des collectes de données par les plaques à émulsion et les télescopes pendant au moins huit mois dans les endroits suivants : la Grande Galerie, la Chambre de la Reine, le couloir descendant, la niche²⁵⁶ de la Chambre du Roi et les chambres supérieures,*
- *Tester l'efficacité du Géoradar, de la Microgravimétrie et de la Tomographie par la Résistivité Electrique dans le contexte de la pyramide sur des structures connues depuis la Grande Galerie,*
- *Après validation, réaliser des mesures par Géoradar, Microgravimétrie et Tomographie par la Résistivité Electrique en certains endroits de la Grande Galerie à certains niveaux.*

La feuille de route était tracée pour l'année 2020...

L'année 2019 se terminait par un nouvel article écrit par la journaliste Aline Gérard pour le quotidien Le Parisien²⁵⁷. Deux questions posées à Mehdi Tayoubi étaient intéressantes car elles laissaient entendre une relation possible entre le BIG VOID, pouvant être une Grande Galerie, qui maintenant mesurait au minimum 40 mètres de longueur, et le couloir²⁵⁸ détecté derrière les chevrons en face Nord :

« *Pourrait-il s'agir d'une autre Grande Galerie en format réduit ?* »,
« *Le grand vide pourrait-il être relié à un circuit secret de couloirs ?* »

Et l'infographie illustrant l'article représentait un éclaté de la pyramide comportant une seconde Grande Galerie parallèle à celle connue et à une distance comprise entre 10 et 15 mètres au-dessus d'elle ; le couloir derrière les chevrons était aussi représenté.

Cela me rappelait des souvenirs d'une autre interview²⁵⁹ qui semblait avoir eu un certain impact.

Le 18 décembre, je repartais pour plusieurs semaines à Los Angeles, confiant dans l'avenir.

Et le 29 janvier 2020, arrivant à l'aéroport de Los Angeles²⁶⁰ pour prendre l'avion pour Paris, j'ai été surpris de voir des centaines de passagers arrivant d'Asie portant tous un masque sur le visage ; le premier indice que quelque chose d'inhabituel se passait de l'autre côté du Pacifique.

8 – LE TEMPS SUSPENDU ET LE TEMPS DE SORTIR DE L'OMBRE

Au début du mois de février 2020, Hany Helal a adressé un e-mail aux membres des équipes de ScanPyramids afin de fixer une date pour une réunion de travail à Paris vers la fin mars ; finalement, les dates choisies étaient le 26 et 27 mars. De nouvelles données étaient attendues des matériels implantés dans la Grande Galerie, les vides au-dessus de la Chambre du Roi et la chambre souterraine.

²⁵⁶ En fait la sape creusée dans le conduit passant derrière le mur Ouest de la Chambre des Herses.

²⁵⁷ Une interview de Mehdi Tayoubi publiée le samedi 23 novembre 2019.

²⁵⁸ SP-NFC – ScanPyramids - North Face Corridor.

²⁵⁹ Voir le début de la Page 40.

²⁶⁰ L'aéroport International de Los Angeles est le plus important point d'entrée aux Etats-Unis pour les voyageurs venant d'Asie.

Mais en quelques semaines, la situation sanitaire liée à la pandémie COVID-19 qui venait d'être déclarée s'est dramatiquement détériorée, aboutissant au premier confinement général en France le 16 mars ; le temps venait d'être suspendu pour quelques semaines qui deviendront deux mois par la suite. Pour tous les Français, la vie changeait radicalement du jour au lendemain. Pour la mission ScanPyramids, c'était l'entrée dans l'incertitude, la première victime étant l'annulation de la réunion de travail de la fin mars. A cette époque, personne ne pouvait imaginer ce qui allait se passer dans le futur, personne ne pouvait faire de projet à cause de cette pandémie devenue mondiale.

Pour moi aussi, le temps venait d'être suspendu, la pyramide de Kheops passant en arrière-plan de mes préoccupations. Essayer de traverser cette période « surréaliste » dans laquelle on venait tous d'entrer sans être infecté était devenue la préoccupation première de chacun.

Et le temps suspendu s'est lentement mais sûrement prolongé, les « vagues » successives d'agression d'un virus en perpétuelle mutation étant sans fin. J'ai aussi commencé à penser que pour la mission ScanPyramids une époque était terminée et que son avenir n'était plus assuré tellement il était lié à la fin de la pandémie. Peut-être une prémonition...

Jusqu'à la fin de l'été 2021 je notais de temps en temps des idées qui me traversaient l'esprit concernant la GG2, son fonctionnement et les détails qui pouvaient encore être améliorés ; une veille intellectuelle qui était quand même productive, accompagnée par quelques esquisses rapides ici et là.

Parmi ces réflexions, il y avait un point qui méritait toujours une certaine attention : essayer de réduire les frottements aux différents renvois des cordes. Dans les calculs des séquences de hissage, les matériaux utilisés, des cordes circulant sur des rondins tournant²⁶¹ dans des gorges cylindriques en bois graissées, et le nombre de renvois²⁶² pénalisaient le rendement. En faisant des recherches à ce sujet, j'ai compris que les frottements entre des matériaux en contact venaient des aspérités dans ces matériaux. Du bois sur du bois et de la corde sur du bois n'était pas vraiment le meilleur assemblage. Par contre, les matériaux à forte densité, qui n'ont pratiquement pas d'aspérités, ont des coefficients de frottement beaucoup plus faibles²⁶³.

Un objet que j'avais croisé il y a des années dans mes lectures m'est revenu en mémoire. Il avait été découvert en 1932/1933 par l'égyptologue le Dr Selim Hassan lors de fouilles²⁶⁴ sur le site de la pyramide de Kheops. Cet objet est sculpté dans du basalte rouge d'Assouan²⁶⁵, en forme de champignon, comportant trois rainures et un orifice de fixation ; il est considéré par les égyptologues comme une « proto-poulie » ayant servi lors des chantiers de l'époque pharaonique.

Le Dr Selim Hassan écrit d'ailleurs dans un rapport²⁶⁶ de fouilles (traduction française) :
« *A proprement parler, l'une de ces poulies a été utilisée et a rempli sa fonction d'une manière admirable et excellente. En d'autres termes, on peut le dire haut et fort, que l'ancienne poulie a fonctionné aussi parfaitement qu'une poulie moderne peut le faire de nos jours* ».

²⁶¹ Les expériences faites par Denis Denoël montraient qu'à partir de 35° d'enroulement d'une corde sur un rondin, ce dernier se mettait en rotation.

²⁶² Sans parler du frottement au démarrage qui est plus important.

²⁶³ Par exemple, une corde circulant sur une fonte polie a un coefficient de frottement en marche de 0,075. Pour la même corde circulant sur un rondin en chêne, ce coefficient est de 0,52, soit 7 fois plus.

²⁶⁴ En 1935, Selim Hassan a trouvé un second objet identique lors de fouilles près de la pyramide de Khephren.

²⁶⁵ Ce matériau a une densité de 3,14, soit une densité près de 20% supérieure à celle du granit ; il est presque exempt d'aspérités comme la fonte polie.

²⁶⁶ Excavations at Giza, Season 1938/39 – Vol X: The Great Pyramid of Khufu and its mortuary chapel.

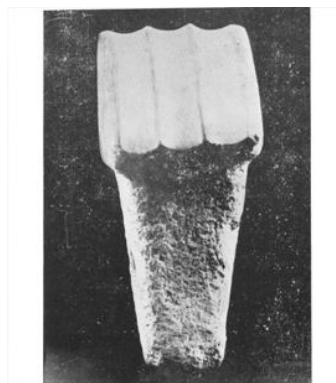
Le BIG VOID



© Selim Hassan

Vue latérale de la proto-poulie

Elle est en basalte rouge d'Assouan, matériau choisi pour sa densité et son absence d'aspérités, donc idéal pour une proto-poulie. A noter le trou de fixation à un support.



© Selim Hassan

Vue de face de la proto-poulie.

Les 2 « crêtes » conservées dans la partie semi-circulaire devaient, à mon avis, maintenir la corde décollée du basalte pour minimiser le frottement au démarrage.

Le problème des frottements était donc un élément connu et traité par les concepteurs, le choix d'un matériau extrait à plus de 800 km du site de construction²⁶⁷ en étant la preuve. Cela étant, les proto-poulies mises en œuvre dans le système à contrepoids devaient être dimensionnées en fonction de leur rôle, celles liées aux renvois à 180° des cordes principales étant les plus conséquentes. Leur graissage pouvait aussi améliorer le glissement des cordes d'autant plus que ces dernières n'étaient jamais tirées par des mains humaines ; une des grandes avancées liée à la présence de la GG2 dans le système à contrepoids global.

Une rencontre informelle avec les responsables de la mission était envisagée pour le 31 août, mais elle n'a finalement pas eu lieu, les calendriers de chacun ne l'ayant pas permis. Cela dit, après un an et demi de crise sanitaire, je me suis dit qu'il fallait que je reprenne la main sur mon destin et qu'il était grand temps pour moi de sortir de l'ombre : deux mois plus tôt j'étais devenu un septuagénaire, loin des quarante-huit ans que j'avais lorsque j'ai commencé mon aventure aux pyramides ! Je considérais avoir atteint un tel niveau de connaissances de la pyramide de Kheops et de la mission ScanPyramids qu'il serait dommage de les laisser se perdre.

J'ai décidé de me lancer dans la rédaction de mes interprétations des trois grandes découvertes de ScanPyramids, en commençant par le BIG VOID, car celui-ci était la clé qui ouvrait la porte à la reconstitution du chantier de la pyramide le plus impressionnant au niveau technique, celui de la Chambre du Roi et de sa superstructure.

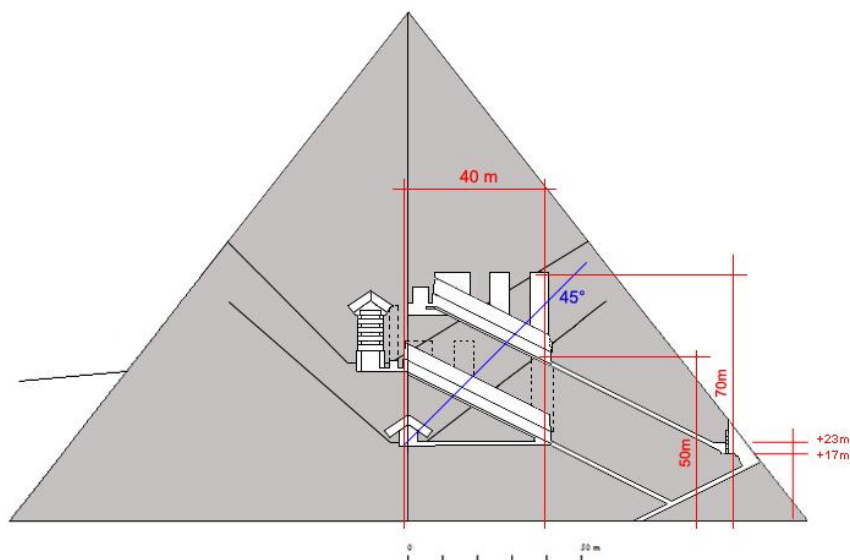
J'ai repris mes travaux là où je les avais laissés, c'est-à-dire après la remise du document « 2019 Scientific Report – September 2019 » aux autorités égyptiennes. J'étais maintenant prêt à développer la comparaison des résultats annoncés par les scientifiques à mes dernières mises à jour concernant la GG2 que j'avais imaginées pendant les mois qui venaient de passer. Il était temps d'apporter une réponse claire et précise aux scientifiques concernant ces deux fameuses phrases :

- *La détermination de la pente dépend aussi des formes architecturales hypothétiques de SP-BV,*
- *La forme architecturale de SB-BV est toujours indéterminée ».*

La dernière version de la GG2 et sa position au-dessus de la GG1 tiennent maintenant compte d'un élément important qui était prévisible : la prolongation du couloir ascendant en partie basse de la GG2 se connecte parfaitement avec le couloir SP-NFC découvert derrière les chevrons de l'entrée. Encore une fois, cela n'est pas dû au hasard, mais le résultat d'un plan précis. Enfin, l'ensemble complet de la GG2 s'étend de l'axe Est-Ouest jusqu'à l'aplomb du mur Nord de la GG1.

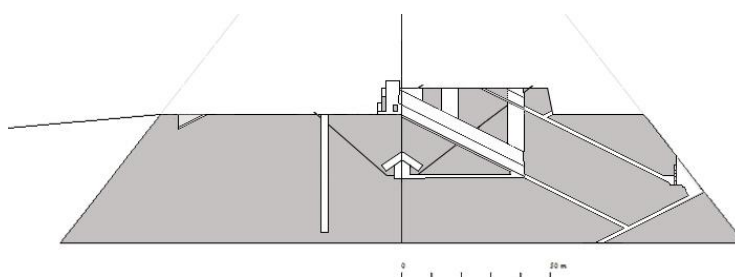
²⁶⁷ Comme pour le cas du sable du Sinaï qui a été retrouvé dans une cavité de 30 cm d'épaisseur près du couloir horizontal lors de trois forages, espacés de 1,50m, effectués par la mission EDF en 1986/1987. Composé à près de 95% de quartz, ce sable de faible densité, entre 1,4 et 1,6, est très fluide ; il a dû avoir une fonction précise.

Le BIG VOID

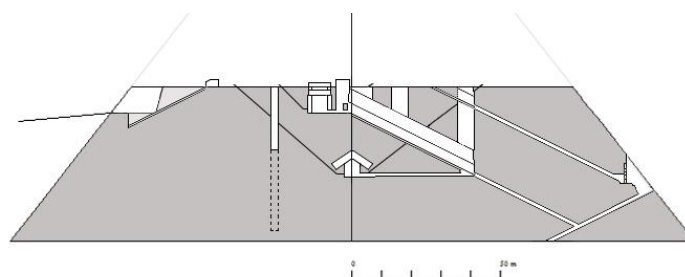


La GG2 mesure bien un minimum de 40m, elle se situe dans une zone comprise entre +50m et 70m et la prolongation du couloir ascendant pour le déplacement du rouleau lest de tension du train de rouleaux débouche derrière les chevrons de l'entrée, exactement là où le couloir baptisé SP-NFC a été découvert.

Lors de la dernière mise à jour, de nouvelles améliorations au système de contreponds ont été apportées, toujours du fait d'une plus grande compréhension des intentions des concepteurs et de leur logique constructive. Ainsi, le principe du « moteur »²⁶⁸ associé au contreponds de la GG2, était maintenant appliqué pour le contreponds de la GG1, permettant de supprimer la force humaine dans la Phase 2A et la réduire considérablement dans la Phase 1B.



La construction du puits pour le moteur²⁶⁹ du système à contreponds de la GG1 a débuté au niveau du socle rocheux, à une vingtaine de mètres au sud de celle-ci. Sa hauteur correspond à la longueur de la course²⁷⁰ du contreponds dans la GG1 lors de la Phase 1B.



Pour la Phase 2A, le puits a été surélevé jusqu'au niveau du 2^{ème} plafond de la superstructure; la partie inférieure a été comblée pour ne garder que la hauteur utile.

²⁶⁸ Les trois herses-lests dans le puits au-dessus de la Chambre de Herses.

²⁶⁹ Le « moteur » de la GG1 était composé de trois herses-lests pesant 3,5t chacune (1,18m x 0,52m x 2,10m soit 1,29m³ x 2,7). Plus tard, elles seront raccourcies d'une coudée (0,52m) pour être réutilisées pour le moteur de la GG2.

²⁷⁰ Soit une quarantaine de mètre de hauteur.

Note d'information N°4 :

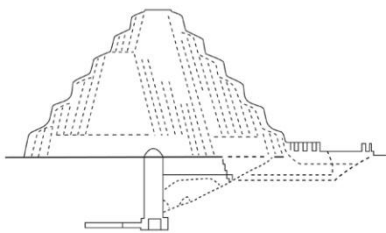
Au début du Chapitre 3 - LA PROBLÉMATIQUE DU CHANTIER DE CONSTRUCTION DE LA CHAMBRE DU ROI, je reprenais une phrase du quatrième paragraphe du Préambule :

« ... j'étais déjà totalement convaincu qu'à l'époque les architectes avaient conçu le projet en imaginant deux chantiers distincts intégrés l'un dans l'autre: d'un côté le volume lui-même, de l'autre la Chambre du Roi et sa superstructure ».

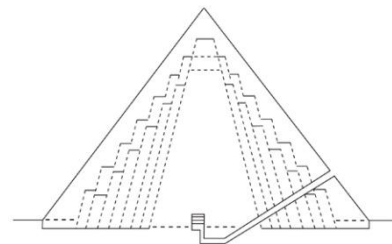
Après avoir écrit : « La solution qu'ils ont appliquée au chantier avait un nom : Contrepoids », je développais spécifiquement ce second chantier en m'appuyant sur la présence de la Grande Galerie au cœur de la pyramide, un ouvrage hors-normes dans l'architecture de l'Ancienne Egypte, objectivement sans aucun rapport avec une fonction funéraire ; a contrario, pour un bâtisseur, c'est un ouvrage très signifiant.

Ainsi, avant d'aller plus loin, il me paraît important de remonter dans le temps, au moment de la conception du projet de construction de la Grande Pyramide et donner ma vision de l'interaction entre les deux chantiers, celui du volume et celui de la Chambre du Roi. Bien que devant être réalisés indépendamment, la conception du second avait été conditionnée par les processus techniques mis en œuvre pour la construction du premier ; toute l'architecture interne de la pyramide allait être tributaire du choix par les concepteurs d'offrir au Roi Kheops un plafond plat pour sa Chambre funéraire.

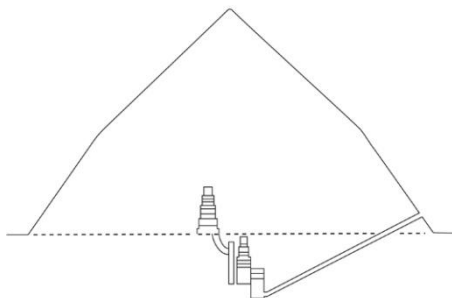
La mission ScanPyramids n'aurait jamais découvert le BIG VOID si les concepteurs avaient repris, pour la Chambre du Roi, la technique mise en œuvre après la pyramide de Djoser pour couvrir les chambres funéraires et les antichambres: la voûte en tas de charge dite voûte à encorbellements.



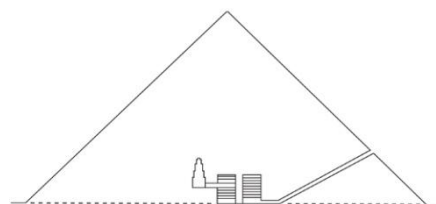
La Pyramide de Djoser à Saqqarah :
la chambre funéraire est au fond d'un puits d'une trentaine de mètres couvert par une voûte en coupole.



La pyramide de Houni à Meïdoum :
la chambre funéraire est creusée dans le socle rocheux mais sa couverture est une voûte à encorbellements.



La pyramide tronquée de Snéfrou à Dahchour Sud :
la chambre funéraire, posée sur le sol et construite dans la masse de la pyramide, est couverte d'une voûte à encorbellements. L'antichambre creusée dans le socle rocheux est aussi couverte d'une telle voûte.



La pyramide Rouge de Snéfrou à Dahchour Nord :
la chambre funéraire, à une dizaine de mètres de hauteur et ses deux antichambres, posées sur le sol, sont construites dans la masse de la pyramide et couvertes de voûtes à encorbellements.

Croquis Albert Ranson

Tout ce que j'ai écrit jusqu'à présent n'aurait pas lieu d'être, tout simplement.

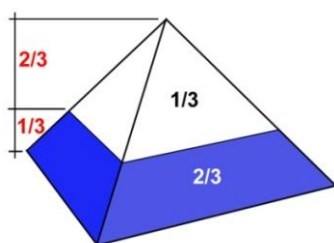
Mais les faits sont là, la Chambre du Roi a été construite telle qu'on la connaît et sa position, à quarante-trois mètres de hauteur dans la pyramide, n'est certainement pas liée au hasard, encore à moins à une lubie d'architecte.

La première raison est déjà certainement à chercher dans l'évolution architecturale de la position des chambres funéraires précédentes, d'abord au fond d'un puits à Saqqarah pour ensuite « sortir » du socle rocheux et finir par monter dans le volume pyramidal avec la pyramide Rouge. Par contre, toutes ces pyramides avaient un point commun, elles avaient été conçues pour ne requérir que la force humaine dans toutes les étapes de leur construction.

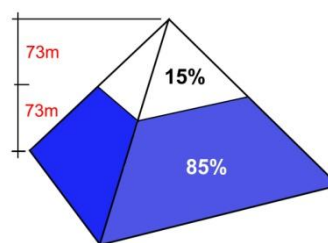
La seconde raison est liée au choix du matériau choisi pour sa construction : le granit d'Assouan. Entre la difficulté de son extraction, le nombre de monolithes requis et la distance du transfert au chantier par le Nil au gré des crues, de nombreuses années allaient passer avant de pouvoir commencer la construction. La pyramide n'attendait pas et le niveau idéal à +43m pour « poser » la Chambre du Roi avait été choisi car plusieurs facteurs militaient en sa faveur :

- La topographie du Plateau de Gizeh permettait de construire une rampe depuis le port jusqu'à la base de la rampe extérieure²⁷¹ qui s'appuyait sur la face Sud de la pyramide dans l'angle Sud-Ouest, ces deux rampes ayant une pente moyenne de 8 à 9%.
- La prolongation de la rampe extérieure dans une tranchée réservée dans le corps de la pyramide et s'élevant²⁷² jusqu'au niveau +73m, mi-hauteur de la pyramide, en une spirale parallèle aux faces, laissant donc une grande partie du centre totalement libre, permettait de construire jusqu'à 85% du volume sans jamais perturber la construction de la Chambre du Roi.
- Le débouché de la troisième section de la rampe interne²⁷³ dans l'angle Sud-Ouest²⁷⁴ au niveau +43m, avec un accès direct à la rampe en tranchée, permettait la mise en place d'une « déviation temporaire » du transit des blocs de façade en calcaire de Tourah pendant la construction des deux premiers plafonds au-dessus de la Chambre du Roi.

En résumé, les processus de construction du volume étaient réservés à la périphérie interne de la pyramide et celui de la construction de la Chambre du Roi et de ses annexes se développait dans une étroite bande à quelques mètres à l'est de l'axe Nord-Sud. Les rampes/glissières du système à contrepoids, en opposition de part et d'autre de l'axe Est-Ouest, étaient dans le sens des pentes des façades, bien que moins pentues. La partie Nord était intégrée dans un édifice provisoire du type mastaba, ce dernier étant noyé en fin de chantier dans la masse de la pyramide.



Une constante que les Egyptiens avaient dû remarquer :
Quelle que soit la pente d'une pyramide à base carré, au tiers de sa hauteur il y a déjà deux tiers de son volume. Le plafond de la Chambre du Roi est exactement au tiers de la hauteur.



85% du volume a pu être réalisé grâce à la courte rampe extérieure et sa prolongation en tranchée qui ont permis d'atteindre le niveau +73m, mi-hauteur de la pyramide; à ce niveau le toit de la Chambre du Roi est totalement recouvert.

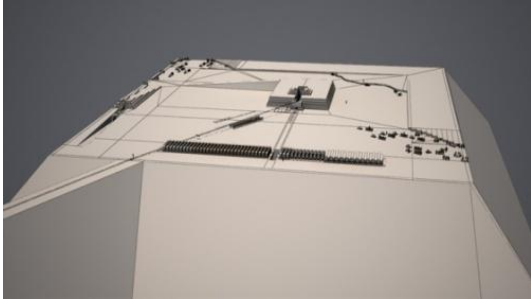
²⁷¹ Voir C – Troisième époque, de 2011 à novembre 2016 Page 17.

²⁷² En une spirale à quarts tournants dans le sens des aiguilles d'une montre.

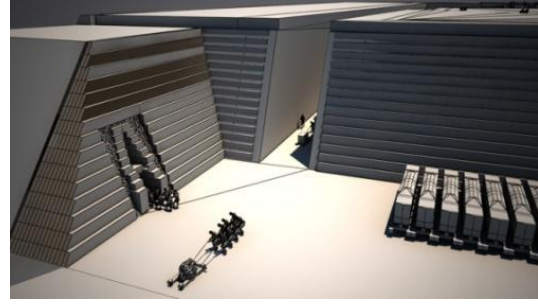
²⁷³ Elle s'élevait en une spirale à quarts tournants dans le sens contraire des aiguilles d'une montre entre la rampe en tranchée et les faces de la pyramide.

²⁷⁴ Dans l'article « Microgravity probes the Great Pyramid » publié en janvier 1987 dans la revue Geophysics : The leading edge of exploration, Jacques Lakshmanan et Jacques Montluçon, directeurs de la mission EDF de 1986, écrivent (traduction française): « Nous pensons que la partie inférieure Sud-Ouest de la pyramide pourrait être plus dense... ». J'imagine que cette zone pourrait avoir été renforcée pour mieux encaisser la charge supplémentaire temporaire liée à la rampe extérieure.

Le BIG VOID



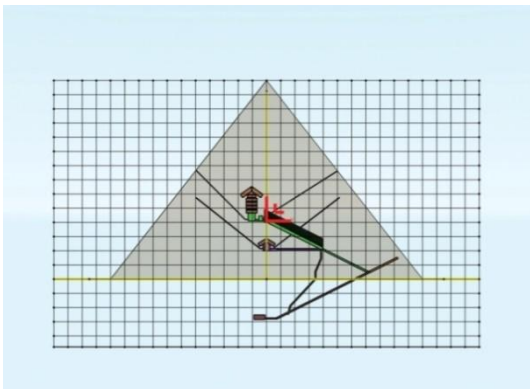
La rampe extérieure arrivait au niveau +43m dans le même angle Sud-Ouest que la 3^{ème} section de la rampe intérieure. L'aire de stockage des monolithes était centrée le long de la face Sud, occupant la place de la future 4^{ème} section qui sera horizontale, l'ascension reprenant avec la 5^{ème} section.



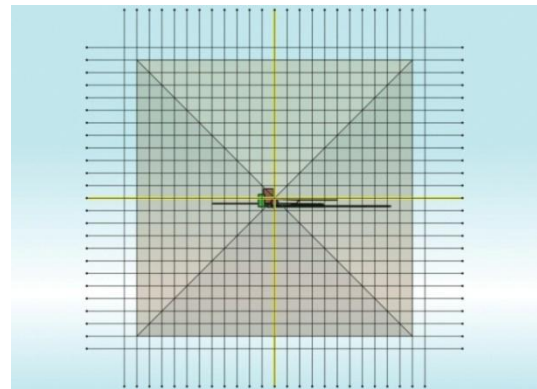
Intersection dans l'angle Sud-Ouest entre la rampe extérieure, sa prolongation en tranchée dans la pyramide et le débouché de la 3^{ème} section de la rampe intérieure. Son parcours sera momentanément dévié par la rampe en tranchée pendant la construction des deux premiers plafonds.

Maintenant, pour la conception du projet, les Egyptiens n'avaient pas la 3D à leur disposition, mais ils devaient quand même imaginer dans l'espace. Heureusement, ils pouvaient simplement matérialiser les ouvrages dans le volume en 2D, en les reportant sur un plan horizontal et un plan vertical. Et pour repérer chaque composant dans l'espace, ils utilisaient un système de grilles orthogonales basé sur l'unité ou sur un multiple de cette unité en fonction des besoins.

Ainsi, le volume de la pyramide est basé sur une grille globale en multiple de 20 coudées²⁷⁵ : une base de $22 \times 20c = 440c$ pour une hauteur de $14 \times 20c = 280c$ et un rapport de $14/11^{276}$ ($22/2=11$) à l'apothème. Cette grille était centrée sur les axes Nord-Sud²⁷⁷ et Est-Ouest, marquant ainsi les diagonales ; en quelques indications, la conception du volume était terminée. Tous ces éléments permettaient ensuite de contrôler l'élévation de la pyramide d'autant plus facilement que les façades étaient libres de tout obstacle.



Plan vertical avec la grille principale de 20 coudées carrée. En jaune l'axe vertical et en rouge le point d'origine de toute la conception du projet dans le plan vertical.



Plan horizontal avec la grille principale de 20 coudées carrée. En jaune les axes Nord-Sud et Est-Ouest. Tous les ouvrages construits à l'intérieur étaient positionnés par rapport à ces deux axes.

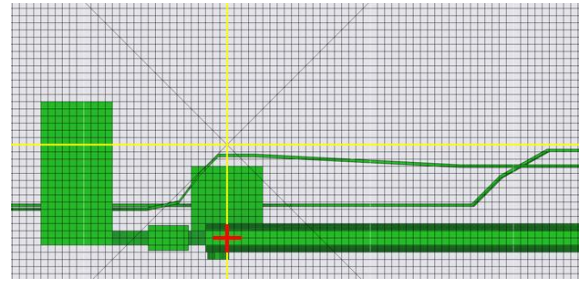
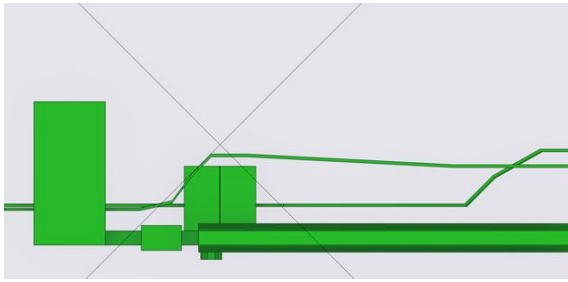
Quant aux ouvrages intérieurs, ils seront conçus et transcrits à partir d'une grille fine d'une coudée carrée tracée à l'intérieur de la grille globale mais uniquement dans la zone où tous les ouvrages de la pyramide seront construits : une bande le long de l'axe Nord-Sud d'une largeur d'environ 30 coudées, bande désaxée vers l'Est de 13 coudées. La précision de la Grande Galerie, des chambres et des couloirs, ascendant, descendant et horizontal, résulte de leur proximité immédiate de l'axe.

²⁷⁵ Les unités égyptiennes étaient la coudée royale (c) divisée en 7 paumes, chaque paume étant elle-même divisée en 4 doigts. Il y avait donc 28 doigts dans une coudée qui mesurait 0,524m.

²⁷⁶ Ce qui donne un angle de pente des façades de 51,84°.

²⁷⁷ D'où l'importance, entre autres, de définir cet axe, la nuit à partir de l'étoile polaire et vérifié par gnomons au zénith, lors de l'implantation de la pyramide ; l'axe Est-Ouest était tracé à partir de l'axe Nord-Sud par arcs de cercle parallèles tracés de part et d'autre d'un même point. Le croisement des arcs créait une succession de points permettant de tracer l'axe Est-Ouest.

Le BIG VOID



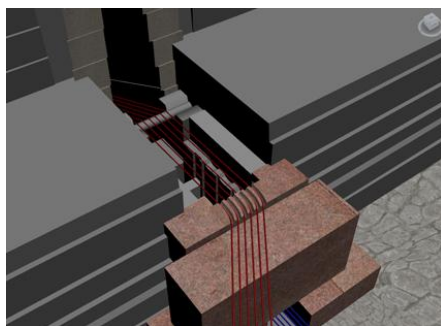
Pour pouvoir construire la Chambre du Roi à +43m de hauteur quatorze ans après le début du chantier à un endroit précis, il fallait tout déterminer à l'avance. Cette chambre était une « boîte » de 20c x 10c x 11c à positionner dans le volume de la pyramide. Grâce au système de grilles, elle était parfaitement positionnable spatialement. En raison du choix de la couvrir d'un plafond plat, les Egyptiens ont été obligés d'intégrer la Grande Galerie dans le projet, celle-ci déterminant la position spatiale de tous les autres ouvrages construits dans le volume. La grille principale de 20c carrée est en blanc, la grille secondaire de 1c carrée est en noir et les axes N-S et E-O en jaune. La croix rouge indique le point d'origine de toute la conception du projet dans le plan horizontal.

La GG1 mesure 82c en projection sur le plan horizontal et a un dénivelé de 41c en projection sur le plan vertical, ce qui lui donne une pente de 50% (1 pour 2), soit 26,5°.

Le point zéro de toute la conception est situé :

- Dans le plan vertical, sur l'arête formée par le sol et la face du "quai haut" de la GG1, la face étant alignée sur l'axe Est-Ouest et le sol étant à 82c²⁷⁸ de la base
- Dans le plan horizontal, l'axe de la GG1 est déporté de 13c vers l'Est par rapport à l'axe Nord-Sud.

Ce point a été choisi comme référence d'implantation de la GG1 pour concentrer le processus de construction de la Chambre du Roi le plus possible au centre de la pyramide. Par ailleurs, il était à proximité de la prolongation de l'axe de la rampe extérieure, qui formait un angle d'environ 30° avec l'axe de la GG1. Un détail de construction du mur Nord de la Chambre du Roi est très significatif : pour les tractions des monolithes dans la Phase 1B, les cordes de traction qui sortaient de la GG1 étaient déviées de 30° au niveau de ce mur encore en construction pour se retrouver dans l'axe de la rampe extérieure. Pour encaisser les énormes forces exercées concentrées sur ce point de déviation, les Egyptiens n'ont pas hésité à mettre en place deux énormes blocs en granit pesant au total environ 70 tonnes et représentant une hauteur de 2 rangées normales. Ce détail aura une influence sur la hauteur du débouché²⁷⁹ des conduits dans la Chambre du Roi : pour rester dans le même alignement vertical que ceux de la Chambre de la Reine, le conduit Nord sera percé dans les coins des deux blocs du premier rang²⁸⁰ du mur supportant ces deux mastodontes, le conduit Sud lui faisant face.



Détails du dévoiement des cordes sortant de la GG1 pour la traction des monolithes dans la Phase 1B. Grâce à leur poids total d'environ 70 tonnes, les deux blocs en granit du mur Nord de la Chambre encaissaient les forces concentrées au point de dévoiement, permettant de placer les cordes dans l'axe de la rampe extérieure. Les gorges de dévoiement pourraient avoir été taillées dans un bloc de basalte rouge qui était inséré dans le bloc du second rang donnant sur la chambre des Herses.²⁸¹

²⁷⁸ Le sol du quai haut est à +42,96m de la base, soit exactement à 82c de celle-ci. Le sol de la Chambre du Roi est lui à +43,00m de la base, soit un décalage de 4cm.

²⁷⁹ L'importance de ce détail sera expliquée plus loin dans ce document.

²⁸⁰ Par contre, ceux de la Chambre de la Reine sont en partie haute des blocs du 2^{ème} rang.

²⁸¹ Un détail pourrait conforter cette idée : dans sa partie haute, ce bloc comporte un décaissement dans le granit qui a été comblé avec un bloc en calcaire avant la pose du toit de la chambre des Herses.



Pour profiter de la topographie du terrain, le positionnement de la rampe extérieure, près de l'arête Sud-Ouest de la pyramide et suivant un angle d'une trentaine de degrés par rapport à la face Sud de la pyramide, a eu une conséquence directe sur l'implantation de la Chambre du Roi et la construction de son mur Nord avec les 2 blocs de granit pesant environ 70t au total.

Conséquence : Déterminée par la position de la GG1 en relation avec la rampe extérieure, la position de la Chambre du Roi se situe à 82c de la base et son mur Nord²⁸² à 16c au sud de l'axe Est-Ouest. Elle est désaxée, son mur Ouest étant à 6c à l'ouest de l'axe Nord-Sud et son mur Est à 14c à l'est de cet axe.

A partir du point zéro et une pente de 1c pour 2c, il était facile de déterminer le tracé du couloir ascendant et de la GG1. Ainsi, vers la 4^{ème} ou 5^{ème} année du chantier, les ouvriers ont attaqué la construction²⁸³ du couloir ascendant à 19c²⁸⁴ de la base et à 126c au nord de l'axe Est-Ouest, traçant son axe à 13 c de l'axe Nord-Sud.

Enfin, en complément de la conception par grille, les Egyptiens maquetteaient les points sensibles : jonctions de couloirs par exemple. C'est pour cela qu'ils ont réalisé une maquette creusée dans le sol à une cinquantaine de mètres à l'est de la pyramide. Cette maquette est toujours là et nous donne des indications sur leur façon de travailler, comme des détails²⁸⁵ sur les couloirs et leur jonction.

Conclusion : Si la position des ouvrages intérieurs a été directement influencée par les processus de construction du volume, leur réalisation²⁸⁶ a été totalement indépendante de la construction de ce volume ; une conception simple mais très efficace de deux chantiers distincts intégrés l'un dans l'autre.

²⁸² Les faces intérieures des murs de la Chambre.

²⁸³ La partie inférieure du couloir ascendant, entre ce niveau et le couloir descendant, n'est pas construite, elle est creusée dans un socle reconstitué en calcaire de Tourah pour des raisons techniques : pour resserrer les murs latéraux du couloir afin de freiner et stopper la chute des blocs bouchons en granit et traiter la jonction avec le couloir descendant d'une façon simple. Pendant les siècles précédents, les Égyptiens avaient acquis une grande expérience de « sapeurs » en creusant des galeries et des tombes souterraines.

²⁸⁴ A environ 10,00m de la base et 66,00m au nord de l'axe Est-Ouest.

²⁸⁵ Dont un en particulier qui, curieusement, n'est pas reproduit dans les couloirs visibles aujourd'hui. La découverte du SP-NFC derrière les chevrons de l'entrée pourrait changer cet état de fait.

²⁸⁶ Comme dans tout chantier, il peut il y avoir des différences dimensionnelles entre les plans de conception et ce qui a été construit dans la réalité. Les plans qui sont à notre disposition (ceux Maragioglio & Rinaldi et ceux de Gilles Dormion) doivent être considérés comme des plans de recollement qui sont basés sur les dimensions relevées. Cela dit, les intentions des concepteurs sont parfaitement lisibles.

Pour revenir à mon interprétation de la découverte du BIG VOID, l'intégration de la GG2 dans mes propositions antérieures est simple. J'imagine que dans les premières esquisses du système à contrepoids à installer dans la pyramide, les concepteurs ont, à partir des lois de la physique connues²⁸⁷ à leur époque, délibérément opté pour la simplicité et l'efficacité, même si cela impliquait l'intégration d'ouvrages²⁸⁸ importants.

La conception du projet s'est donc focalisée sur les objectifs prépondérants suivants :

- Faire les tractions avec la technique du renvoi à 180° pour la construction des plafonds et du toit,
- Freiner la course du ou des contrepoids pour avoir une traction douce et contrôlée,
- Conserver les cordes parallèles à la pente ou limiter l'angle β à minima s'il est inévitable,
- Minimiser les frottements des cordes sur les renvois en limitant leurs déviations et leur nombre,
- Supprimer ou minimiser le frottement du ou des chariots contrepoids et de la plateforme de hissage,
- Moduler la charge du ou des contrepoids en fonction de la poutre à tracter,
- Réarmer le ou les contrepoids à leur charge de base,
- Eliminer le recours à la force humaine en masse, ne la garder au besoin que pour assister le système à contrepoids ponctuellement et de façon réduite.

Dans les pages qui suivent, j'ai reconstitué une série de schémas de principe hypothétiques que les concepteurs ont dû avoir à l'esprit lors de la définition du système à contrepoids pour la traction avec renvoi à 180°²⁸⁹ mis en œuvre dans la pyramide.

Après avoir bien posé les problèmes, décomposé les séquences, rythmé les hauteurs des plafonds/butons, calculé les longueurs de course des éléments en mouvement du système et minimisé les frottements aux divers renvois, ils en ont conclu qu'il fallait diviser ce système en deux parties superposées et créer trois Phases successives : la Phase 2A utilisant la GG1 et les Phases 2B1 et 2B2 utilisant la GG2.

Ils ont ensuite positionné les « moteurs » et les puits d'extraction et de dépose des surcharges des contrepoids.

Il ne restait plus qu'à concevoir les ouvrages pour les glissières et leurs ouvrages annexes, avec un postulat de base : la plateforme de hissage resterait à l'extérieur du côté Sud et les contrepoids circuleraient dans des tunnels-galeries du côté Nord.

La Phase 1B, la montée des monolithes sur l'aire de stockage au niveau +43m, imposait que la première glissière soit intégrée dans la pyramide et débouche en partie haute à ce niveau ; ainsi, la longueur de course du contrepoids de cette Phase 1B résulte de celle maximum de la Phase 2A qui est identique.

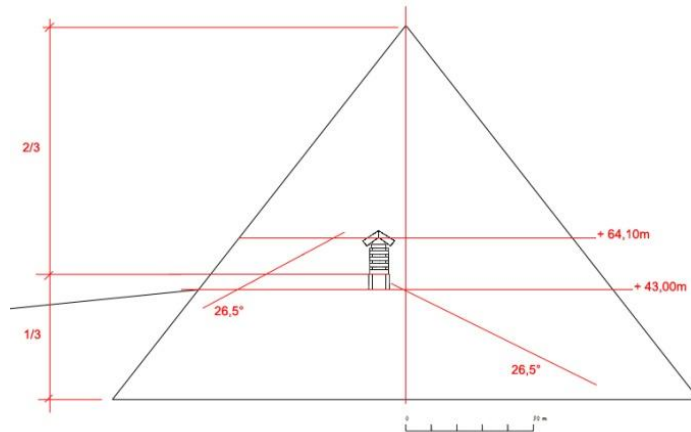
Par contre, comme expliqué dans le Cas N°1 à la Page 10, la différence de pente entre le tracteur et le tracté permettait la traction directe des monolithes, ces derniers se déplaçant à chaque traction de la longueur de course du contrepoids, nécessitant donc deux fois moins de tractions que dans le cas où la technique avec renvoi à 180° aurait été utilisé.

²⁸⁷ Acquises au fur et à mesure de leurs expériences dans l'Art de bâtir pendant plusieurs siècles.

²⁸⁸ La GG1 et la GG2 étant les plus remarquables.

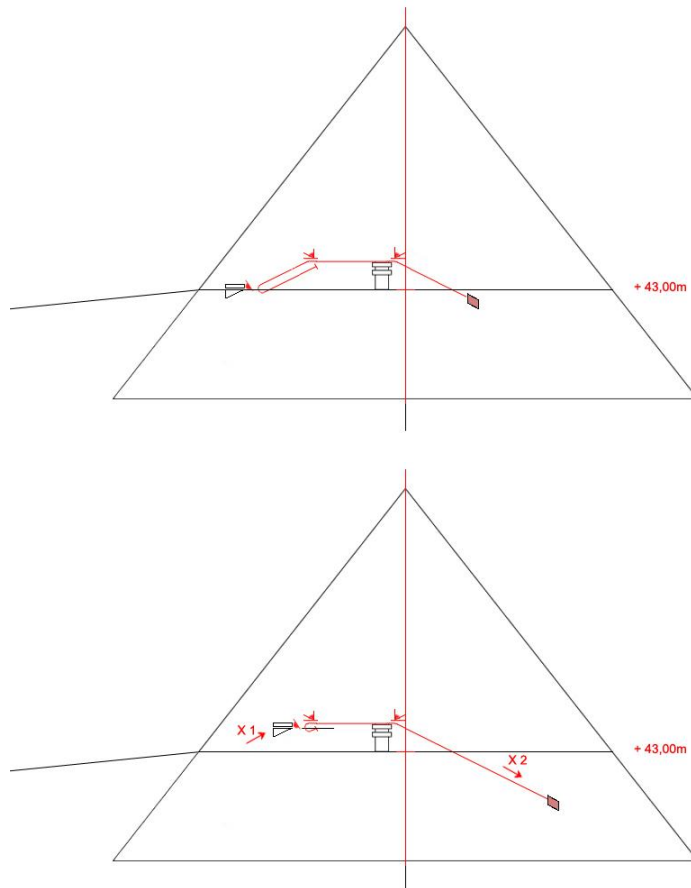
²⁸⁹ Qui requiert deux fois moins de force de traction mais deux fois plus de longueur de glissière pour le contrepoids

Le BIG VOID



Les contraintes géométriques imposées dans le cahier des charges du projet de la Chambre du Roi sont résumées dans ce croquis. La conception architecturale du système à contrepois à l'intérieur de la pyramide devait satisfaire celles-ci. Les caractéristiques pour un rendement optimum du système, basé sur les lois de la physique connues à l'époque, déterminaient le nombre d'ouvrages principaux et leurs annexes à créer, leurs formes et leurs positions.

Principe de la traction avec renvoi à 180°²⁹⁰ mise en œuvre dans les Phases 2A, 2B1 et 2B2.



Les cordes de traction sont ancrées en partie haute de la glissière sur laquelle la plateforme de hissage du monolithe circule ; elle passent ensuite à l'avant de celle-ci avant de repartir vers le contrepois circulant dans une galerie à l'opposé.

Il en résulte que la longueur de course du second est le double de celle du monolithe.

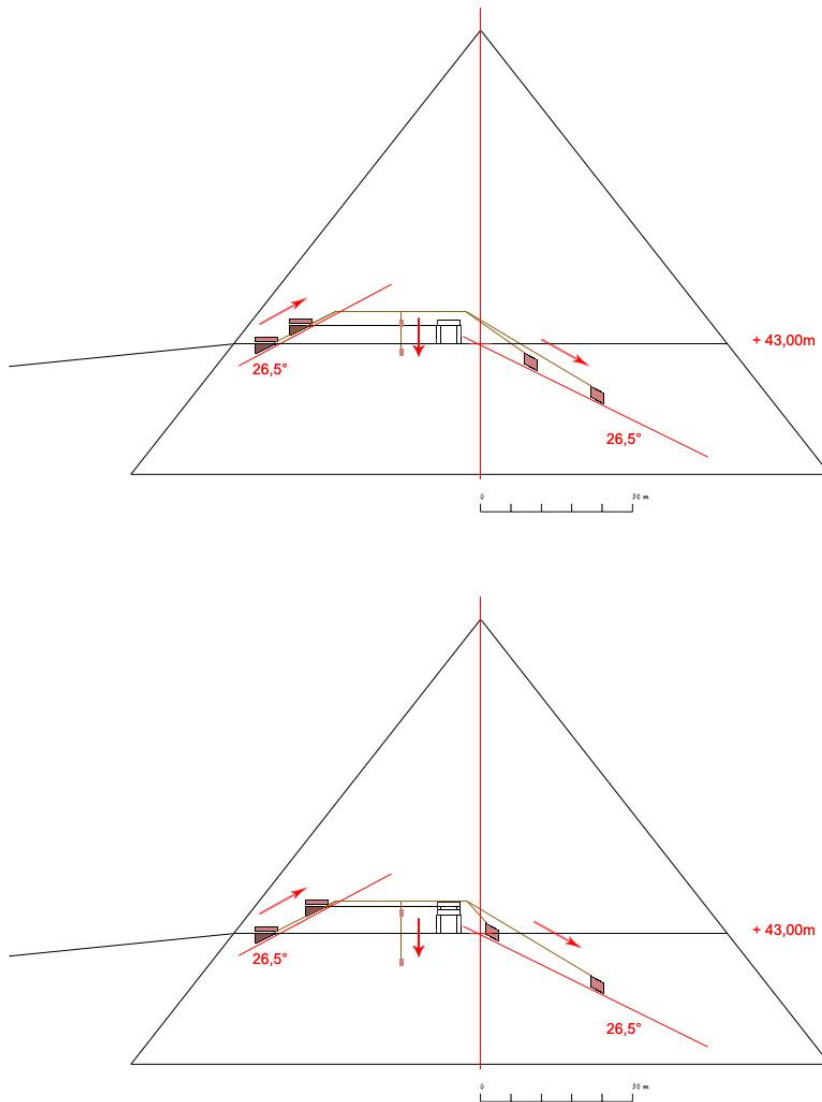
Les renvois sur le parcours sont matérialisés : dans cet exemple, au niveau du 2^{ème} plafond, un à 180° à l'avant de la plateforme, un à 63,5° en partie haute de la glissière et un autre à 63,5° en partie haute de la galerie.

Le contrepois et la plateforme de hissage se déplacent chacun sur un « train de rouleaux » circulant sur leur glissière, éliminant de facto les frottements.

²⁹⁰ Que j'appelle aussi proto-palan.

Le BIG VOID

Schémas Phase 2A : la mise en place des plafonds 1, en haut, et 2, en bas, à l'aide de la GG1.



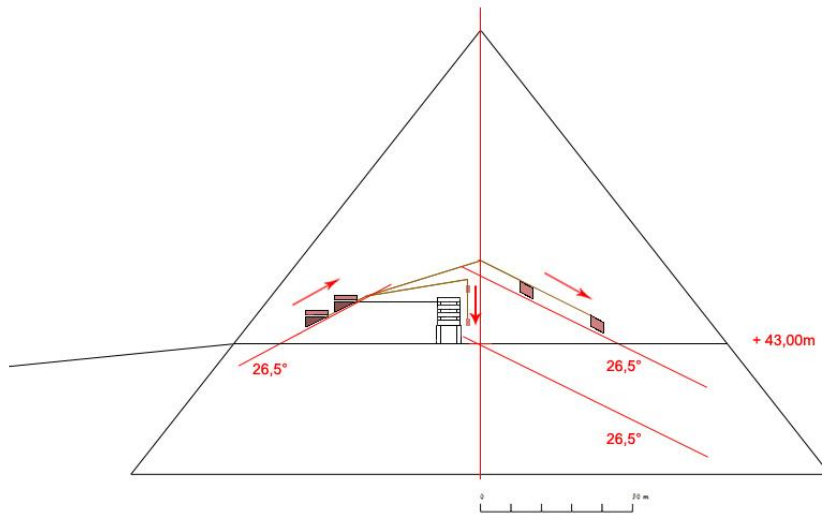
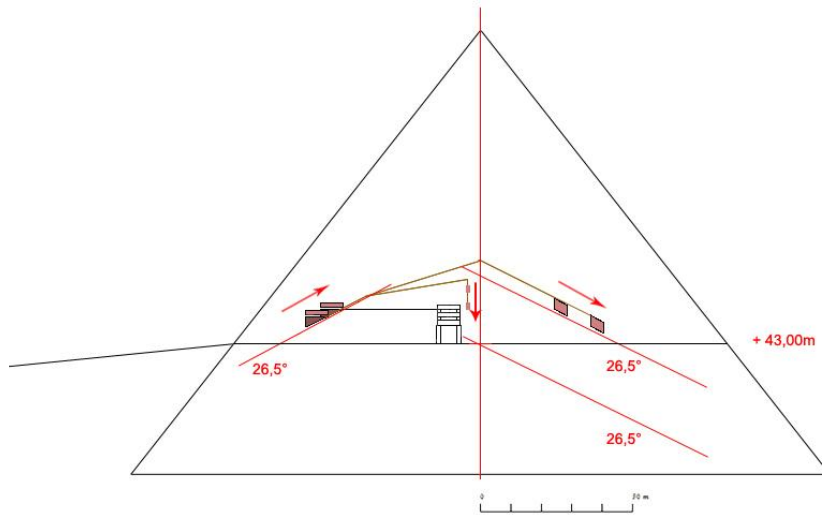
Un renvoi à 180° à l'avant de la plateforme de transport et deux renvois à $63,5^\circ$ en haut des glissières : hissage et GG1. La course du contrepois est le double de celle de la plateforme ; l'angle β , très faible, créé par les cordes dans la GG1 est favorable lors de la traction et défavorable lors du réarmement, mais compensé par la modulation de la charge du contrepois. Par contre, il est évident que la GG1 arriverait vite à ses limites d'efficacité à cause de l'augmentation de l'angle β ²⁹¹ au fur et à mesure de la construction des plafonds supérieurs. La limitation en hauteur²⁹² des poutres des deux premiers plafonds s'explique par la nécessité de faire passer les poutres du plafond 2 sous les cordes de traction lors de leur mise en place.

Un puits pour le « moteur » est construit entre la glissière et la Chambre du Roi. La descente contrôlée du contrepois est réalisée en freinant la descente du « moteur ».

²⁹¹ Connaissant parfaitement le problème pour avoir été confronté à celui-ci jusqu'à la découverte du BIG VOID.
²⁹² Voir 4^{ème} paragraphe et suivants Page 22.

Le BIG VOID

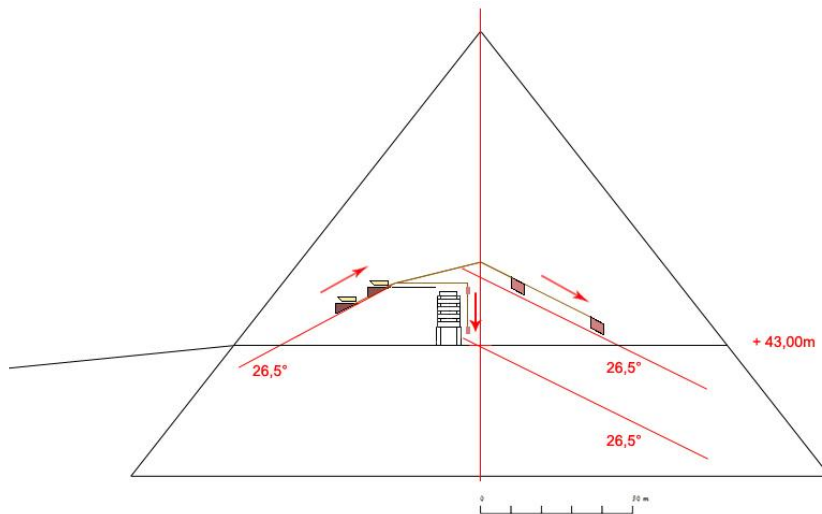
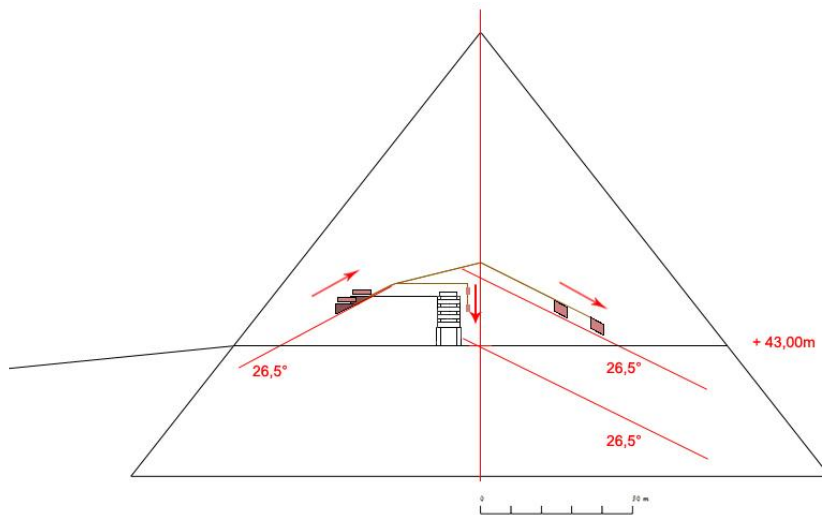
Schémas Phase 2B1 : la mise en place des plafonds 3, en haut, et 4, en bas, à l'aide de la GG2.



Un renvoi à 180° à l'avant de la plateforme de transport, un renvoi à 122° sur l'axe Est-Ouest entre la glissière de hissage et la GG2 et un renvoi à 5° en haut de la glissière. La hauteur des poutres n'a aucune importance, les cordes passant plus haut. Un puits pour le « moteur » est construit entre la GG1 et la GG2 et la Chambre du Roi, au-dessus de la Chambre des Herses.

Le BIG VOID

Schémas Phase 2B2 : la mise en place du plafond 5, en haut, et le toit, en bas, à l'aide de la GG2.

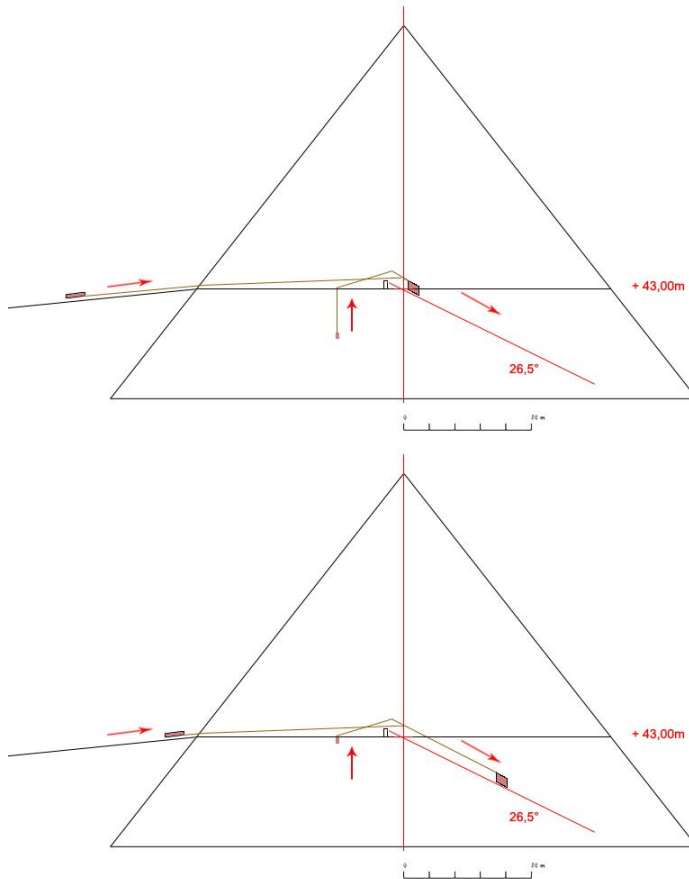


La configuration est identique à celle de la Phase 2B1 puisqu'il s'agit de la répétition de cette dernière à partir du niveau du plafond 4. La seule différence est l'augmentation de la course²⁹³ du contreponds dans la GG2 pour atteindre le niveau +64,10m.

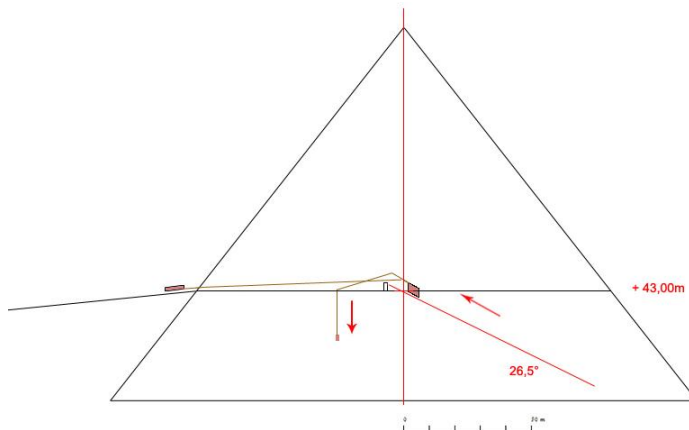
²⁹³ Voir plans en coupe en haut de la Page 26.

Le BIG VOID

Schémas Phase 1B : la montée des monolithes sur l'aire de stockage au niveau +43,00m.



Les caractéristiques du GG1 étant fixées pour la Phase 2A, le contre poids se déplaçant à l'intérieur de celle-ci a une longueur de course de près de 40m, tirant, grâce à une traction directe, le traîneau portant le monolithe sur une même distance. Contrairement aux Phases suivantes, grâce à la différence des pentes, le "moteur" ne sert pas à tracter le monolithe mais à réarmer le contre poids. Lors de chaque traction, le contre poids hisse le monolithe et remonte le moteur. Le contre poids de base sert à remonter le moteur et la modulation de la charge est utilisée pour la traction des monolithes. En fonction du poids de chaque monolithe, la surcharge varie de sept à neuf blocs. Pour les tractions des monolithes les plus lourds, le système est assisté²⁹⁴ par la force humaine en petit nombre : deux équipes d'une vingtaine d'hommes, positionnés au niveau +43m de part et d'autre du puits moteur, remontent en utilisant la technique du proto-palan, une ou deux herse-lests. Cela soulage la traction du contre poids, la force étant ainsi transférée directement au remorquage du monolithe.



Après chaque traction, un segment²⁹⁵ des cordes de la longueur franchie, est retiré ; le « moteur » remonte le contre poids en haut de la GG1 pour une nouvelle traction. Le traîneau est alors réattaché aux cordes pour une nouvelle traction.

²⁹⁴ Pour les monolithes pesant 50t et plus, soit dans huit cas seulement. Voir note d'information N°2 Page 32

²⁹⁵ Comme dans une « chaîne d'arpenteur ».

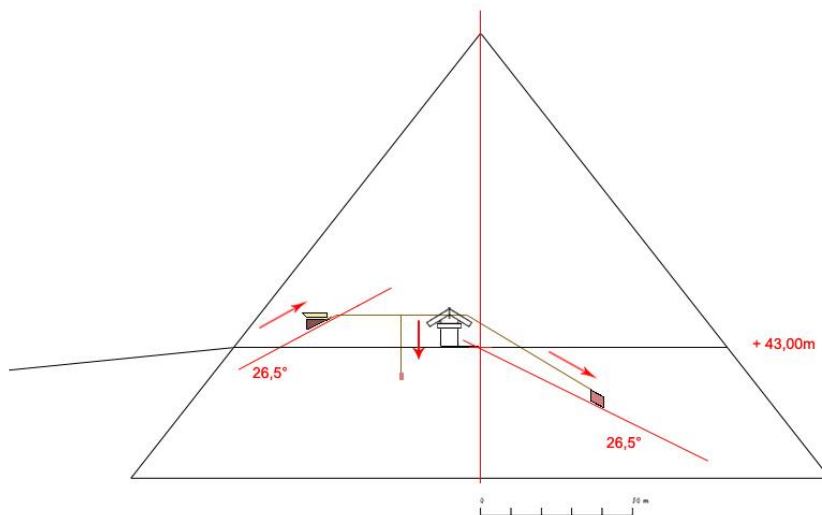
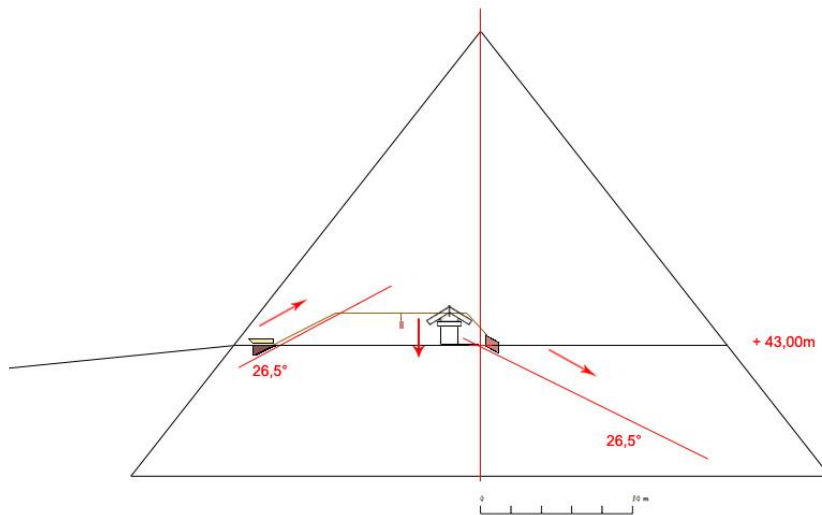
Le BIG VOID

Remarque importante :

En regardant ces schémas, un constat devient évident : la Chambre du Roi aurait pu avoir le même plafond plat en granit et être couverte par un toit en chevrons de calcaire de Tourah posé directement au-dessus. Elle aurait été parfaitement protégée par ce toit, comme par celui posé au-dessus de 5^{ème} plafond. Sa capacité à encaisser la charge au-dessus est prouvée par la Chambre de la Reine et son toit unique du même type.

Dans ce cas, la Grande Galerie aurait été nécessaire à sa construction mais cette solution aurait énormément simplifié le chantier.

Si les concepteurs ont posé quatre plafonds/butons plus un toit, entraînant la construction de la GG2 et ses annexes, c'est qu'ils avaient une raison²⁹⁶ bien précise et de très haute importance.



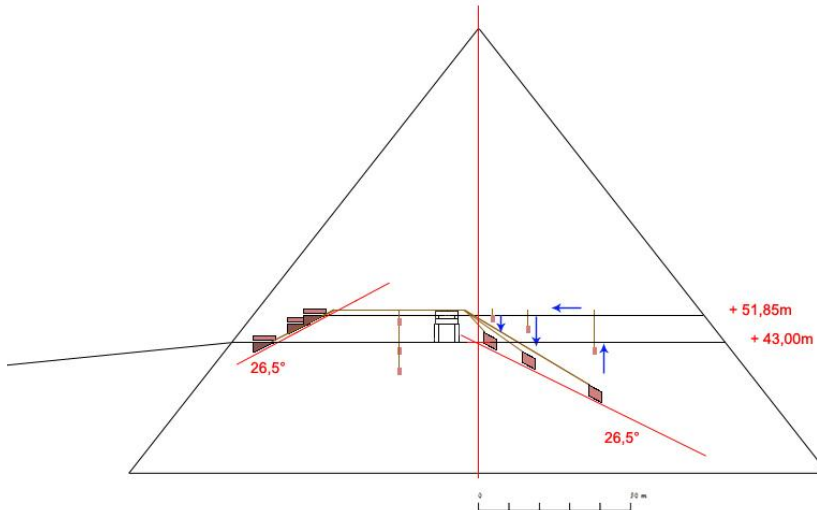
²⁹⁶ Ce point sera traité dans le document à venir : « Pyramide de Kheops, découverte récente d'un couloir sous la face Nord par la mission ScanPyramids »

Le BIG VOID

Avec tous ces paramètres réglés, il ne restait plus qu'à déterminer la position des puits pour la modulation de la charge des contrepoids en reprenant les longueurs de course des différentes séquences de chaque Phase et la position des contrepoids.

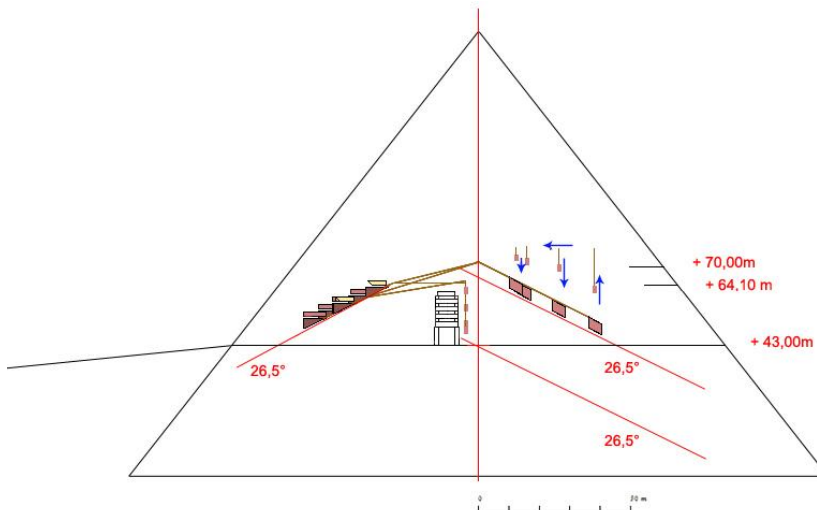
Pour les Phases 2B1 et 2B2 desservant quatre niveaux de la superstructure, la rythmique de répartition des hauteurs des plafonds et du toit construits en deux séquences successives trouvait là une justification ; elle permettait de construire une GG2 plus courte et réduisait le nombre de puits nécessaires de 4 à 3, comme pour la GG1. Sa position en hauteur, à une vingtaine de mètres au-dessus du sol de la GG1, était primordiale.

Schéma de la Phase 2A, détermination de la position des puits au-dessus de la GG1.



Le 1^{er} puits, en bas de la GG1, est à l'aplomb du contrepoids en position basse ; le 2^{ème} puits, intermédiaire, est à l'aplomb du contrepoids pour la traction des poutres du plafond 1 ; le 3^{ème} puits, en haut de la GG1, est à l'aplomb du contrepoids pour la traction des poutres du plafond 2.

Schéma des Phases 2B1 et 2B2, détermination de la position des puits au-dessus de la GG2.

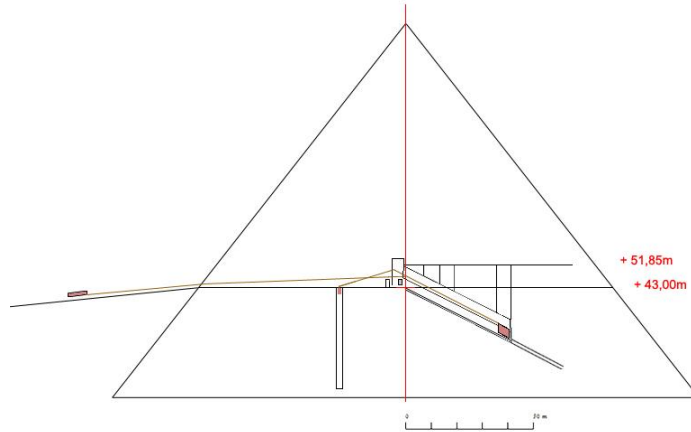


Le 1^{er} puits, en bas de la GG2, est à l'aplomb du contrepoids en position basse ; le 2^{ème} puits, intermédiaire, est à l'aplomb du contrepoids pour la traction des poutres des plafonds 3 et 5 ; le 3^{ème} puits, en haut de la GG2, est à l'aplomb du contrepoids pour la traction des poutres du plafond 4 et du toit.

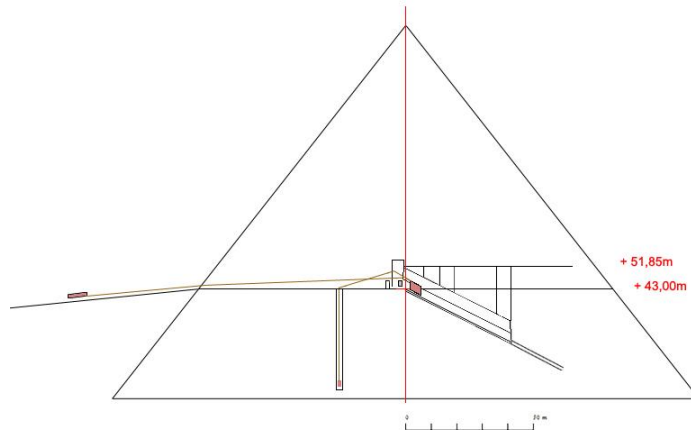
Ces trois puits sont à chaque fois axés sur le contrepoids ; les deux premiers mesurent 6,00m de longueur, le 3^{ème} est prévu pour deux positions du contrepoids et mesure 12,00m.

Le BIG VOID

L'architecture des ouvrages nécessaires au projet pouvait alors être réalisée autour de ces schémas, les concepteurs ayant un cahier des charges²⁹⁷ bien établi. Celle pour la Phase 1B est très simple.

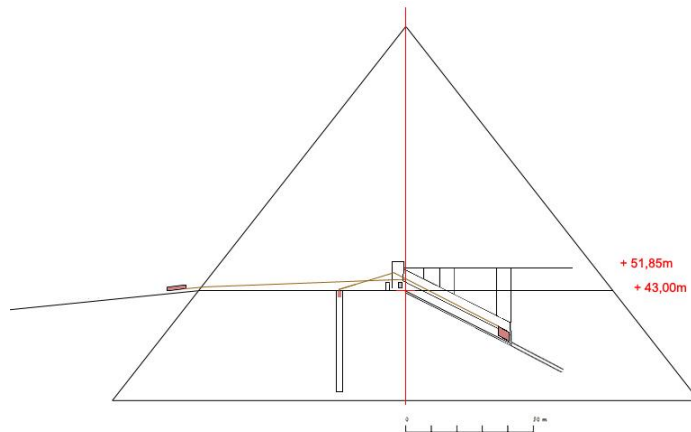


Les ouvrages nécessaires à la Phase 1B sont la GG1, construite avec ses trois puits, le couloir ascendant et un puits d'une quarantaine de mètres de profondeur à une vingtaine de mètres au sud de la Chambre du Roi, dans l'axe de la GG1. Le moteur ne sert qu'à remonter le contrepois.



Dans la Phase 1B, la modulation de la force de traction est faite en surchargeant et déchargeant le contrepois par les puits d'extraction construits au-dessus de la GG1. Pour les poutres de plus de 50t, la force produite par deux équipes d'une vingtaine d'hommes est nécessaire à la remontée du moteur.

Ces équipes sont positionnées au niveau +43m de part et d'autre du puits du moteur.

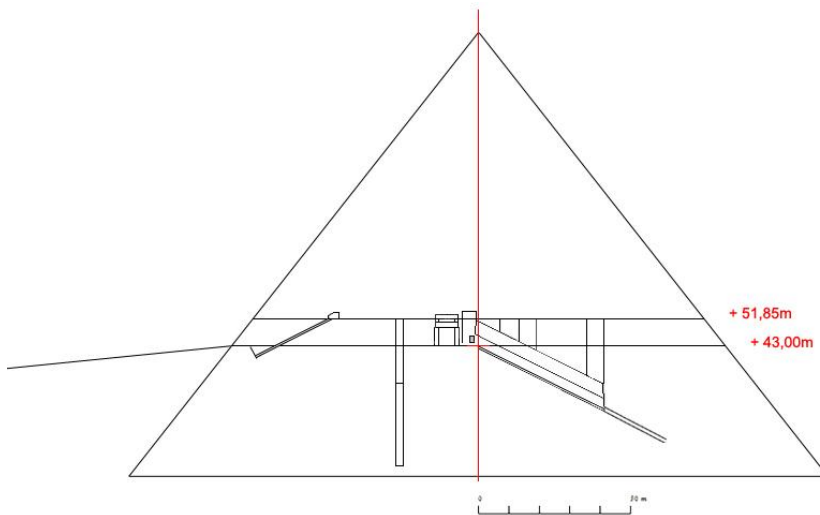
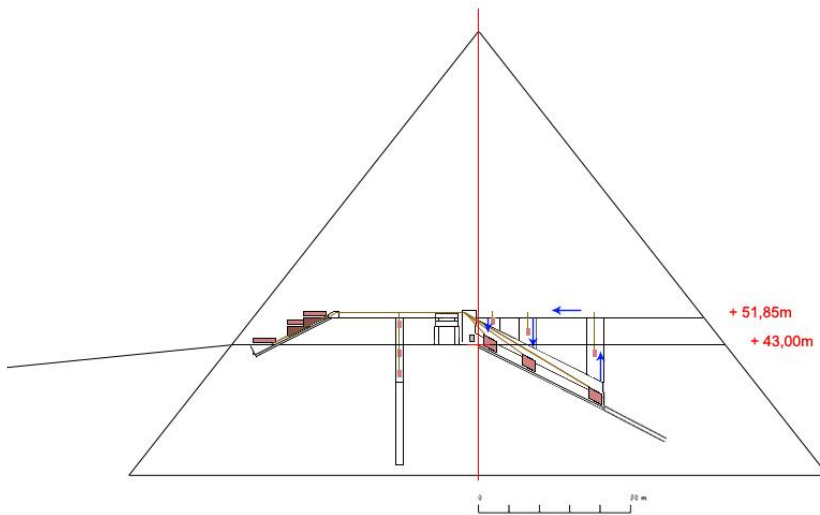


La Phase 1B est la seule qui fait directement appel à la force humaine pour la traction des monolithes de plus de 50t.. Dans les toutes les Phases, la force d'une vingtaine d'hommes est requise pour la modulation des surcharges.

²⁹⁷ Dans un projet de construction moderne, le cahier des charges contient tous les détails constitutifs de l'ouvrage à construire et est annexé aux plans.

Le BIG VOID

Architecture des ouvrages de la Phase 2A.



Construction des plafonds 1 et 2.

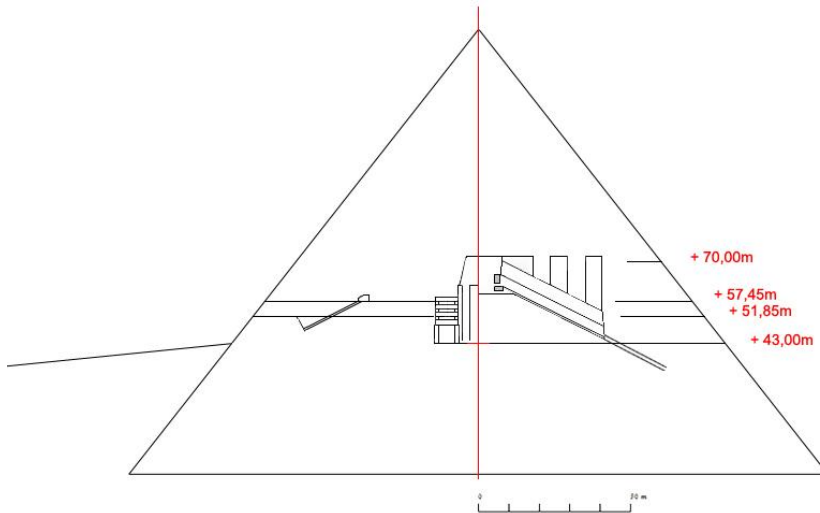
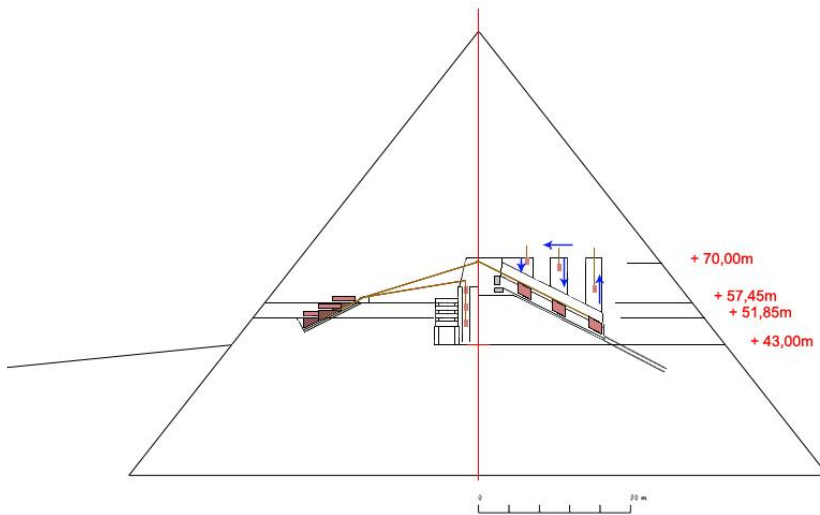
Les trois puits sont axés sur les trois positions du contrepois dans cette phase.

Ils mesurent 6,00m de longueur.

Le puits du moteur est surélevé jusqu'au niveau +51,85m et une partie inférieure utilisée dans la Phase 1B est comblée. A l'opposé de la GG1, la rampe-glissière extérieure est construite du niveau +43,00m jusqu'au niveau +51,85m. Elle a les mêmes caractéristiques que la partie basse de la GG1, si ce n'est que le rouleau-lest de tension du train de rouleaux circule directement sous celui-ci, la hauteur des banquettes latérales étant plus importante de façon à laisser plus d'espace.

Le BIG VOID

Architecture des ouvrages de la Phase 2B1.



Construction des plafonds 3 et 4 avec la GG2.

Les trois puits sont axés sur les trois positions du contrepois dans cette Phase.

Les puits du bas et intermédiaire mesurent 6,00m de longueur, celui du haut mesure 12,00m.

Le contrepois s'arrête sous la partie basse de ce puits.

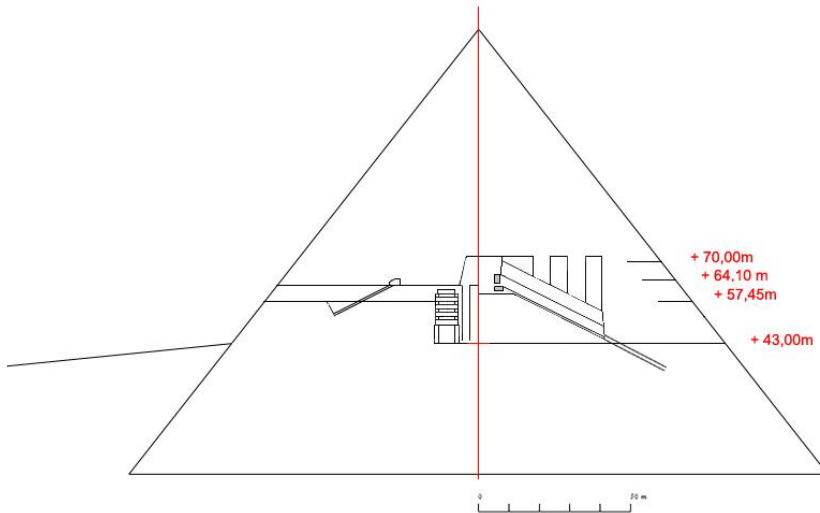
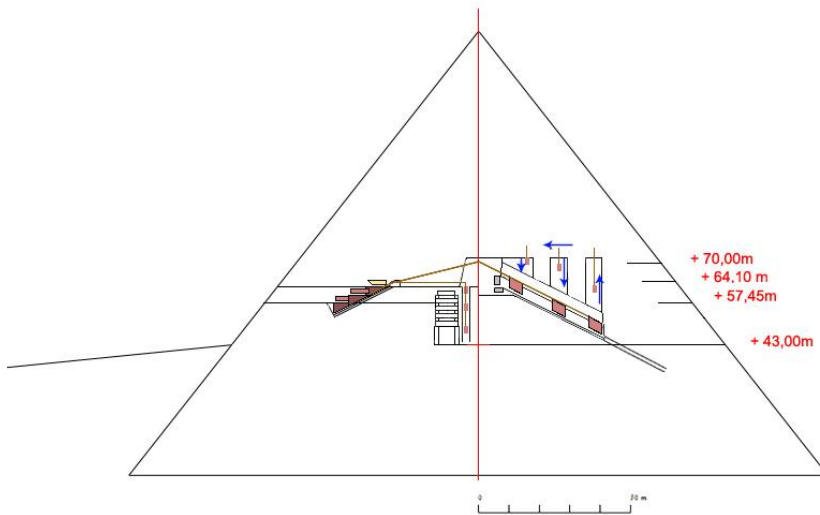
Le puits du moteur des Phases 2B1 et 2B2 est construit en totalité au-dessus de la chambre des herses.

Le puits de la Phase 2A est comblé.

A l'opposé de la GG2, la rampe-glissière extérieure est construite jusqu'au niveau +57,45m ; par contre elle est comblée entre le niveau +43,00m et le niveau +51,85m.

Le BIG VOID

Architecture des ouvrages de la Phase 2B2.



Construction du plafond 5 et du toit en chevrons avec la GG2

Les trois puits sont axés sur les trois positions du contreponds dans cette phase.

Les puits du bas et intermédiaire mesurent 6,00m de longueur, celui du haut mesure 12,00m.

Le contreponds s'arrête sous la partie haute de ce puits.

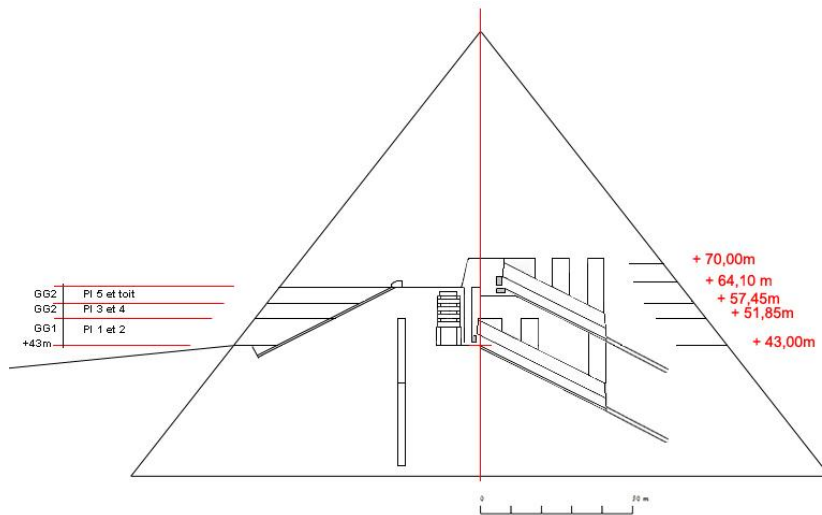
Le puits du moteur des Phases 2B1 et 2B2 est construit en totalité au-dessus de la chambre des herses.

Le puits de la Phase 2A est comblé.

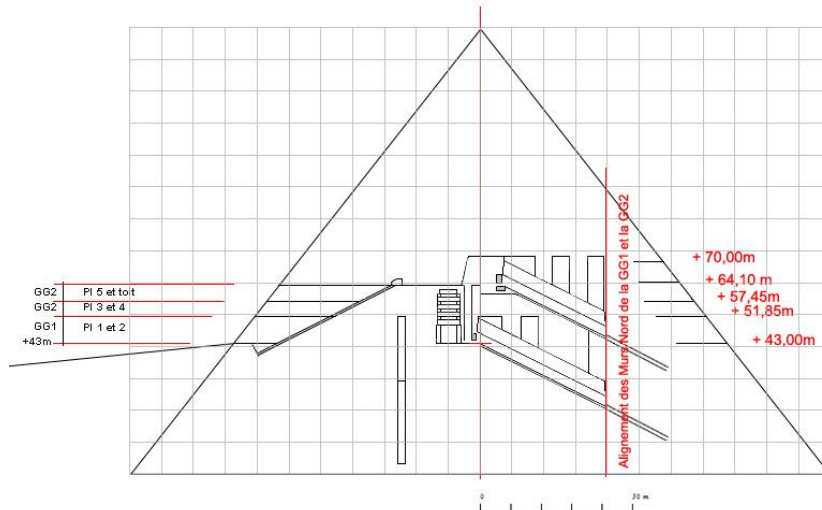
A l'opposé de la GG1, la rampe-glissière extérieure est construite jusqu'au niveau +64,10m ; par contre elle est comblée entre le niveau +51,85m et le niveau +57,45m

Le BIG VOID

En combinant les deux galeries du système à contrepoids, la GG1 et la GG2 avec leurs ouvrages annexes, l'architecture intérieure de la pyramide prend forme.



La philosophie de la conception du système à contrepoids à l'intérieur de la pyramide peut être résumé en quelques lignes : Pour utiliser la technique du renvoi à 180° pour tous les plafonds et le toit, soit un dénivelé de 21,10m, il fallait construire une glissière assurant une longueur de course d'un minimum de 70,00m pour le chariot contrepoids ; à celle-ci il fallait rajouter la longueur du chariot (environ 5,50m), plus une marge pour l'allongement des cordes (environ 2,00m) et enfin un quai en partie haute (environ 2,00m), ce qui aurait donné un total de près de 80,00m de galerie. Elle aurait démarré au ras du socle rocheux ! Avec un handicap notoire : à partir du 3^{ème} plafond, l'augmentation de l'angle β des cordes de traction aurait obligé à recourir à la force humaine en masse.



La solution la plus simple : diviser pour régner.

La galerie a été coupée en deux parties, la première (GG1) desservant les plafonds 1 et 2, la seconde (GG2) desservant les plafonds 3, 4 et 5 plus le toit, chacune étant positionnée de façon optimale pour la technique du renvoi à 180°. Cette division avait un avantage supplémentaire, la plus grande longueur de la GG1 réduisait le nombre de tractions sur la rampe extérieure.

Les concepteurs, ayant tracé la GG1 à partir du Point Zéro en haut de celle-ci, ont choisi de se référer à ce même point en créant un nouveau Point Zéro pour la GG2 sur la face intérieure de son mur Nord.

Ils ont placé celui-ci sur un axe d'alignement vertical tracé depuis la face intérieure du mur Nord de la GG1.

Ils ont ensuite dessiné les ouvrages de part et d'autre de cet axe, la GG2 en remontant et le couloir ascendant N°2 en redescendant vers la base. Grâce à la grille de conception, il ne restait plus qu'à positionner ce point en hauteur pour que le quai haut de celle-ci soit aligné horizontalement avec le niveau le plus haut à desservir, le niveau +64,10m.

De ce fait, la GG1 et la GG2 ont leur mur Nord parfaitement aligné.

Cette division avait un coût, l'allongement de la GG2 pour tenir compte du chariot contrepoids et du quai haut. Par contre l'allongement des cordes ne changeait pas, la longueur de course totale étant la même, étant redivisée entre la GG1 et la GG2. La GG2 mesure au minimum 38,04m de murs à murs, longueur à laquelle il faut rajouter un local technique horizontal en partie haute, entre le puits du moteur et le mur Sud ; l'ensemble se développe entre l'axe Est-Ouest et l'axe d'alignement des murs Nord, soit une distance en projection horizontale de 41,36m, soit 79 coudées, identique à celle de la GG1 entre ces deux axes.

La technique du réarmement des contrepoids dans les Phases 2A, 2B1 et 2B2.

La modulation de la charge des contrepoids circulant dans la GG1 et la GG2 dans les Phases 2A, 2B1 et 2B2²⁹⁸ est non seulement très efficace pour le hissage des monolithes, mais elle est indispensable pour leur réarmement avant toute traction, car c'est grâce à elle que le système à contrepoids peut fonctionner dans tous les cas de figure.

En effet, comme déjà vu, la technique de traction avec renvoi à 180° implique une longueur de course du contrepoids doublée par rapport à celle de la plateforme qui les transporte. Celle-ci, une fois les monolithes livrés aux niveaux de leur mise en place, est vide ; elle peut donc être utilisée pour réarmer le contrepoids²⁹⁹ en la chargeant suffisamment avec des blocs de granit³⁰⁰ comme ceux de la Chambre des herses³⁰¹. Cette idée est simple et logique, mais des problèmes apparaissent :

- la force de traction de la plateforme serait divisée par deux si les cordes restent dans la disposition de la technique par renvoi à 180°³⁰²,
- la longueur de course de la glissière/rampe imposerait un réarmement du contrepoids en quatre allers et retours³⁰³ de la plateforme,
- le moteur ne pourrait pas être remonté en raison de sa longueur de course double de celle de la plateforme alors que c'est lui qui devait servir à réarmer la plateforme avant toute nouvelle traction.

Les Egyptiens avaient déjà mis en œuvre une technique de traction par « segments » pour le hissage des monolithes dans les Phases 1A et 1B, un segment étant détaché après chaque traction pour raccourcir la ligne³⁰⁴ de traction au fur et à mesure de l'avancée des traîneaux. Ils ont appliqué le même principe pour la ligne de traction entre le contrepoids et la plateforme de hissage ; la longueur de ligne nécessaire à la mise en œuvre du renvoi à 180° était un segment détachable pouvant être remplacé par un segment permettant de revenir à une traction directe. Cette dernière redonnait la pleine force de traction à la plateforme, résolvait le problème de réarmement du moteur et ramenait le réarmement du contrepoids à deux allers et retours.

Mais avec la traction directe un nouveau problème apparaissait : si le système à contrepoids était à charge fixe et capable de hisser la poutre la plus lourde³⁰⁵, la plateforme devait être chargée 1,6 fois plus que celui-ci, sans compter le réarmement simultané du moteur ; une solution irréaliste.

En créant la modulation de la charge du contrepoids grâce aux puits d'extraction et de dépose de surcharges, les concepteurs ont également résolu ce problème. En ramenant le poids du contrepoids à son poids de base³⁰⁶, la plateforme devenait capable de réarmer le contrepoids et le moteur étant chargé avec dix-sept blocs de 2,5t, soit environ 42,5t³⁰⁷. Ce poids correspond au poids moyen des monolithes transportés, et l'emprise au sol de trois rangées³⁰⁸ de blocs de surcharge posés longitudinalement entre parfaitement dans les dimensions de la plateforme ; celle-ci pouvait donc facilement être chargée pour réarmer le contrepoids et le moteur.

²⁹⁸ La technique du réarmement du contrepoids dans la GG1 lors de la Phase 1B a été illustrée dans le schéma en haut de la Page 65, celle-ci étant particulière à cette Phase.

²⁹⁹ Devenant ainsi le contrepoids du contrepoids en service.

³⁰⁰ Des blocs d'environ 2,5t, donc transportables relativement facilement.

³⁰¹ Voir notes 180 et 181 Page 31.

³⁰² C'est-à-dire conserver la disposition des cordes identique à celle du hissage des monolithes.

³⁰³ La longueur de course de la plateforme divisée par 2 pour une longueur de course doublée à l'opposé.

³⁰⁴ Sur la rampe du port, la ligne de traction à multiples cordes (4 à 6 selon le poids du monolithe) était divisée en seize segments de 39,00m de longueur – voir 2^{ème} paragraphe Page 16.

³⁰⁵ Une poutre du 1^{er} plafond de 62t – voir *Note d'information N°2 Page 32*.

³⁰⁶ Soit environ 19,15 tonnes sur la base du poids des trois blocs bouchons et de l'ossature du chariot

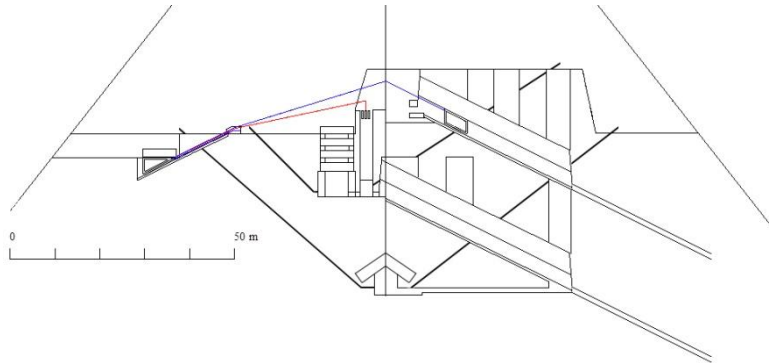
³⁰⁷ Plus le poids de la plateforme, 2t, pour un total de 44,5t.

³⁰⁸ 7,08m (1,18m de longueur x 6) et 1,77m (0,59m de largeur x 3) à comparer avec des dimensions maximum pour les poutres : 7,33m de longueur et 2,20m de largeur.

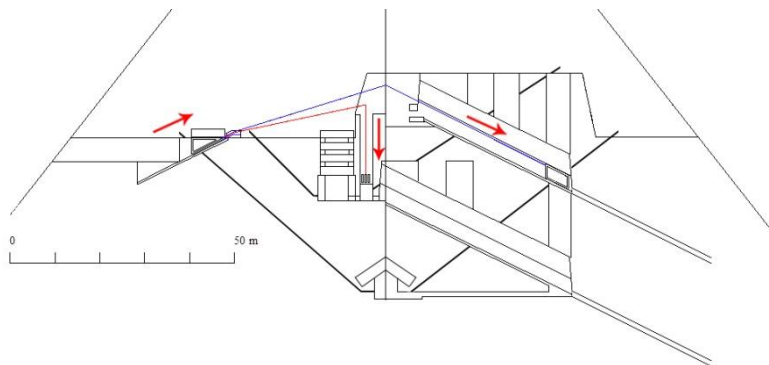
Le BIG VOID

Schémas du réarmement des contrepoids dans les Phases 2A, 2B1 et 2B2.

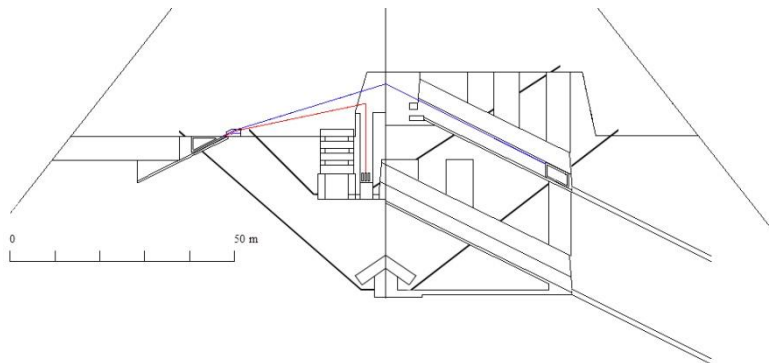
Exemple avec la GG2 : le hissage d'une poutre du 4^{ème} plafond suivi du réarmement du contrepoids.



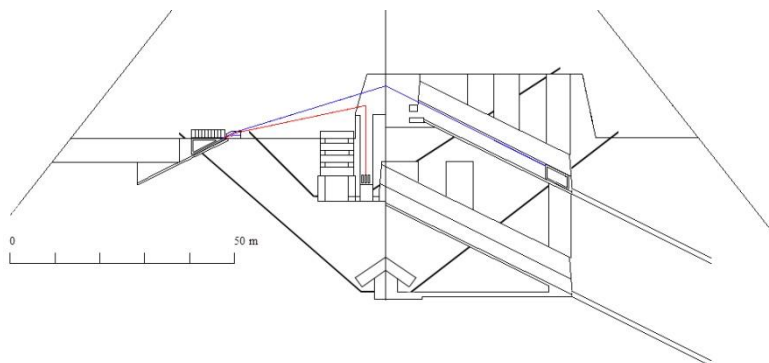
A gauche, la poutre est sur la plateforme en position basse, à droite, le contrepoids est en position haute pour une traction avec renvoi à 180°, au centre, le moteur est en position haute.



Après la traction, la poutre est arrivée à son niveau de livraison, le contrepoids et le moteur sont en position basse.

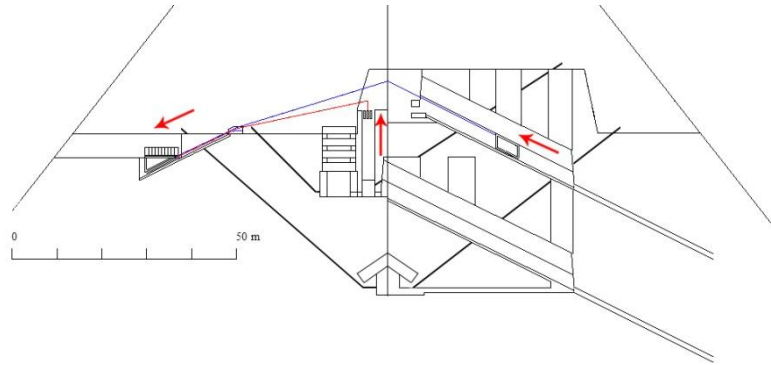


La poutre a été déchargé ; la ligne de cordes est modifiée, un premier segment court lié à la technique du renvoi à 180° est retiré de sa fixation et remplacé par un autre segment court adapté à la technique de traction directe. La ligne de cordes a été maintenue en tension au niveau du quai haut de la glissière de la plateforme pendant la manœuvre.

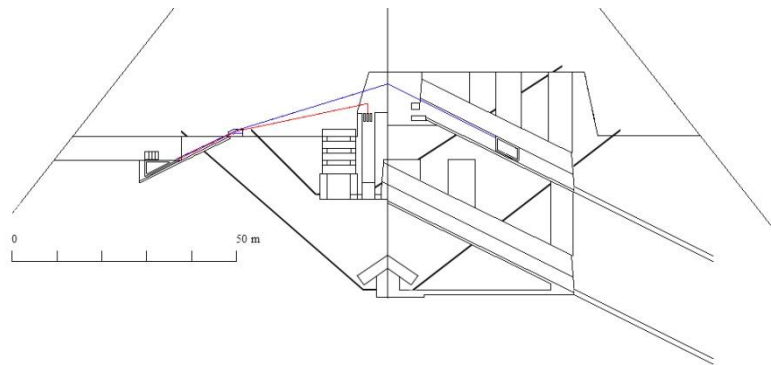


La plateforme est maintenant chargée avec les dix-sept blocs de 2,5t nécessaires au réarmement du contrepoids et du moteur.

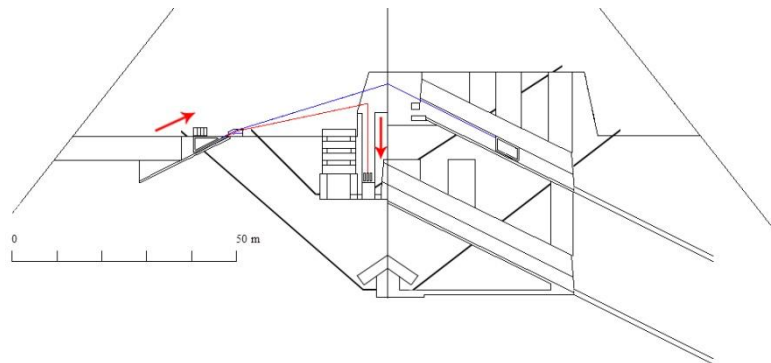
Le BIG VOID



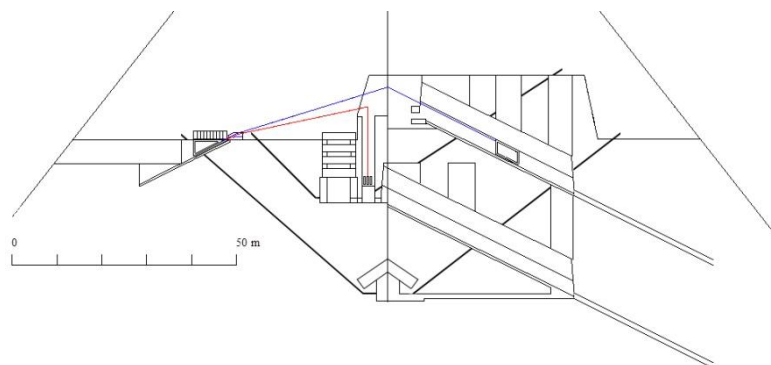
La première traction du réarmement est terminée, sa course a été freinée par une équipe retenant la plateforme. Le contre poids est à mi-course de son réarmement, le moteur est en position haute.



Une grande partie de la charge est retirée de la plateforme, celle pouvant être remontée par le moteur est conservée. La ligne de cordes reliant le contre poids est fixée au niveau du quai haut de la glissière, un deuxième segment lié à la technique du renvoi à 180° entre la plateforme et le quai haut est retiré pour raccourcir la ligne de traction d'autant. La plateforme est remontée, tractée par le moteur seul.

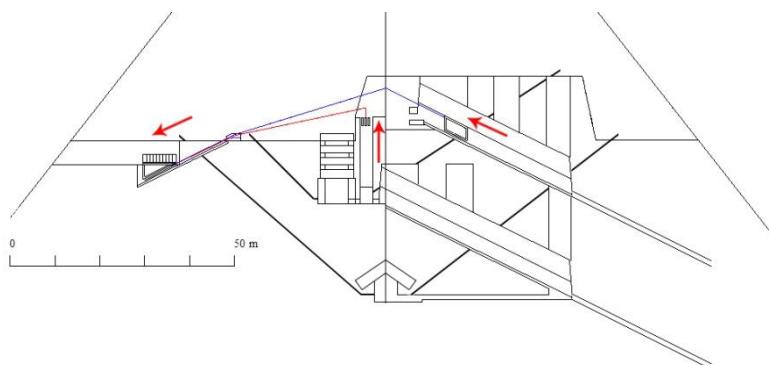


La plateforme est en partie haute de la glissière, le moteur est en position basse. La ligne de corde de réarmement du contre poids est a nouveau reliée à la plateforme au niveau de la fixation provisoire, cette ligne étant raccourcie de la longueur de la course précédente.

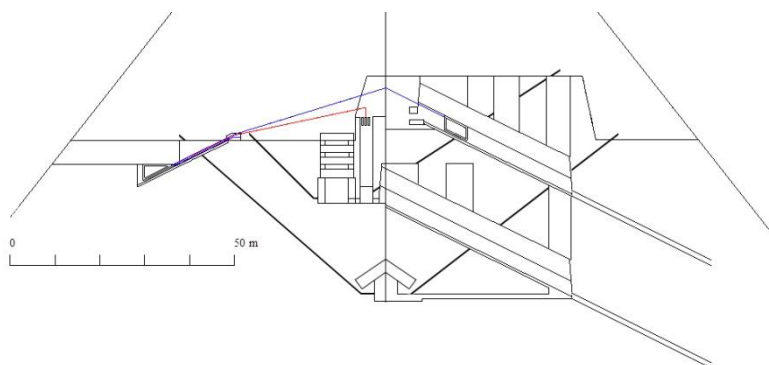


La plateforme est à nouveau chargée des dix-sept blocs de 2,5t.

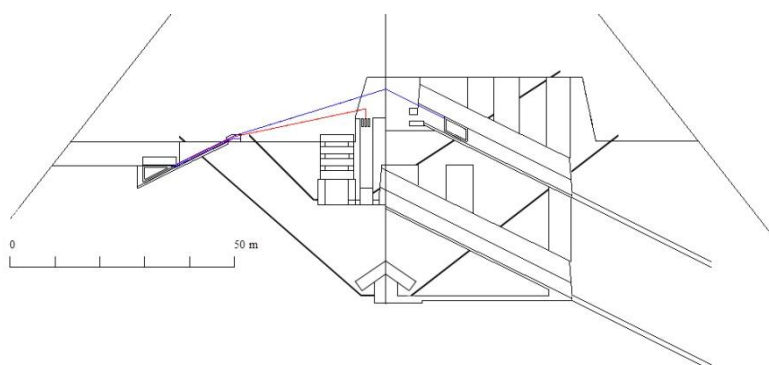
Le BIG VOID



La seconde traction du réarmement est terminée, sa course a été freinée par une équipe retenant la plateforme. Le contrepoids et le moteur sont en position haute.



La plateforme est déchargée, le segment de la ligne de cordes pour traction directe est retiré, les deux segments pour la traction par renvoi à 180° sont remis en place. Pendant cette opération, le moteur sert à relâcher la tension des cordes de la ligne de traction en agissant sur la plateforme de hissage.



Le réarmement terminé, une nouvelle poutre est mise en place sur la plateforme pour une nouvelle traction par renvoi à 180°.

Pour terminer avec cette procédure de réarmement des contrepoids, il convient de replacer cette opération dans le contexte du chantier, des phases de hissage des monolithes et la notion du temps.

J'imagine qu'il a fallu attendre la fin de la 14^{ème} année³⁰⁹ du règne pour disposer de tous les monolithes sur le chantier³¹⁰ et une année de plus pour que la Phase 1B soit terminée. Les Phases 2A³¹¹, 2B1³¹² et 2B2³¹³, nécessitant au total cent quarante-trois tractions, pourraient avoir été étalées sur un minimum de trois années, ce qui indique que ces opérations ne se faisaient pas dans la précipitation, mais dans un planning d'exécution maîtrisé.

³⁰⁹ Voir 2^{ème} paragraphe Page 16.

³¹⁰ La Phase 1B pouvant avoir commencé vers la 13^{ème} année, une partie était déjà hissée sur l'aire de stockage.

³¹¹ 65 tractions pour la mise en place de deux premiers plafonds avec la GG1 et le hissage des monolithes restant au niveau du 2^{ème} plafond.

³¹² 48 tractions pour la mise place des plafonds 3 et 4 avec la GG2 et le hissage de monolithes restant au niveau du 4^{ème} plafond.

³¹³ 30 tractions pour la mise en place du 5^{ème} plafond et le hissage des poutres du toit avec la GG2.

Note d'information N°5 :

En regardant tous ces schémas, un constat s'impose : les distances entre les différentes zones du chantier sont très importantes, avec, par exemple, plus de 110m horizontalement et près de 9m verticalement entre l'aire de stockage au niveau +43,00m et le sommet du puits le plus au nord de la GG1 et plus de 90m horizontalement et près de 18m verticalement entre la base de la glissière et le sommet du puits le plus au nord de la GG2. La Phase 1B représentait près de six-cents tractions et la Phase 2A, soixante-cinq. Quant aux Phases 2B1 et 2B2, elles nécessitaient soixante-dix-neuf tractions au total. Ces chiffres sont à multiplier par deux avec les réarmements des contrepoids. De plus, ces trois dernières phases requéraient des préparations précises au niveau de la modulation de la charge des contrepoids en fonction du poids des poutres à hisser et une attention particulière lors des mouvements des contrepoids et de la plateforme afin de prévenir tout incident technique. Ce n'est pas en communicant par gestuelle ou par drapeaux³¹⁴ que ce problème pouvait être résolu. Là encore, les Egyptiens devaient avoir trouvé une solution simple et très efficace.

Dès le début de mes recherches au sujet de la pyramide de Kheops, en lisant le livre de Jean Kérisel³¹⁵, « KHEOPS, Génie et Démesure d'un Pharaon », j'ai été frappé par un passage³¹⁶ qui a été gravé dans ma mémoire et est toujours présent dans mes travaux. C'est au sujet de la Chambre du Roi :

« Avant que je n'entre pour la première fois dans cette chambre, un accident survint dans le circuit d'éclairage électrique ; l'obscurité régna soudain partout dans la pyramide tandis que quelques musulmans dans la chambre du Roi psalmodiaient la prière. Au haut de la Grande Galerie, le son qui me parvenait était extraordinaire de pureté et d'ampleur. J'entrais dans la chambre pour n'y apercevoir, éclairé par une faible torche, qu'un seul musulman prosterné dans un coin à côté du sarcophage : amplification extraordinaire. »

J'ai immédiatement compris que cette amplification³¹⁷, liée au granit qui constitue l'unique matériau de la Chambre, avait été exploitée par les constructeurs pour une raison ou une autre. Puis, en 2001, lors d'une rencontre avec Pierre Delétie³¹⁸, je lui ai parlé de l'acoustique de la chambre. Il m'a alors raconté son expérience personnelle qui a eu lieu pendant la mission de microgravimétrie; alors qu'il était dans la Chambre du Roi, il entendait parfaitement des collègues discuter entre eux, pensant qu'ils étaient dans la Chambre des Herses. Il s'est déplacé pour leur parler, mais il n'y avait personne là ni dans la Grande Galerie. Il est retourné d'où il venait et en passant près du conduit Nord de la pièce, il s'est rendu compte que les voix venaient de l'extérieur, à plus de soixante-quinze mètres de lui. Il a alors interpellé ses collègues et une conversation s'est engagée. Il était absolument stupéfait !

M'intéressant au problème, je me suis rendu compte que la Chambre de la Reine avait aussi une acoustique extraordinaire : ses murs en calcaire de Tourah ont été poncés et polis, ce qui avait eu pour effet d'augmenter celle-ci ; pour moi il y avait une volonté évidente d'utiliser cette acoustique.

Peu de temps après, j'imaginai le système à contrepoids pour le hissage des poutres et lui associais un système d'interphonie basé sur la Chambre de la Reine et ses deux conduits, qui ne débouchent

³¹⁴ Ce genre de suggestions que j'ai souvent eu l'occasion de lire dans les commentaires à propos de mes propositions au niveau de la communication. Pourquoi pas par...volutes de fumée !

³¹⁵ Jean Kérisel, un ami de mon père, est à l'origine de mes travaux sur la pyramide de Kheops.

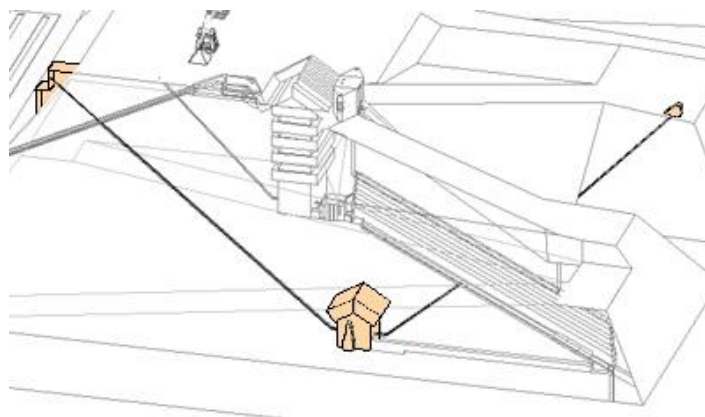
³¹⁶ Pages 126 et 127.

³¹⁷ Plus tard, les Grecs ont construit un « heptaphone » à Olympie, preuve que les Anciens étaient des acousticiens chevronnés.

³¹⁸ Pierre Delétie est le géologue qui faisait partie de la mission de microgravimétrie de la Fondation EDF ; c'est lui qui nous a remis, à mon père et moi, des documents sur cette mission en septembre 2000.

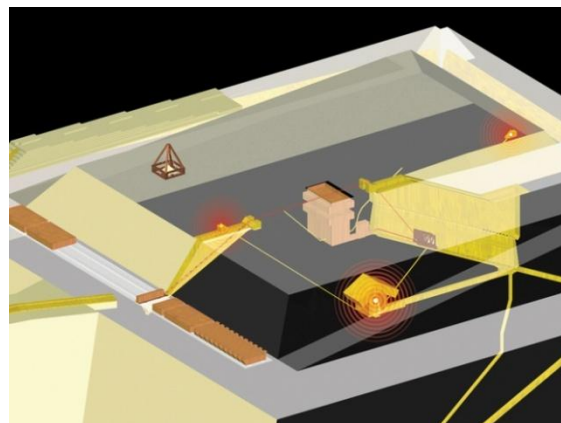
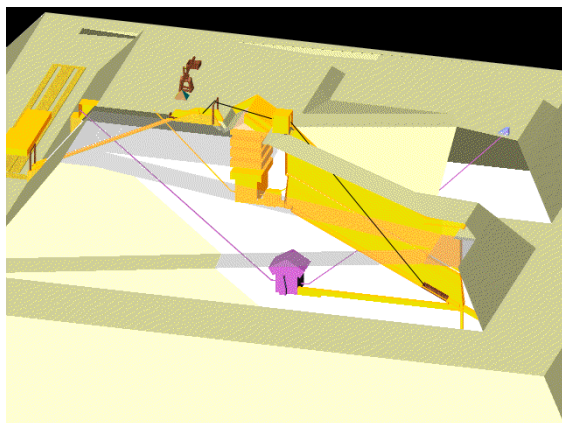
pas sur l'extérieur, et dont un était obturé par une plaque³¹⁹ de calcaire. La construction de la Chambre de la Reine³²⁰ avait été décidée par les concepteurs en tant que chambre funéraire de secours en cas de décès prématuré du Roi ; elle aurait pris le relais de la chambre souterraine si le Roi était décédé avant la fin de la construction de la Chambre du Roi. Cela dit, comme pour beaucoup d'ouvrages de la pyramide, elle avait un autre rôle temporaire : être une chambre acoustique pour le système d'interphonie. Sa position, sur l'axe Est-Ouest, permettait de construire, suivant un angle similaire, deux conduits acoustiques partant des murs Nord et Sud et débouchant à égale distance de celui-ci au fur et à mesure de l'élévation de la pyramide. Leur position était précise, leur débouché dans la chambre se faisant face, et leur parcours restait au plus près de l'axe Nord-Sud, bien que le conduit Nord ait dû être dévié pour éviter des ouvrages construits dans cette partie.

Depuis 2002, le système d'interphonie est au cœur de l'exploitation du système à contrepoids ; au début, à mon grand regret, il était uniquement basé sur la Chambre de la Reine, ayant du mal à trouver un rôle pour la Chambre du Roi malgré sa meilleure acoustique. La découverte du BIG VOID a totalement changé la donne, le rôle d'amplificateur acoustique d'un système d'interphonie impliquant les deux chambres est maintenant une évidence indiscutable quand on analyse la géométrie des conduits. Celle-ci est étonnante car, dans toutes les phases, ils débouchent près d'un ouvrage impliqué dans le système à contrepoids.



Premier modèle 3D du système d'interphonie basé sur la Chambre de la Reine en mars 2002.

A gauche, le débouché du conduit Sud permet d'avoir une vue d'ensemble de la glissière de hissage des monolithes et à droite le débouché du conduit Nord, d'avoir une vue d'ensemble de la Grande Galerie. Les opérations de traction des monolithes et du réarmement du contrepoids peuvent être coordonnées entre les équipes affectées aux deux zones, Sud et Nord, du chantier. La configuration de ce dernier ne donne aucun rôle à la Chambre du Roi.



Deux autres modèles 3D du système d'interphonie, de 2004 à gauche et de 2006 à droite.

³¹⁹ Découverte par le robot UPUAUT 2 de Rudolph Gantenbrinck en 1993 ; l'autre plaque sera découverte par le Pyramid Rover en 2002 (voir Page 135).

³²⁰ Appellation appliquée lors de la conquête arabe, soit plusieurs millénaires plus tard.

En mars 2006, lors d'un séjour au Caire, j'ai à mon tour personnellement été le témoin d'un évènement extraordinaire : j'étais avec un ami³²¹ américain dans la Chambre du Roi. A 12h30, un gardien nous a prié de quitter les lieux car un groupe de méditation américain avait loué la Chambre du Roi pour une heure, une pratique régulière à l'époque.

Nous avons alors vu arriver une trentaine de personnes, toutes habillées de tuniques blanches et chacune portant un coussin, précédées par un « Maître de Cérémonie ». Elles sont entrées dans la pièce et ont commencé à s'allonger sur le sol. Nous sommes restés discrètement près de la sortie, attendant de voir ce qui allait se passer. Le « Maître » a alors demandé le silence et quand il a obtenu satisfaction, il a frappé le sol de granit d'un coup sec avec un diapason.

Et là, nous avons compris ce qu'une acoustique impressionnante veut dire. Le son de la note émise par le diapason s'est mis en résonance dans la pièce, le sol, les murs et le plafond de granit amplifiant le phénomène d'une façon extraordinaire. Le phénomène a duré de longues secondes. Puis les « disciples » ont commencé à psalmodier dans la pièce, s'enivrant des résonances des sons qu'ils émettaient

Mon ami et moi sommes sortis de la pyramide, restant devant celle-ci à une vingtaine de mètres. On discutait tranquillement quand tout d'un coup j'ai dit à mon ami : « Tu entends ? Ecoute... ».

Dans la Chambre du Roi, le « Maître » frappait le sol avec son diapason et on entendait très bien les notes au milieu du brouhaha des voix des nombreux touristes présents au pied de la pyramide. Le son sortait par le débouché du conduit Nord de la Chambre du Roi ; plus on le fixait, plus on entendait des sons en sortir, les disciples reprenant leurs psalmodies de plus belle. Oubliées les clameurs de Gizeh ou les appels à la prière du muezzin. Notre sens auditif était totalement capté par les sons déversés par le conduit. Puis, d'un seul coup, tout s'est arrêté et quelques minutes plus tard, nous avons vu le « Maître » et sa trentaine de disciples ressortir par l'entrée creusée par Al-Ma'moun.

Personne autour de nous n'avait remarqué quoi que ce soit, ce genre d'évènement ne pouvant être vécu que par quelqu'un de très attentif, bien imprégné de la pyramide et déjà alerté par l'épisode de l'arrivée du groupe dans la Chambre du Roi³²².

Pour le prix de deux tickets d'entrée, nous venions de vivre une expérience scientifique très informative sur les qualités acoustiques des chambres de la pyramide ; celle-ci m'a conforté dans mon idée d'une utilisation temporaire de la Chambre de la Reine et de ses conduits comme moyen de communication phonique.

Pour finir, pour balayer l'objection qui pourrait être avancée due au fait que les conduits de la Chambre de la Reine n'étaient pas ouverts³²³ dans celle-ci, il suffit de bien analyser l'appareillage des blocs des murs Nord et Sud de la Chambre au droit de ces conduits et le couloir construit dans la niche du mur Est.

Le bloc Nord, à l'angle du couloir horizontal, n'a pratiquement aucune charge sur lui, un encorbellement inversé fait par les blocs des rangs supérieurs formant linteau le déchargeant du poids du mur, qui lui-même ne supporte aucune charge, le toit en chevron ne s'appuyant pas sur lui. De plus, son arête verticale n'a jamais été dressée, un bourrelet de calcaire ayant été conservé pour

³²¹ Jeffrey Kearney, un dialoguiste de « séries » pour plusieurs chaînes de télévision internationales.

³²² "Dans le champ de l'observation, le hasard ne favorise que les esprits préparés" (Louis Pasteur).

³²³ Les deux conduits ont été découverts en 1872 par Waynman Dixon, ingénieur civil anglais, qui s'était installé temporairement dans une tombe creusée dans le socle rocheux du Plateau de Gizeh à la limite du cimetière oriental ; c'est dans cette même tombe que Sir Flinders Petrie s'installera en 1880 lors de son séjour aux pyramides. Waynman Dixon trouvera une boule de dolérite et un crochet en cuivre dans le conduit Nord ; ces deux objets sont au British Museum de Londres.

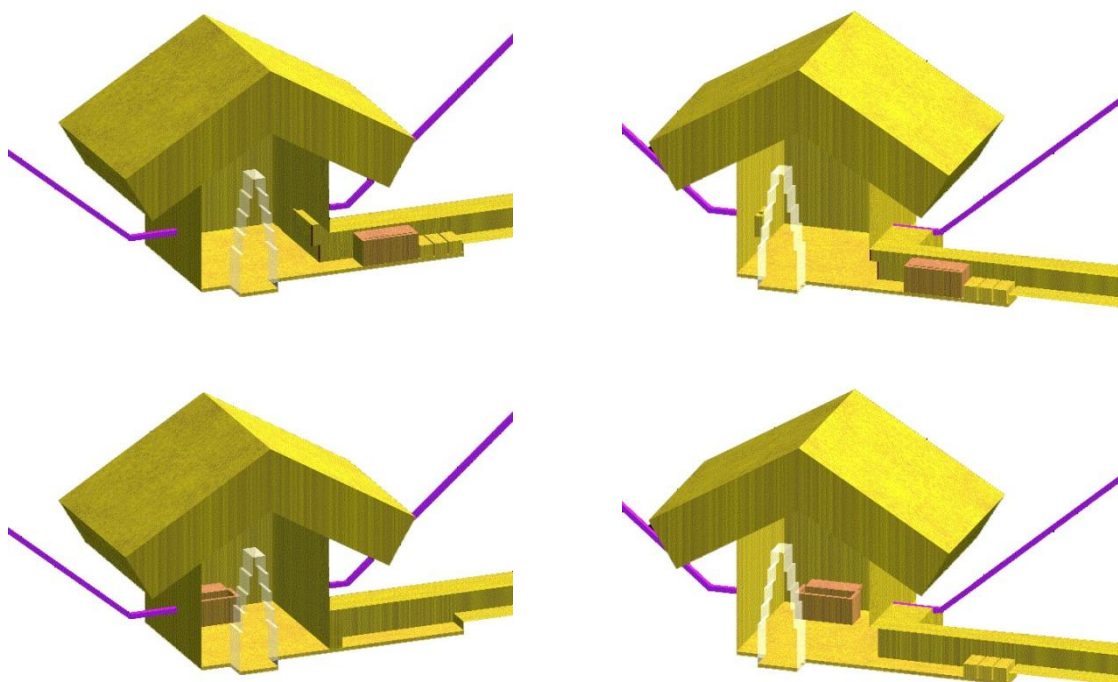
Le BIG VOID

éviter qu'il ne soit épaufré. Les trois blocs linteaux sont traversés par une longue fissure, la seule du mur Nord.

Le bloc Sud est le seul de ce mur à n'avoir aucune charge sur lui ; il est à l'intérieur d'un portique créé par l'appareillage des blocs de part et d'autre. Étrangement, une double fissure verticale part des deux bords du conduit, traversant trois rangées de blocs au-dessus.

Ces fissures, plus celle qui traverse tous les blocs au nord du mur Est au droit de la niche, sont, pour moi, les conséquences d'une contrainte consécutive à la poussée des blocs-tiroirs dans leurs logements ; la GG1 est au bout du couloir horizontal et il était facile de créer une force provisoire pour cette opération. Il n'y avait que 30cm à pousser pour chaque bloc.

Les pierres, encore une fois, parlent très explicitement.



Les deux blocs, dans le mur Nord et dans le mur Sud, n'étaient pas percés, les conduits s'arrêtant à 8cm du nu intérieur de ces blocs. Pour pouvoir laisser passer le son, ces blocs, tels des tiroirs, ont été avancés d'une trentaine de centimètres dans la pièce pendant toute l'utilisation de l'interphone. Ils ont ensuite été repoussés dans leurs logements pour ne laisser aucune trace visible dans la pièce. Le couloir construit dans la niche du mur Est a servi lors de ces manœuvres.

L'Architecture intérieure de la pyramide peut maintenant être complétée.

Comme on l'a vu, la GG1 a été intensivement utilisée dans les Phases 1B et 2A, son contrepois faisant environ six-cent-soixante-cinq allers et retours, soit mille trois-cent-trente trajets, avec une conséquence importante : les rouleaux de cèdre du train de rouleaux s'usaient et devaient être fréquemment remplacés par de nouveaux rouleaux. La nécessité de disposer de pièces de rechange à proximité a conduit les concepteurs à créer un couloir horizontal partant du bas de la GG1 et s'étendant jusqu'à la Chambre de la Reine ; une bonne partie de celui-ci comportait des alcôves se faisant face, portant la largeur disponible à quatre coudées, identique à celle de la GG1.

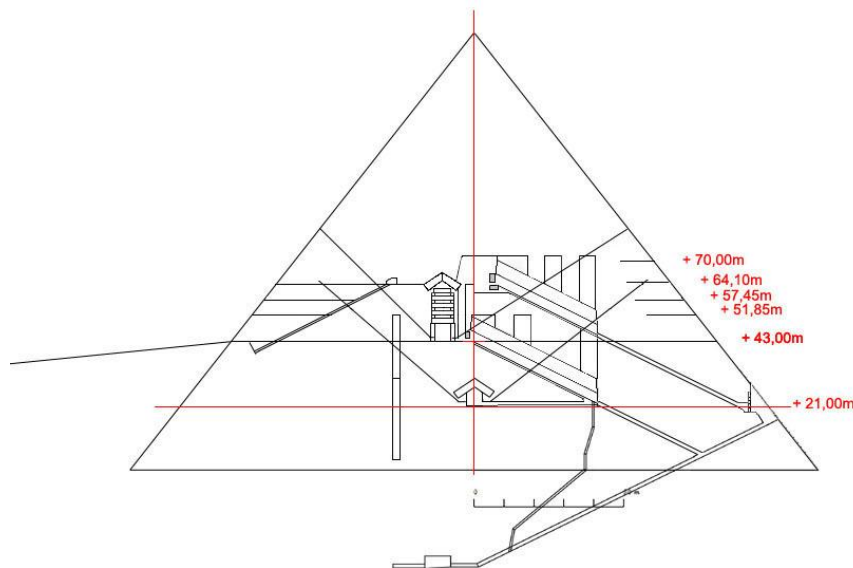
Le BIG VOID

Près de quatre-cents rondins³²⁴ pouvaient être stockés dans une hygrométrie et une température constantes. A la fin de l'utilisation de la GG1, les alcôves ont été comblées par des plaques de calcaire, effaçant leur existence.

Les conduits de la Chambre de la Reine et ceux de la Chambre du Roi venaient compléter les plans, avec une particularité supplémentaire pour les seconds : assurer la ventilation de la Chambre du Roi une fois sa construction terminée. Cette pièce était la première qui allait être construite à un niveau bien plus haut que l'entrée dans une pyramide. Jusqu'à ce stade, la pyramide était naturellement ventilée par les couloirs, les GG1 et GG2 et leurs puits de modulation grands ouverts. Une fois tous les ouvrages noyés dans la masse de pierre, il ne restait plus que les conduits de la Chambre du Roi qui débouchaient sur l'extérieur.

Discutant un jour avec Jean Kérisel, qui avait travaillé, dans les années 90 à la rénovation de la ventilation de la Chambre, celui-ci m'avait fait part de son étonnement quand, le jour où les conduits ont été débouchés, l'air frais s'est littéralement engouffré dans la pièce. Cela ne m'a pas surpris du fait du positionnement de ces puits, sur un axe Nord-Sud : une sortie au nord, une face plus froide car moins exposée au soleil et une autre, au sud, une face plus chaude car en plein Soleil. Cette disposition produisait naturellement un effet de succion ; l'air chaud léchant la face Sud aspirait, par le puits Sud, l'air plus frais de la face Nord par le puits Nord. Sur son chemin, il traversait la Chambre, assurant une bonne aération.

Il ne restait plus que les derniers ouvrages³²⁵ à créer : le couloir descendant menant, depuis l'entrée en face Nord, à la chambre souterraine et le prolongement des deux couloirs ascendants reliant la GG1 et la GG2 jusqu'au couloir descendant ; enfin un puits de service était décidé pour ventiler la chambre souterraine pendant les travaux de creusement.



Coupe de la pyramide de Kheops compilant tous les ouvrages ayant participé à la construction de la Chambre du Roi et sa superstructure, les ouvrages inconnus étant intégrés : les puits de modulation de la charge du contreponds au-dessus de la GG1, la GG2 et ses puits de modulation, le puits du moteur de la GG2, le puits du moteur de la GG1 et la rampe-gliissière de hissage des monolithes de la superstructure.

La mission ScanPyramids a découvert la GG2 et ses puits de modulation des charges.

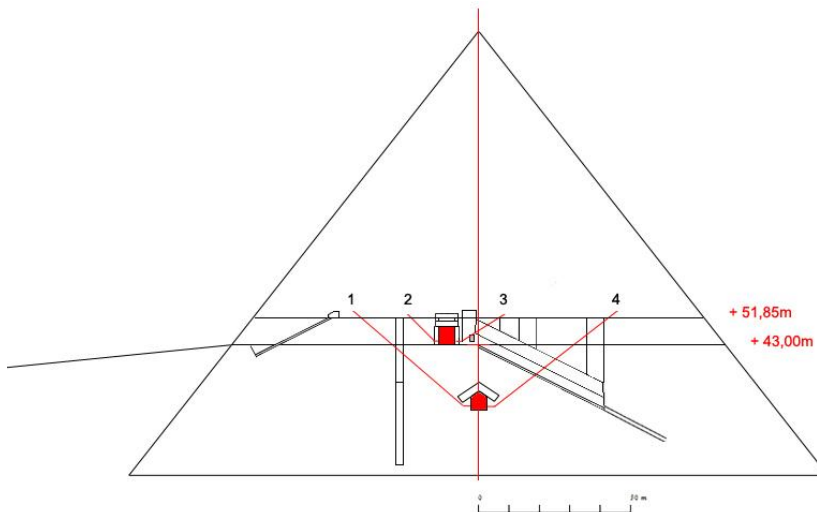
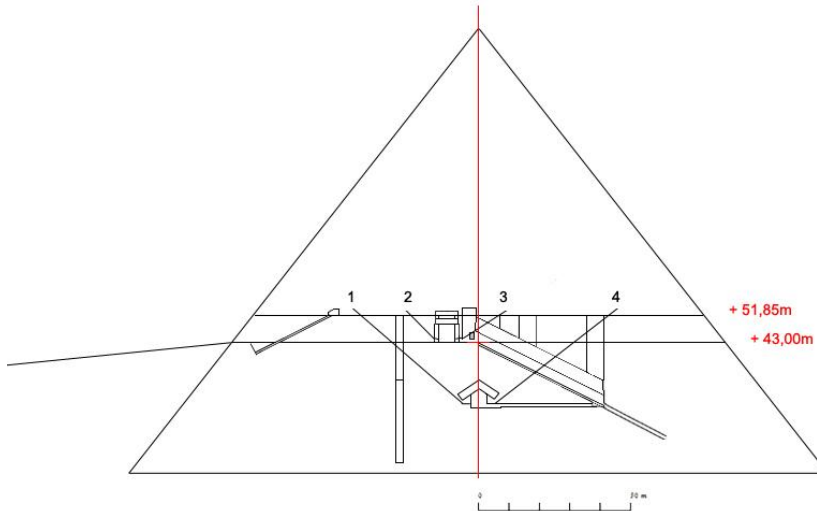
Un œil attentif devrait rapidement comprendre l'extraordinaire géométrie des conduits de la Chambre de la Reine et de la Chambre du Roi et leur interaction avec les niveaux des plafonds et du toit de la dernière.

³²⁴ Interdisant l'accès à la Chambre de la Reine pendant plusieurs années. Ce n'était d'ailleurs pas le rôle de ce couloir, l'accès étant assuré par un autre circuit.

³²⁵ Dans ce paragraphe, je ne fais référence qu'aux seuls autres ouvrages connus de la pyramide. Pour ceux que j'imagine dans mes théories, le Circuit Noble et la rampe intérieure, j'en parlerai dans les documents à suivre.

Le BIG VOID

Schémas montrant l'extraordinaire géométrie des conduits des deux Chambres.



Exemple de relation entre les Chambres et leurs conduits avec les ouvrages impliqués dans le système à contrepoids, dans le cas présent, lors de la Phase 2A de la construction de la Chambre du Roi avec la GG1.

Lors de la construction des plafonds 1 et 2, les conduits de la Chambre de la Reine permettent une communication directe entre le haut de la glissière de hissage des monolithes (1) et le puits inférieur de la GG1 (4). Les conduits de la Chambre du Roi assurent la communication entre le puits moteur (2) et le puits supérieur de la GG1.

La faible distance entre (1) et (2) permet d'échanger entre les deux réseaux phoniques.

Les postes de transmission des ordres ont chacun leur rôle :

Le poste (1) transmet les informations concernant le chargement d'un monolithe sur la plateforme de hissage lors d'une traction et lors du chargement des blocs sur cette même plateforme pour le réarmement du contrepoids

Le poste (2) transmet les informations concernant le moteur

Le poste (3) transmet les informations du contrepoids en position haute lors de la pose de surcharges par les deux puits supérieurs en fonction du plafond en construction.

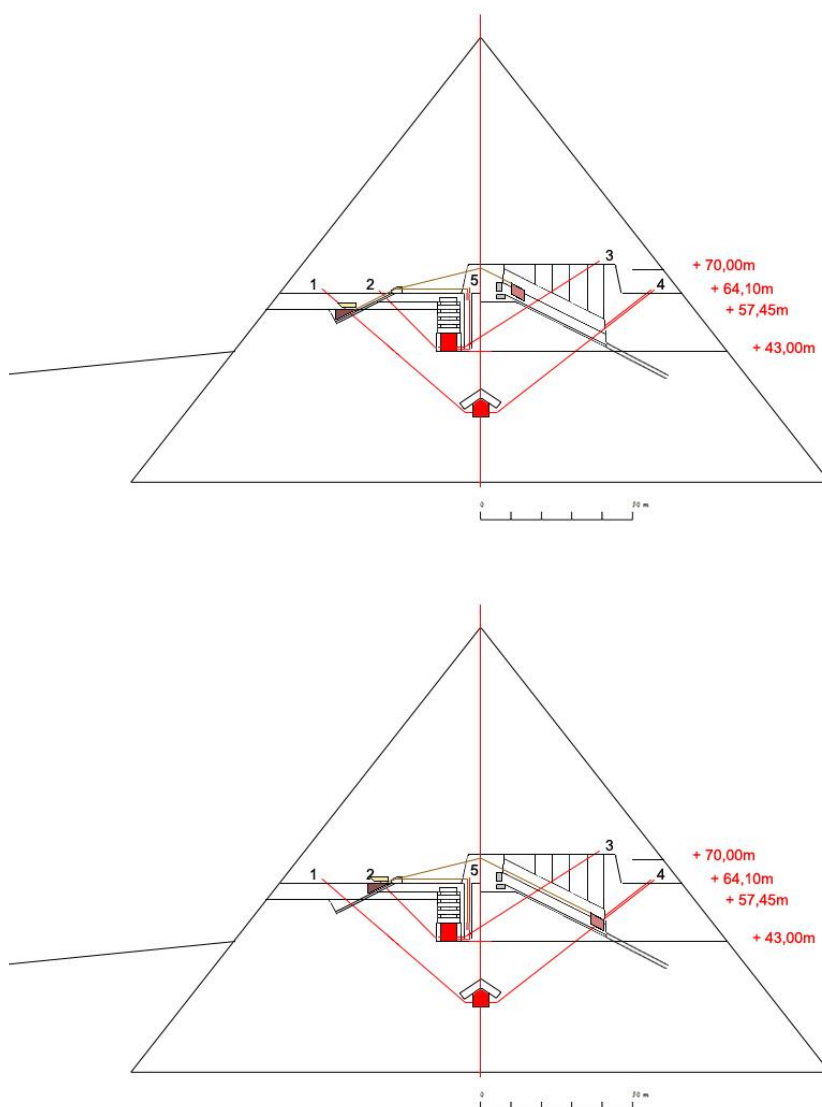
Le poste (4) transmet les informations relatives à l'enlèvement des surcharges avant chaque nouveau réarmement.

Des opérateurs audio sont placés à chaque poste et à l'intérieur des chambres, un opérateur étant positionné à chaque débouché dans les pièces. Ces opérateurs « relayent » les ordres qu'ils reçoivent, aidés en cela par l'acoustique exceptionnelle des chambres.

Tous les ordres opérationnels liés au système à contrepoids sont ainsi transmis en temps réel.

A cela il faut ajouter ceux liés à la surveillance de toutes les parties mobiles : chariot contrepoids, plateforme de hissage et trains de rouleaux, plus l'état des cordes en fonctionnement.

Le BIG VOID



Exemple de relation entre les Chambres et leurs conduits avec les ouvrages impliqués dans le système à contrepoids, dans le cas présent, le hissage des poutres en calcaire du toit lors de la Phase 2B2 avec la GG2.

Le poste (1) transmet les informations concernant le chargement d'une poutre sur la plateforme de hissage.

Le poste (2) transmet les informations concernant le déchargement de cette poutre et le chargement des blocs sur cette même plateforme pour le réarmement du contrepoids.

Le poste (3) transmet les informations relatives à l'enlèvement des surcharges avant chaque nouveau réarmement.

Le poste (4) est doublé, un conduit parallèle au conduit Nord de la Chambre de la Reine, partant du mur Nord de la GG2, le rejoint au niveau +64,10m. Un opérateur est posté dans une niche aménagée dans ce mur Nord, surveillant les déplacements du contrepoids. Du double poste (4), toute information peut être transmise en temps réel dans le réseau.

En addition des conduits, un circuit de transmission complémentaire relie le poste (5) en haut du puits du moteur directement à la Chambre du Roi. Par ce circuit, à proximité de la GG2, un opérateur gère les informations du contrepoids en position haute lors de la dépose des surcharges par les deux puits supérieurs. Debut dans la Chambre des Herse, entre la herse fixe et le mur Nord³²⁶, un second opérateur relaye les informations aux opérateurs dans la Chambre du Roi

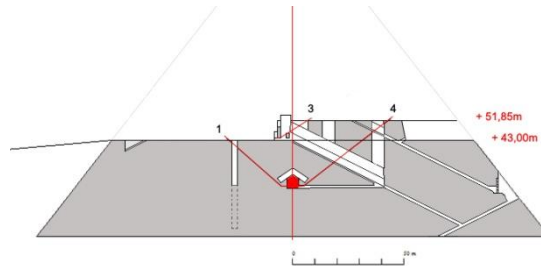
La relation entre les Chambres et leurs conduits avec les ouvrages impliqués dans le système à contrepoids est identique lors de la Phase 2B1 avec la GG2.

³²⁶ Voir note 183 en bas de page 31.

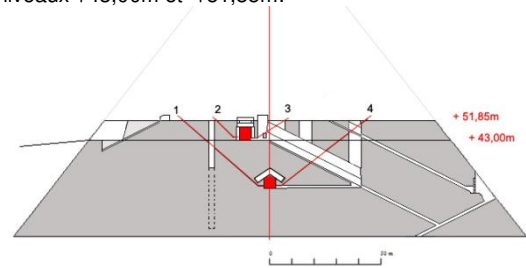
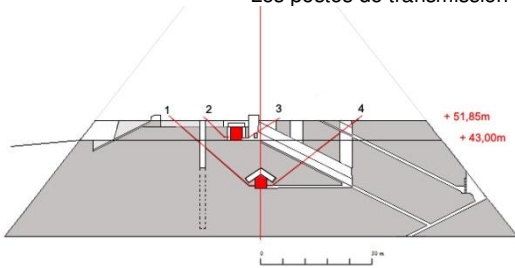
Le BIG VOID



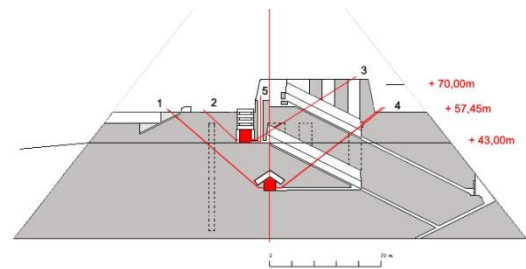
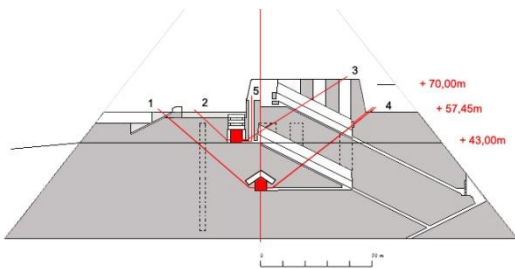
Illustration, datant de la version de 2011 de mes travaux, montrant un opérateur transmettant des informations à travers le conduit Sud de la Chambre de la Reine. La proximité de ce conduit par rapport à l'axe de la GG1 était impérative.



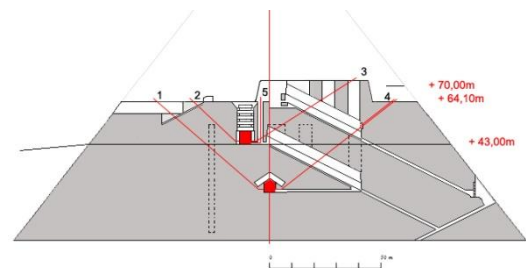
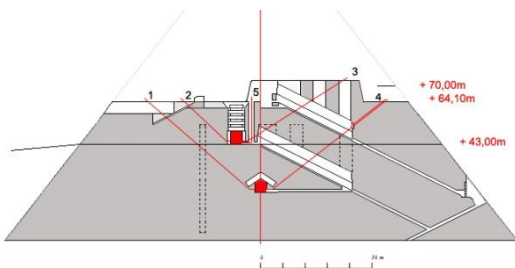
Le système d'interphonie durant la Phase 1B.
Les postes de transmission sont aux niveaux +43,00m et +51,85m.



Le système d'interphonie durant la Phase 2A, à gauche le 1^{er} plafond, à droite le 2^{ème}.
Les postes de transmission sont au niveau +51,85m.



Le système d'interphonie durant la Phase 2B1, à gauche le 3^{ème} plafond, à droite le 4^{ème}.
Les postes de transmission sont aux niveaux +57,45m et +70,00m+.



Le système d'interphonie durant la Phase 2B2, à gauche le 5^{ème} plafond, à droite le toit.
Les postes de transmission sont aux niveaux +64,10m et +70,00m+.

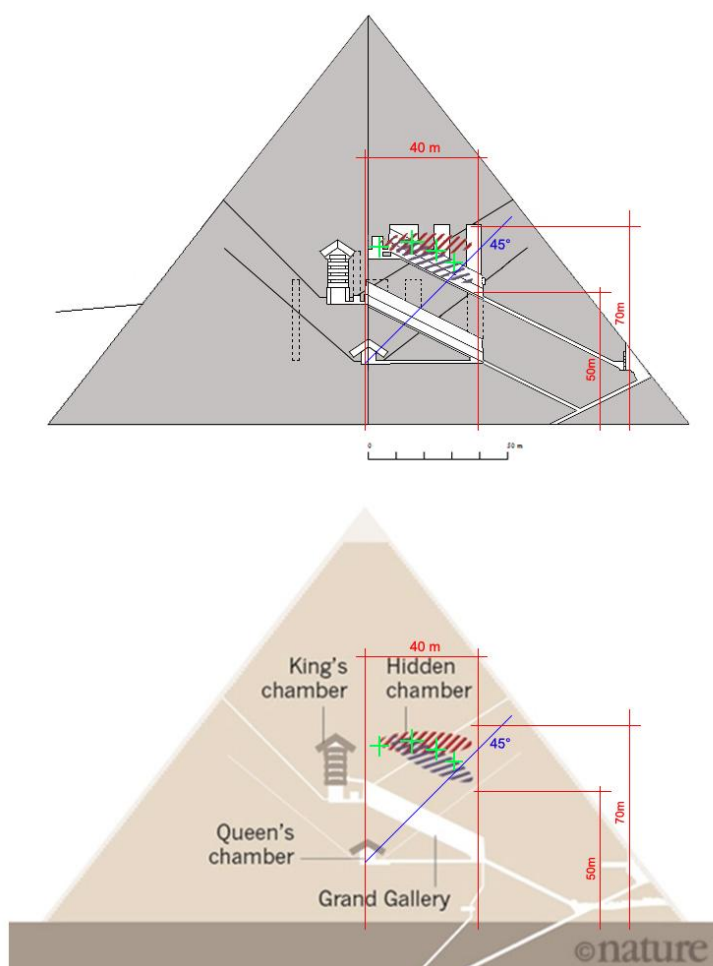
9 – LE BIG VOID EST LA PIÈCE MAÎTRESSE DE LA CONSTRUCTION DE LA SUPERSTRUCTURE AU-DESSUS DE LA CHAMBRE DU ROI

«*Tout chose crédible est une image de la vérité*».
William Blake³²⁷.

Après plus de 80 pages de présentation, d'explications et de démonstrations, je me sens totalement confiant quant à la comparaison de la GG2 au BIG VOID découvert par la mission ScanPyramids.

D'abord, je reviens rapidement à l'article publié dans la revue *Nature* le 2 novembre 2017 et à l'illustration qui l'accompagnait. Ensuite je reviens plus longuement au document « 2019 Scientific Report – September 2019 »³²⁸, particulièrement à l'analyse des données acquises depuis la Grande Galerie par l'équipe de Nagoya : une série d'images représentant les muons collectés par les plaques et un diagramme avec les limites du BIG VOID.

L'architecture vue en plan vertical de la GG2 étant parfaitement définie, une dernière comparaison avec l'illustration de *Nature* complétée avec les caractéristiques dimensionnelles mises à jour est déjà très parlante.



En complément des croix d'épicentre (en vert) et des zones bleue et rouge, les dernières dimensions annoncées sont appliquées sur la dernière version de la GG2 et sur l'illustration de *Nature*; la correspondance est parfaite.

La GG2 est totalement à l'intérieur de la longueur de « plus de 40m » et de la hauteur « entre +50m et +70m » de la base. Pour rappel, les zones et les croix d'épicentre avaient été définies à partir des résultats des plaques à émulsion posées dans la Chambre de la Reine ; celles dans la Grande Galerie ont été posées postérieurement.

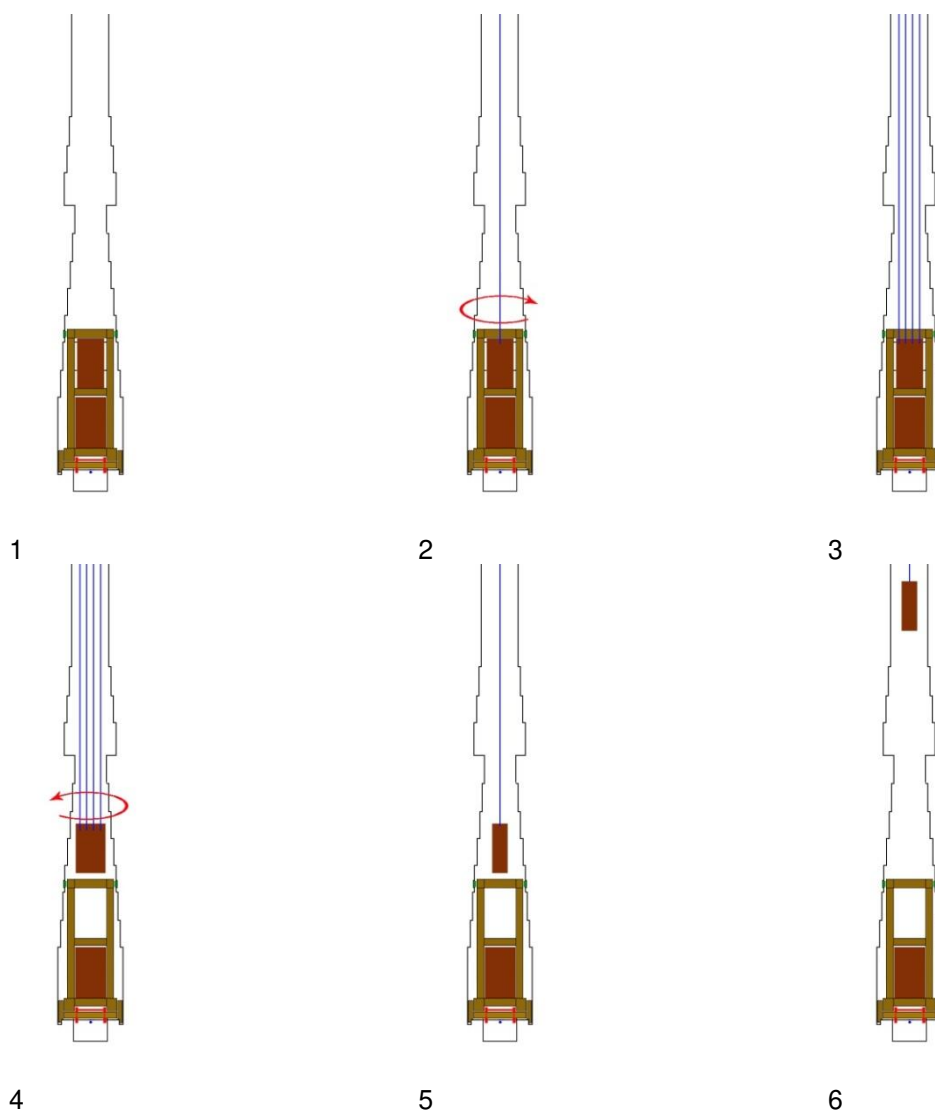
³²⁷ William Blake (1757-1827). Traduction française de "Everything possible to be believed is an image of truth." The Marriage of Heaven and Hell: In Full Color.

³²⁸ Pages 46, 47 et 48 du document.

Le BIG VOID

La section architecturale transversale des puits de modulation ayant un impact sur l'empreinte laissée par les muons sur les plaques d'émulsion, il est utile d'apporter quelques informations supplémentaires concernant leur forme et leur fonction.

Coupe schématique transversale applicable à la GG1 et à la GG2.
Extraction d'un bloc de surcharge à partir du puits inférieur.



La charge du contre poids de base est au niveau inférieur, les surcharges sont posées au niveau supérieur (1).
Avant réarmement du contre poids les blocs de surcharge sont extraits un par un par le puits inférieur.

Les blocs mesurant 1,02m x 0,52m x 1,57m, la rotation³²⁹ des blocs est nécessaire dans le cas où ceux-ci sont posés transversalement, les uns derrière les autres (2), (3) et (4).

La technique du renvoi à 180° est utilisée, une équipe réduite³³⁰ hisse les blocs en étant positionnée perpendiculairement au débouché du puits, les cordes remontant le bloc longitudinalement (5) dans le puits d'environ 1,20m de largeur.

L'élargissement³³¹ du puits à sa base est réalisé afin de permettre la mise en place des dalles de couverture³³² des galeries³³³.

Cette séquence est inversée pour l'ajout de surcharges à partir du puits intermédiaire et du puits supérieur des deux galeries.

³²⁹ Sauf si les blocs sont posés longitudinalement par paire. L'empreinte globale est la même sur le chariot.

³³⁰ Une douzaine d'hommes au total.

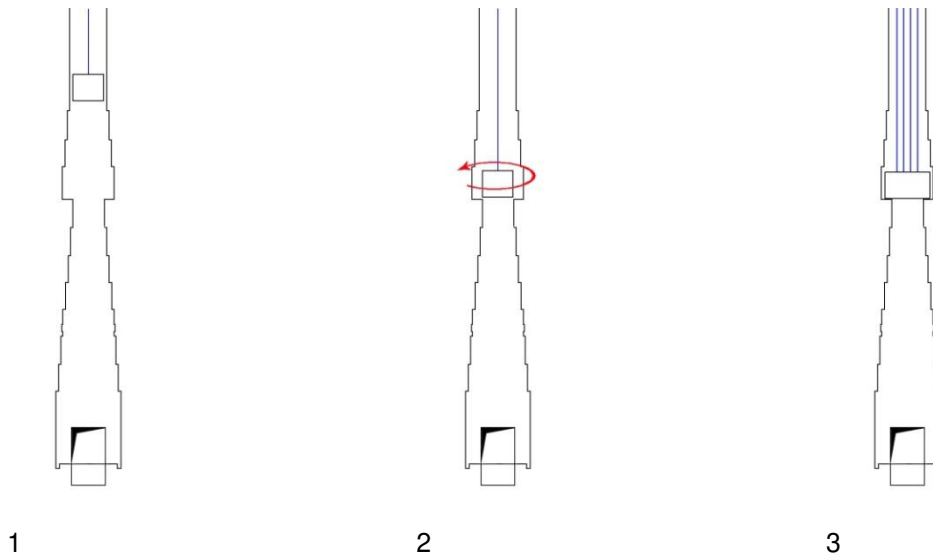
³³¹ Une solution déjà réalisée dans le puits jouxtant l'antichambre de la pyramide Rhomboïdale à Dahchour.

³³² Et éventuellement pour permettre à une personne de contrôler l'entrée du bloc dans le puits lors de l'extraction ou dans la galerie lors de la mise en place sur le chariot.

³³³ Voir page suivante.

Le BIG VOID

Coupe schématique transversale applicable à la GG1 et à la GG2.
Mise en place des dalles de couverture des galeries.



Mise en place des dalles de couverture en fin d'utilisation du contrepoids.

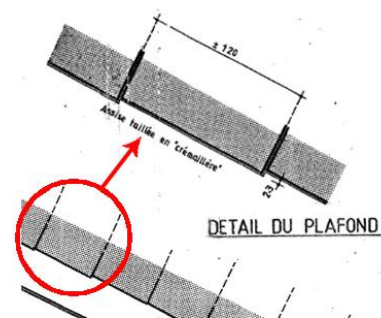
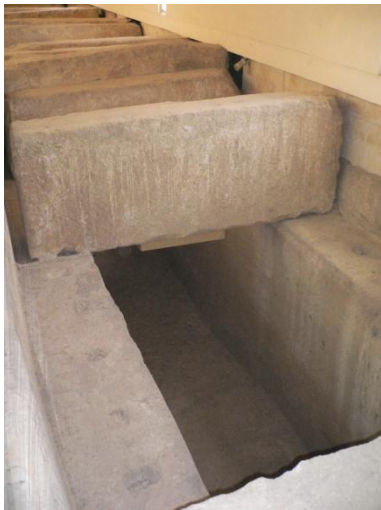
Les dalles sont descendues longitudinalement par les puits (1).

Près du niveau des appuis latéraux, les dalles sont pivotées de 90° (2).

Elles sont ensuite posées sur leurs appuis (3).

Les puits de la GG1 sont remblayés avec des petits blocs et des chutes de taille de calcaire local, comme c'est le cas pour les mastabas, afin de renforcer la structure sous la GG2.

Les puits de la GG2 n'ont pas été remblayés³³⁴, la pose de poutres en calcaire³³⁵ à leur débouché étant suffisante.



Coupes Gilles Dormion

Les puits au-dessus de la GG1 et de la GG2 ont été couverts avec des dalles de calcaire selon la même technique que celle utilisée pour la couverture des fosses à barques au pied de la pyramide.

La portée étant plus faible, les poutres sont plus petites et moins hautes.

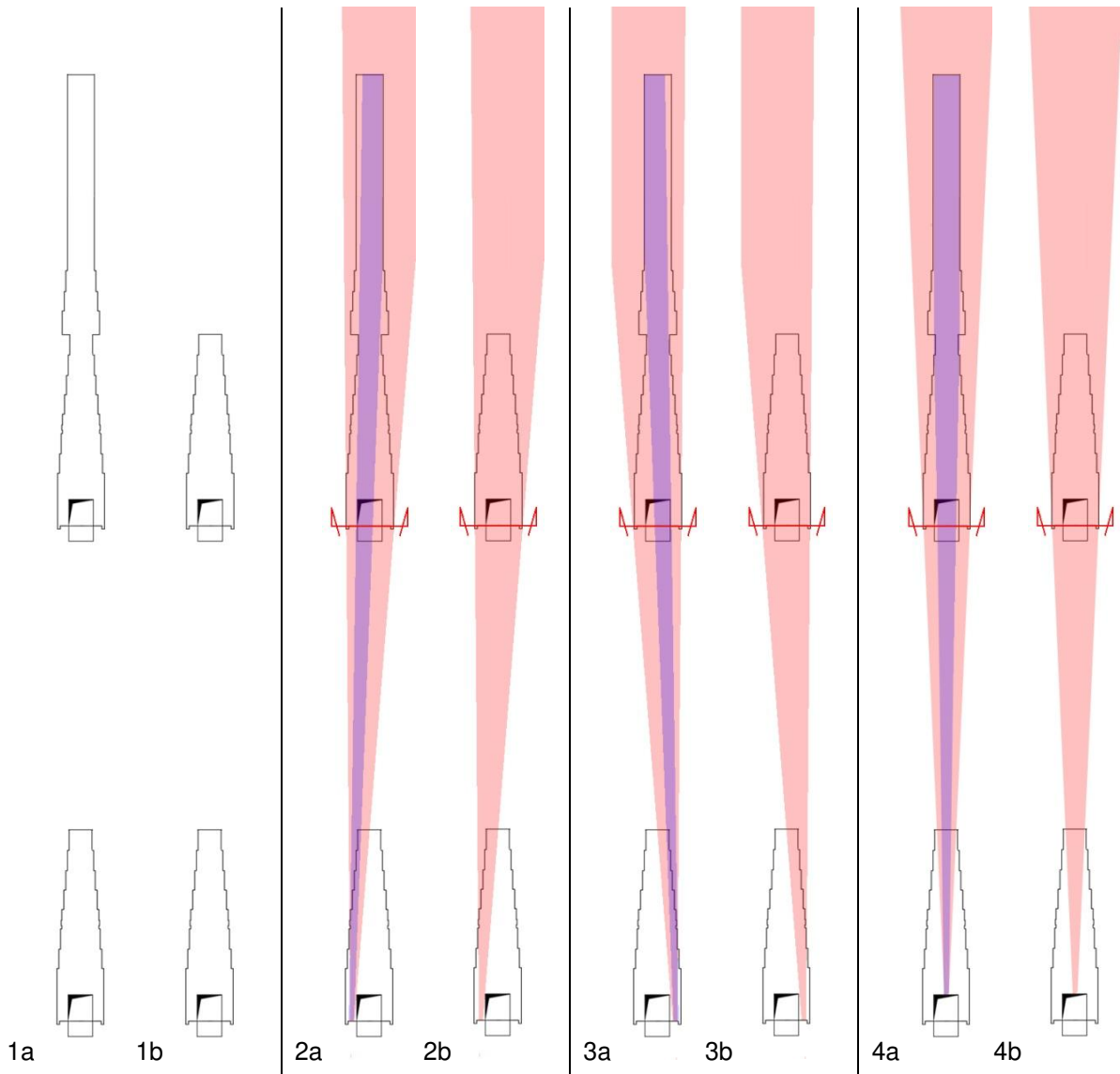
Les appuis en partie haute des galeries ont été taillés avec des redents afin d'empêcher le report des charges d'une poutre à la poutre inférieure, ces charges étant transférées directement sur les redents.

Cette technique a été mise en œuvre car elle permet de conserver des sections découvertes et de reporter leur couverture à une date ultérieure sans risque pour la structure.

³³⁴ Les résultats de la mission ScanPyramids indiquent bien de larges vides dans ces zones.

³³⁵ Selon la technique de couverture des fosses à barques au pied de la pyramide.

Coupes schématiques transversales des positions de la GG1 et de la GG2 avec et sans puits.
Trajectoire des muons traversant la GG2 en fonction des positions des plaques dans la GG1.



Chaque paire de schémas représente, à gauche, (indice a), une coupe des GG1 et GG2 au droit du puits inférieur au-dessus de la GG2, et à droite (indice b), une coupe en dehors d'un puits au-dessus de la GG2.

Les puits au-dessus de la GG1 étant comblés, aucun puits n'est représenté (1a, 1b et suivants).

En (2a et b), (3a et b) et (4a et b), en rose, le cône des muons traversant la GG2 et, en bleu, le cône des muons traversant le puits et la GG2 avant d'atteindre les plaques à émulsion positionnées dans la GG1.

Les trajectoires des muons sont « omnidirectionnelles », ce qui induit que les plaques à émulsion les enregistrent dans un faisceau de réception à base carrée sous un angle d'environ 90° ³³⁶.

Les trajectoires de ces coupes transversales combinées avec les trajectoires des coupes longitudinales³³⁷ permettent d'avoir une idée de l'ensemble des trajectoires « rayonnantes ».

Dernier point, avant de traverser une cavité, la longueur du trajet des muons dans la masse influe sur le nombre de muons pouvant être enregistrés par les plaques à émulsion. D'un côté, bien que la quantité de muons verticaux soit plus importante que sous un angle à 45° , l'absorption est plus grande au centre de la pyramide en raison de l'épaisseur de calcaire au-dessus de la GG2 ; d'un autre côté, la distance de la GG2 perpendiculairement à la face Nord étant plus courte, la plus faible quantité de muons est compensée par une moindre absorption³³⁸.

Les plaques à émulsion enregistrent les muons accumulés au trait de coupe rouge en bas de la GG2.

Entre le début de la mission ScanPyramids en octobre 2015 et les derniers résultats annoncés en septembre 2019, l'équipe de l'Université de Nagoya a plus que doublé la durée d'exposition des plaques à émulsion, celle-ci passant de 40 jours à plus de 90 jours ; ce succès technologique a permis d'améliorer sensiblement la quantité de muons reçus sous tous les angles.

³³⁶ Voir 3^{ème} paragraphe Page 28.

³³⁷ Dont il sera question dans les pages suivantes.

³³⁸ Voir 6^{ème} paragraphe Page 28.

Maintenant, une analyse détaillée des résultats annoncés dans le document « 2019 Scientific Report – September 2019 » apporte de nombreuses précisions confortant mon interprétation du BIG VOID comme étant la GG2 ; cette deuxième Grande Galerie est indispensable pour la construction de la structure au-dessus de la Chambre du Roi.

Retour sur le diagramme et les images³³⁹ publiés dans le document de septembre 2019. Dans les pages qui suivent, la position des croix d'épicentre et les données enregistrés par chaque paire de plaques vont être comparés avec l'architecture de la GG2.

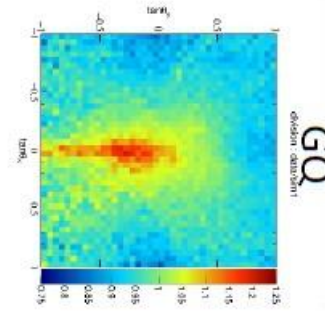
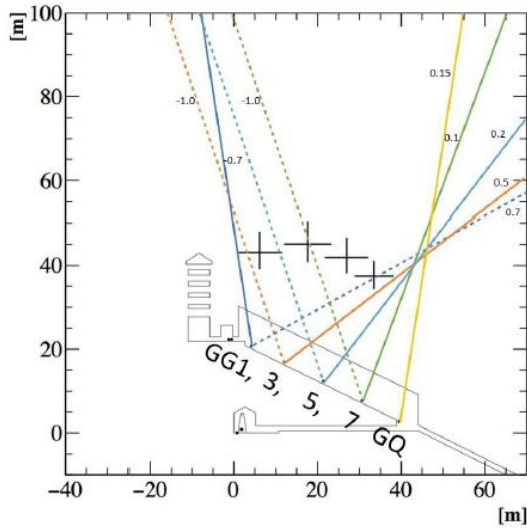
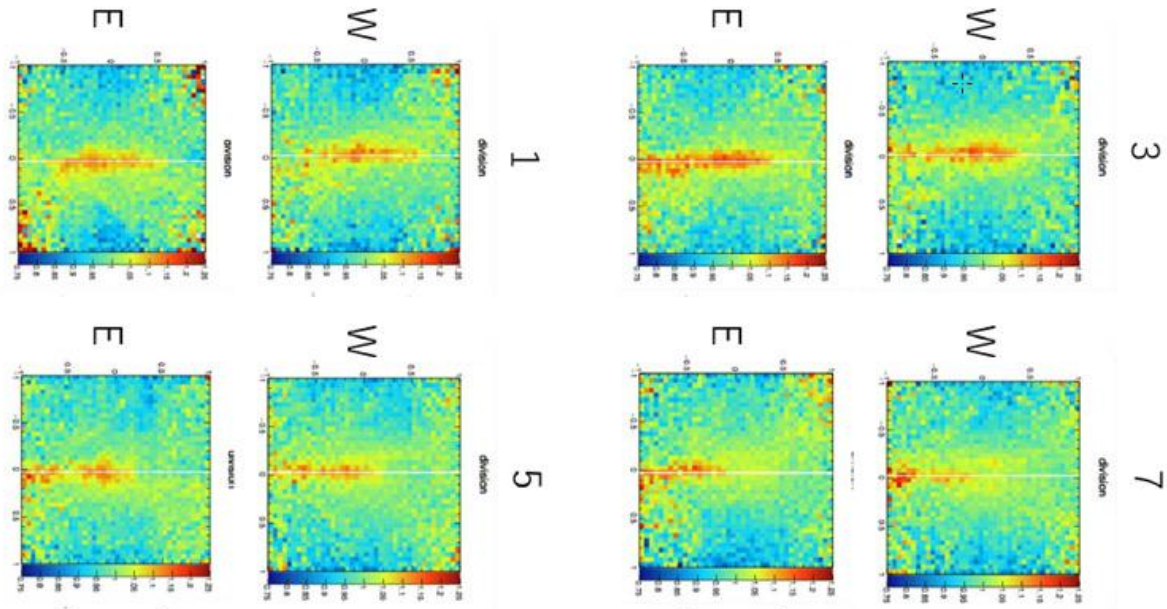


Diagramme en coupe Nord-Sud résumant les résultats. Les lignes pleines obliques de couleur indiquent des limites probables du BIG VOID.

Dans le bas de la Grande Galerie, il n'y avait qu'une seule position centrale (GQ).



Chaque paire d'images est composée d'une position de plaques côté Est (E) et d'une côté Ouest (W), celles-ci étant posées sur les banquettes latérales de la Grande Galerie.

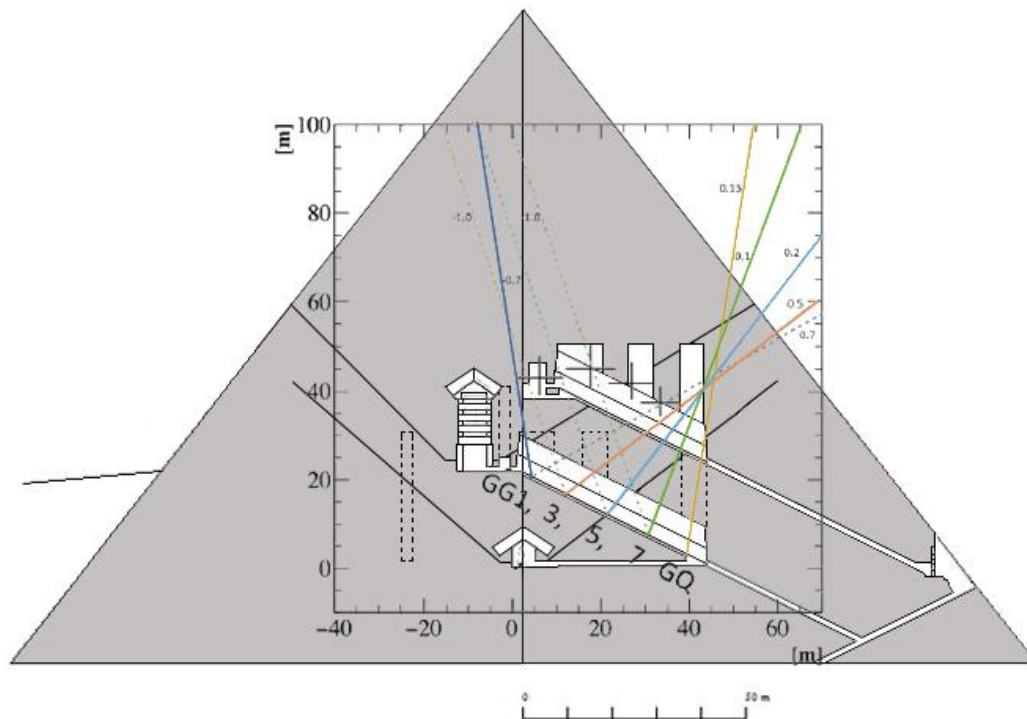
Le numéro sur la droite indique la position de ces plaques dans la Grande Galerie comme indiqué sur le diagramme (GG1, GG3, GG5 et GG7).

Pour une meilleure lecture des données, les images ont été tournées de 90° afin de faire correspondre la position des plaques indiquées sur le diagramme en coupe Nord-Sud avec l'image de la GG2 dans la coupe Nord-Sud de la pyramide.

³³⁹ Déjà reportés Page 46.

Le BIG VOID

Données enregistrées par l'équipe de Nagoya lors de la mission ScanPyramids entre 2016 et 2019.
Application du diagramme publié en septembre 2019 sur la pyramide de Kheops avec la GG2.



Coupe Nord-Sud de la pyramide de Kheops avec, en surimpression, le diagramme résumant les résultats de l'équipe de l'Université de Nagoya obtenus lors de la mission ScanPyramids.

Ce document est analysé en détail dans les pages qui suivent.

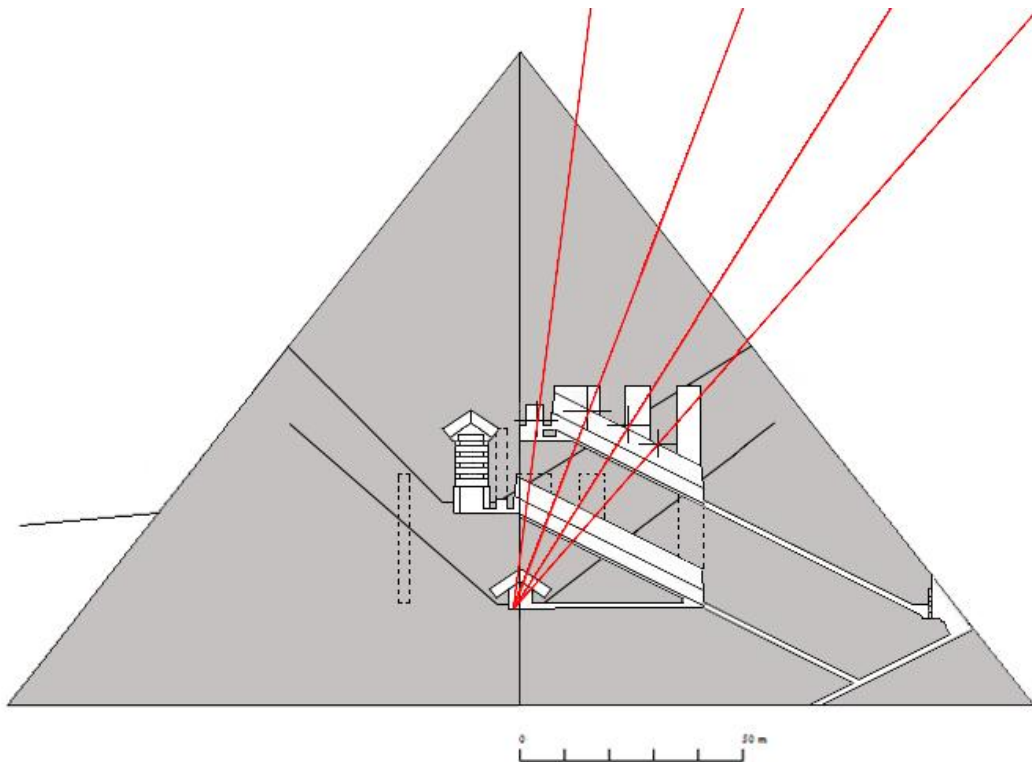
Le BIG VOID

Analyse de la position des croix³⁴⁰ matérialisant les épicentres des vides détectés par muographie qui ont été publiés dans l'article de *Nature* du 2 novembre 2017.

Comme je l'ai écrit dans le 5^{ème} paragraphe de la Page 28 :

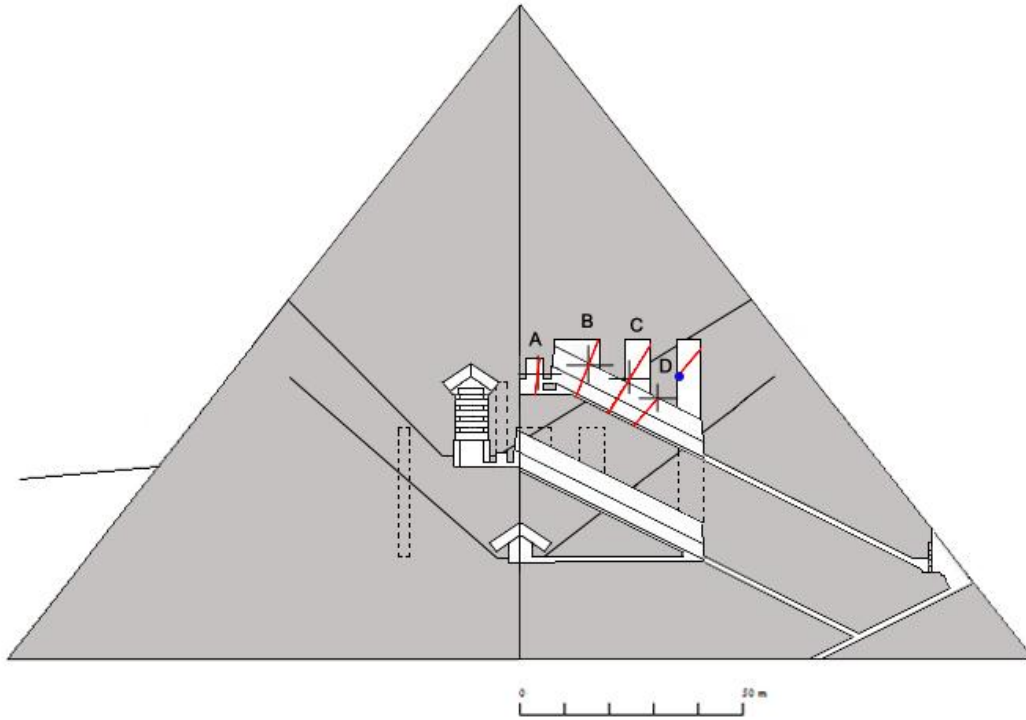
- La troisième, que les récepteurs ne pouvaient pas faire la ségrégation entre un ou des vides traversés et que l'épicentre d'une trajectoire dans du vide n'indiquait qu'une longueur de vide égale de part et d'autre de celui-ci mais pas forcément dans le même vide.

Cette règle prend toute son importance dans l'analyse ci-dessous.



Données enregistrées par les plaques à émulsion installées dans la Chambre de la Reine.
Les lignes rouges représentent les trajectoires des muons comportant les pics de détection enregistrés.
La position de ces pics, ou épicentres, est matérialisée par les croix.

³⁴⁰ Les épicentres A, B, C et D - voir les Notes en bas de Page 36.



Pour une meilleure compréhension, j'ai rajouté les lettres d'origine distinguant les pics.

Les pics A, B et C sont tous les trois à l'épicentre d'un même vide :

- A est en dehors de la GG2, dans un local annexe contigu (comme la Chambre des Herses pour la GG1),
 - B est à l'épicentre dans un vide composé de la GG2 et du puits supérieur de celle-ci,
 - C est à l'épicentre dans un vide composé de la GG2 et du puits intermédiaire de celle-ci,
- D est au niveau du toit de la GG2, à l'épicentre de deux vides successifs composés du puits inférieur et de la GG2.

Ce qui est remarquable dans son cas, c'est que ce pic D avait, dans un premier temps³⁴¹, été positionné dans le premier vide, à la limite Sud du puits (voir point bleu en surimpression). Cette position n'avait pas été confirmée par insuffisance de sigma.

Suite à l'augmentation de la quantité de données reçues par les plaques dans les mois qui suivirent, le point D, confirmé à +5sigma³⁴² a fini par être placé à sa position définitive, « sautant » de la limite du premier vide à celle du second, la GG2.

Les trois trajectoires dans la GG2 et celle dans le local annexe sont les plus longues possible dans ces vides, contigus ou successifs, depuis les plaques placées dans la Chambre de la Reine et les trois épicentres B, C et D sont sur une même pente parallèle à la GG2 au niveau de son toit.

Remarque :

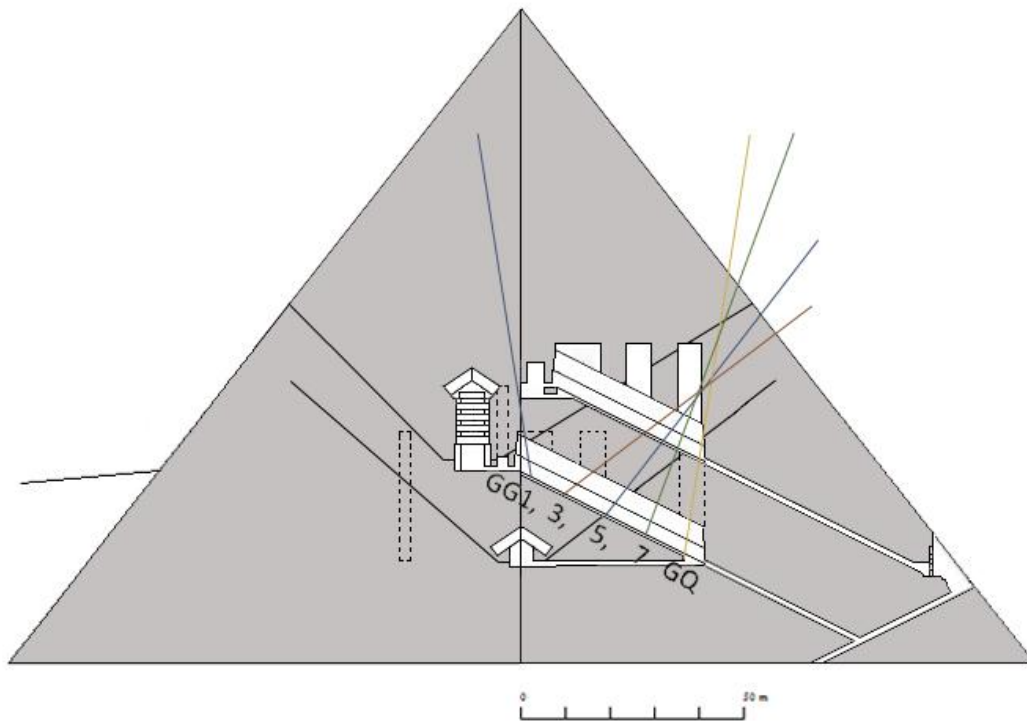
La technique de la plaque à émulsion mise en œuvre par l'équipe de Nagoya est remarquable, la précision des données enregistrées depuis les plaques positionnées dans la Chambre de la Reine apportait déjà des informations très précieuses.

³⁴¹ Voir Page 25.

³⁴² Voir Page 36.

Le BIG VOID

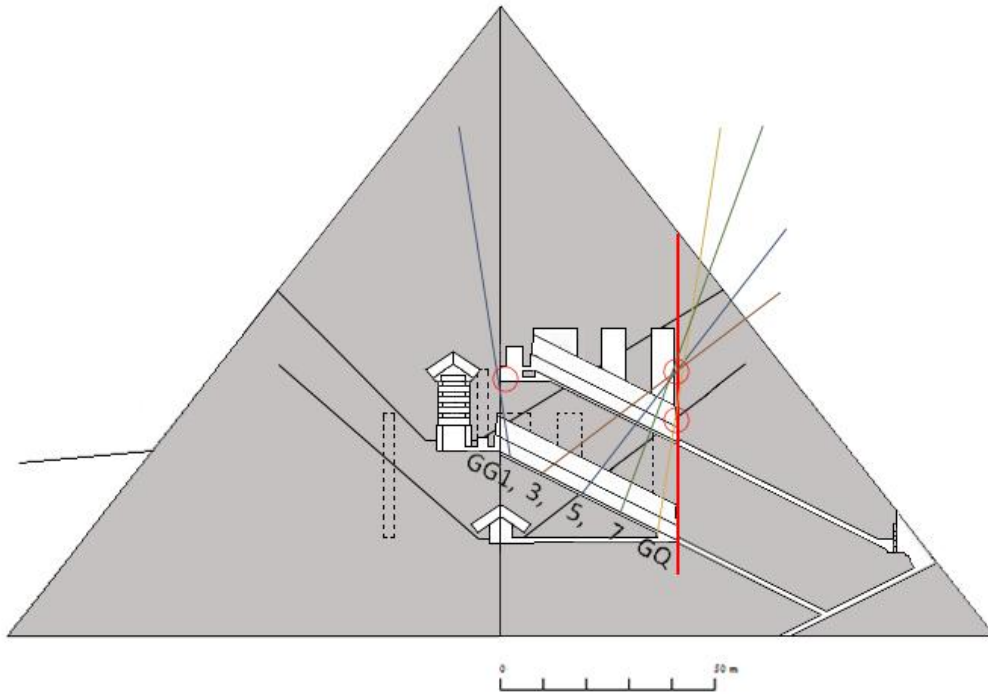
Analyse des limites présumées du BIG VOID matérialisées dans le diagramme de septembre 2019.



Pour une meilleure lisibilité, les lignes continues reproduites sont extraites du diagramme de la Page 84.

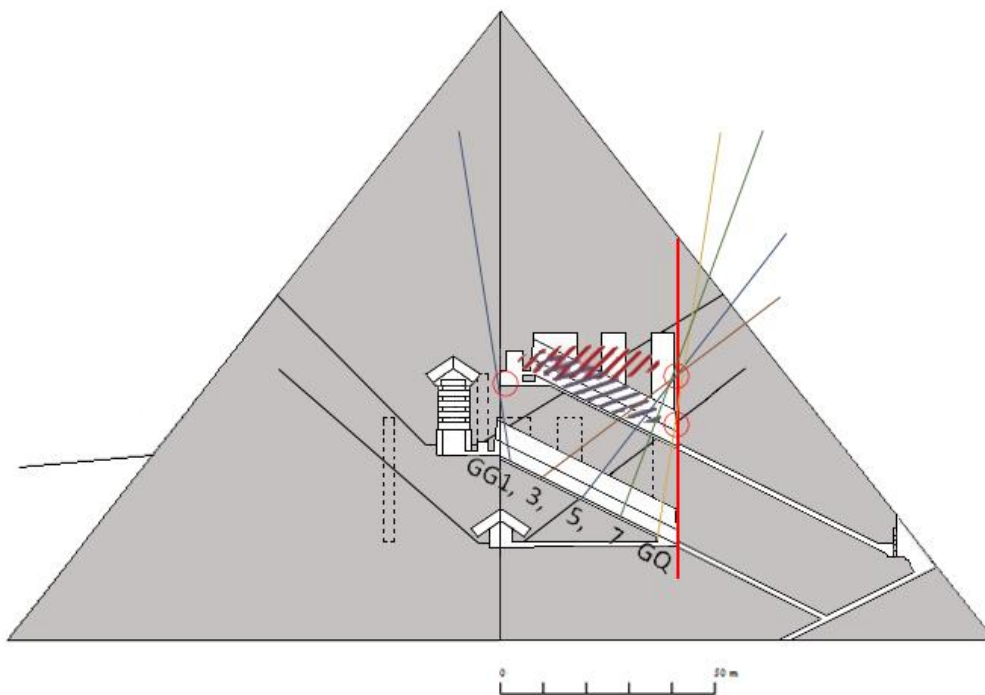
- A gauche, la ligne bleu foncé marque la limite Sud déterminée par les plaques placées en GG1, pratiquement à sa verticale.
- Au centre, les lignes marron, bleu clair et verte déterminées par les plaques positionnées en GG3, GG5 et GG7 se croisent toutes en un même point indiquant la limite Nord.
- A droite, la ligne beige déterminée par les plaques placées en GQ marque une seconde limite Nord, sur la même verticale que le point ci-dessus.

Le BIG VOID



- Cercle rouge à gauche : la limite Sud est sur l'axe Est-Ouest de la pyramide, au niveau du sol du couloir d'accès à la GG2 dans le local annexe contigu (comme la Chambre des Herses et la Grande Galerie).
- Cercle rouge supérieur à droite : la limite Nord est le mur Nord du puits inférieur de modulation des charges du contrepoids de la GG2, limite confirmée depuis les trois positions des plaques en GG3, GG5 et GG7.
- Cercle rouge inférieur à droite : la limite Nord est le mur Nord de la GG2.

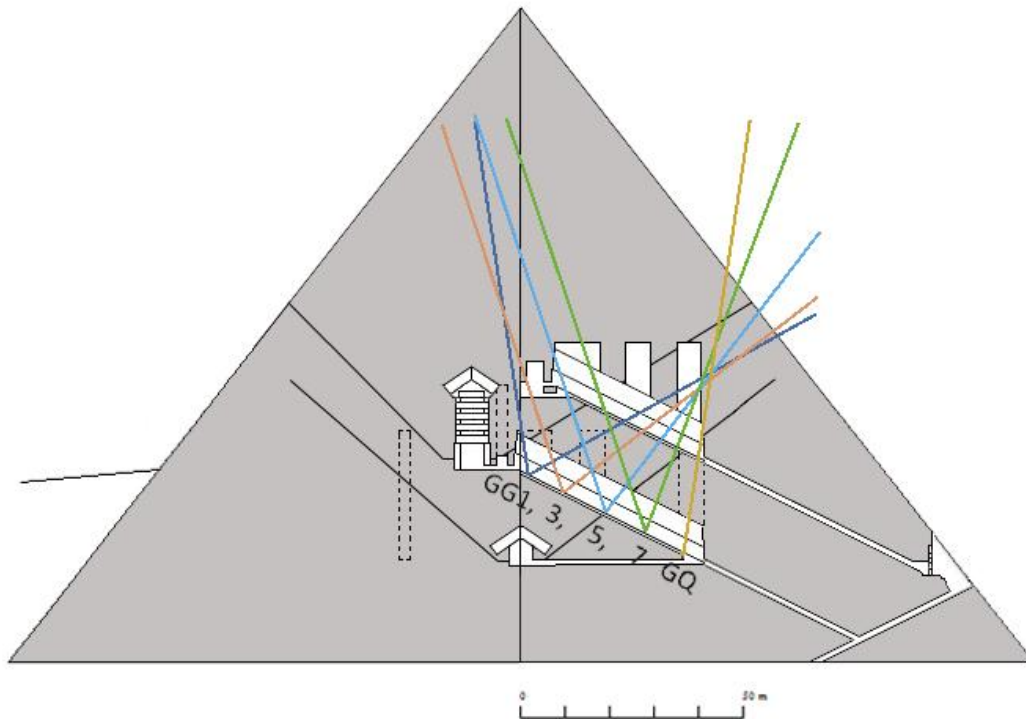
Les deux limites Nord à droite sont sur la ligne verticale d'alignement des murs Nord de la Grande Galerie et de la GG2.



L'indécision quant à l'inclinaison ou non du BIG VOID est compréhensible sans une analyse architecturale très complète. La position du cercle rouge supérieur du côté Nord peut être trompeuse et il faut avoir une grande connaissance de la Pyramide de Kheops et des processus de sa construction pour en avoir une compréhension difficilement réfutable.

Le BIG VOID

Analyse approfondie des données enregistrées par les plaques à émulsion positionnées dans la Grande Galerie, comme reproduit dans le diagramme publié en septembre 2019.



Les cônes de détection des muons sont extraits du diagramme. Chaque cône est maintenant comparé aux plaques à émulsion correspondantes³⁴³.

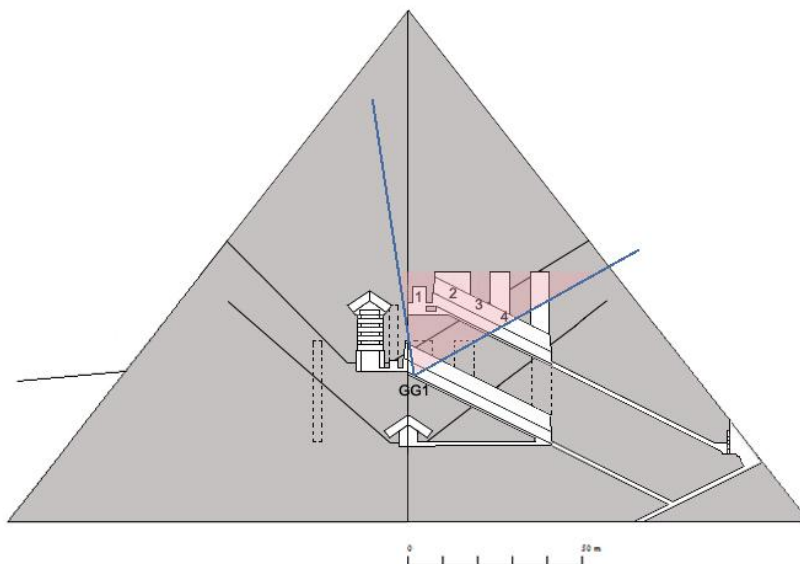
³⁴³ Bien qu'ayant reçu beaucoup d'informations de la part des spécialistes des muons depuis maintenant plus de 10 ans, ces comparaisons et mes explications ne sont basées que sur ma compréhension du "bombardement muonique" que subit notre planète.

Cela dit, ces explications sont basées sur :

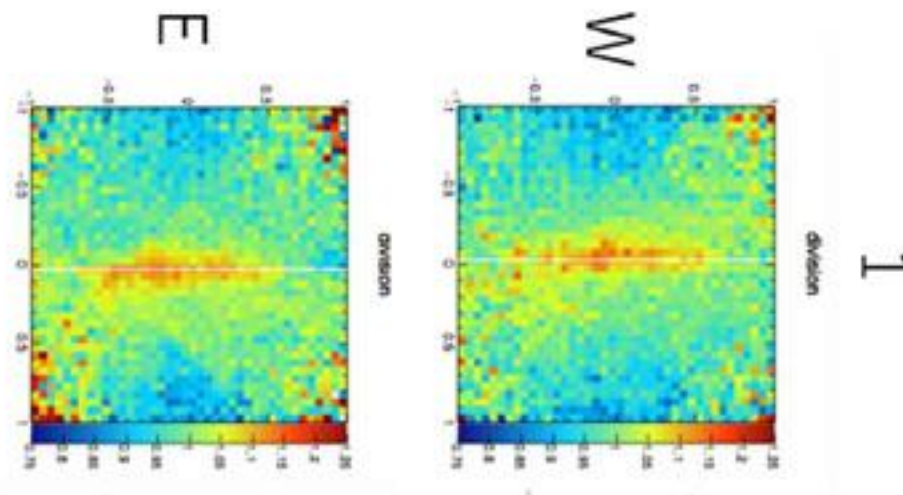
- Un raisonnement simple et logique issu d'une étude minutieuse de l'architecture supposée,
- Les images des plaques d'émulsion publiées dans le document « 2019 Scientific Report – September 2019 ».

Le BIG VOID

Analyse des plaques Est et Ouest posées en GG1.



En bleu foncé, le cône de détection des plaques posées dans la Grande Galerie en GG1.



Comparaison du BIG VOID-GG2 avec les plaques Est, à gauche, et Ouest, à droite.
Les accumulations de muons peuvent être différentes d'une plaque à l'autre, les résultats annoncés sont basés sur le cumul des deux positions des plaques.

La position GG1 est très centrale et pénalise les détections en (1).

Le local annexe (1) étant plus petit et directement sous le sommet et 70m de calcaire, reçoit moins de muons.

Par contre la distance par rapport à l'extérieur, la face Nord, est plus courte pour (2), (3) et (4).

Les zones avec le puits supérieur (2) et le puits intermédiaire (3) sont plus denses car elles reçoivent plus de muons.

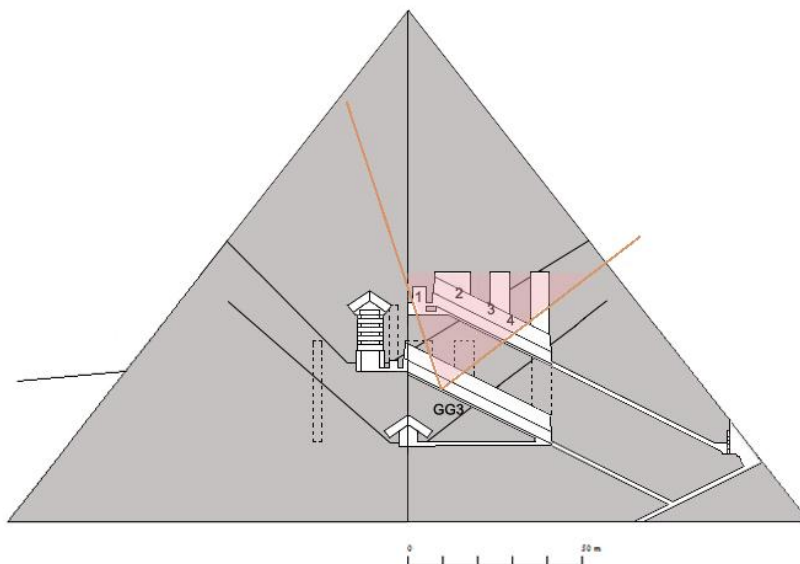
La partie inférieure du cône est basse mais détecte la partie haute du puits inférieur (4).

L'empreinte laissée sur les plaques reflète les trajectoires obliques ; l'empreinte des puits est décalée et plus marquée que celle de la GG2 seule³⁴⁴, du côté Est et du côté Ouest, de part et d'autre de l'axe des plaques (trait blanc).

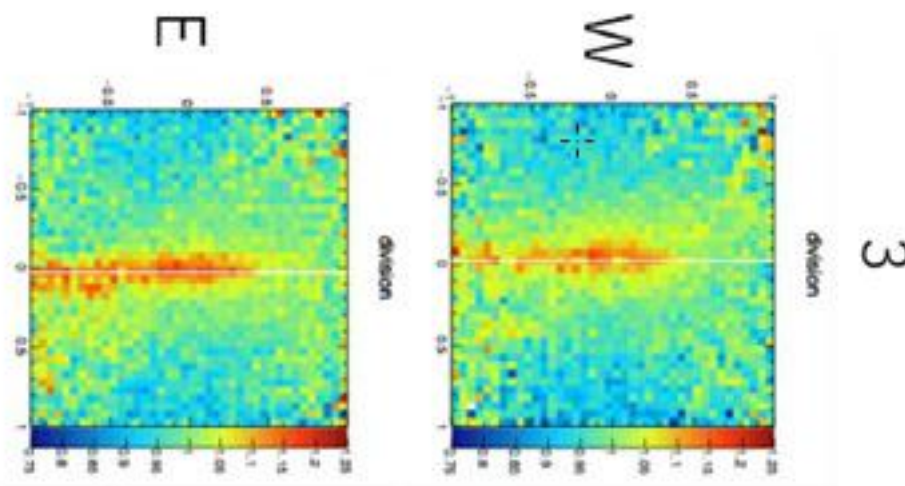
³⁴⁴ Comme indiquée en bleu en 2a et 2b dans les schémas de la Page 85.

Le BIG VOID

Analyse des plaques Est et Ouest posées en GG3.



En marron, le cône de détection des plaques posées en GG3.



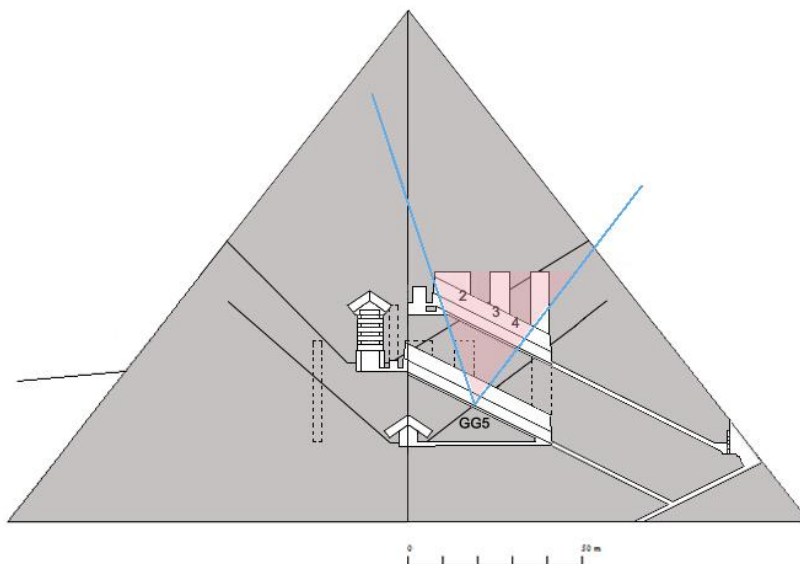
Comparaison du BIG VOID-GG2 avec les plaques Est, à gauche, et Ouest, à droite, Les accumulations de muons peuvent être différentes d'une plaque à l'autre, les résultats annoncés sont basés sur le cumul des deux positions des plaques.

Le local annexe (1) est mieux détecté, recevant plus de muons depuis la face Sud qui est plus proche tandis que la concentration dans la zone du puits supérieur (2) est impactée par la position GG3 qui le situe directement sous le sommet. La concentration est plus forte dans les zones du puits intermédiaire (3) et d'une grande partie du puits inférieur (4), La distance par rapport à l'extérieur, la face Nord, étant toujours plus courte pour (3) et (4). L'empreinte laissée sur les plaques reflète les trajectoires obliques ; l'empreinte des puits est décalée et plus marquée que celle de la GG2 seule³⁴⁵, du côté Est et du côté Ouest, de part et d'autre de l'axe des plaques (trait blanc).

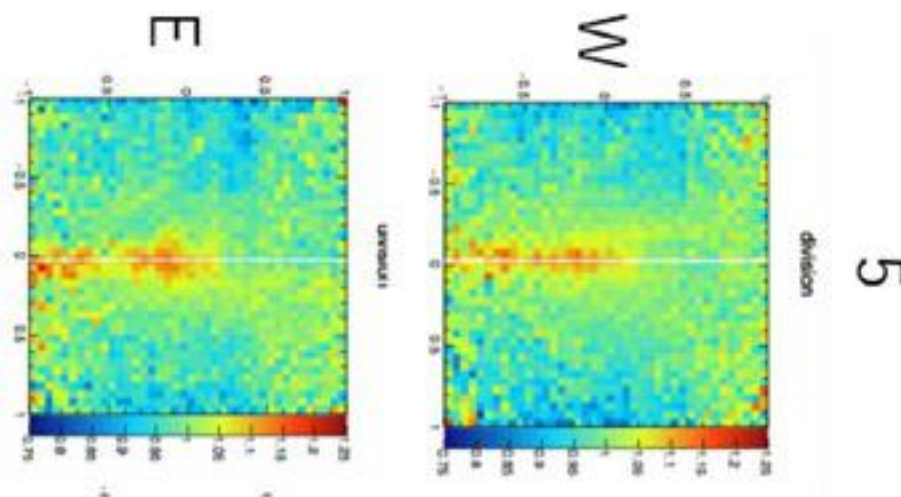
³⁴⁵ Comme indiquée en bleu en 2a et 2b dans les schémas de la Page 85.

Le BIG VOID

Analyse des plaques Est et Ouest posées en GG5.



En bleu clair, le cône de détection des plaques posées en GG5.



Comparaison du BIG VOID/GG2 avec les plaques Est, à gauche, et Ouest, à droite, Les accumulations de muons peuvent être différentes d'une plaque à l'autre, les résultats annoncés sont basés sur le cumul des deux positions des plaques.

Le local annexe est en dehors du cône depuis la position GG5, celle-ci descendant dans la Grande Galerie. Ce cône, en s'éloignant, par rotation, de la face Nord, entraîne une diminution de la concentration de muons dans les zones du puits supérieur³⁴⁶ (2), du puits intermédiaire (3) et du puits inférieur (4).

L'empreinte laissée sur les plaques est moins large car la hauteur de masse au-dessus des puits (2) et (3) est plus importante.

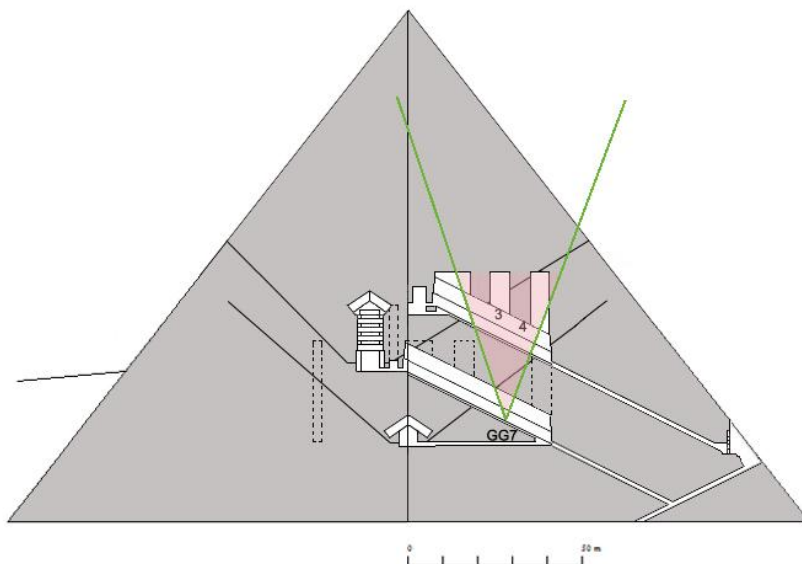
Les muons ayant été plus absorbés avant de traverser la GG2, les parties latérales Est et Ouest sont moins détectées.

La zone pleine entre (2) et (3), à la verticale de GG5, absorbe plus de muons.

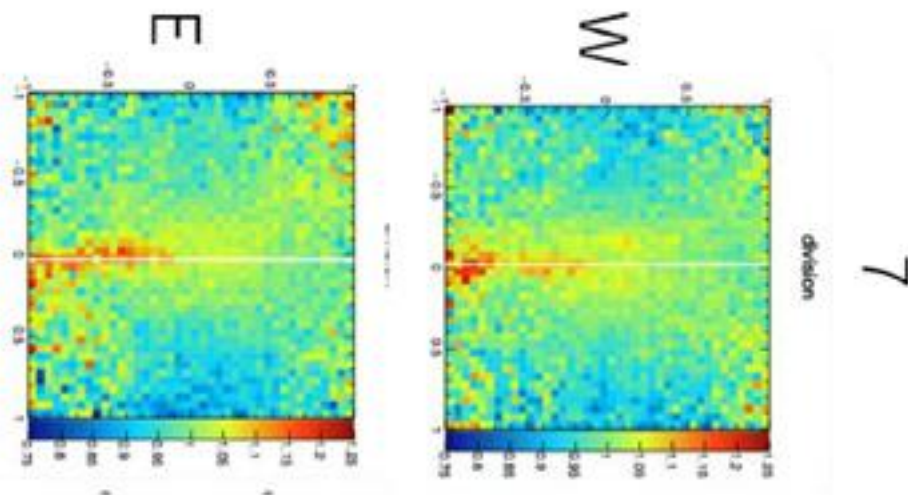
³⁴⁶ Qui reçoit quand même des muons depuis la face Sud.

Le BIG VOID

Analyse des plaques Est et Ouest posées en GG7.



En vert, le cône de détection des plaques posées en GG7.



Comparaison du BIG VOID/GG2 avec les plaques Est, à gauche, et Ouest, à droite, Les accumulations de muons peuvent être différentes d'une plaque à l'autre, les résultats annoncés sont basés sur le cumul des deux positions des plaques.

Dans la position GG7, l'enfoncement et la rotation du cône vers la verticale accentuent les effets décrits pour la position GG5.

La zone du puits supérieur est en dehors du cône de détection.

La concentration de muons dans la zone (3) avec le puits intermédiaire est plus forte sur les plaques Ouest (3) ; elle est plus forte dans la zone (4) avec le puits inférieur sur les plaques Est.

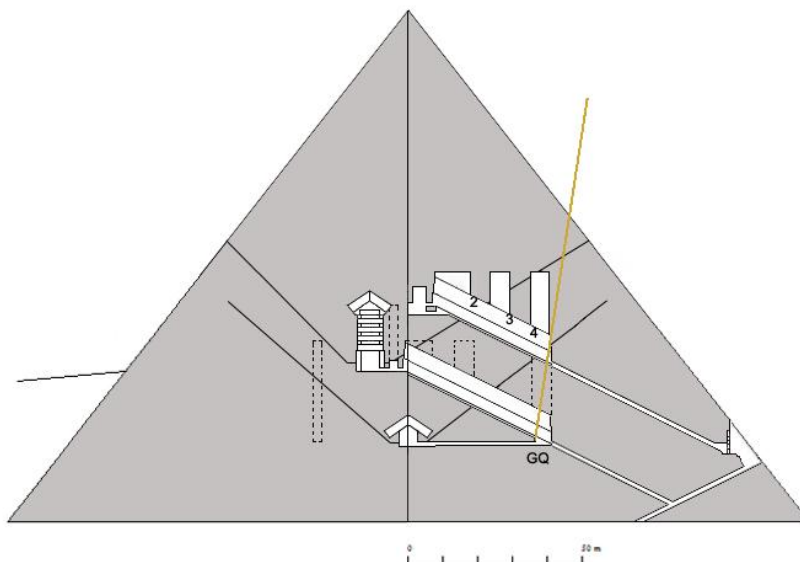
L'empreinte laissée sur les plaques est moins large et la hauteur de masse au-dessus des puits est importante.

Les muons arrivant au niveau de la GG2 ayant été très absorbés avant de la traverser, il en reste moins pour détecter les parties latérales Est et Ouest de celle-ci.

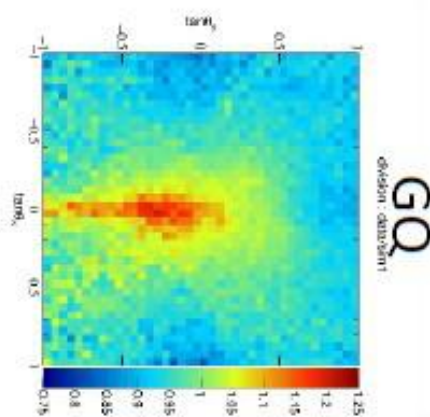
La zone pleine entre (3) et (4), à la verticale de GG7, absorbe plus de muons.

Le BIG VOID

Analyse des plaques posées dans l'axe de la GG1 en GQ.



En beige, le cône de détection des plaques posées en GQ.
La limite Sud du cône n'étant pas indiquée sur le diagramme, elle n'est pas représentée.



Comparaison du BIG VOID/GG2 avec les plaques centrées en bas de la Grande Galerie.

La concentration de muons est importante sur toute la longueur de la détection, avec le puits intermédiaire (3) et le puits inférieur (4), sous lequel les parties latérales Est et Ouest de la GG2 sont nettement détectées. La position centrale de GQ permet de recevoir pleinement les muons verticaux³⁴⁷ traversant le vide du puits inférieur sur une vingtaine de mètres de hauteur après n'avoir été absorbés que sur une hauteur équivalente. Sinon, à gauche, l'accumulation de muons au Sud de (3) est parfaitement longitudinale et plus étroite, ceci étant lié au fait que :

- les plaques GQ sont positionnées dans l'axe,
- qu'à partir de la limite Sud du puits intermédiaire la hauteur de masse au-dessus est très importante,
- que les parties latérales Est et Ouest de la GG2, peu hautes, ne sont plus détectées après (3), les muons étant absorbés avant de les atteindre, les trajectoires des muons venant du sommet.

Par contre, le puits intermédiaire et la partie centrale de la GG2 sont détectés, constituant un vide d'environ 18m de hauteur.

Les plaques à émulsion posées en GQ sont la preuve de la continuité du BIG VOID et de la présence de puits verticaux.

³⁴⁷ Comme indiquée en bleu en 4a et 4b dans les schémas de la Page 85.

Le BIG VOID

Pour terminer cette analyse du document « 2019 Scientific Report – September 2019 », je reprends rapidement les résultats de l'équipe du CEA qui confirment totalement ceux de l'équipe de Nagoya.

Pour la campagne de collecte de muons 2018-2019 depuis l'intérieur de la GG1, le CEA a mis en œuvre deux télescopes spécialement construits pour l'occasion :

- Le premier, baptisé Degennes (Deg), a été positionné en bas de la GG1 et son orientation a été modifiée trois fois
- Le second, baptisé Charpak (Cha), a été positionné en haut de la GG1 et son orientation n'a pas été modifiée, mais une seconde campagne n'était pas terminée en septembre 2019.

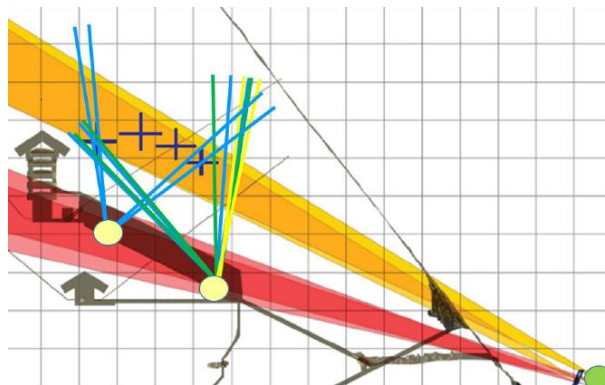


Positions et orientation des télescopes du CEA à l'intérieur de la GG1.

Les temps d'exposition des télescopes en fonction de ces positions et le nombre de données recueillies sont résumés dans le tableau suivant :

Telescope & position	X (South->North)	Y (East-> West)	Z (down->up)	Orientation	Number of days	Statistics used here (in Millions)
Degennes GG-N1	+36.0	-6.9	25.2	18.5° North	118.7	5.7
Degennes GG-N2	+36.0	-6.9	25.7	17.2° South	77.8	2.5
Degennes GG-N3	+36.0	-6.9	25.7	10.2 South	68.8	5.4
Charpak GG-S1	+6.0	+7.7	39.5	24.5° North	189.7	7.1
Charpak GG-S2	+6.0	+7.7	39.5	24.5° North	56.5	

Les résultats annoncés en septembre 2019 sont basés sur près de 21 millions de données statistiques recueillies par les deux télescopes. Les dernières données de Charpak n'ont pas été comptabilisées, le temps d'exposition étant trop court.



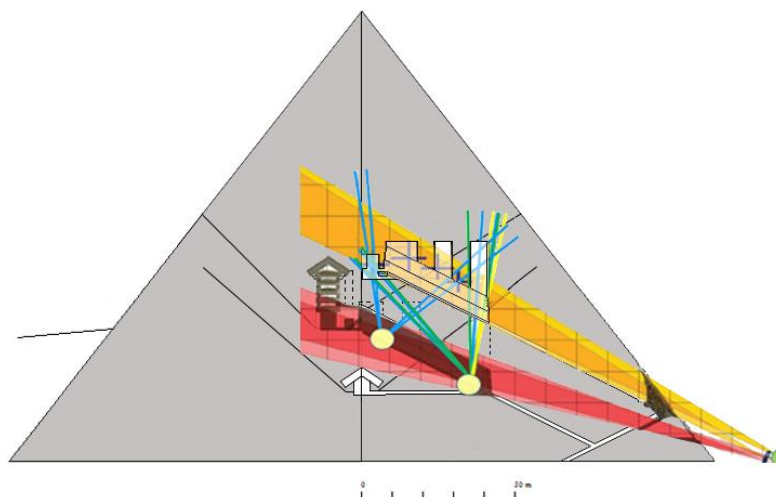
Le rond vert à droite représente la position des télescopes à l'extérieur en 2017.

Le rond jaune en haut de la GG1 représente Charpak, le rond jaune en bas, Degennes.

Les croix représentent les épicentres des pics de muons annoncés par l'équipe de Nagoya.

Les traits obliques indiquent les limites du BIG VOID détectées en fonction de l'orientation des cônes de réception des muons.

Les résultats du CEA en surimpression de la GG2.



Coupe Nord-Sud de la pyramide de Kheops avec, en surimpression, le diagramme résumant les résultats de l'équipe du CEA obtenus lors la mission ScanPyramids.

Il y a une parfaite similitude entre ces résultats et ceux de l'équipe de Nagoya.

CONCLUSION DE L'ANALYSE DES RÉSULTATS

Lors de la mission ScanPyramids sur la pyramide de Kheops qui s'est déroulée entre le début 2016 et septembre 2019, le BIG VOID a été découvert par trois techniques de muographie différentes :

- Le scintillateur, mis en œuvre par le KEK (Japon), a découvert le BIG VOID depuis la Chambre de la Reine ; cette technique, lourde, donc fixe, et avec un seul point de vue, n'avait pas vocation à déterminer précisément le contour de la découverte. Par contre, sa longueur et sa position spatiale ont été établies et sont conformes aux découvertes des deux autres techniques.
- Les télescopes, mis en œuvre par le CEA (France), ont découvert le BIG VOID depuis l'extérieur, puis ont confirmé cette découverte depuis l'intérieur de la Grande Galerie en précisant, grâce à la quantité de données statistiques recueillies, sa longueur, sa position spatiale et ses limites ; ces trois paramètres sont totalement conformes avec ceux de l'équipe de Nagoya.
- Les plaques à émulsion, mises en œuvre par l'Université de Nagoya (Japon), ont découvert le BIG VOID depuis la Chambre de la Reine et la Grande Galerie à partir de nombreuses positions et les données enregistrées par plusieurs centaines de plaques. Cette énorme quantité de données a permis à l'équipe de Nagoya d'annoncer une découverte avec une précision incroyable et indiscutable.

La seule grande question à laquelle ces scientifiques de très haut niveau ne pouvaient pas répondre concernait un sujet qui n'était plus de leur domaine : l'ARCHITECTURE.

Comme je l'écrivais en bas de Page 50 :

« Il était temps d'apporter une réponse claire et précise aux scientifiques concernant ces deux fameuses phrases :

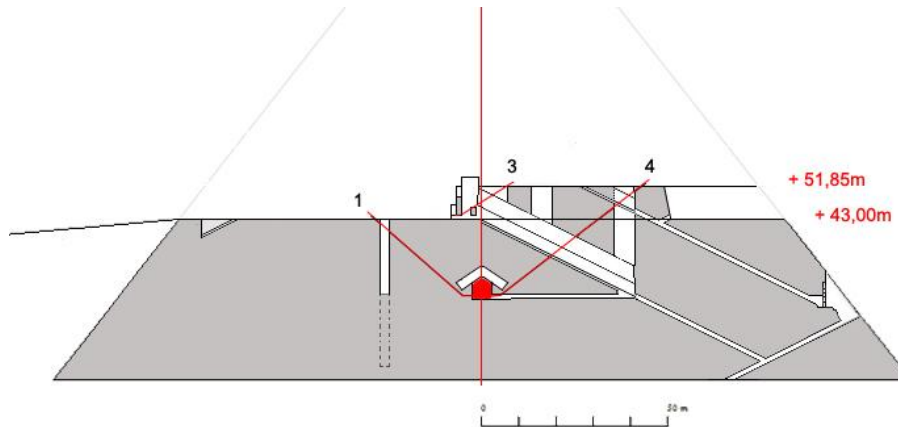
- *La détermination de la pente dépend aussi des formes architecturales hypothétiques de SP-BV,*
- *La forme architecturale de SB-BV est toujours indéterminée ».*

Maintenant, vous avez ma réponse.

10 – SÉQUENCES DU CHANTIER DE LA CHAMBRE DU ROI ET DE SA SUPERSTRUCTURE

« Le génie est tout simplement la capacité de réduire ce qui est compliqué à la simplicité ».
C. W. Ceram.

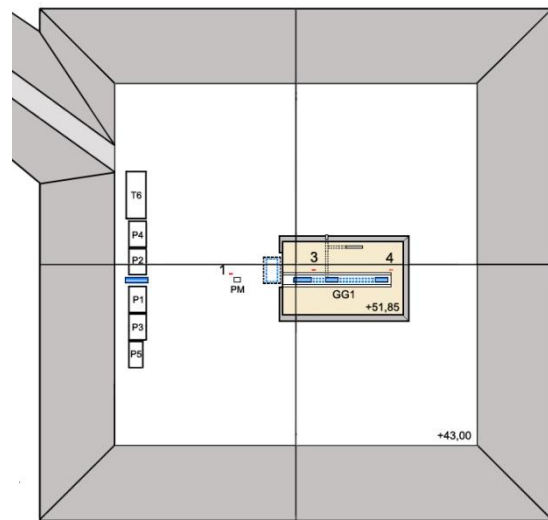
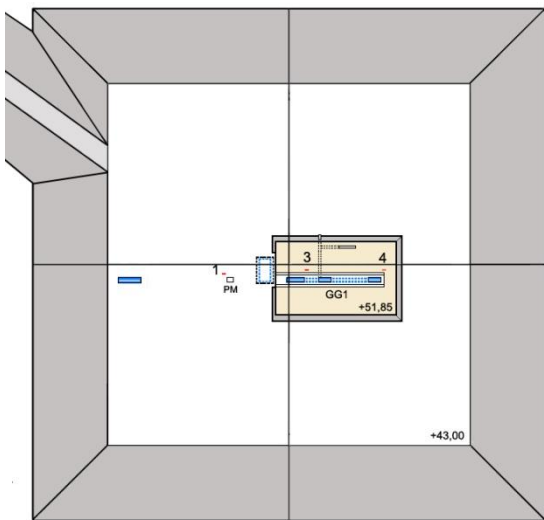
1 – Phase 1B - Hissage des monolithes sur la rampe extérieure jusqu'au niveau +43,00m.



Coupe Nord-Sud.

Les monolithes sont hissés sur la rampe extérieure jusqu'à l'aire de stockage réservée au niveau +43,00m dans la partie Sud de la pyramide. La GG1 et ses puits de modulation des charges du contrepois sont intégrés dans un mastaba provisoire érigé jusqu'au niveau +51,85m, niveau du 2^{ème} plafond³⁴⁸ de la superstructure au-dessus de la Chambre du Roi. La Chambre de la Reine est temporairement utilisée, grâce à son acoustique et en conjonction avec ses deux conduits (1) et (4), comme système d'interphonie liée au système à contrepois. La Chambre du Roi rejoindra le système d'interphonie à partir de la Phase 2A.

Plans du niveau +43,00m.



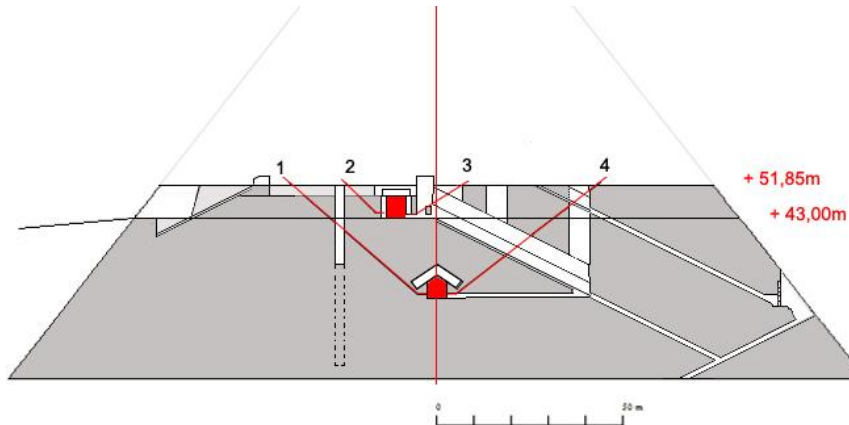
En haut à gauche, arrivée de la rampe extérieure au niveau +43,00m. Au centre, le mastaba provisoire intégrant la GG1 et ses puits de modulation. La future Chambre du Roi est au pied Sud du mastaba. La Chambre de la Reine et les débouchés de ses conduits sont prêts à l'emploi: (1) à côté du puits moteur (PM) de la GG1, (4) à côté du puits inférieur de modulation. Le conduit Nord de la Chambre du Roi (3) est à côté des puits intermédiaire et supérieur de la GG1.

Tous les monolithes ont été hissés grâce au contrepois de la GG1. Ils ont été regroupés par niveaux de leur mise en place définitive, pour les plafonds (P1), (P2), (P3), (P4) et (P5) et pour le toit (T6). Cette disposition était essentielle pour le bon déroulement des séquences de construction de la superstructure au-dessus de la Chambre du Roi.

³⁴⁸ Bien que le terme « plafond » ne soit pas approprié, comme je l'ai dit dans la Note d'information N°1 Page 23, je l'emploie quand même par simplification.

Le BIG VOID

2 – Phase 2A - Hissage des poutres et construction du 1^{er} plafond.

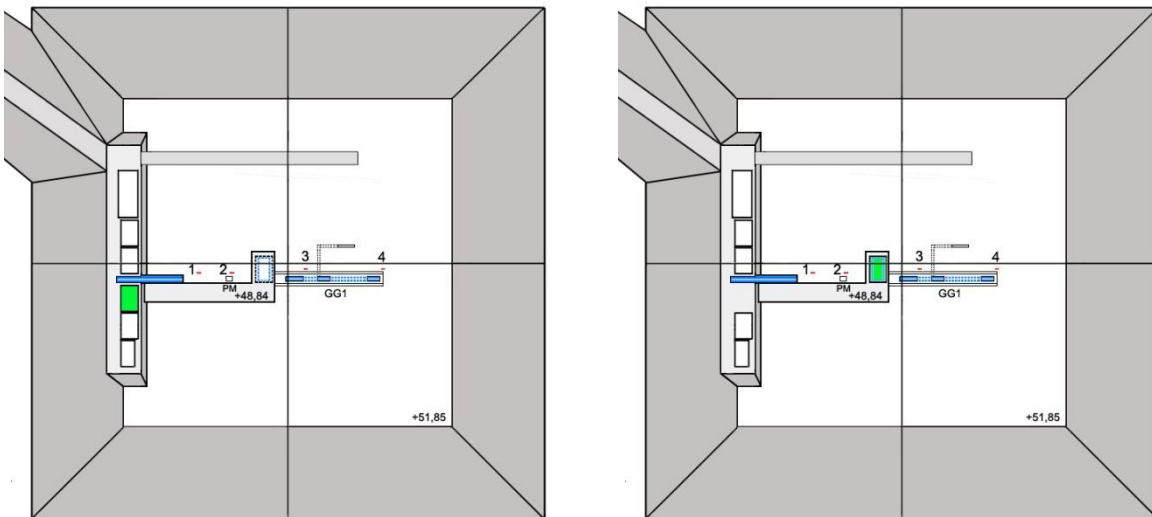


Coupe Nord-Sud.

La pyramide a été construite jusqu'au niveau +51,85m, niveau du 2^{ème} plafond de la superstructure. Le mastaba provisoire autour de la GG1 et ses puits de modulation sont noyés dans la masse. A l'opposé de la GG1, côté Sud, les monolithes sont toujours stockés sur l'aire dédiée au niveau +43,00m ; la rampe/glissière de hissage est construite dans une tranchée réservée. Une zone, entre celle-ci et la Chambre du Roi, a été réservée au niveau +48,84m pour la livraison et la mise en place des poutres du 1^{er} plafond.

La Chambre du Roi a rejoint le système d'interphonie ; le conduit (1) dessert maintenant l'arrivée de la rampe/glissière, le conduit (2) a pris le relais près du puits moteur. Les conduits (3) et (4) desservent toujours les mêmes puits de modulation.

Plans des niveaux +43,00m, +48,84m et +51,85m.



La rampe extérieure est maintenant prolongée en tranchée dans le corps de la pyramide ; elle va monter en spirale jusqu'à plus de +70m et permettre de construire la moitié de la hauteur de la pyramide, mais surtout près de 85% de son volume³⁴⁹.

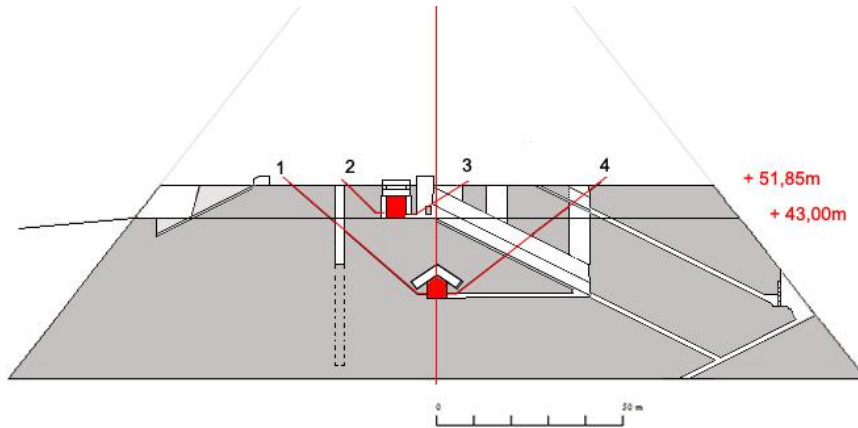
En vert, les poutres du 1^{er} plafond sur l'aire de stockage au niveau +43,00m. Une zone de passage vers la Chambre du Roi a été réservée au niveau +48,84m, niveau du 1^{er} plafond.

Le 1^{er} plafond est maintenant construit (en vert).

³⁴⁹ Voir note d'information N°4 Page 53.

Le BIG VOID

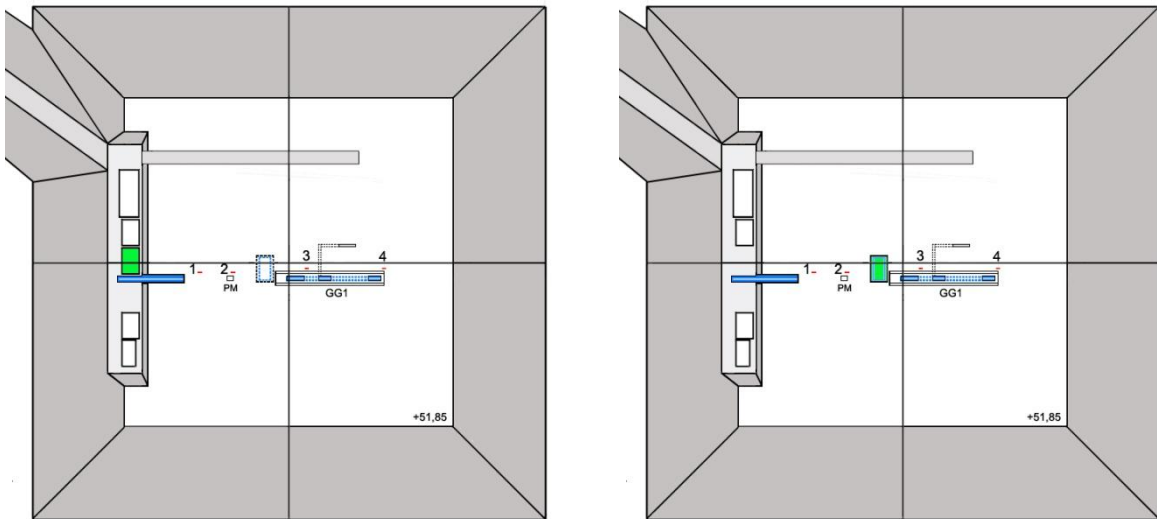
3 – Phase 2A - Hissage des poutres et construction du 2^{ème} plafond.



Coupe Nord-Sud.

La zone réservée au niveau +48,84m pour la livraison et la mise en place des poutres du 1^{er} plafond est maintenant comblée jusqu'au niveau +51,85m. La position des quatre conduits est inchangée.

Plans des niveaux +43,00m et +51,85m.



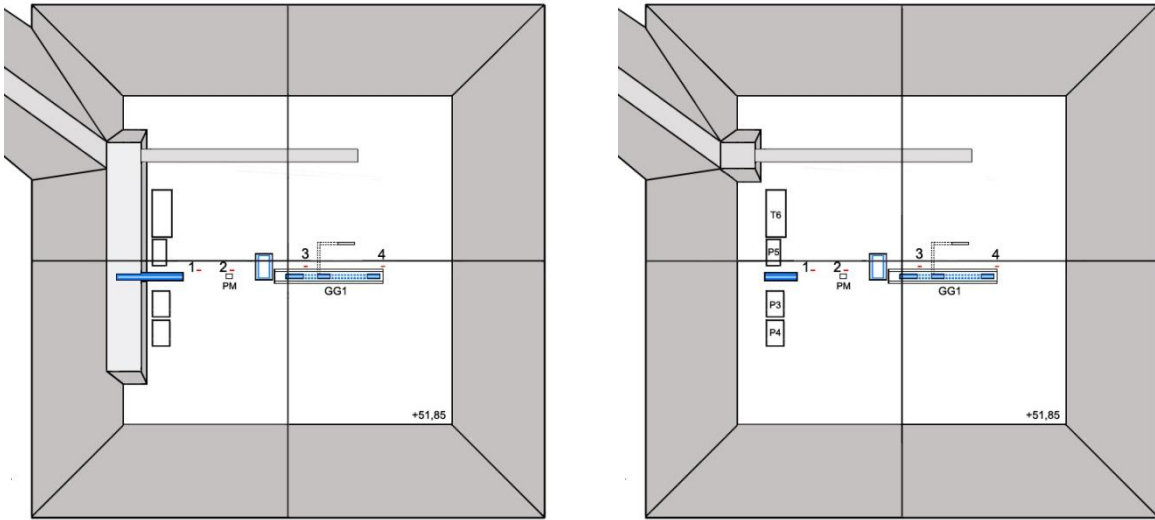
En vert, les poutres du 2^{ème} plafond sur l'aire de stockage au niveau +43,00m. La zone de passage réservée au niveau +48,84m est maintenant comblée jusqu'au niveau +51,85m, niveau du 2^{ème} plafond.

Le 2^{ème} plafond est maintenant construit (en vert).

Le BIG VOID

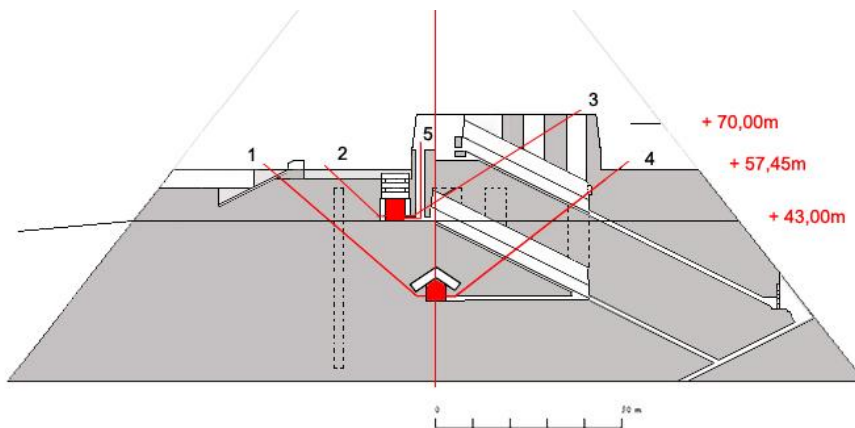
Dernière opération de la Phase 2A.

Plans des niveaux +43,00m et +51,85m.



Les monolithes restant sur l'aire de stockage au niveau +43,00m sont hissés au niveau +51,85m, ceux des 3^{ème} (P3) et 4^{ème} (P4) plafonds du côté Est de la rampe/glissière, ceux du 5^{ème} plafond (P5) et du toit (T6) à l'ouest de cette dernière. La partie Sud de la pyramide entre les niveaux +43,00m et +51,85m est comblée en même temps que la construction de la 4^{ème} section, horizontale, de la rampe intérieure au niveau +43,00m entre les angles Sud-Ouest et Sud-Est ; une petite partie est réservée pour le passage entre la rampe extérieure et sa prolongation en tranchée.

4 – Phase 2B1 - Hissage des poutres et construction du 3^{ème} plafond.



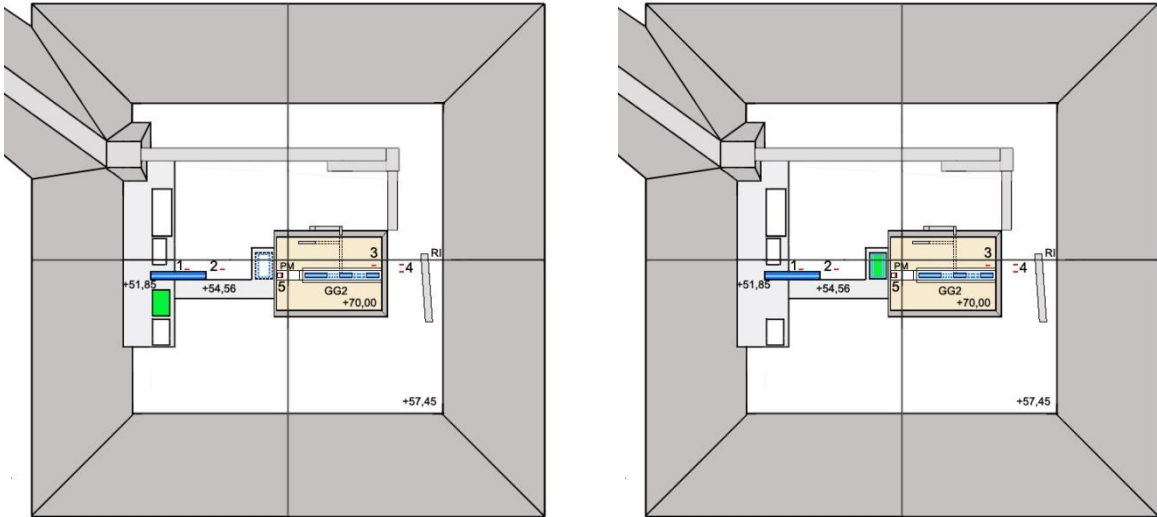
Coupe Nord-Sud.

La pyramide a été construite jusqu'au niveau +57,45m, niveau du 4^{ème} plafond de la superstructure. La GG2 et ses puits de modulation des charges du contrepoids sont intégrés dans un mastaba provisoire érigé jusqu'au niveau +70,00m³⁵⁰. A l'opposé de la GG2, côté Sud, les monolithes sont stockés sur une aire dédiée au niveau +51,85m ; la rampe/glissière de hissage est prolongée dans une tranchée réservée. Une zone, entre celle-ci et la Chambre du Roi, a été réservée au niveau +54,56m pour la livraison et la mise en place des poutres du 3^{ème} plafond. Le conduit (1) a vue sur l'aire de stockage et le bas de la rampe/glissière, le conduit (2) sur les niveaux d'arrivée. Le conduit (3) dessert les puits de modulation intermédiaire et inférieur ; le (4), doublé à partir de la GG2, dessert l'intérieur de celle-ci. Le puits moteur (5) dessert le haut de GG2.

³⁵⁰ Ce niveau +70,00m est un minimum donné à titre indicatif, le niveau réel devant se situer à environ 2 ou 3m au-dessus de celui-ci. Il sera précisé lors d'une prochaine modélisation 3D.

Le BIG VOID

Plans des niveaux +51,85m, +54,56m, +57,45m et +70,00m.

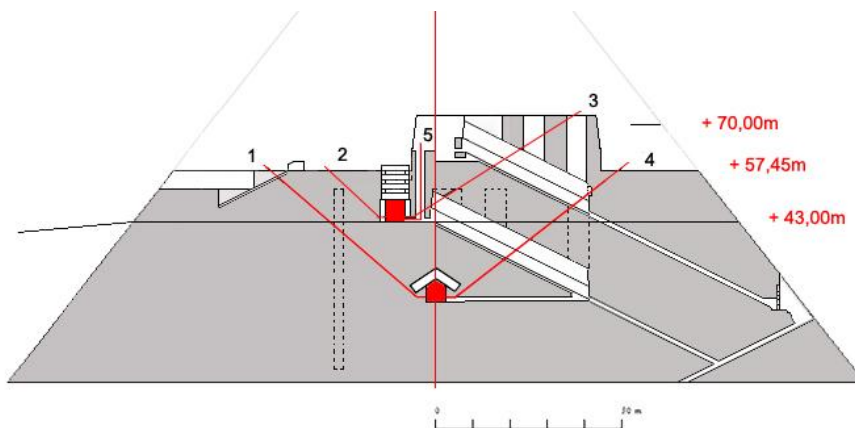


La rampe en tranchée arrive au niveau +57,45m après s'être divisée en 2 voies au niveau de son premier virage à angle droit, une section desservant la partie Ouest de la pyramide, l'autre continuant vers l'Est pour desservir cette zone. La 6^{ème} section de la rampe intérieure atteint ce niveau à l'axe Nord-Sud, dans la partie Nord près de la rampe en tranchée.

En vert, les poutres du 3^{ème} plafond sur l'aire de stockage au niveau +51,85m. Une zone de passage vers la Chambre du Roi a été réservée au niveau +54,56m, niveau du 3^{ème} plafond.

Le 3^{ème} plafond est maintenant construit (en vert).

5 – Phase 2B1 - Hissage des poutres et construction du 4^{ème} plafond.

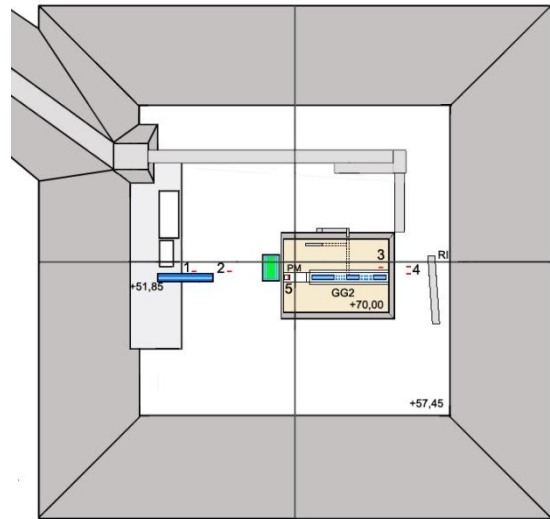
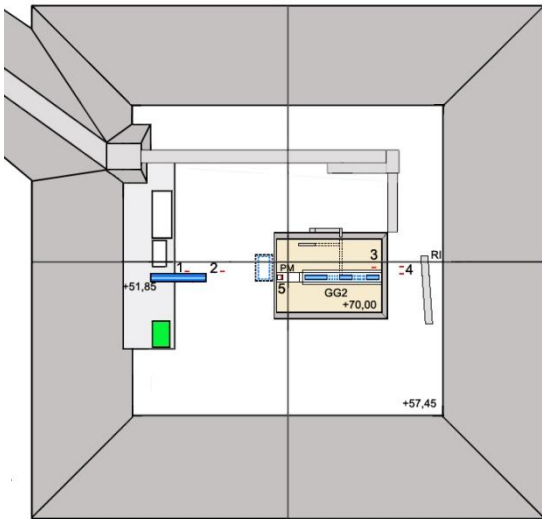


Coupe Nord-Sud.

La zone réservée au niveau +54,56m pour la livraison et la mise en place des poutres du 3^{ème} plafond est maintenant comblée jusqu'au niveau +57,45m. La position des quatre conduits est inchangée.

Le BIG VOID

Plans des niveaux +51,85m, +57,45m et +70,00m.

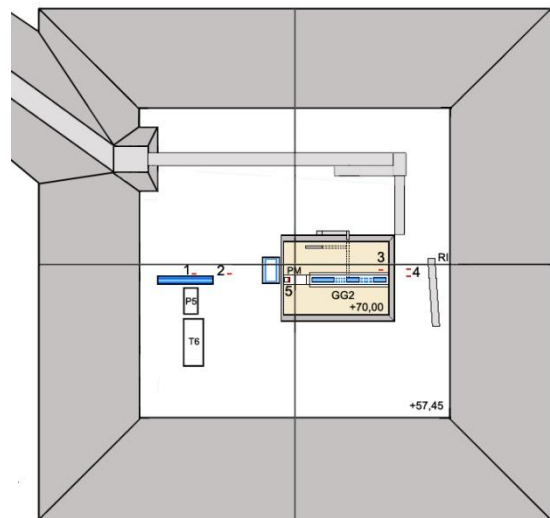
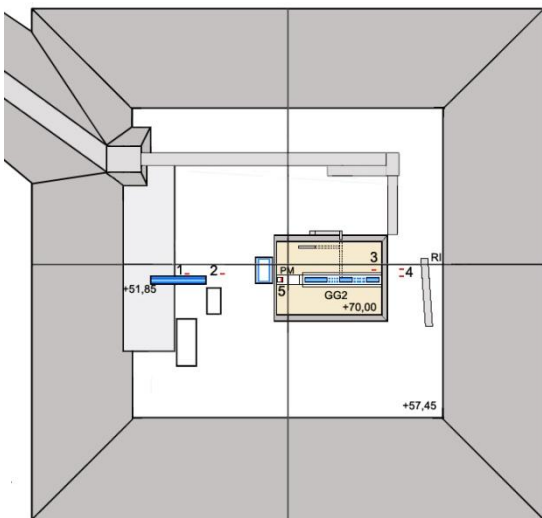


En vert, les poutres du 4^{ème} plafond sur l'aire de stockage au niveau +51,85m. La zone de passage réservée au niveau +54,56m est maintenant comblée jusqu'au niveau +57,45m, niveau du 4^{ème} plafond.

Le 4^{ème} plafond est maintenant construit (en vert).

Dernière opération de la Phase 2B1.

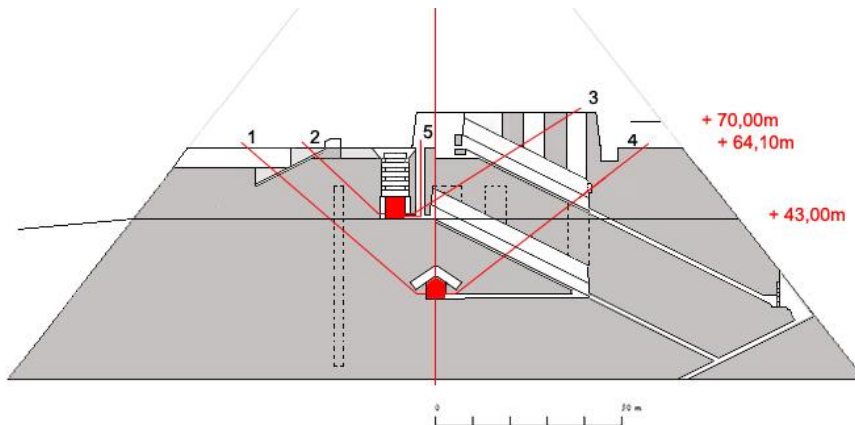
Plans des niveaux +43,00m et +51,85m.



Les monolithes du 5^{ème} plafond (P5) et du toit (T6) restant sur l'aire de stockage au niveau +51,85m sont hissés au niveau +57,45m, du côté Est de la rampe/glissière.
La partie Sud de la pyramide entre les niveaux +51,85m et +57,45m est comblée.

Le BIG VOID

6 – Phase 2B2 - Hissage des poutres et construction du 5^{ème} plafond.

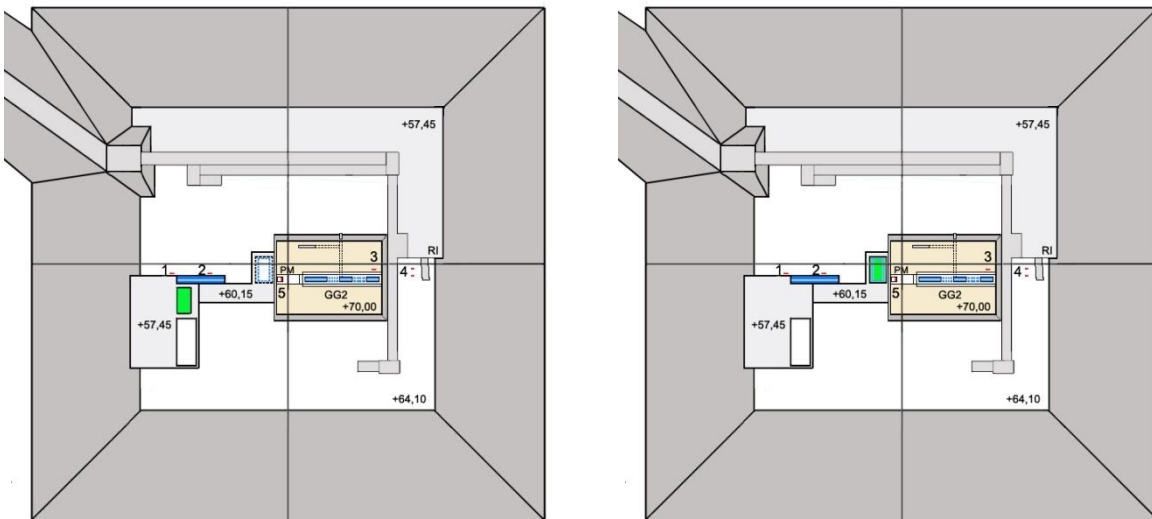


Coupe Nord-Sud.

La pyramide a été construite jusqu'au niveau +64,10m, niveau de la sous-face de la jonction des chevrons du toit et aussi du quai haut de la GG2. Le mastaba provisoire érigé jusqu'au niveau +70,00m n'a pas été modifié. A l'opposé de la GG2, côté Sud, les monolithes sont stockés sur une aire dédiée au niveau +57,45m ; la rampe/glissière de hissage est prolongée dans une tranchée réservée. Une zone, entre celle-ci et la Chambre du Roi, a été réservée au niveau +60,15m pour la livraison et la mise en place des poutres du 5^{ème} plafond.

Le conduit (1), prolongé, a toujours vue sur l'aire de stockage et le bas de la rampe/glissière, de même que le conduit (2) sur les niveaux d'arrivée. Le conduit (3), inchangé, dessert les puits de modulation intermédiaire et inférieur ; le (4), doublé et prolongé, dessert toujours l'intérieur de la GG2. Le puits moteur dessert le haut de GG2.

Plans des niveaux +57,45m, +60,15m, +64,10m et +70,00m.



La rampe en tranchée arrive au niveau +64,10m après s'être divisée en 2 voies au niveau de son premier virage à angle droit, une section desservant la partie Ouest de la pyramide, l'autre la partie l'Est.

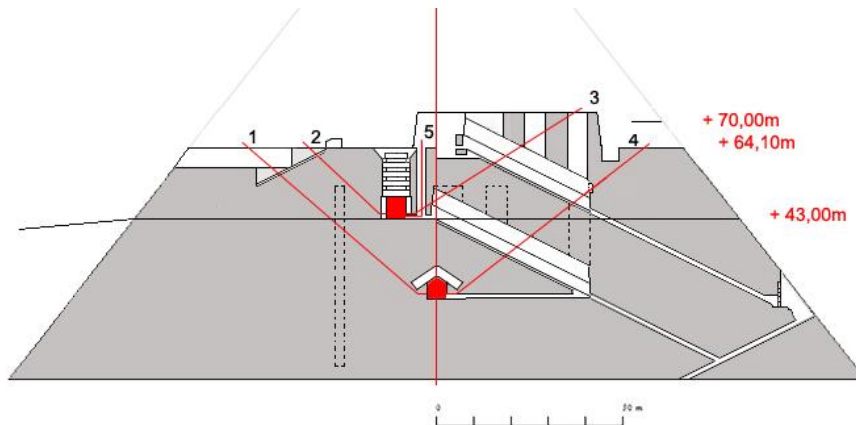
Les parties Ouest et Nord-Ouest de la pyramide entre la rampe en tranchée et les faces ne sont pas construites, restant au niveau +57,45m. La construction de la rampe intérieure est suspendue, à la moitié de la 6^{ème} section, au niveau à l'axe Nord-Sud, jusqu'à la fin de la construction de la superstructure au-dessus de la Chambre du Roi.

En vert, les poutres du 5^{ème} plafond sur l'aire de stockage au niveau +57,45m. Une zone de passage vers la Chambre du Roi a été réservée au niveau +60,15m, niveau du 5^{ème} plafond.

Le 5^{ème} plafond est maintenant construit (en vert).

Le BIG VOID

7 – Phase 2B2 - Hissage des poutres et construction du toit.

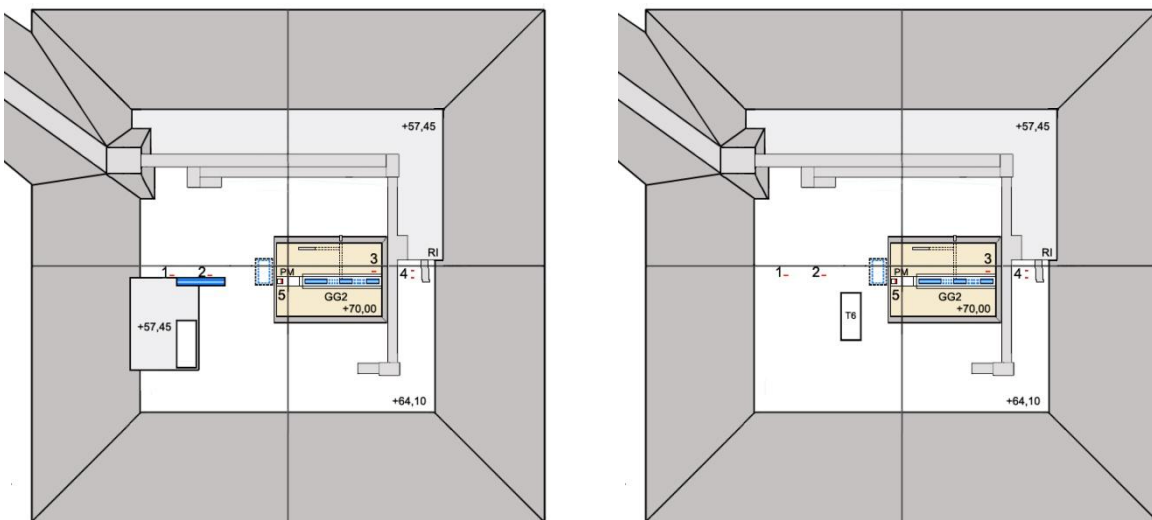


Coupe Nord-Sud.

La zone réservée au niveau +60,15m pour la livraison et la mise en place des poutres du 5^{ème} plafond est maintenant comblée jusqu'au niveau +64,10m. La position des quatre conduits est inchangée.

Dernière opération de la Phase 2B2 avant la construction du toit.

Plans des niveaux +57,45m et +64,10m.

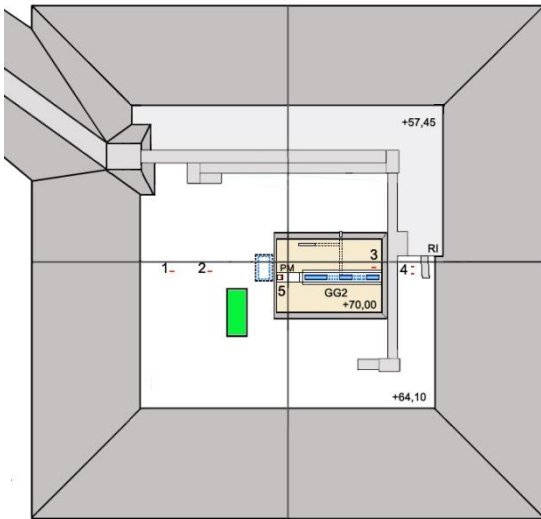


Les poutres du toit (T6) restant sur l'aire de stockage au niveau +57,45m sont hissées au niveau +64,10m. La partie Sud de la pyramide entre les niveaux +57,45m et +64,10m est comblée, de même que la rampe/glissière.

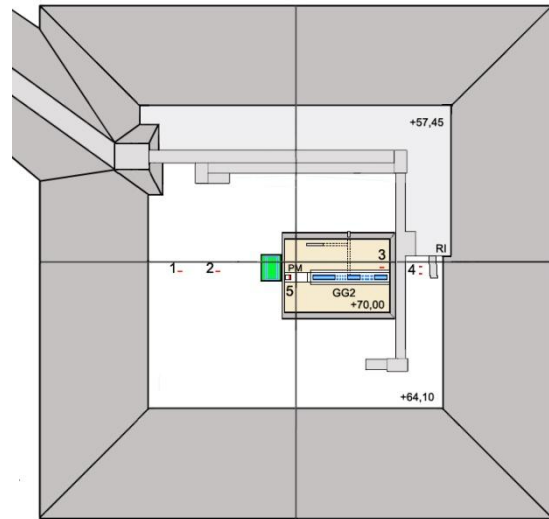
Détail géométrique remarquable : le poste de transmission du conduit double (4) est inséré entre la rampe en tranchée longeant la face Nord du mastaba et le débouché provisoire de la 6^{ème} section de la rampe intérieure. Jusqu'à la fin de la construction de la superstructure au-dessus de la Chambre du Roi, les blocs de parement transitant par celle-ci empruntent une nouvelle déviation provisoire en rejoignant la rampe en tranchée la croisant à quelques mètres.

Le BIG VOID

Plans des niveaux +51,85m, +57,45m et +70,00m.

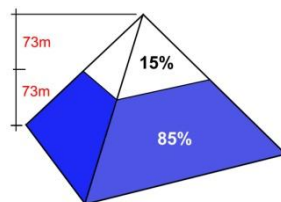
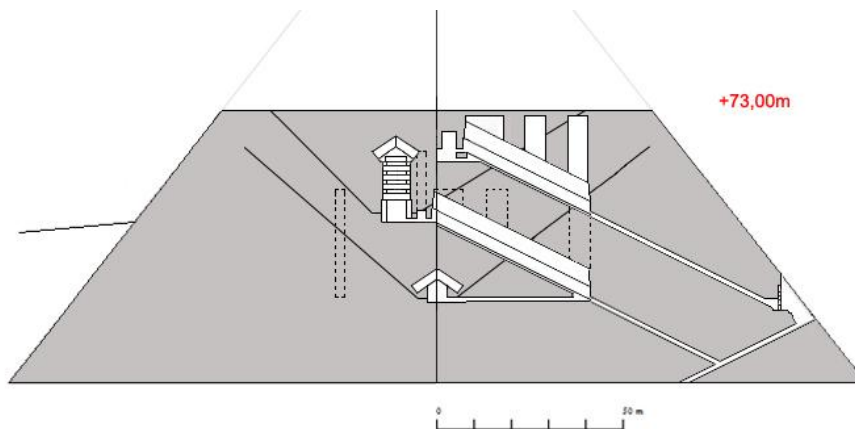


En vert, les poutres du toit en attente au niveau +64,10m.



Le toit est maintenant construit³⁵¹ (en vert).

Fin du chantier de la construction de la Chambre du Roi et de sa superstructure.



J'ai écrit Page 53 :

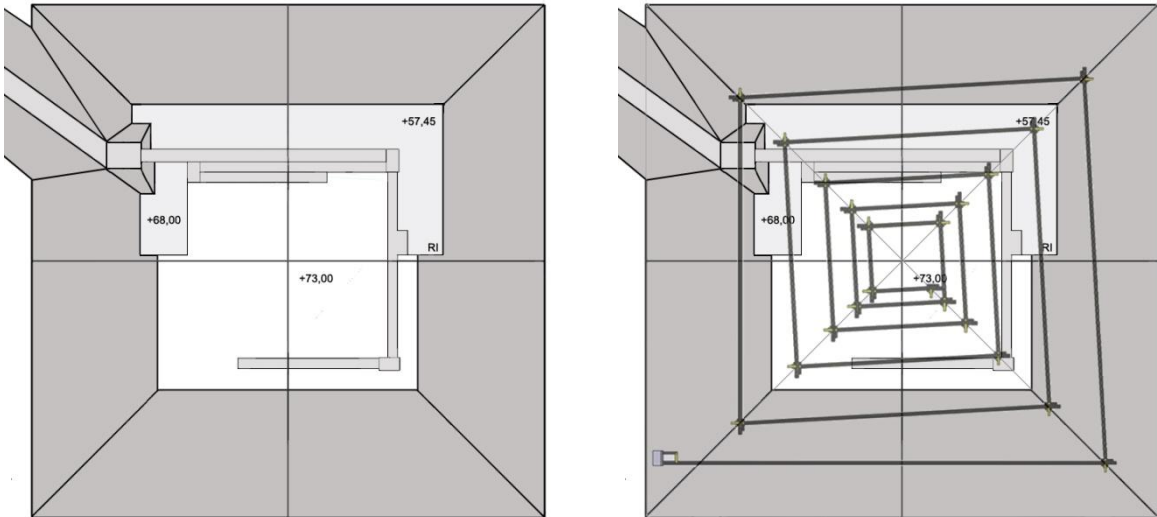
« 85% du volume a pu être réalisé grâce à la courbe rampe extérieure et sa prolongation en tranchée qui ont permis d'atteindre le niveau +73m, mi-hauteur de la pyramide; à ce niveau le toit de la Chambre du Roi est totalement recouvert. »

Je peux maintenant rajouter :

A ce niveau, la GG2 et son mastaba provisoire sont aussi totalement recouverts. Il ne reste plus que 15% du volume à construire sans aucune autre cavité maçonnée si ce n'est les sections de la rampe intérieure.

³⁵¹ La méthode de construction est identique à celle des chevrons au-dessus de l'entrée en face Nord et du toit de la Chambre de la Reine. Elle sera détaillée dans le document à venir : « Pyramide de Kheops, découverte récente d'un couloir sous la face Nord par la mission ScanPyramids ».

Le BIG VOID



La rampe en tranchée permettait d'atteindre la mi-hauteur de la pyramide, au niveau +73,00m, hormis, provisoirement, le long des zones dans la partie Ouest de la pyramide (+57,45m et +68,00m) sur le parcours de la rampe intérieure à construire. Sa construction reprendra avec le comblement de ces zones et de la rampe en tranchée, les matériaux étant livrés à la fois par la rampe extérieure et la rampe intérieure³⁵².

Au-dessus du niveau +73,00m, et jusqu'au sommet, la rampe intérieure devient le seul moyen pour livrer les blocs de calcaire. Coup de génie des concepteurs, ces blocs sont issus du recyclage des blocs qui constituaient la rampe extérieure, celle-ci étant démontée au fur et à mesure de la construction des 15% restant.

Dans le dernier paragraphe de la Page 56 à la fin de la *Note d'Information N°4*, j'écrivais :

« Conclusion : Si la position des ouvrages intérieurs a été directement influencée par les processus de construction du volume, leur réalisation a été totalement indépendante de la construction de ce volume ; une conception simple mais très efficace de deux chantiers distincts intégrés l'un dans l'autre ».

Cette conclusion prend tout son sens maintenant.

³⁵² Le déroulement de cette étape du chantier sera détaillé dans le document à venir : « Pyramide de Kheops, découverte récente d'une cavité sous l'arête Nord-Est par la mission ScanPyramids ».

11 – HISSAGE DES MONOLITHES : TABLEAUX DES FORCES REQUISES ET CHARGEMENTS DES CONTREPOIDS SELON LES PHASES

Remarque :

Tous les calculs résumés dans les tableaux qui suivent ont été réalisés par moi-même sur la base des nombreux travaux déjà réalisés par Denis Denoël dans les années 2016 et 2017. Les méthodes ont été respectées pour ces derniers calculs qui prennent en compte les toutes dernières mises à jour dans la définition du système à contrepoids intervenues entre 2017 et 2022 ; celles-ci concernent en particulier les renvois, la qualité du matériau employé pour ces derniers et du poids des moteurs mis en œuvre. Les croquis illustrant ces tableaux sont de Denis Denoël mais ils ont été modifiés par moi-même pour correspondre à la dernière mise à jour du système à contrepoids.

RAPPEL DES PHASES, DONNÉES ET PARAMÈTRES DES COMPOSANTS.

Phase 1A :

Hissage des monolithes du port à une aire de stockage implantée à la base de la rampe extérieure. Utilisation d'un contrepoids circulant dans une tranchée creusée dans le socle rocheux dans l'axe et en continuité d'une rampe reliant le port à l'aire de stockage.

La rampe du port a une pente d'environ 8,5% (4,80°) et la rampe-glissière du contrepoids une pente de 50% (26,57°).

La technique de la traction directe par le contrepoids est mise en œuvre et la charge de ce dernier est modulable. Son réarmement est assuré par un moteur, un bloc de granit de 3,5t circulant dans un puits vertical, qui est lui-même réarmé en même temps que le hissage du monolithe.

Phase 1B :

Hissage des monolithes de la base de la rampe extérieure à une aire de stockage implantée au niveau +43m dans la partie Sud de la pyramide.

Utilisation d'un contrepoids circulant dans la Grande Galerie dite GG1.

La rampe extérieure a une pente d'environ 8,5% (4,80°) et la GG1 une pente de 50% (26,57°).

La technique de la traction directe par le contrepoids est mise en œuvre. Son poids de base total est de 19t mais est modulable par ajout de blocs lest de 2,25t, jusqu'à 9 pour un maximum de 20t.

Le contrepoids est réarmé par un moteur, trois blocs de granit de 3,5t circulant dans un puits vertical, qui est lui-même réarmé en même temps que le hissage du monolithe.

Phase 2A :

Hissage des monolithes de l'aire de stockage du niveau +43m jusqu'au niveau 48,84m (1^{er} plafond) et niveau +51,85m (2^{ème} plafond et nouvelle aire de stockage).

Utilisation d'un contrepoids circulant dans la Grande Galerie dite GG1.

La rampe-glissière de hissage des monolithes fait face à la GG1 et a une pente de 50% (26,57°).

La technique de la traction avec renvoi à 180° par le contrepoids est mise en œuvre. Son poids de base total est de 19t mais est modulable par ajout de blocs lest de 2,25t, jusqu'à 9 pour un maximum de 20t.

Un moteur, composé de 1 à 3 blocs de 2,35t, circulant dans un puits vertical situé entre la GG1 et la rampe-glissière apporte la force complémentaire nécessaire au hissage des monolithes. Ce moteur est réarmé en même temps que le contrepoids avec sa charge de base. Il sert également pour les opérations de réarmement du contrepoids.

Phase 2B1 :

Hissage des monolithes de l'aire de stockage du niveau +51,85m jusqu'au niveau 54,56m (3^{ème} plafond) et niveau +57,45m (4^{ème} plafond et nouvelle aire de stockage).

Utilisation d'un contrepoids circulant dans une seconde Grande Galerie (le BIG VOID) dite GG2.

La rampe-glissière de hispage des monolithes fait face à la GG2 et a une pente de 50% (26,57°).

La technique de la traction avec renvoi à 180° par le contrepoids est mise en œuvre. Son poids de base total est de 19t mais est modulable par ajout de blocs lest de 2,25t, jusqu'à 9 pour un maximum de 20t.

Un moteur, composé de 1 à 3 blocs de 2,5t, circulant dans un puits vertical situé entre la GG2 et la Chambre du Roi apporte la force complémentaire nécessaire au hispage des monolithes. Ce moteur est réarmé en même temps que le contrepoids avec sa charge de base. Il sert également pour les opérations de réarmement du contrepoids.

Phase 2B2 :

Hissage des monolithes de l'aire de stockage du niveau +57,45m jusqu'au niveau 60,15m (5^{ème} plafond) et niveau +64,10m (nouvelle aire de stockage avant construction du toit en chevrons).

Utilisation d'un contrepoids circulant dans la GG2.

Tous les autres paramètres sont identiques à ceux de la Phase 2B1.

Données et paramètres des composants :

Pour le réarmement du contrepoids de la GG1³⁵³ ou de la GG2, les blocs lest chargeant la plateforme contrepoids sont dimensionnés pour être tous posés directement en une seule couche, donc sans nécessité de levage. Dans les calculs présentés, les blocs lest ont un poids de 2.500kg (2,5t). Il faut 17 blocs pour réarmer le contrepoids. En réalité, avec cette charge, le système est presque à l'équilibre. Pour démarrer un réarmement, il faut rajouter un dix-huitième bloc d'une tonne. Le réarmement est alors contrôlé par une équipe qui freine la descente de la plateforme contrepoids.

Les trois blocs lest du moteur de la GG1 pesaient 3.000kg (3t) chacun. Plus tard, ils seront raccourcis d'une coudée (0,52m) pour être réutilisés, pesant 2.500kg (2,5t), comme moteur de la GG2.

Les neuf blocs de surcharge pour le chariot contrepoids de la GG1 et la GG2 ont été dimensionnés pour cette étude. A titre d'exemple : rien qu'un allongement d'une coudée (0,52m) de chacun des neuf blocs apporterait environ 6.700kg (6,7t) de surcharge supplémentaire sans aucune modification du chariot contrepoids. Cela apporte une marge en réserve.

Enfin, les calculs sont basés sur le poids de la poutre la moins lourde et de la plus lourde. Des poids intermédiaires de 30.000kg, 40.000kg et 50.000kg ont été étudiés pour avoir une idée d'ensemble des besoins en fonction du poids réel de tous les monolithes mis en œuvre dans la superstructure au-dessus de la Chambre du Roi.

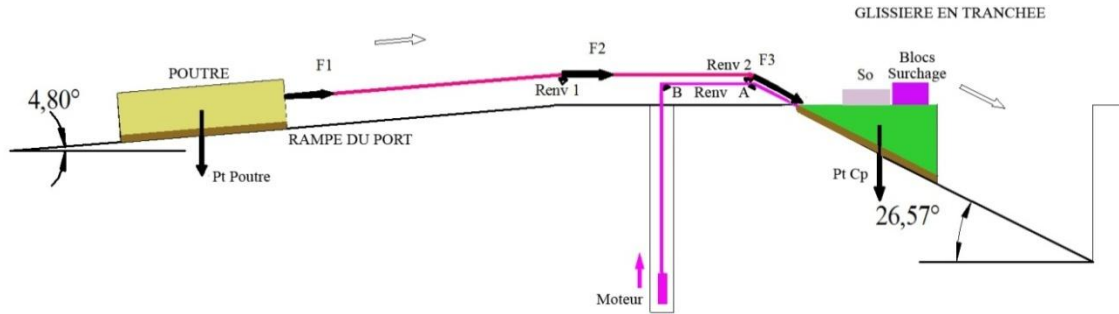
³⁵³ Sauf dans la Phase 1B

Le BIG VOID

CONTREPOIDS PLATEAU

Phase 1A

Contreponds: traction directe de la poutre
+ Traction directe du Moteur pour son réarmement



Données										
Pt poutre	Pente Rampe Externe	Pente Glissière en tranchée	Puits Moteur	Coef renv Pp lubrif	Pt train seul	Pt chariot Pla seul	Pt Corde ramp	Pt Moteur 1 Lest x 3500	Pt Charge Fixe So Cp 2 Blocs	Pt Bloc Lest Cp
Kg	Deg	Deg	Deg		Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
25.000	4,80	26,57	90,00	0,10	500	2000	4000	3500	5000	2500
30.000	4,80	26,57	90,00	0,10	500	2000	4000	3500	5000	2500
40.000	4,80	26,57	90,00	0,10	500	2000	4000	3500	5000	2500
50.000	4,80	26,57	90,00	0,10	500	2000	4000	3500	5000	2500
62.000	4,80	26,57	90,00	0,10	500	2000	4000	3500	5000	2500

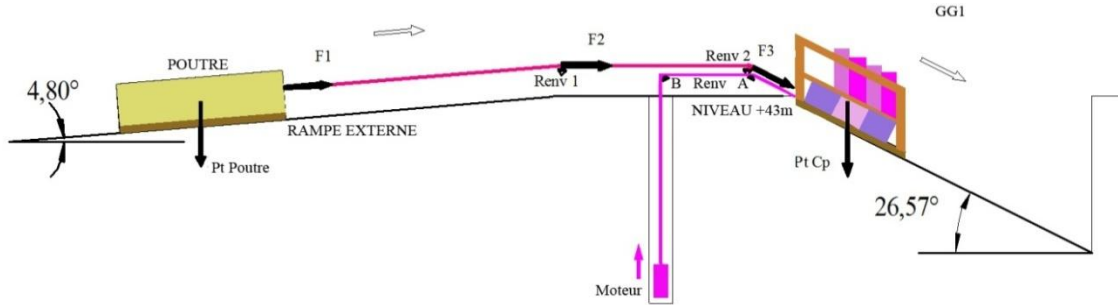
Conversions		
4,80°	26,57°	90,00°
0,0845	0,4472	1

Calculs												
Pt poutre + Train + Cord	Pt Moteur	F1 Poutre	F2 Poutre	F3 Poutre	FB Mot	FA Mot	F Totale	Pt Cp Fixe So	F tract Cp Fixe So	Besoin F	Lest Suppl sur Cp	Nb Blocs Lest Cp
Kg	Kg							Kg			Kg	
	3500				3850	4235	4235	7000	3130	1105	2315	1
31500	3500	2662	2928	3221	3850	4235	7455	7000	3130	4325	9671	4
36500	3500	3084	3392	3322	3850	4235	7627	7000	3130	4497	10055	4
46500	3500	3929	4322	4754	3850	4235	8989	7000	3130	5859	13101	5,5
56500	3500	4774	5251	5776	3850	4235	10011	7000	3130	6881	15386	6,5
66500	3500	5619	6181	6800	3850	4235	11035	7000	3130	7905	17674	7

Le BIG VOID

GG1 Phase 1B³⁵⁴

Contrepoids: traction directe de la poutre
+ Traction directe du Moteur pour son réarmement



Données									
Pt poutre	Pente Rampe Externe	Pente GG1	Puits Moteur	Coef renvoi Lubrif	Pt train seul	Pt chariot Cp seul	Pt Corde ramp	Pt Moteur 3 lests x 3500	Pt Charge fixe Cp
Kg	Deg	Deg	Deg		Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
25.000	4,80	26,57	90,00	0,10	500	3000	2000	10500	16000
30.000	4,80	26,57	90,00	0,10	500	3000	2000	10500	16000
40.000	4,80	26,57	90,00	0,10	500	3000	2000	10500	16000
50.000	4,80	26,57	90,00	0,10	500	3000	2000	10500	16000
62.000	4,80	26,57	90,00	0,10	500	3000	2000	10500	16000

Conversions		
4,80°	26,57°	90,00°
0,0845	0,4472	1

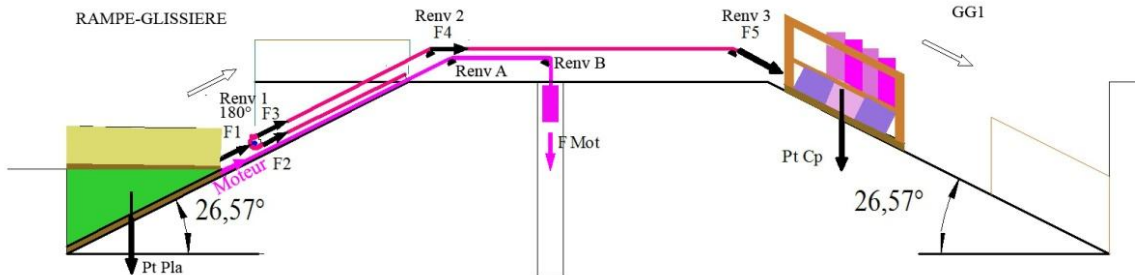
Calculs													
Pt poutre + Train + Cord	Pt Moteur	F1 Poutre	F2 Poutre	F3 Poutre	FB Mot	FA Mot	F Totale	Pt Cp	F tract Cp	Besoin F	Apport F tract Hum	Lest Suppl sur Cp	Nb Blocs Lest Cp
Kg	Kg							Kg				Kg	
0	10500				11550	12705	12705	19000	8496	4209	- 4234	0	0
27500	10500	2323	2556	2811	11550	12705	15516	19000	8496	7020		15700	7
32500	10500	2746	3020	3322	11550	12705	16027	19000	8496	7531		16842	7,5
42500	10500	3591	3950	4345	11550	12705	17050	19000	8496	8554		19127	8,5
52500	10500	4436	4880	5368	11550	12705	18073	19000	8496	9577	-1415	20000	9
62500	10500	5281	5809	6390	11550	12705	19095	19000	8496	10600	-3703	20000	9

³⁵⁴ Voir schémas Page 62

Le BIG VOID

GG1 Phase 2A³⁵⁵

Contrepoids: traction de la poutre avec renvoi à 180°
Moteur: traction directe de la poutre



Données										
Pt poutre	Pente Rampe Gliss	Pente GG1	Puits Moteur	Coef renvoi 180° lubrif	Coef renvoi Lubrif	Pt chariot Pla seul	Pt chariot Cp seul	Pt Corde	Pt Moteur 1 à 3 lests x 2350	Pt Charge fixe Cp
Kg	Deg	Deg	Deg			Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
25.000	26,57	26,57	90,00	0,20	0,10	2000	3000	1000	2350	16000
30.000	26,57	26,57	90,00	0,20	0,10	2000	3000	1000	4700	16000
40.000	26,57	26,57	90,00	0,20	0,10	2000	3000	1000	7050	16000
50.000	26,57	26,57	90,00	0,20	0,10	2000	3000	1000	7050	16000
62.000	26,57	26,57	90,00	0,20	0,10	2000	3000	1000	7050	16000

Conversions		
4,80°	26,57°	90,00°
0,0845	0,4472	1

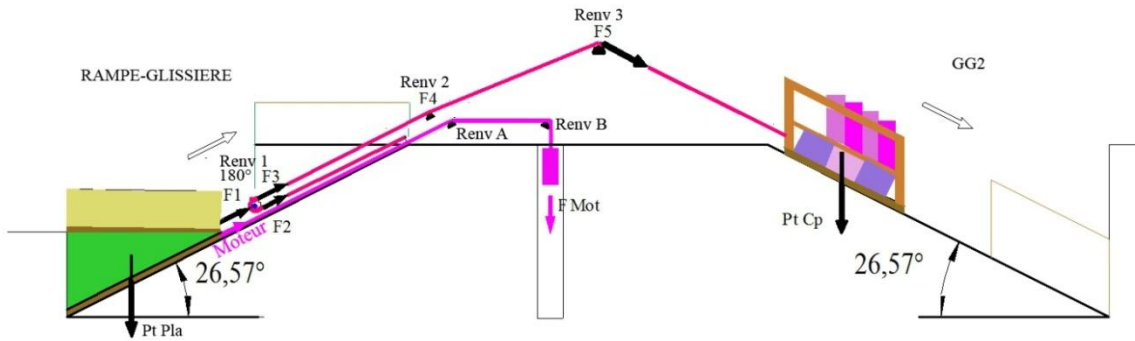
Calculs											
Pt poutre + Pla + Cord	- F Moteur 2 renv A B 1 à 3 lests	F1 Poutre	F2 Poutre	F3 Poutre	F4 Poutre	F5 Poutre	Pt Cp	F tract Cp	Besoin F	Lest Suppl sur Cp	NB Blocs Lest Cp x 2250
Kg							Kg			Kg	
28000	-1903	10618	5309	6370	7007	7708	19000	8496	0	0	0
33000	-3806	10951	5475	6570	7227	7950	19000	8496	0	0	0
43000	-5710	13519	6759	8110	8921	9813	19000	8496	1317	2945	2
53000	-5710	17991	8995	10794	11873	13060	19000	8496	4564	10207	5
65000	-5710	23358	11679	14014	15415	16956	19000	8496	8460	18919	9

³⁵⁵ Voir schémas Page 59

Le BIG VOID

GG2 Phases 2B1 et 2B2³⁵⁶

Contrepoids: traction de la poutre avec renvoi à 180°
Moteur: traction directe de la poutre



Données										
Pt poutre	Pente Rampe Gliss	Pente GG2	Puits Moteur	Coef renvoi 180° lubrif	Coef renvoi Lubrif	Pt chariot Pla seul	Pt chariot Cp seul	Pt Corde	Pt Moteur 1 à 3 lests x 2350	Pt Charge fixe Cp
Kg	Deg	Deg	Deg			Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
25.000	26,57	26,57	90,00	0,20	0,10	2000	3000	1000	2350	16000
30.000	26,57	26,57	90,00	0,20	0,10	2000	3000	1000	4700	16000
40.000	26,57	26,57	90,00	0,20	0,10	2000	3000	1000	7050	16000
50.000	26,57	26,57	90,00	0,20	0,10	2000	3000	1000	7050	16000

Conversions		
4,80°	26,57°	90,00°
0,0845	0,4472	1

Calculs											
Pt poutre + Pla + Cord	- F Moteur 2 renv A B 1 à 3 lests	F1	F2	F3	F4	F5	Pt Cp	F tract Cp	Besoin F	Lest Suppl sur Cp	NB Blocs Lest Cp x 2250
Kg							Kg			Kg	
28000	-1903	10618	5309	6370	7007	7708	19000	8496	0	0	0
33000	-3806	10951	5475	6570	7227	7950	19000	8496	0	0	0
43000	-5710	13519	6759	8110	8921	9813	19000	8496	1317	2945	2
53000	-5710	17991	8995	10794	11873	13060	19000	8496	4564	10206	5

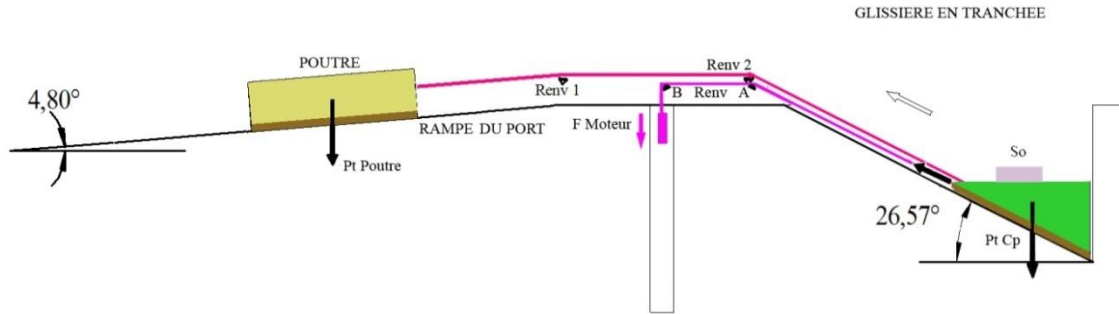
³⁵⁶ Voir schémas Pages 60 et 61

Le BIG VOID

CONTREPOIDS DU PLATEAU

Phase 1A

Réarmement Plateforme-Contrepoids Avec le Moteur par traction directe



Données									
Pt poutre	Puits Moteur	Pente Glissière en tranchée	Coef renv Pp lubrif	Pt train seul	Pt Corde ramp	Pt Moteur 1 lest x 3500	Pt chariot Pla seul	Pt Charge Fixe So Cp	Pt Bloc Lest Cp
Kg	Deg	Deg		Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
25.000	90,00	26,57	0,10	500	4000	3500	2000	5000	2500
30.000	90,00	26,57	0,10	500	4000	3500	2000	5000	2500
40.000	90,00	26,57	0,10	500	4000	3500	2000	5000	2500
50.000	90,00	26,57	0,10	500	4000	3500	2000	5000	2500
62.000	90,00	26,57	0,10	500	4000	3500	2000	5000	2500

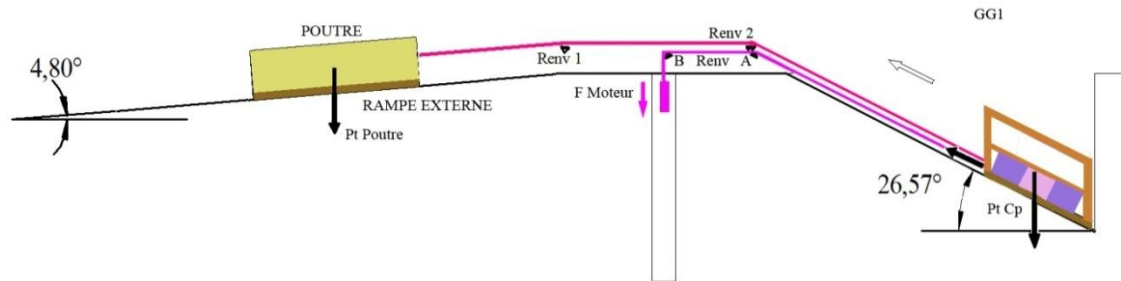
Conversions		
4,80°	26,57°	90,00°
0,0845	0,4472	1

Calculs											
Pt poutre + Traineau + Corde	Pt Moteur	F1	F2	F3	FA Mot	FB Mot	F Totale Mot	Pt Total Cp	Besoin F Réarm Cp	Apport F tract Hum	Nb Hom Tract Direct
Kg	Kg							Kg		Kg	
0	3500	0	0	0	3150	2835	2835	7000	3130	295	5

Le BIG VOID

GG1 Phase 1B³⁵⁷

Réarmement Contrepoids Avec le Moteur par traction directe



Données									
Pt poutre	Puits Moteur	Pente Glissière en tranchée	Coef renv Pp lubrif	Pt train seul	Pt Corde ramp	Pt Moteur 1 lest x 3500	Pt Chariot Cp seul	Pt Charge Fixe Cp	Pt Total Cp
Kg	Deg	Deg		Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
	90,00	26,57	0,10	500	2000	3500	3000	16000	19000

Conversions		
4,80°	26,57°	90,00°
0,0845	0,4472	1

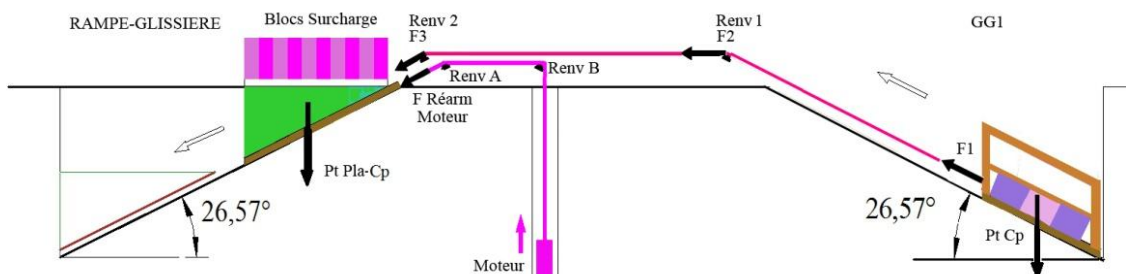
Calculs												
Pt poutre + Traineau + Corde	Pt Moteur	F1	F2	F3	FA Mot	FB Mot	F Totale Mot	Pt Total Cp	Besoin F Réarm Cp	Apport F tract Hum	Nb Hom Tract Direct	
Kg	Kg									Kg		
0	10500	0	0	0	9450	8505	8505	19000	8496	0	0	

³⁵⁷ Voir schémas Page 62

Le BIG VOID

GG1 Phase 2A³⁵⁸

Réarmement Contrepoids + Moteur
Avec Plateforme de hissage convertie en Contrepoids traction directe
Première traction du Contrepoids



Données								
Pente Rampe Gliss	Pente GG1	Puits Moteur	Coef renvoi Lubrif	Pt 1 Bloc Lest Pla-Cp	Pt chariot Pla-Cp seul	Pt Corde	Pt Moteur 1 à 3 lests x 2350	Pt Charge fixe Cp
Deg	Deg	Deg		Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
26,57	26,57	90,00	0,10	2500	2000	1000	7050	19000

Conversions		
4,80°	26,57°	90,00°
0,0845	0,4472	1

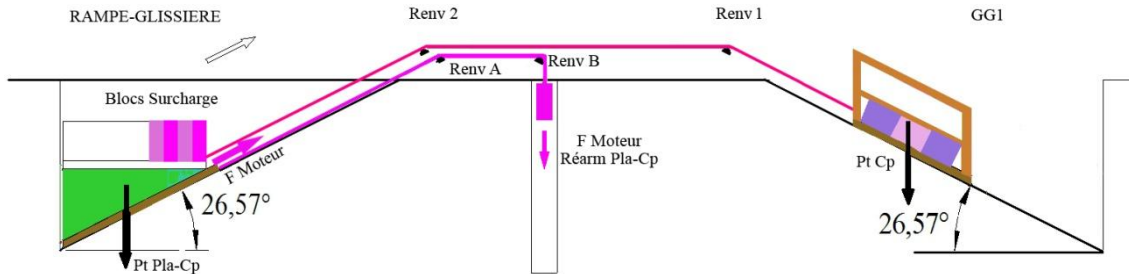
Calculs										
Pt Cp Base + Corde	Pt Moteur	F1 Cp	F2 Cp	F3 Cp	FA Mot	FB Mot	Besoin F Totale Cp + Mot	Pt Chariot Pla-Cp + Blocs lest	Pt Blocs Lest Sur Pla-Cp	Nb Blocs Lest Sur Pla-Cp x 2500
Kg	Kg							Kg	Kg	
20000	7050	8944	9838	10820	8250	9075	19895	44487	42487	17

³⁵⁸ Voir exemple 4^{ème} plafond Pages 71 à 73

Le BIG VOID

GG1
Phase 2A³⁵⁹

Réarmement Plateforme de Hissage convertie en Contrepoids
Pour Seconde traction Contrepoids
Traction directe avec le Moteur



Données								
Pente Rampe Gliss	Pente GG1	Puits Moteur	Coef renvoi Lubrif	Pt 1 Bloc Lest Pla-Cp	Pt chariot Pla-Cp seul	Pt Corde	Pt Moteur 1 à 3 lests x 2350	Pt Charge Fixe sur Pla-Cp
Deg	Deg	Deg		Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
26,57	26,57	90,00	0,10	2500	2000	500	7050	0

Conversions		
4,80°	26,57°	90,00°
0,0845	0,4472	1

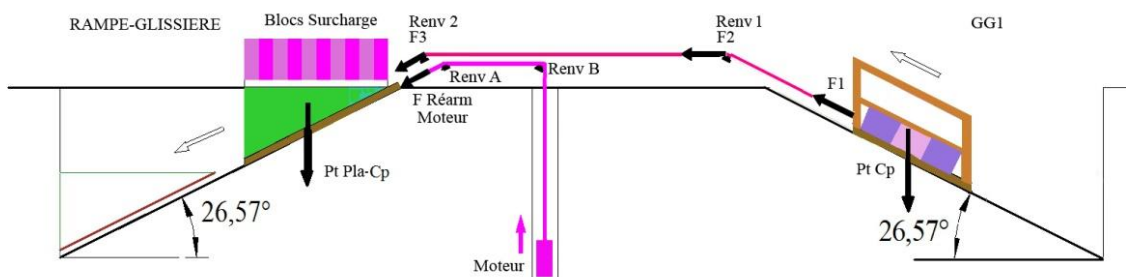
Calculs										
Pt Pla-Cp Base + Corde	Pt Moteur	F1	F2	F3	FA Mot	FB Mot	F Totale Dispo avec Mot	Pt Chariot Pla-Cp + lest Tractable	Pt Blocs Lest Sur Pla-Cp	Nb Blocs Lest Sur Pla-Cp x 2500
Kg	Kg							Kg	Kg	
2500	7050				6345	5710	5710	12769	10269	4

³⁵⁹ Voir exemple 4^{ème} plafond Pages 71 à 73

Le BIG VOID

GG1 Phase 2A³⁶⁰

Réarmement Contrepoids + Moteur
Avec Plateforme de hissage convertie en Contrepoids traction directe
Seconde traction du Contrepoids



Données								
Pente Rampe Gliss	Pente GG1	Puits Moteur	Coef renvoi Lubrif	Pt 1 Bloc Lest Pla-Cp	Pt chariot Pla-Cp seul	Pt Corde	Pt Moteur 1 à 3 lests x 2350	Pt Charge fixe Cp
Deg	Deg	Deg		Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
26,57	26,57	90,00	0,10	2500	2000	1000	7050	19000

Conversions		
4,80°	26,57°	90,00°
0,0845	0,4472	1

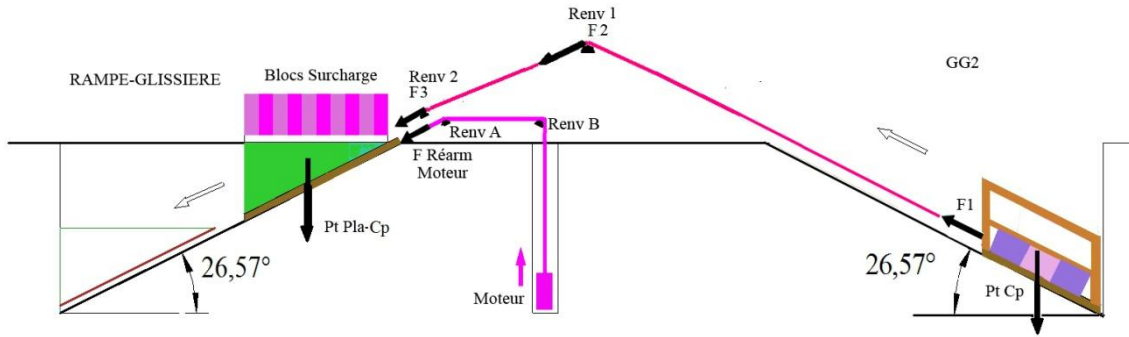
Calculs										
Pt Cp Base + Corde	Pt Moteur	F1	F2	F3	FA Mot	FB Mot	Besoin F Totale Cp + Mot	Pt Chariot Pla-Cp + Blocs lest	Pt Blocs Lest Sur Pla-Cp	Nb Blocs Lest Sur Pla-Cp x 2500
Kg	Kg							Kg	Kg	
20000	7050	8944	9838	10820	8250	9075	19895	44487	42487	17

³⁶⁰ Voir exemple 4^{ème} plafond Pages 71 à 73

Le BIG VOID

GG2 Phases 2B1 et 2B2³⁶¹

Réarmement Contrepoids + Moteur Avec Plateforme de hissage convertie en Contrepoids traction directe Première traction du Contrepoids



Données								
Pente Rampe Gliss	Pente GG2	Puits Moteur	Coef renvoi Lubrif	Pt 1 Bloc Lest Pla-Cp	Pt chariot Pla-Cp seul	Pt Corde	Pt Moteur 1 à 3 lests x 2350	Pt Charge fixe Cp
Deg	Deg	Deg		Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
26,57	26,57	90,00	0,10	2500	2000	1000	7050	19000

Conversions		
4,80°	26,57°	90,00°
0,0845	0,4472	1

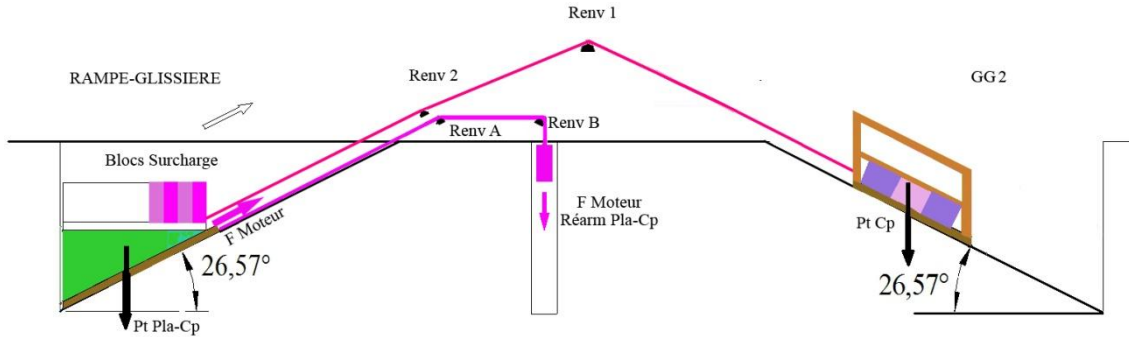
Calculs										
Pt Cp Base + Corde	Pt Moteur	F1	F2	F3	FA Mot	FB Mot	Besoin F Totale Cp + Mot	Pt Chariot Pla-Cp + Blocs lest	Pt Blocs Lest Sur Pla-Cp	Nb Blocs Lest Sur Pla-Cp x 2500
Kg	Kg							Kg	Kg	
20000	7050	8944	9838	10820	8250	9075	19895	44487	42487	17

³⁶¹ Voir exemple 4^{ème} plafond Pages 71 à 73

Le BIG VOID

GG2
Phase 2B1 et 2B2³⁶²

Réarmement Plateforme de Hissage convertie en Contrepoids
Pour Seconde traction Contrepoids
Traction directe avec le Moteur



Données								
Pente Rampe Gliss	Pente GG2	Puits Moteur	Coef renvoi Lubrif	Pt 1 Bloc Lest Pla-Cp	Pt chariot Pla-Cp seul	Pt Corde	Pt Moteur 1 à 3 lests x 2350	Pt Charge Fixe sur Pla-Cp
Deg	Deg	Deg		Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
26,57	26,57	90,00	0,10	2500	2000	500	7050	0

Conversions		
4,80°	26,57°	90,00°
0,0845	0,4472	1

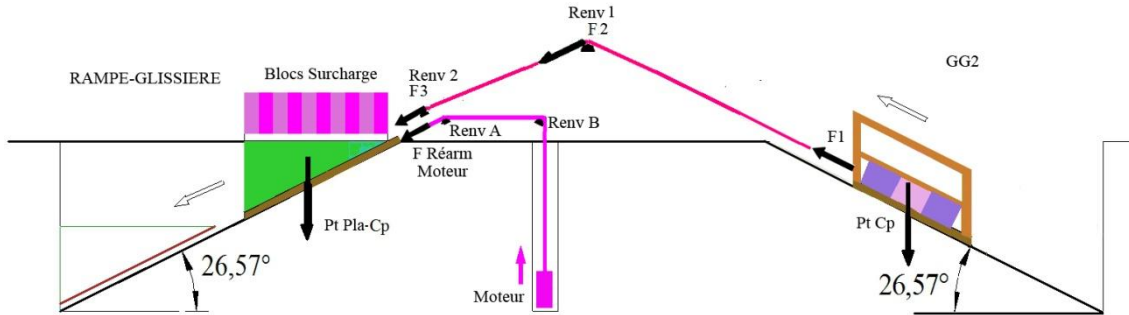
Calculs										
Pt Pla-Cp Base + Corde	Pt Moteur	F1	F2	F3	FA Mot	FB Mot	F Totale Dispo avec Mot	Pt Chariot Pla-Cp + lest Tractable	Pt Blocs Lest Sur Pla-Cp	Nb Blocs Lest Sur Pla-Cp x 2500
Kg	Kg							Kg	Kg	
2500	7050				6345	5710	5710	12769	10269	4

³⁶² Voir exemple 4^{ème} plafond Pages 71 à 73

Le BIG VOID

GG2 Phase 2B1 et 2B2³⁶³

Réarmement Contrepoids + Moteur
Avec Plateforme de hissage convertie en Contrepoids traction directe
Seconde traction du Contrepoids



Données								
Pente Rampe Gliss	Pente GG2	Puits Moteur	Coef renvoi Lubrif	Pt 1 Bloc Lest Pla-Cp	Pt chariot Pla-Cp seul	Pt Corde	Pt Moteur 1 à 3 lests x 2350	Pt Charge fixe Cp
Deg	Deg	Deg		Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
26,57	26,57	90,00	0,10	2500	2000	1000	7050	19000

Conversions		
4,80°	26,57°	90,00°
0,0845	0,4472	1

Calculs										
Pt Cp Base + Corde	Pt Moteur	F1	F2	F3	FA Mot	FB Mot	Besoin F Totale Cp + Mot	Pt Chariot Pla-Cp + Blocs Lest	Pt Blocs Lest Sur Pla-Cp	Nb Blocs Lest Sur Pla-Cp x 2500
Kg	Kg							Kg	Kg	
20000	7050	8944	9838	10820	8250	9075	19895	44487	42487	17

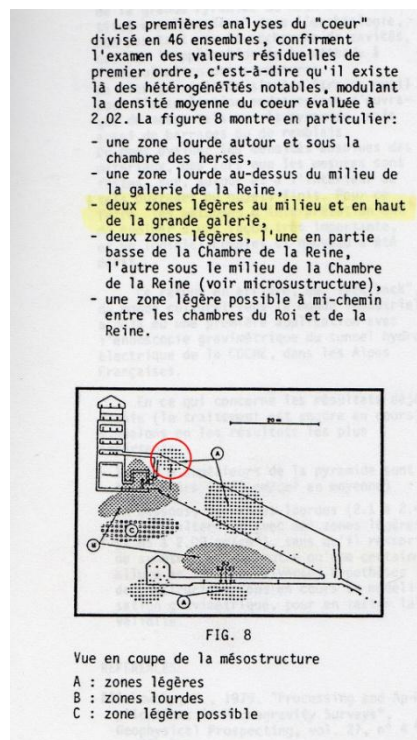
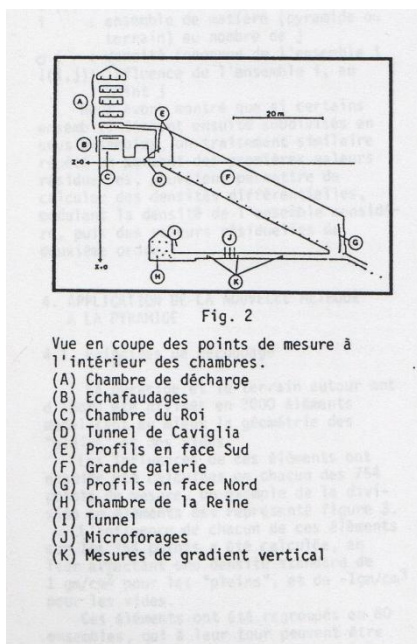
³⁶³ Voir exemple 4^{ème} plafond Pages 71 à 73

12 – PREMIERS INDICES SOUTENANT CERTAINES PROPOSITIONS AVANCÉES

1 – Puits supérieur de la GG1.

Dans les documents qui nous ont été remis³⁶⁴ en 2000 par Pierre Delétie³⁶⁵ concernant la mission de microgravimétrie effectuée en 1986/87 sous l'égide de la Fondation EDF, il y avait la contribution³⁶⁶ du Professeur Hui Duong Bui³⁶⁷, de l'Académie des Sciences, faite lors d'un Symposium International³⁶⁸ qui s'est déroulé du 19 au 23 septembre 1988 à Athènes. Ce document a eu un impact considérable quant à mon engagement à poursuivre mes travaux sur la résolution de l'énigme de la construction de la pyramide de Kheops car il était officiellement fait mention de résultats qui confortaient l'idée d'une rampe en spirale ascendante³⁶⁹ à l'intérieur de la pyramide.

Cela dit, d'autres résultats étaient aussi annoncés, concernant des mesures prises à l'intérieur de la Grande Galerie³⁷⁰, qui m'ont toujours interpellé. Je reporte ci-dessous des copies des deux passages concernés.



Points de mesure de microgravimétrie prise à l'intérieur de la pyramide de Kheops.
Les points de mesure concernés sont (E) et (F).

Les résultats en (E) et (F)³⁷¹ sont marqués A : zones légères.
La figure 8 montre en particulier :
- deux zones légères au milieu et en haut de la Grande Galerie.

³⁶⁴ A mon père et moi suite à notre rencontre à la Fondation EDF en septembre de cette année-là

³⁶⁵ Voir note 318 en bas de Page 74.

³⁶⁶ The Engineering Geology of Ancient Works, Monuments and Historical Sites - Preservation and Protection. Extraits des actes édités par A.A. Balkema / Rotterdam / Brookfield – 1988.

³⁶⁷ Le Professeur H.D. Bui, de l'Ecole Polytechnique : Laboratoire de Mécanique des Solides, faisait partie de l'équipe qui a procédé au traitement des mesures recueillies lors de la mission.

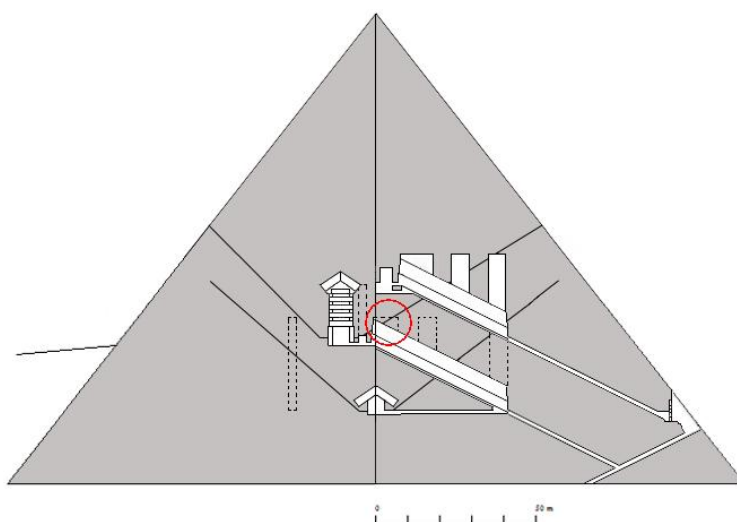
³⁶⁸ Organisé par le groupe national grec IAEG.

³⁶⁹ Il en sera question dans le document : « Pyramide de Kheops, découverte récente d'une cavité sous l'arête Nord-Est par la mission ScanPyramids ».

³⁷⁰ Pages 1064 et 1068 des Actes.

³⁷¹ Ce résultat sera traité dans le document : « Pyramide de Kheops, découverte récente d'un couloir sous la face Nord par la mission ScanPyramids ».

Le BIG VOID



Dans le cas présent, le résultat en (E) pourrait conforter la présence du puits supérieur de la GG1, celui-ci pouvant, vu son faible volume, avoir été comblé soit avec du sable (densité 1,4 à 1,6³⁷²), soit avec des chutes de taille de calcaire des carrières comme dans les mastabas³⁷³ (densité <1,7), et non pas des blocs de calcaire (densité 2,1).

2 – Puits intermédiaire de la GG1.

Durant mon 5^{ème} séjour³⁷⁴ au Caire, en novembre 2005, j'ai remarqué lors d'une visite de la Grande Pyramide un détail qui m'a tout de suite intrigué : l'aspect des blocs de calcaire de la couverture de la Grande Galerie n'était pas uniforme et des traces d'humidité et de sel apparaissaient sur certains blocs. Je savais³⁷⁵ que, suite au pillage des blocs de façade et du sommet en calcaire de Tourah, l'eau de rosée et de pluie pénétrait dans le corps de la pyramide depuis plusieurs siècles, s'insinuant entre les blocs grossièrement taillés de part et d'autre du socle central sur lequel les couloirs, la Grande Galerie et chambres ont été construits. La plupart des taches visibles, petites, étaient réparties de façon aléatoire excepté dans une zone particulière : vers les deux tiers de la Galerie, de larges auréoles semi-circulaires axées sur la couverture trahissaient un cheminement de l'eau « canalisé » sur plusieurs mètres de longueur.

Pour moi, ce type de détail n'était certainement pas dû au hasard, mais pouvait être lié à une raison structurelle. A chaque séjour, je refaisais des photos de cette partie qui m'intriguait et lors de la mission ScanPyramids, j'ai demandé à un membre³⁷⁶ de faire de nouvelles photos³⁷⁷.

³⁷² Sable foisonnant et sable tassé, dépendant aussi de sa nature.

³⁷³ Comme le remplissage des caissons de structure visible dans le mastaba M17 au pied de la pyramide de Meïdoum ; un mélange de chutes de taille de calcaire et de mortier rudimentaire.

³⁷⁴ Entre le 29 septembre 2004 et le 8 mai 2010, j'ai fait dix-huit séjours au Caire, pour un total d'environ six mois. J'ai pu ainsi faire de très nombreuses visites de la pyramide de Kheops, sans oublier ses consœurs de Gizeh, de Saqqarah, de Dahchour, d'Abousir et de Meïdoum.

³⁷⁵ Suite à la lecture du livre de Jean Kérisel : « Génie et démesure d'un Pharaon : Kheops » page 137.

³⁷⁶ Benoît Marini, concepteur du logiciel de simulation de muographie.

³⁷⁷ Un scanner complet de la Grande Galerie, a aussi été réalisé par des étudiants de la Faculté des Ingénieurs du Caire ; ce document est aussi en ma possession.

Le BIG VOID

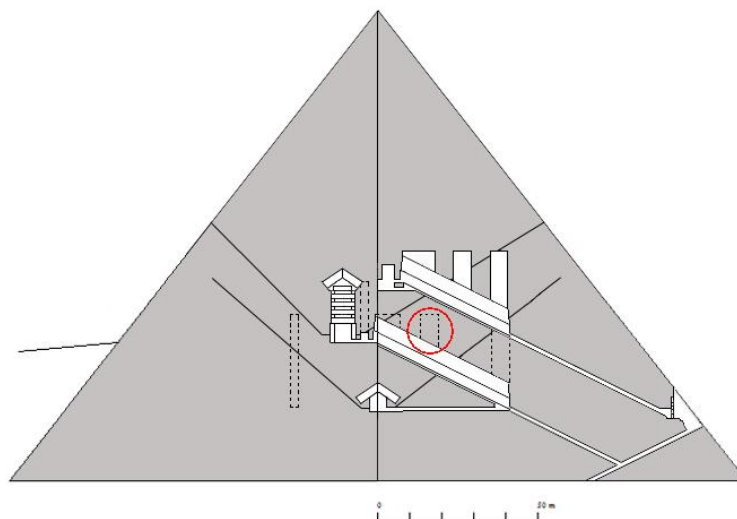


A gauche, photo de 2005, à droite, photo de 2017.

Les auréoles semi-circulaires successives sont visibles sur plusieurs blocs de couverture, les deux premières étant plus marquées que les suivantes. Sur la photo de droite, les taches en partie haute sont aléatoires.

Suite à la découverte du BIG VOID et à mon interprétation à son sujet, il s'avère que ces taches sont directement situées en sous-face du puits intermédiaire de la GG1, celui-ci ayant été comblé avant la construction de la GG2. J'imagine que de l'eau d'infiltration pourrait être « canalisée » entre les parois à l'intérieur du puits et se concentrer en partie basse dans l'axe de celui-ci, s'insinuant entre les joints des blocs de couverture pour finir par laisser ces auréoles bien centrées.

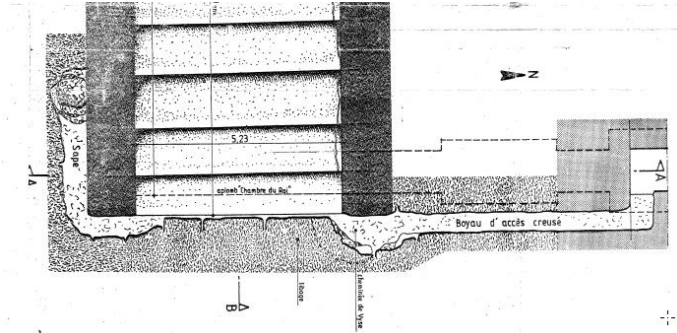
Ce phénomène ne se produit pas en sous-face des deux autres puits, le puits supérieur étant très court, le puits inférieur étant « protégé » par la GG2 en partie construite dans sa partie haute.



Le cercle rouge indique la position des taches semi-circulaires en sous-face de la couverture de la GG1.

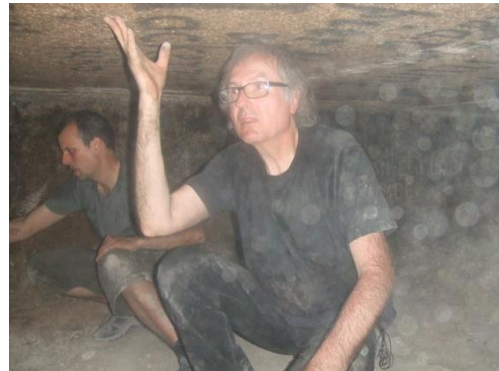
3 – Puits du moteur du contrepoids de la GG2 au-dessus de la chambre des herses.

Suite au craquement des poutres du 1^{er} plafond au-dessus de la Chambre du Roi qui est intervenu avant la fin de la construction³⁷⁸ de la pyramide, les architectes ont fait percer un petit tunnel³⁷⁹ partant du coin supérieur Sud-Est de la Grande Galerie pour rejoindre directement l'angle Nord-Est de la superstructure au-dessus de la chambre.



Plan Gilles Dormion.

Le boyau d'accès part du haut du mur Est de la GG1 pour rejoindre la 1^{ère} chambre au-dessus de la Chambre du Roi dans l'angle Nord-Est.



A gauche, débouché du boyau venant de la Grande Galerie vu depuis la 1^{ère} chambre dite de Davidson. A droite, je suis dans la chambre en compagnie de Benjamin Turquet³⁸⁰. J'ai eu le privilège de pouvoir monter jusque sous les chevrons de la toiture et de voir de mes propres yeux cette étonnante structure et les nombreuses inscriptions laissées par les ouvriers de l'époque, dont le fameux « cartouche de Kheops » (ci-dessous).



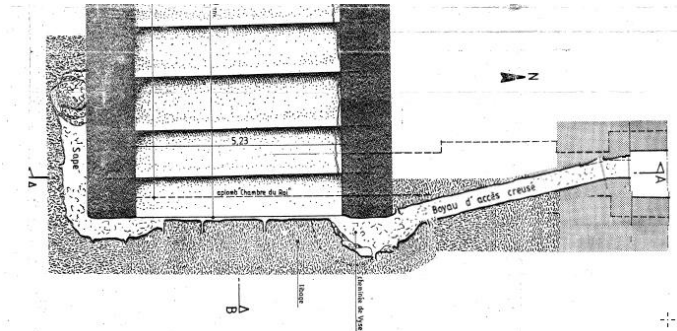
³⁷⁸ Voir document : « Une Simulation Numérique pour Déterminer quand les Poutres de la Chambre du Roi de la Grande Pyramide ont craqué » Par Richard Breitner, Jean-Pierre Houdin et Bob Brier – <https://independant.academia.edu/JeanPierreHoudin>.

³⁷⁹ C'est la preuve indiscutable que ces craquements ont eu lieu avant la fin des travaux car il n'y a que les constructeurs qui savaient qu'il y avait des vides au-dessus de la chambre.

³⁸⁰ Photo prise en 2008 lors du tournage du documentaire « Kheops Révélé » - Voir note 24 en bas de Page 34.

Le BIG VOID

Jusqu'à la découverte du BIG VOID, j'expliquais que les concepteurs avaient choisi de percer ce boyau en partant latéralement pour éviter de « buter » dans les bouts des poutres de granit du 1^{er} plafond, ce qui serait arrivé s'ils avaient décidé de creuser directement à partir du haut du mur Sud de la Grande Galerie. Je reconnais que cette explication peut être contestée car les ouvriers auraient très bien pu creuser en biais depuis le haut du mur Sud et rejoindre l'angle Nord-Est.



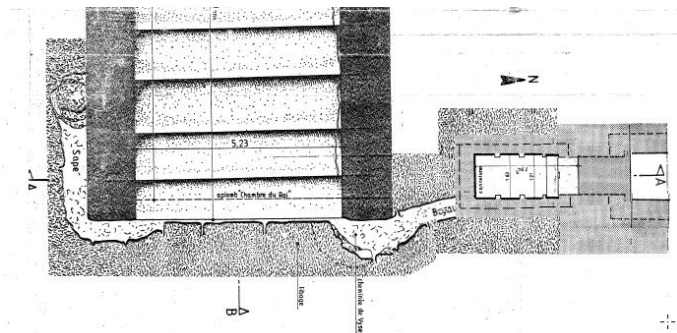
D'après Plan de Gilles Dormion.

Ayant personnellement fait le parcours depuis le mur Est de la GG1, je peux témoigner que l'entrée, à angle droit, dans le boyau est assez difficile et que la solution que je propose ci-dessus aurait été bien plus pratique pour les ouvriers ; de plus, le boyau aurait été plus court, de même que la durée du percement.

Les Egyptiens devaient être pressés de savoir ce qui était arrivé au-dessus de la Chambre du Roi. Il apparaît donc évident qu'un obstacle sur ce parcours a empêché la mise en œuvre de cette solution.

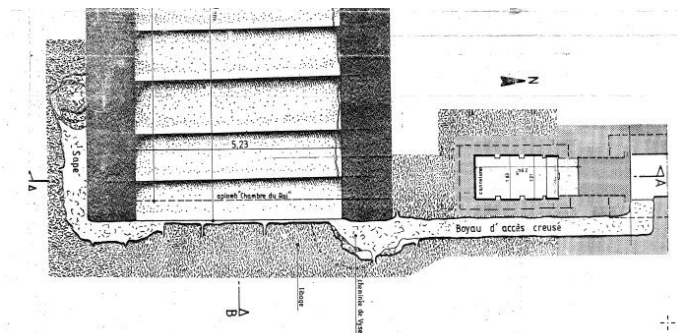
La découverte du BIG VOID et mon interprétation de celui-ci m'ont amené à imaginer que les systèmes à contrepoids de la GG1 et de la GG2 étaient complétés par des « moteurs » circulant dans des puits verticaux ; celui de la GG2 était construit entre la GG1 et la Chambre du Roi, au-dessus et en prolongement de la chambre des herse.

A la fin de l'utilisation du contrepoids de la GG2 ce puits a été comblé, entre le toit de la chambre des herse et son débouché au niveau +64,10m, avec des matériaux de remblai, donc une maçonnerie instable. Le percement direct était donc impossible ; il aurait fallu vider le puits pour avancer.



D'après Plan de Gilles Dormion.

Le percement depuis le mur Sud de la GG1 était impossible car il aurait fallu traverser le puits du moteur de GG2 remblayé.



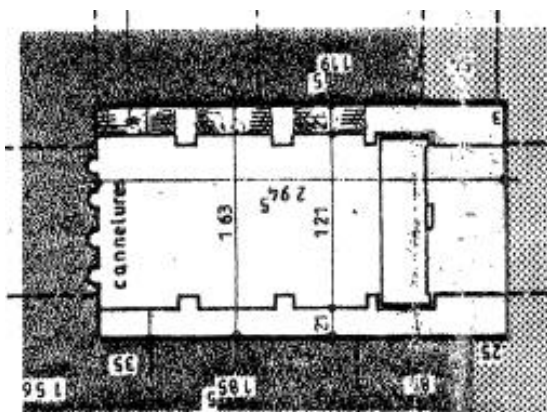
D'après Plan de Gilles Dormion.

Les Egyptiens ont donc été obligés de faire le percement depuis le mur Est pour éviter le puits du moteur de la GG2.

Par ailleurs, dans un article³⁸¹ paru dans la revue ANNALES de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics en mai 1987³⁸² faisant suite à une séance d'étude qui s'est déroulée le 23 octobre 1986 sur le thème « Aspects Techniques et Physique de l'Opération Khéops³⁸³ », Jacques Lakshmanan³⁸⁴ et J.-C. Erling³⁸⁵ écrivent page 121 dans le Chapitre 2, paragraphe 2.5.1. « *Chambre du Roi et chambres de décharges* » à propos des mesures prises concernant une hypothétique chambre inconnue située à 8,5m au nord de la Chambre du Roi :

« Si on se reporte aux résultats obtenus à partir des mesures (fig.18), on observe par contre un certain nombre d'anomalies beaucoup plus dispersées. Leurs causes ne peuvent qu'être beaucoup plus petites que la chambre simulée et située à très faible distance. On peut pencher pour l'hypothèse de zones moins compactes ou de remplissage derrière les dalles de granit ».

Enfin, pour terminer avec le puits moteur de la GG2, il est intéressant de noter la portée de mur à mur³⁸⁶ de 1,63m de la couverture composée de trois blocs de granit. Curieusement, seule le bloc central est traversé par une fissure dans l'axe longitudinal de la chambre, celui-ci n'étant en appui que sur les murs latéraux, les deux autres étant en appui sur trois murs. Il semble donc que cette couverture soit constituée de dalles et non de poutres³⁸⁷, solution qui aurait été suffisante pour supporter la vingtaine de mètres en hauteur³⁸⁸, soit environ 70 m3, de simple remblai dans le puits.



Plan de Gilles Dormion



© Mathias Glad

La portée des dalles de couverture de la chambre des herses est de 1,63m de mur à mur.

La largeur du puits au-dessus est identique à la largeur de la partie basse de la pièce, soit 1,21m.

Un encorbellement, du même style que celui des puits de modulation, aurait été réalisé pour la mise en place des dalles.

³⁸¹ La Prospection Microgravimétrique dans la Pyramide de Kheops, Pages 115 à 123.

³⁸² N°454 – Mai 1987, série : Architecture et Urbanisme 72.

³⁸³ Faisant suite à la mission de microgravimétrie effectuée sur la pyramide de Kheops sous l'égide de la Fondation EDF.

³⁸⁴ Ingénieur géologue E.N.S.G. et Directeur de la CPGF, société qui a réalisé la mission.

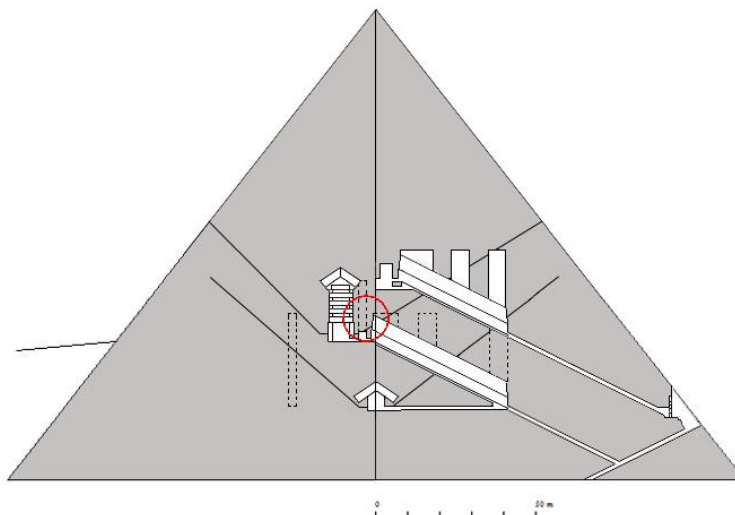
³⁸⁵ Ingénieur géophysicien, Chef de la section gravimétrie à la même CPGF.

³⁸⁶ Du mur Est au mur Ouest.

³⁸⁷ La différence entre les deux types est relative à leur épaisseur, une dalle étant moins épaisse qu'une poutre.

³⁸⁸ Le puits étant couvert en partie haute par les chevrons du versant Nord de la toiture de la Chambre du Roi.

Le BIG VOID



Le cercle rouge indique une zone dans laquelle les Egyptiens savaient qu'ils ne pouvaient pas creuser le boyau pour aller vérifier les désordres subis par les poutres de granite du plafond de la Chambre du Roi. Le puits du moteur du système à contrepoids de la GG2 se trouvait exactement dans cette zone.

4 – Puits du moteur du contrepoids de la GG1 au Sud de la Chambre du Roi.

Suite à la mission effectuée en 1993 dans les conduits de la pyramide de Kheops avec le robot UPUAUT2, Rudolph Gantenbrinck a publié sur son site internet³⁸⁹ un très intéressant dossier à ce sujet. Dans le chapitre consacré au conduit Sud de la Chambre de la Reine, il est précisé les détails suivants (traduction française):

« Les blocs 16 et 17 sont déplacés d'environ 3 à 4cm. Il est impossible de déterminer avec certitude si ces déviations ont apparu à l'origine durant la construction ou à une date ultérieure. Cet endroit se trouve juste en dessous du niveau du sol de la Chambre du Roi, où Petrie avait découvert un tassement inhabituel (PETRIE, W.M.F., "Ten Years Digging in Egypt", New York, s.d.). Il est possible que ce tassement et la déviation observée furent causés par un tremblement de terre lors de la construction ».

Dans un autre document intitulé « Additional measurements »³⁹⁰, il indique la position de la face intérieure des murs Est des conduits par rapport au mur Est de la Chambre de la Reine ; pour le conduit Sud³⁹¹, cette distance est de 2,88m. Sur la base des dimensions du puits moteur de la GG2 au-dessus de la chambre des herses, la face intérieure du mur Ouest du puits moteur de la GG1 se situerait à moins de 1,80m du mur Est du conduit, supportant l'idée que les blocs des deux ouvrages seraient contigus.

En fait, Rudolph Gantenbrinck mentionne le tassement du mur Sud de la Chambre du Roi car c'est un désordre qui se situe juste au-dessous du niveau du sol de celle-ci et que c'est le seul ouvrage connu dans cette partie Sud de la pyramide. Selon lui, le déplacement de ces deux blocs pourrait être lié à cet événement. Seul problème, le tassement du sol de la Chambre du Roi est vertical (2 à 3 cm) tandis que celui des deux blocs est latéral, d'Est vers l'Ouest, deux désordres sans relation.

³⁸⁹ Malheureusement, ce site n'est plus accessible depuis quelques années. Cela dit, à l'époque j'avais téléchargé toutes les photos et les informations écrites, à l'exception des dessins qui n'étaient accessibles qu'à travers un logiciel qui n'est plus disponible.

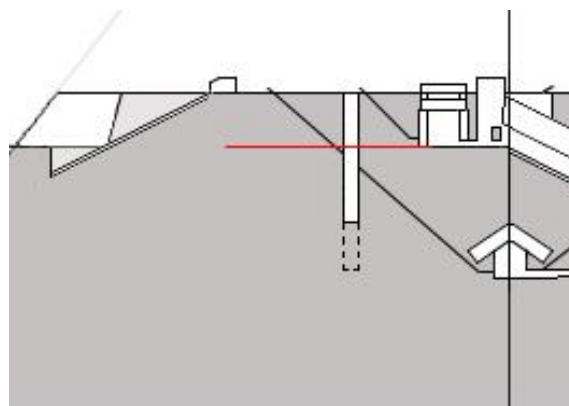
³⁹⁰ « Mesures additionnelles ».

³⁹¹ Queens Chamber Southern Shaft 2.88 m* / Shaft width 21 cm Shaft height 21 cm (Opened by Dixon).

Enfin, ces blocs étant noyés dans la masse, il aurait fallu une force extraordinaire pour les déplacer, ce qui aurait eu un effet sur les blocs en amont et en aval, ce qui n'est pas le cas.



© Rudolph Gantenbrinck



Sur la photo de gauche, le déplacement des blocs 16 et 17 du conduit Sud de la Chambre de la Reine. Sur l'esquisse de droite, le trait rouge indique le niveau du sol de la Chambre du Roi. Les blocs 16 et 17 sont exactement au croisement du conduit avec le puits moteur de la GG1, « juste en dessous du niveau du sol de la Chambre du Roi ». Le tassement du sol de la Chambre du Roi est vertical (2 à 3 cm), le déplacement Est-Ouest des deux blocs est latéral tandis que le sol du conduit reste en continuité; il n'y a aucun lien entre ces deux événements

Il faut plutôt se concentrer sur le fait que ces dévoiements remontent à l'époque de la construction. Ainsi, il faut imaginer que les conduits Sud des deux chambres devaient progresser le long d'un axe très proche de la rampe-glissière de hissage des monolithes pour être toujours au plus près des manœuvres de transfert. Le point de départ du conduit Sud de la Chambre de la Reine se trouve à près d'une trentaine de mètres de la zone de croisement avec le puits moteur de la GG1, qui lui débute verticalement à une quarantaine de mètres plus bas. Enfin, tous ces blocs en calcaire de Tourah étaient « préparés » à la carrière, au moment de leur extraction³⁹² et arrivaient sur le chantier prêts à être posés.

Le débord intérieur des blocs 16 et 17 ne serait donc pas la conséquence d'un événement accidentel ayant poussé ces blocs, mais le résultat d'un très faible écart de trajectoire dans la progression du conduit, entraînant un désalignement de 3 à 4cm³⁹³ de ces blocs vers l'Ouest. Le chef de chantier aurait pris la décision de continuer la construction du conduit, sachant qu'avec une section de 21cm x 21cm³⁹⁴, les 3 à 4cm de rétrécissement ponctuel n'avaient aucune importance quant à l'usage du conduit, la transmission d'ondes acoustiques !

Par contre, l'idée d'un désordre survenu lors d'un tremblement de terre est totalement à exclure pour une raison très simple : la forme pyramidale est par essence antisismique, une caractéristique qui a été expérimentée par Pierre Delétie durant la mission microgravimétrique de 1986. Lors d'une de nos rencontres, il m'a expliqué qu'un jour, alors qu'il était dans les chambres de décharge, la région du Caire avait été secouée par un tremblement de terre assez conséquent qui avait inquiété ses collègues se trouvant à l'extérieur de la pyramide au même moment. Lorsqu'il est ressorti de la pyramide, ils se sont précipités vers lui, soulagés de le revoir apparemment en bonne santé. La première chose qu'ils lui ont dit a été : « Tu n'as pas eu peur là-haut pendant le tremblement de terre ? ».

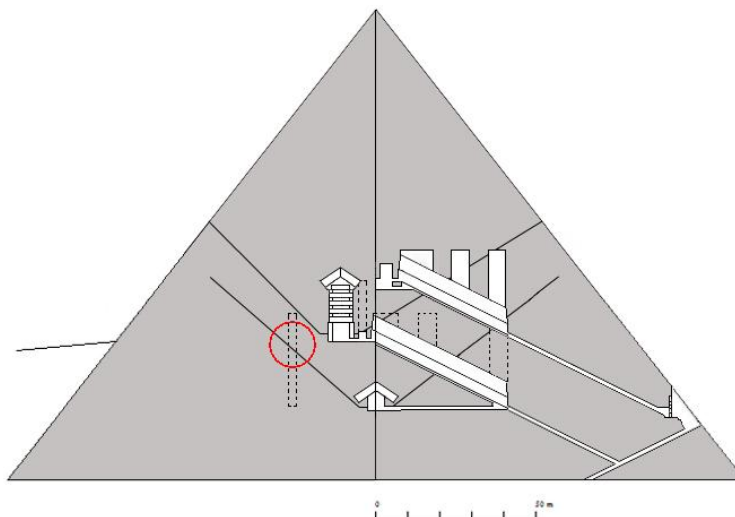
Il leur a simplement répondu : « Quel tremblement de terre ? »

³⁹² Comme pour les blocs de façade afin de profiter du fait que le calcaire était plus tendre et donc plus facile à travailler à l'extraction ; plus le temps passait, plus la formation du calcin le durcissait.

³⁹³ L'équivalent de deux doigts (2 x 1,87cm) de désalignement en mesures Egyptiennes.

³⁹⁴ Les conduits de la Chambre du Roi sont plus étroits, 18 et 21cm en largeur pour 14cm en hauteur

Le BIG VOID



Le cercle rouge indique la zone dans laquelle les blocs 16 et 17 du conduit Sud de la Chambre de la Reine sont déportés de 3 à 4cm vers l'Ouest ; la face Est du conduit est à moins de 1,80m du puits du moteur de la GG1.

5 – Appareillage soigné des blocs en calcaire de Tourah du conduit Sud de la Chambre de la Reine.

Dans le même document évoqué ci-dessus, Rudolph Gantenbrinck détaille longuement les blocs 26 à 28 qui constituent la dernière section du conduit Sud ; j'en rapporte les points principaux ci-dessous (traduction française) :

« Au début du bloc N°26, une grande partie du sol est endommagée. C'est le pire désordre que nous ayons observé dans les sections du conduit étudiées jusqu'à présent.

Ces découvertes hautement inhabituelles peuvent être le résultat de deux causes possibles :

1 – Un travail de construction particulièrement inapproprié sous les blocs N°25 et 26. Il faut se rappeler toutefois que c'est la section finale du conduit qui d'autre part montre la plus haute qualité de réalisation observée nulle part ailleurs dans l'ensemble des conduits.

2 – L'existence d'une structure encore inconnue en dessous ou au-dessus de cette section du conduit. Une telle structure pourrait produire un pic de pression, qui en retour pourrait concentrer une force additionnelle considérable sur le conduit et être la possible cause des dommages observés.

Au bloc N°26, le sol du conduit est marqué par une longue rainure de coupe. Nous avons trouvé plus de ces rainures dans le sol des blocs N°27 et 28.

Coupe précise de joints avec une scie à lame de cuivre.

Cette technique laisse aussi une rainure de coupe sur le bloc en dessous, un fait qui atteste l'utilisation de cette méthode.

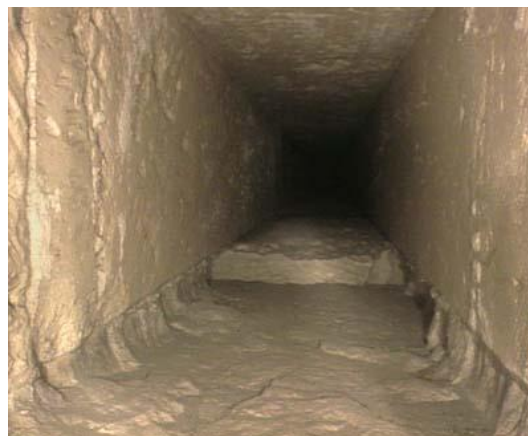
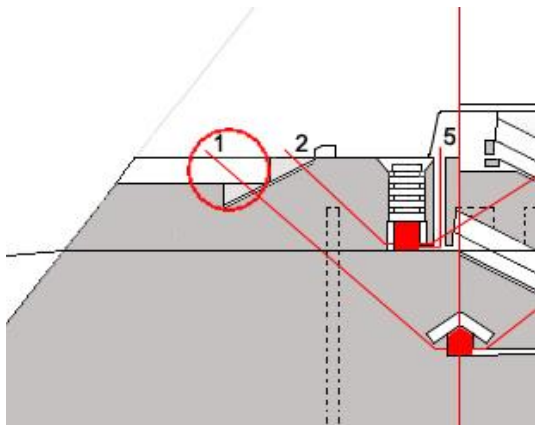
En s'appuyant sur les rainures trouvées dans le conduit, nous pouvons présumer que, avant leur insertion en tant que dalles de sol, ces blocs ont servi de base pour la coupe de joints de précision..

Cela amène à une question cruciale: exactement quels types de joints ont été coupés là ?

Le BIG VOID

Pris dans l'ensemble, ces découvertes constituent un cas convaincant pour une possible, et pas encore découverte structure - pour laquelle des joints de précision ont été faits – dans cette partie du conduit Sud de la Chambre de la Reine ».

Je reprends toutes ces informations extrêmement instructives en accompagnement des images qui suivent. Il est évident que Rudolph Gantenbrinck ne pouvait pas imaginer ce que j'avance depuis plus de vingt ans, mais la structure inconnue qu'il pressent existe et elle est liée, dans mon esprit, au procédé de construction de la Chambre du Roi.



© Rudolph Gantenbrinck

A gauche, dans le cercle rouge, la dernière section du conduit Sud de la Chambre de la Reine composée des blocs N°25 à 28. Le bloc N°25 est le bloc qui fait la transition entre la partie du conduit construit en pleine masse et la dernière section qui est construite dans le mur Ouest qui borde la rampe-glissière de hissage des monolithes. Le décalage visible entre ce bloc et le suivant n'est pas le résultat d'un tassement mais d'un décaissement dans le sol, réalisé pour une raison ou une autre par les ouvriers sur place, car le joint avec les murs latéraux est en alignement dans les deux blocs et que le plafond est aussi en continuité.

Ce n'est certainement pas « *le pire désordre que nous ayons observé* », ni « *un travail inapproprié* » mais plutôt un « *rattrapage sur place* » d'un petit problème comme dans le cas des blocs N°16 et 17.

Quant à « *L'existence d'une structure encore inconnue en dessous ou au-dessus de cette section du conduit* », cette structure n'est pas là où Rudolph Gantenbrinck l'imagine, mais à moins d'un mètre soixante du conduit qui a dû être taillé dans des blocs contigus à ceux formant le mur Ouest de la rampe-glissière.

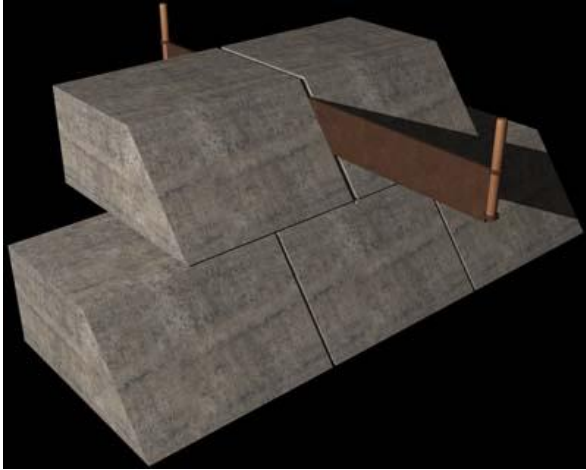


(illustration tirée de la version 2011)

Le conduit Sud de la Chambre de la Reine est au plus près de la rampe-glissière de hissage des monolithes. Faisant partie du mur Ouest de la tranchée construite pour celle-ci, il est hautement probable que sa réalisation ait été effectuée sur place au fur et à mesure de la construction de ce mur qui est du même type que ceux de la Grande Galerie.

Le BIG VOID

Rudolph Gantenbrinck précise quand même : « C'est la section finale du conduit qui d'autre part montre la plus haute qualité de réalisation observée nulle part ailleurs dans l'ensemble des conduits ».



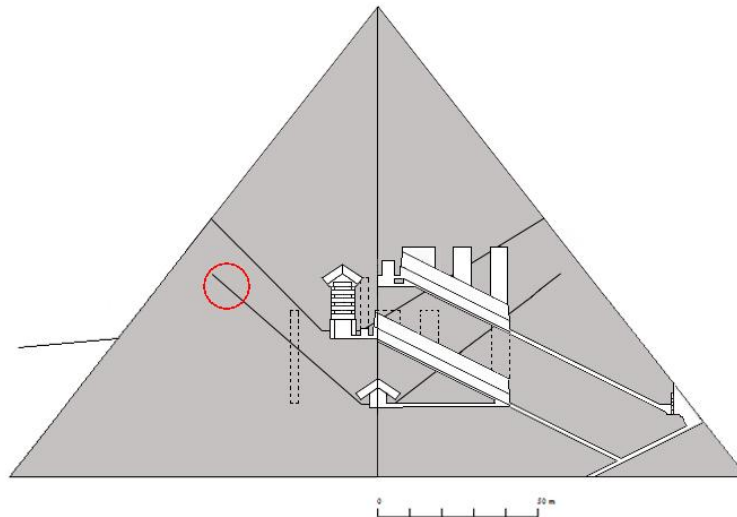
© Rudolph Gantenbrinck



© Rudolph Gantenbrinck

- A gauche illustration accompagnant la phrase « Coupe précise de joints avec une scie à lame de cuivre » et à droite celles-ci :
- « Au bloc N°26, le sol du conduit est marqué par une longue rainure de coupe. Nous avons trouvé plus de ces rainures dans le sol des blocs N°27 et 28 »,
 - « Cette technique laisse aussi une rainure de coupe sur le bloc en dessous, un fait qui atteste l'utilisation de cette méthode »
et
 - « En s'appuyant sur les rainures trouvées dans le conduit, nous pouvons présumer que, avant leur insertion en tant que dalles de sol, ces blocs ont servi de base pour la coupe de joints de précision.

Tous ces détails montrent un travail de précision exécuté sur place car difficilement réalisable en amont à la carrière. Le souvenir de l'incident survenu au niveau du croisement entre ce conduit et le puits du moteur de la GG1 a peut-être servi de leçon aux constructeurs, préférant une solution qui éviterait de répéter leur erreur passée: le « fait sur mesure ».



« Prises dans leur ensemble, ces découvertes constituent un cas convaincant pour une possible, et pas encore découverte structure - pour laquelle des joints de précision ont été faits – dans cette partie du conduit Sud de la Chambre de la Reine ».

La réponse est simple : la rampe-glissière pour le hissage des monolithes de la Chambre du Roi est cette structure inconnue

6 – Les deux « portes » à l'extrémité des conduits de la Chambre de la Reine.

Après la mission UPUAUT2 de Rudolph Gantenbrinck de 1993, une nouvelle mission, baptisée Pyramid Rover³⁹⁵, a eu lieu en 2002. Son but était d'atteindre les « portes³⁹⁶ » fermant les conduits de la Chambre de la Reine et de percer un orifice dans celle du conduit Sud pour découvrir ce qu'il y avait derrière celle-ci. La mission elle-même fut un succès, Pyramid Rover ayant introduit une petite caméra dans le trou percé mais la surprise fut de taille³⁹⁷ : il n'y avait rien de particulier au-delà de la petite porte si ce n'est un vide de 14cm de profondeur fermé par un bloc de calcaire brut. De ce côté-là, la déception fut très grande.



©Pyramid Rover

Dalle de fermeture du conduit Sud



©Pyramid Rover

Dalle de fermeture du conduit Nord

Cela dit, la caméra n'ayant pu filmer que de face, les spéculations ont immédiatement commencé au sujet de ce qui se trouvait de l'autre côté des pièces métalliques insérées dans cette porte Sud.

C'est ainsi qu'au printemps 2009, j'ai été contacté par Shaun Whitehead, un ingénieur britannique, qui avait vu un documentaire sur mes travaux sur la BBC. Celui-ci faisait partie d'une équipe de chercheurs universitaires et privés qui préparaient une nouvelle mission d'exploration des conduits de la Chambre de la Reine avec un robot miniaturisé qui emportait une caméra³⁹⁸ capable de filmer sur près de 180°, donc les faces arrière des dalles de fermeture. Manquant de moyens³⁹⁹ et intéressé par mon parcours dans mes recherches, il me demandait conseil. Finalement, après en avoir discuté avec mes amis de Dassault Systèmes⁴⁰⁰, fin mai 2009 je leur présentais Shaun Whitehead pour étudier une possible collaboration sur son projet.

Dans les semaines qui ont suivi, un accord a été signé entre Dassault Systèmes et l'Université de Leeds, l'entité représentant le projet de mission baptisé « Robot Djedi ». Pour moi, cet accord était très important car il m'a permis par la suite de suivre, de l'extérieur, les travaux de cette mission et d'être informé en temps réel de son déroulement et des données collectées⁴⁰¹. Ainsi, j'étais au courant de la découverte faite sur la face arrière de la porte Sud avant son annonce publique.

Les deux découvertes principales de la mission concernaient les boucles en cuivre en prolongement des aiguilles visibles sur la face avant de la dalle, plus une ligne et des signes tracés par les ouvriers à l'hématite⁴⁰², ces derniers semblant indiquer une longueur du conduit de 120 coudées.⁴⁰³

³⁹⁵ Dirigée par le Dr Zahi Hawass avec le soutien de la chaîne de télévision américaine NatGeo.

³⁹⁶ Le mot « door » (« porte ») est aussi utilisé à la place des mots « closure stone » (« dalle de fermeture ») depuis l'époque de la découverte de Rudolph Gantenbrinck.

³⁹⁷ Cet événement était diffusé en direct dans le monde entier sur la chaîne NatGeo.

³⁹⁸ Baptisée « snake camera ».

³⁹⁹ Au niveau logiciel de conception 3D et au niveau financier.

⁴⁰⁰ Mehdi Tayoubi et Richard Breitner.

⁴⁰¹ Comme la longueur de 63,6m (à +/- 0,4m) du conduit Sud depuis son débouché dans la Chambre de la Reine jusqu'à la dalle de fermeture (60mm).

⁴⁰² Peinture rouge à base d'oxyde de fer utilisée en grande quantité par les Égyptiens.

⁴⁰³ Ce qui semble cohérent avec les dimensions relevées par le robot Djedi – voir note 400 ci-dessus.

Le BIG VOID



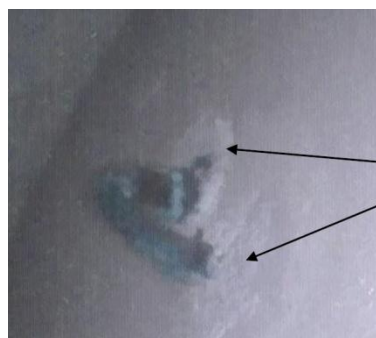
Aiguille en cuivre gauche.



Aiguille en cuivre droite.



Boucle en cuivre à l'arrière de l'aiguille gauche.



© Photos Mission Robot Djedi

Boucle en cuivre à l'arrière de l'aiguille droite.

La présence de ces deux boucles à l'arrière de la dalle de fermeture semble à l'évidence avoir un lien avec une pièce en cuivre découverte par l'ingénieur Waynman Dixon en 1872 et qui est maintenant exposée au British Museum de Londres.

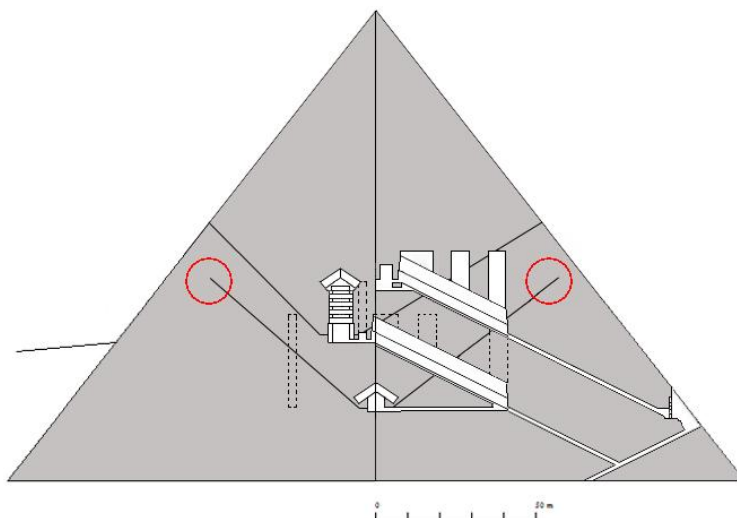


A droite, un double crochet en bronze avec deux orifices permettant sa fixation sur une pièce de bois du type manche d'outil. Cet objet complet pourrait avoir permis de « sortir » la dalle de fermeture du conduit lors de l'utilisation du système d'interphonie et de « remettre » celle-ci en fin d'utilisation pour protéger le conduit de la pluie, du sable et animaux ou insectes. La boule de dolérite à gauche a aussi été trouvée dans le conduit au même moment.

Il faut admettre qu'il est étonnant que la découverte de cet outil en 1872 se soit produite dans un conduit qui a été inviolé pendant près de 45 siècles et qu'en 2010 un robot a découvert deux boucles en cuivre au dos d'une dalle de fermeture d'un conduit qui ne débouche nulle part aujourd'hui. Cela étant, ce conduit a débouché à l'extérieur pendant toute la durée de la construction de la Chambre du Roi et de sa superstructure avant d'être clos définitivement au niveau où ce chantier a pris fin.

Le BIG VOID

Enfin, même si aucune mission n'a encore pu explorer ce qu'il y a derrière la dalle de fermeture du conduit Nord, il paraît hautement probable que cette partie du conduit doit être identique à celle découverte dans le conduit Sud. La longueur du conduit Nord et la présence de deux aiguilles en cuivre sur la dalle de fermeture, l'ensemble en « miroir⁴⁰⁴ » du conduit Sud, sont la preuve de leur relation commune dans leur fonction.



Le conduit Sud de la Chambre de la Reine faisant partie du système d'interphonie est clos par une dalle de fermeture. Elle était amovible et servait à le protéger lorsque le système à contreponds dans la GG1 puis la GG2 n'était pas en service. Cette dalle a été posée dans le conduit successivement aux niveaux +43,00m, +51,85m, +57,45m et +64,10m. Elle a fini son rôle de « dalle de fermeture » au niveau +64,10m à la fin de la construction de la Chambre du Roi.

Le conduit Nord de la Chambre de la Reine est en miroir du conduit Sud, et il atteint le même niveau, après un parcours sinueux dans sa partie basse pour éviter « quelque chose », et être clos par le même type de dalle de fermeture.

7 – Les lettres de l'ingénieur Waynman Dixon à George Reisner et Alan Rowe.

En décembre 2015, quelques semaines après le début de la mission ScanPyramids, j'ai été informé par une de mes relations sur les réseaux sociaux de l'existence de lettres écrites⁴⁰⁵ par Waynman Dixon en 1925 à deux égyptologues de grand renom : George Reisner⁴⁰⁶ et Alan Rowe⁴⁰⁷. Plus de cinquante années après la découverte des conduits de la Chambre de la Reine qu'il avait faite en 1872, Waynman Dixon devenu un vieux monsieur⁴⁰⁸, sentant certainement le besoin de transmettre un secret bien gardé pendant toutes ces années passées depuis son séjour en Egypte auprès des pyramides⁴⁰⁹, avait écrit une première lettre adressée au rédacteur en chef du TIMES, publiée le 20 janvier 1924. Dans celle-ci, il essayait de susciter l'intérêt pour une mission scientifique peu onéreuse chargée de mettre au jour des ouvrages inconnus dans la pyramide de Kheops.

⁴⁰⁴ Même si le parcours du conduit Nord est tortueux dans sa partie basse, le niveau atteint est identique.

⁴⁰⁵ En octobre 2021, je suis rentré en contact avec Mme Maureen Melton, à la direction de la Bibliothèque et des Archives du Musée des Beaux-Arts (MFA) de Boston qui m'a très aimablement transmis une copie de tous ces documents. Les références sont notées dans la bibliographie en fin de document.

⁴⁰⁶ George Reisner était un archéologue américain, professeur d'égyptologie à Harvard, conservateur des collections égyptiennes au Museum of Fine Arts (MFA) de Boston et surtout directeur des fouilles Harvard-MFA dans la plus grande concession sur le Plateau de Gizeh.

⁴⁰⁷ Alan Rowe était un égyptologue britannique qui est connu pour avoir mis au jour la tombe de la Reine Hetepheres sur le Plateau de Gizeh.

⁴⁰⁸ Dixon décèdera cinq ans plus tard à l'âge de 86 ans.

⁴⁰⁹ Dixon s'était installé dans une tombe près de la Chaussée Monumentale de Khephren dans laquelle l'égyptologue britannique Sir Flinders Petrie s'installera plus tard, en 1880.

Le BIG VOID

N'ayant eu aucun retour suite à cet article, un an plus tard, le 27 janvier 1925, il a adressé une lettre dactylographiée de quatre pages sur le même sujet à George Reisner, pensant qu'il travaillait à ses fouilles à Gizeh. Malheureusement pour lui, à cette époque Reisner était à Harvard et c'est Alan Rowe qui lui a répondu, lui disant qu'il ne pouvait rien faire pour lui. Dixon répondra à Rowe pour le relancer mais l'échange épistolaire s'arrêtera là.

Cela dit, dans ces courriers, Waynman Dixon affirme qu'il sait où percer des forages pour découvrir un circuit inconnu⁴¹⁰ dans la pyramide, ne demandant en échange qu'une seule chose : qu'une fois découvert, il soit baptisé « Dixon Passages ».

Concernant les conduits de la Chambre de la Reine, il écrit à George Reisner ce qui suit (traduction française) :

« J'ai eu la chance de découvrir deux petits conduits partant des murs Sud et Nord, montant vers l'extérieur (?) et correspondant avec les, soi-disant, « conduits de ventilation » de la Chambre du Roi au-dessus.

Ces conduits valent une investigation plus poussée pour savoir où ils vont, que ce soit vers l'extérieur ou vers quelque autre Chambre inconnue. J'imagine qu'ils étaient supposés transmettre le son⁴¹¹ et non pas de l'air de ventilation, du fait qu'ils n'étaient pas ouverts dans la Chambre ».

Ayton House,
GREAT AYTON, YORKS.
*Jan 27/
1925*

To the DIRECTOR of EXPLORATIONS at GIZEH,
BOSTON-HARVARD EXPEDITION to EGYPT.

Dear Sir,

I have read with great pleasure the Article in "The Times" of 20th inst., giving some particulars of your most valuable explorations on the Platform on the eastward face of the Great Pyramid.

I know the site particularly well, for 50 years ago I lived in a Rock Tomb facing the top of the Causeway - which tomb, I believe, is still known by my name. While I was resident there .../...

entrance of the Kings and the Queens Chamber, in which latter I had the good fortune to discover the two small channels from the South and North walls, leading upwards to the exterior (?) and corresponding with the, so-called, "Ventilating Channels" from the King's Chamber above.

These Channels are worth further investigation as to where they lead to, whether to the exterior or to some other and unknown Chamber. I imagine that they were meant to convey ~~sound~~^{sound} and not air for ventilation, for they did not penetrate to the interior of the Chamber.

Deux extraits de la première lettre de quatre pages de Waynman Dixon à George Reisner datée du 27 janvier 1925.

⁴¹⁰ Je reviendrai plus longuement sur cette partie dans le document à venir : « Pyramide de Kheops, découverte récente d'un couloir sous la face Nord par la mission ScanPyramids ».

⁴¹¹ Curieusement, Dixon a corrigé à la main la lettre dactylographiée qui est en anglais: il a rayé le mot « sand » (sable) et écrit « sound » (son). La personne qui tapait la lettre avait du mal entendre.

Je retiens deux choses de cet extrait :

1 – Waynman Dixon était un ingénieur⁴¹² vraiment intéressé par la construction et l'architecture intérieure de la pyramide et un partisan d'investigations scientifiques.

2 – Il avait peut-être eu l'occasion, certainement par hasard, de vivre l'expérience⁴¹³ de la communication phonique entre l'extérieur et la Chambre du Roi par le conduit Nord de cette chambre.

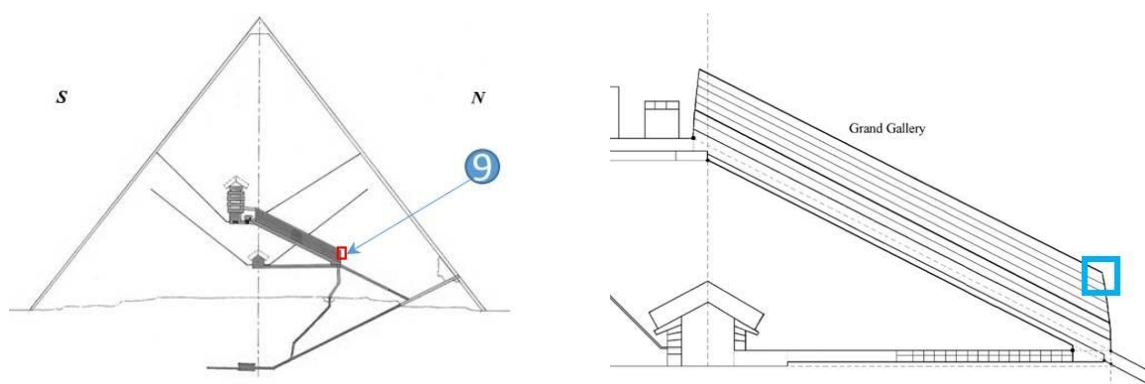
Le fait qu'un ingénieur qui a passé beaucoup de temps dans la pyramide de Kheops et qui l'a étudiée très profondément écrit : «*j'imagine qu'ils étaient supposés transmettre le son* » doit, à mon avis, être objectivement considéré comme une information de valeur, s'ajoutant aux arguments avancés plus haut basés sur des détails et événements précis.

8 – Constat étrange lors de la mission ScanPyramids.

Au milieu d'une foule d'investigations entreprises lors de cette mission, un certain nombre d'anomalies ayant été repérées par les scientifiques travaillant sur place sont restées dans les dossiers, en général pour insuffisance de données ou tout simplement parce qu'elles ne semblaient pas suffisamment intéressantes pour en parler publiquement.

C'est ainsi que Jean-Claude Barré, membre de la mission infrarouge, m'avait fait part à l'époque de son étonnement concernant deux anomalies⁴¹⁴ de température qu'il avait détectées en prenant des mesures à l'intérieur de la pyramide. Celles-ci ont été mentionnées dans un rapport préparé par la mission ScanPyramids en décembre 2015 intitulé "*Thermal anomalies found on Giza and Dashur pyramids during first short Infrared mission, 1- 12 Nov 2015*" cosigné par l'Université Laval à Québec et lui-même. Finalement, plusieurs anomalies détectées, dont celles-ci, n'ont pas été rendues publiques.

Cela dit, ces anomalies existent et ne sont pas à négliger ; ainsi celle qui intéresse dans le cas présent est liée au mur Nord de la Grande Galerie, dans sa partie supérieure, au niveau de la cavité creusée dans le dernier bloc de ce mur, apparemment dans l'espoir de découvrir quelque chose derrière celui-ci⁴¹⁵.



L'anomalie infrarouge référencée N°9 dans le rapport de décembre 2015 a été détectée en haut du mur Nord de la GG1.

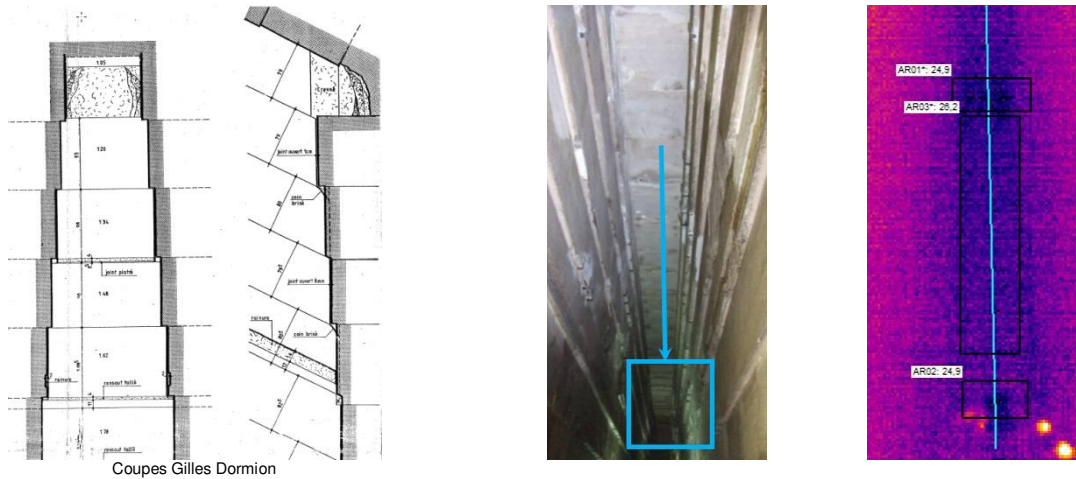
⁴¹² Il a construit plusieurs ponts entre Le Caire et Gizeh et a transporté l'obélisque de Cléopâtre jusqu'à Londres en 1877.

⁴¹³ Peut-être avec son frère qui était aussi au Caire à cette époque ?

⁴¹⁴ La deuxième sera évoquée dans le document à venir : « Pyramide de Kheops, découverte récente d'un couloir sous la face Nord par la mission ScanPyramids ».

⁴¹⁵ Existerait-il un lien avec les points précis où forer dont Waynman Dixon parle dans son courrier à Reisner ?

Le BIG VOID



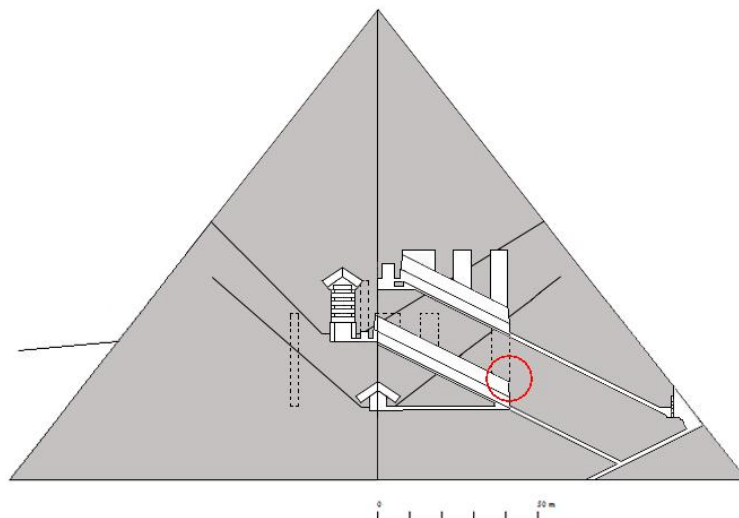
A gauche, coupes transversale et longitudinale du mur Nord de la GG1, au centre photo du plafond de la GG1 et à droite mesures enregistrées par la caméra infrarouge.

Le texte correspondant à cette anomalie mentionnait (traduction française) :

« Cette image infrarouge correspond à une vue de la partie basse de la Grande Galerie (l'entrée, côté Nord), qui montre un comportement à l'opposé de ce qui devrait être attendu. En effet, l'air chaud est supposé s'élever naturellement, par conséquent, la température devrait normalement être plus chaude en partie haute qu'en partie basse. En outre la présence d'une niche devrait encore plus contribuer à l'accumulation de chaleur en partie haute. Au contraire, c'est une partie plus froide que l'on détecte ».

Un texte complémentaire suivait apportant une précision :

« Nous avons étudié la possibilité que cette différence de température, avec une zone plus froide, pourrait être liée à la possible infiltration d'eau de pluie. Nous l'avons rejetée car nous avons constaté que le plafond de la Grande Galerie comportait de nombreuses traces d'infiltration d'eau mais que ces dernières n'avaient aucune influence sur la température, le plafond ayant une température uniforme ».



Cette anomalie se trouve dans une zone contiguë au puits inférieur de la GG1 et à non loin du second couloir ascendant reliant le couloir NF-SPC détecté derrière les chevrons au-dessus de l'entrée en face Nord et le mur Nord de la GG2.

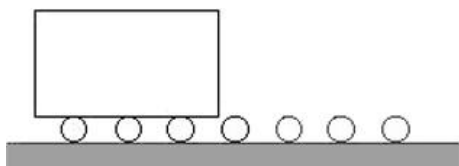
Dans le document à venir : « Pyramide de Kheops, découverte récente d'un couloir sous la face Nord par la mission ScanPyramids », la position de cette anomalie prendra une valeur insoupçonnée.

9 – Le système de sécurité pour le rouleau-lest circulant dans le couloir ascendant.

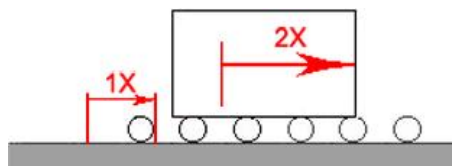
Note importante au sujet du déplacement d'un objet sur des rouleaux :

Lorsqu'un objet est déplacé sur des rouleaux montés sur un axe fixe, cet objet avance à chaque tour de rouleau de l'équivalent du périmètre de ce rouleau ; exemple, pour un rouleau de 10 cm de diamètre, l'objet avancera de 31,4 cm ($10 \times 3,14$).

Par contre, lorsque les rouleaux sont posés sur le sol, ils vont eux-mêmes avancer de 31,4 cm ce qui fait qu'au total, l'objet avancera de 62,8 cm, soit deux fois plus que les rouleaux.



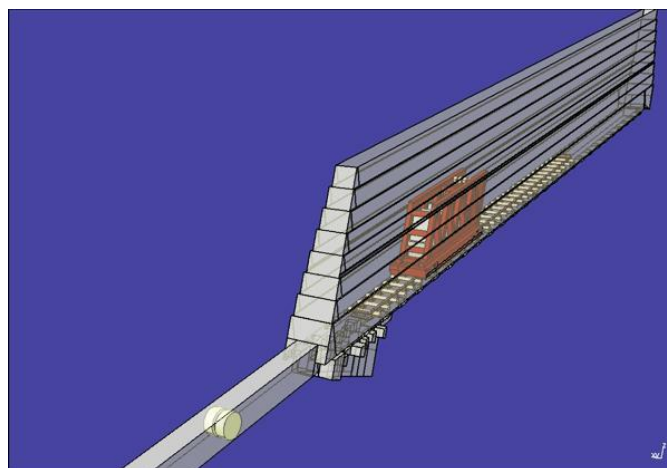
Objet allant être déplacé sur des rouleaux posés sur le sol.



Après un premier tour complet des rouleaux, l'objet a été déplacé d'une distance deux fois plus importante que celle parcourue par les rouleaux.

Ce détail est d'une grande importance dans le mouvement des trois contrepoids mis en place dans le chantier de construction de la Grande Pyramide, car ceux-ci roulent sur un train de rouleaux.

Dans les Pages 12 et 13 de ce document, j'évoque l'introduction, à partir de l'année 2005, de l'utilisation supposée d'un train de rouleaux inséré entre les banquettes latérales de la Grande Galerie et les patins du chariot contrepoids pour les déplacements de celui-ci. Lors du hissage des monolithes, cette technique supprimait les frottements et concourait donc à une plus grande efficacité du système.



En 2006, des simulations numériques du fonctionnement du système à contrepoids intégrant un chariot se déplaçant sur un train de rouleaux maintenu en tension par un rouleau-lest circulant dans le couloir ascendant ont été réalisées par les ingénieurs de Dassault Systèmes.

L'ensemble fonctionnait parfaitement sans frottements.

Deux années plus tôt, ayant reçu⁴¹⁶ la série complète des plans de la pyramide de Kheops réalisés par Gilles Dormion, j'avais été intrigué par des détails particuliers reportés sur les murs Est et Ouest du couloir ascendant⁴¹⁷. Pour moi, ceux-ci avaient un lien avec le système à contrepoids que j'imaginai dans la Grande Galerie ; en introduisant le train de rouleaux, avec la nécessité de maintenir celui-ci en permanence en tension avec un rouleau-lest circulant dans le couloir ascendant, un élément supplémentaire m'apparaissait évident : sécuriser le système de tension en minimisant les conséquences d'une rupture de la corde reliant l'avant du train de rouleaux au rouleau-lest.

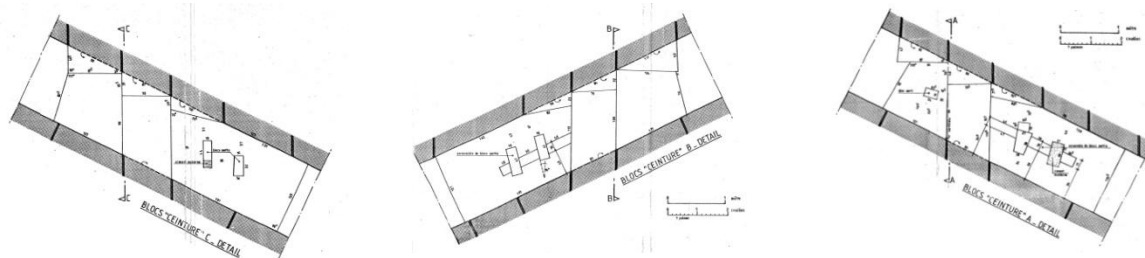
Dans le premier paragraphe de la Page 13, j'écrivais :

« La mise en place d'un train de rouleaux est l'élément clé du déplacement du chariot contrepoids sur les banquettes de la GG1. Lors du réarmement ou de la restitution, le chariot contrepoids avance⁴¹⁸ sur ce train de rouleaux, l'entraînant avec lui. Mais ce « train » avançant deux fois moins vite que le chariot, il ne mesure qu'environ la moitié de la longueur de la GG1. Pour le maintenir en permanence en tension, l'avant du train est relié, par une corde faisant demi-tour sur le quai en partie haute de la GG1, à un lest circulant dans la partie haute du couloir ascendant (que j'ai baptisée « la queue du chat » par analogie) ».

A l'époque, et en raison du manque de longueur de course disponible pour le déplacement du contrepoids, tous les calculs et explications concernant le fonctionnement du système étaient basés sur le principe de la traction directe, la GG1 devant assurer la livraison des monolithes des cinq plafonds et du toit. La longueur de course du chariot contrepoids et, à l'opposé, celle de la plateforme de transfert des monolithes étaient donc identiques, cette disposition étant compatible avec la longueur de course du train de rouleaux et celle du rouleau-lest.

Analysant les plans de Gilles Dormion, j'avais remarqué que le couloir ascendant a été réalisé suivant deux techniques :

- Le premier tiers bas du couloir a été « creusé » sommairement dans des blocs de calcaire de Tourah posés horizontalement⁴¹⁹, sa section se rétrécissant en approchant de sa base. Il semble donc que l'intention était de freiner, par effet d'entonnoir, les blocs bouchons à la fin de leur descente avant de les bloquer dans leur position actuelle.
- Les deux autres tiers ont été maçonnés et bien appareillés avec des blocs posés suivant la pente. Curieusement, trois blocs de ceinture ont été placés verticalement à intervalles réguliers (toutes les 10 coudées d'axe à axe) dans les murs latéraux. Derrière ces trois blocs, les trois blocs qui suivent sont de grande taille et comportent des trous verticaux disposés par paire (sur deux à l'Ouest et sur un à l'Est) ; les deux blocs en aval comportent aussi une rainure longitudinale parallèle à la pente (une à l'Ouest et une à l'Est). Tous ces trous ont été rebouchés très proprement.



Coupes par Gilles Dormion

Détails des trois blocs de ceinture suivis de blocs de grande taille comportant des trous verticaux creusés par paire. A gauche, celui en amont du couloir dans le mur Ouest ; au centre, le suivant dans le mur Est et à droite le plus en aval dans le mur Ouest. Les trois paires de trous sont espacées de 10 coudées d'axe à axe. Les deux blocs en aval comportent aussi une rainure longitudinale.

⁴¹⁶ Les plans m'ont été remis par Jean-Pierre Baron, avec l'accord de Gilles Dormion. Les deux hommes ont travaillé ensemble lors de la mission de microgravimétrie de 1986, Jean-Pierre Baron faisant partie de l'équipe de la CPGF. En 2005/2006, ce dernier, devenu dirigeant de la Safège (ex CPGF), faisait partie de la mission préparée par l'ACGP, la Faculté des Ingénieurs du Caire et le CNISF, pour la technique de microgravimétrie.

⁴¹⁷ Plan N°7 – Couloir Ascendant.

⁴¹⁸ Des simulations ont aussi été réalisées par Dassault Systèmes www.youtube.com/watch?v=xE39WfQRZL4.

⁴¹⁹ Pour reconstituer une sorte de socle rocheux artificiel. Avant de devenir maçons, les Egyptiens étaient des sapeurs, creusant des fosses et des galeries dans le socle rocheux.

Dans la version du système à contrepoids mise à jour en 2005, j'indiquais que :

- L'ensemble des trous du bloc le plus en aval sont à une distance de la GG1 égale à la course maximale du « train de rouleaux », c'est-à-dire à l'utilisation de toute la longueur de la GG1, soit pour la montée des poutres sur l'aire de stockage au niveau + 43m, soit pour le dernier plafond de la Chambre du Roi et le stockage des chevrons du toit au niveau + 60,15m.
- L'ensemble des trous des deux autres blocs se trouvent respectivement à une distance équivalente à l'utilisation du contrepoids pour les plafonds⁴²⁰ 1 et 2, puis pour les plafonds 3 et 4.

Je concluais que des cales de blocage en bois devaient être insérées dans ces trous en fonction du niveau d'utilisation du chariot, pour servir de butée en cas de rupture de la corde reliant le rouleau-lest au train de rouleaux. En cas d'accident et de choc sur une butée, l'intégrité du couloir ascendant était assurée par les trois blocs de ceinture et les trois grands blocs qui suivent.

La découverte du BIG VOID et ma conclusion que celui-ci est une seconde Grande Galerie ayant permis la mise en œuvre de la technique du renvoi à 180° renforcent et simplifient l'idée de butées de sécurité. Alors que les longueurs de déplacement du train de rouleaux et du rouleau-lest ne changent pas, celles du contrepoids de la GG1 sont affectées : il ne peut plus desservir que le premier et le deuxième plafond en raison du doublement de la longueur des cordes de traction liée à cette technique.

Ce changement amène des modifications par rapport à la version de 2005 :

- Les deux butées en aval dans le couloir ascendant sont remplacées chacune par une longue pièce de bois⁴²¹, taillée en biseau, insérée dans la rainure longitudinale et maintenue par des coins insérés dans les trous verticaux. Cette disposition crée un rétrécissement du passage dans le même esprit que la partie basse de ce couloir ; la partie basse de ce « ralentisseur » est suffisamment épaisse pour bloquer le rouleau-lest⁴²². Le dispositif le plus en aval est permanent, le contrepoids étant utilisé à sa longueur de course maximale⁴²³ pendant toute la Phase 1B et quatre-vingt-cinq pour cent de la Phase 2A⁴²⁴. Le dispositif intermédiaire⁴²⁵ ne sert que pour le hissage des poutres du 1^{er} plafond dans la Phase 2A et pour la maintenance⁴²⁶.
- La butée la plus en amont reste identique mais sa fonction est différente : elle est utilisée pour le remplacement des rouleaux usagés par des neufs stockés dans le couloir horizontal. Pour libérer l'accès entre celui-ci et la GG1, le chariot contrepoids est remonté à mi-course, autorisant les changements sur le train de rouleau en amont et en aval du chariot. Celui-ci est ensuite redescendu à sa position de base ; les derniers rouleaux, ceux sous le chariot lors de l'opération de maintenance, sont changés. La longueur de course du train de rouleaux correspond à celle de la première traction de réarmement du contrepoids⁴²⁷ avec la plateforme de hissage des monolithes. La distance parcourue par le train de rouleaux est identique à celle du rouleau-lest entre sa position initiale et la butée⁴²⁸.

⁴²⁰ Lors des manœuvres pour chaque paire de plafonds, le rouleau-lest s'arrêtait à environ 1m des butées pour le premier plafond desservi et environ 3m pour le second.

⁴²¹ De 1,35m de longueur du côté Est et 1,60m du côté Ouest

⁴²² Un rouleau de granit de Ø1.02m x 0,70m de longueur serti dans un cadre en bois de 1,37m de longueur et 1.00m de largeur pour un poids de 1,5t (selon un assemblage proposé par Denis Denoël).

⁴²³ Pour une course de 19,79m du rouleau-lest de 1,37m de longueur soit un total de 21,16m. Le début du ralentisseur se trouve à 21,27m (à l'axe) du débouché du couloir ascendant dans la GG1.

⁴²⁴ Voir Pages 101 à 103.

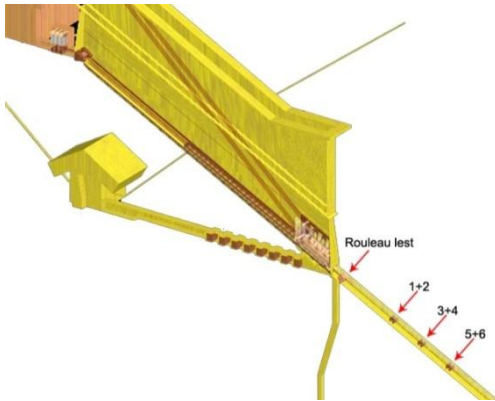
⁴²⁵ Pour une course de 13,06m du rouleau-lest de 1,37m de longueur soit un total de 14,43m. Le début du ralentisseur se trouve à 15,83m (à l'axe) du débouché du couloir ascendant dans la GG1.

⁴²⁶ Pour une sécurité supplémentaire.

⁴²⁷ Voir Pages 71 et 72.

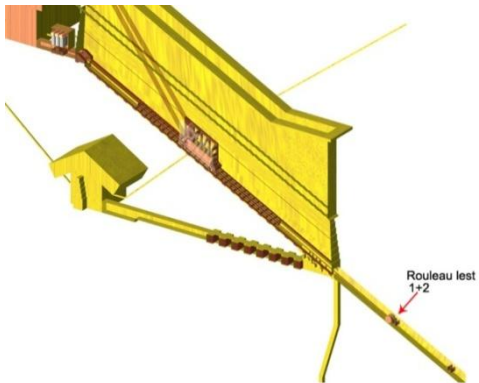
⁴²⁸ Pour une course de 9,89m du rouleau-lest de 1,37m de longueur soit un total de 11,26m. La face avant de la butée se trouve à 11,26m (à l'axe) du débouché du couloir ascendant dans la GG1.

Système de sécurité pour le rouleau-lest :
Version 2005.

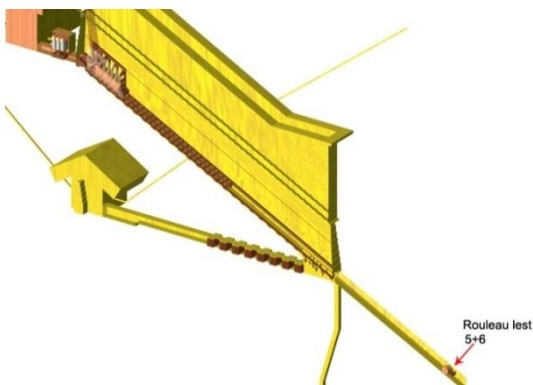


Le système à contrepoids dans la Grande Galerie dans la version mise à jour en 2005.

Les trois butées réparties le long du couloir ascendant assuraient la sécurité du système en cas de rupture de la corde reliant le train de rouleaux à son rouleau-lest. Les chiffres indiquent les plafonds concernés par les butées.

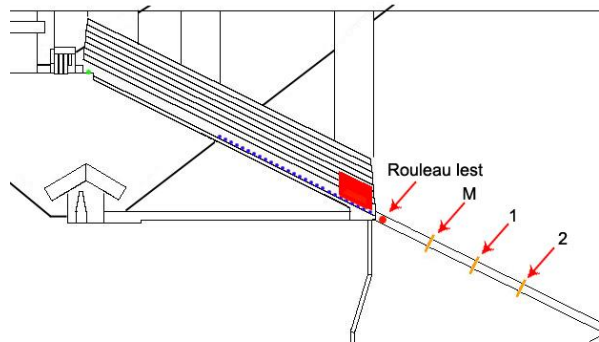


La butée supérieure sécurisait les déplacements du rouleau-lest lors du hissage des monolithes des plafonds 1 et 2. Le rouleau-lest s'arrêtait à environ 3m et 1m avant la butée.



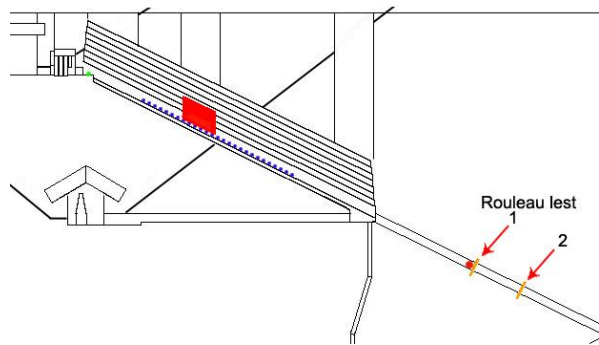
La butée inférieure sécurisait les déplacements du rouleau-lest lors du hissage des monolithes du plafond 5 et du toit. Le rouleau-lest s'arrêtait à environ 3m et 1m avant la butée. La butée intermédiaire, non représentée, était liée aux plafonds 3 et 4.

Système de sécurité pour le rouleau-lest :
Version 2022

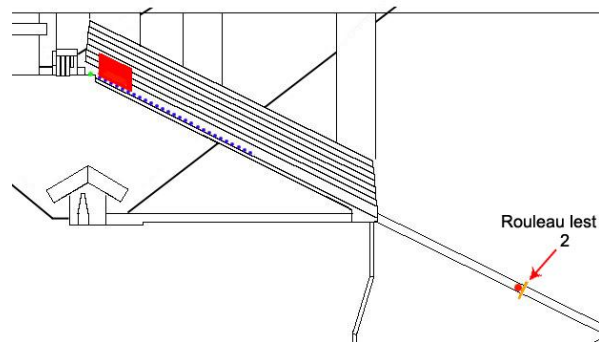


Le système à contrepoids de la GG1 lors de la Phase 1B et la Phase 2A suite à la mise jour du système après la découverte du BIG VOID.

La butée supérieure M est conservée et utilisée pour la maintenance et hors des périodes de hissage des monolithes. Les deux butées en aval 1 et 2 sont remplacées par des « ralentisseurs-stoppeurs » pour les Phases 1B et 2A.

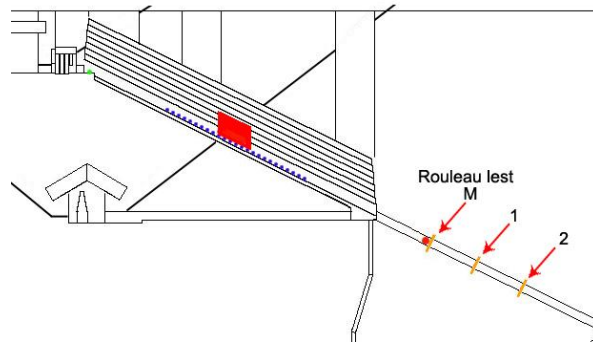


Le rouleau-lest s'arrête à 1,50m du début du ralentisseur-stoppeur intermédiaire pour le plafond 1. Le ralentisseur-stoppeur inférieur est en place pour une double sécurité.

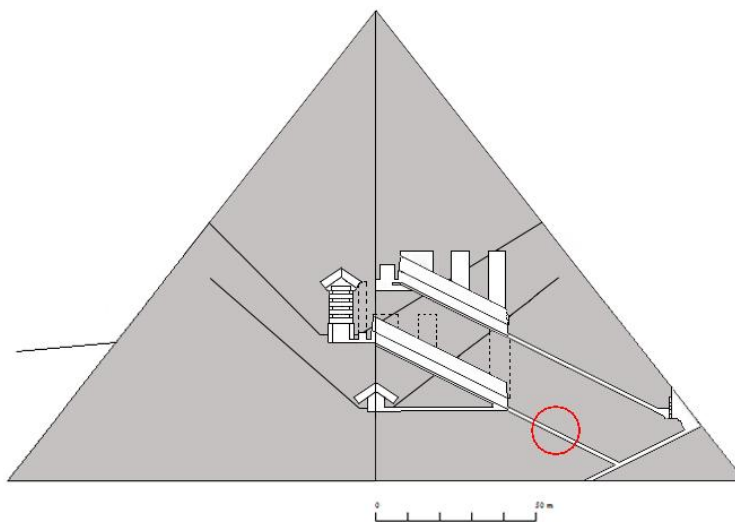


Le rouleau-lest s'arrête juste au début du ralentisseur-stoppeur pour le plafond 2. Cette configuration sera en vigueur pendant toute la Phase 1B (environ 520 cycles) et 85% de la Phase 2A (56 cycles + autant de réarmements du contrepoids).

Le BIG VOID



Pour le changement des rouleaux du train de rouleaux, le chariot contrepoids est remonté à mi-course dans la GG1.
Le rouleau-lest vient au contact de la butée supérieure M. Les deux ralentisseurs-stoppeurs en aval sont installés.
L'espacement de 10 coudées (5,24m) d'axe à axe entre les paires de trous dans les murs latéraux simplifiait la construction du couloir ascendant : les dispositifs supérieur et inférieur sont respectivement au plus près de la fin de course du rouleau-lest dans les deux cas. Pour le dispositif intermédiaire, l'écart est de moins de 1,50m, donc très minime.



Il est évident que le couloir ascendant reliant le couloir descendant à la Grande Galerie n'est pas qu'un simple passage. Il a été réalisé suivant deux techniques différentes : creusé dans un socle rocheux reconstitué pour un tiers en partie basse et construit pour les deux tiers en partie haute avec une maçonnerie très étudiée au niveau de l'assemblage de blocs. Des détails spécifiques indiquent qu'il a été aussi conçu pour répondre à des besoins précis liés à une activité temporaire se déroulant dans son environnement immédiat, c'est-à-dire la Grande Galerie.

La fonction de la partie creusée, avec son rétrécissement dans les derniers mètres, était de freiner la chute et ensuite d'arrêter les trois blocs de granit obstruant son accès depuis le couloir descendant. Ces blocs avaient eu un rôle lors du chantier : servir de charge de base d'un chariot contrepoids utilisé dans la Grande Galerie pour le hissage des monolithes de granit et de calcaire de Tourah de la Chambre du Roi et sa superstructure.

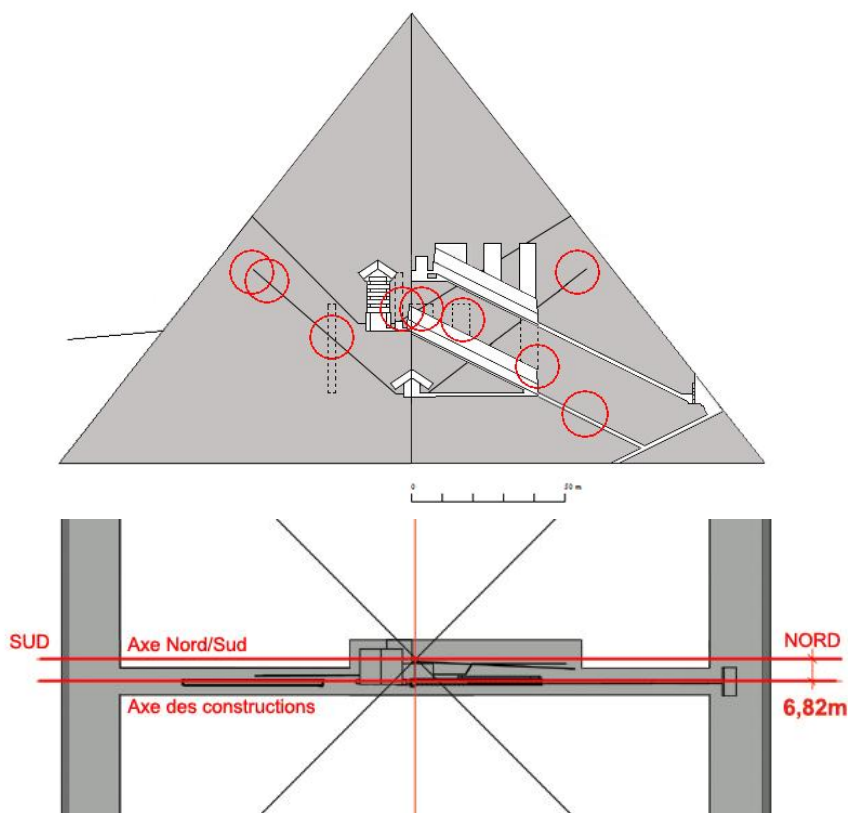
La fonction de la partie construite était d'intégrer un système de sécurité pour le rouleau-lest lié au train de rouleaux circulant dans la Grande Galerie. Deux dispositifs de secours étaient prévus en cas de rupture de la corde reliant le train de rouleaux et le rouleau-lest lors des Phases 1B et 2A, un troisième sécurisait les manœuvres de maintenance. En fin d'utilisation de la Grande Galerie, les dispositifs ont été retirés et les trous dans les murs latéraux ont été rebouchés avec soin.

10 – Constat suite à ces d'indices au regard de l'architecture intérieure de la Pyramide de Kheops.

La chose la plus remarquable concerne la répartition des cercles entourant les zones d'anomalies ayant un lien direct avec le système à contreponds global basé sur la GG1 et la GG2 ; ils sont tous alignés sur un même axe du Nord au Sud, l'axe concentrant tous les couloirs connus, la Grande Galerie et les Chambres de la Reine et du Roi. Cet axe a été sciemment déporté de 13 coudées⁴²⁹ à l'est de l'axe Nord-Sud de la pyramide car ce dernier devait être en permanence libre de tout obstacle afin de servir de référence de construction pendant tout le chantier, que ce soit celui du volume lui-même ou celui des ouvrages intérieurs, particulièrement celui de la Chambre du Roi et sa superstructure.

L'orientation de la pyramide, alignée sur les quatre points cardinaux, répondait d'abord à une raison symbolique en rapport avec la croyance en l'Eternité et le cycle du jour et de la nuit. Cela étant et comme toujours dans la pratique égyptienne, il allait aussi avoir une autre fonction temporaire, celle d'être une référence immuable sur laquelle les constructeurs pouvaient s'appuyer pendant la totalité des travaux : un axe constamment contrôlable et pouvant être recréé à tout moment.

La solution est venue de l'observation des étoiles, de l'étoile Polaire plus précisément, qui leur a permis de disposer de cet axe Nord-Sud qui traversait la pyramide de la base au sommet.



Tous les cercles sont alignés le long d'un même axe allant du Nord au Sud. Cet axe concentrant tous les couloirs connus, la Grande Galerie et les Chambres de la Reine et du Roi, est déporté de 6,82m à l'est de l'axe de référence Nord-Sud.

Sur le plan du bas, en dehors des zones grisées, réalisées en calcaire de Tourah, la pyramide n'est constituée jusqu'à la 120^{ème} assise⁴³⁰ que d'un remplissage de blocs de calcaire local bruts d'extraction, de chutes de taille et de mortier grossier dans lequel aucun ouvrage n'a été construit. Au-delà, elle est en blocs de calcaire de Tourah et local bien appareillé.

⁴²⁹ Soit à 6,82m de l'axe Nord-Sud, mesure vérifiée par Rudolph Gantenbrinck en 1993.

⁴³⁰ Soit environ jusqu'au niveau +90,00m.

13 – CONCLUSION AU SUJET DE LA DÉCOUVERTE DU BIG VOID.

Dès que j'ai commencé à m'intéresser à la pyramide de Kheops, il y a près de 25 ans, j'ai pensé que toute personne voulant expliquer sa construction devait s'appuyer sur le paradigme de base suivant:

« Il ne faut jamais réduire le problème de la construction de la pyramide à la question du volume seul; c'est l'erreur fondamentale de toutes les théories proposées depuis la nuit des temps. Le chantier le plus extraordinaire est celui de la construction de la Chambre du Roi au cœur du volume de la pyramide. Sans explication concernant ce chantier, l'énigme de la construction de la pyramide de Kheops ne pourra jamais être résolue ».

C'est pour cela que j'écrivais dès le 4^{ème} paragraphe, page 2, du PRÉAMBULE :

« En mars de l'année 2001, j'étais déjà totalement convaincu qu'à l'époque les architectes avaient conçu le projet en imaginant deux chantiers distincts intégrés l'un dans l'autre: d'un côté le volume lui-même, de l'autre la Chambre du Roi et sa superstructure ; ceux-ci avaient ensuite été réalisés avec des méthodes et des moyens totalement différents, chacun étant optimisé pour une exécution parfaite ».

Je continuais dans le 2^{ème} paragraphe de la page 3 :

« Dernier élément très important pour comprendre mon état d'esprit dans mes travaux sur la pyramide: j'ai toujours cherché à faire évoluer mes propositions, au fur et à mesure de mes avancées, avec en point de mire « la logique et la simplicité », qui pour moi étaient fondamentales dans la conception et la réalisation de la Grande Pyramide ».

Pour ajouter, dans le 3^{ème} paragraphe de la page 7 à propos de la mission ScanPyramids:

« Ayant participé à celle-ci en arrière-plan et suite à la quantité de données qui ont été accumulées durant son déroulement, j'ai acquis une très grande connaissance du dossier et j'estime qu'il m'est parfaitement légitime de parler des découvertes annoncées par ScanPyramids et de donner mon interprétation quant au Big Void en m'appuyant sur des bases très solides ».

Je pense avoir, tout au long de ce très long document, apporté des réponses précises, détaillées et crédibles à toutes les questions que pose un chantier s'appuyant, pour sa réalisation, sur le concept de système de contrepoids comme unique possibilité. Depuis l'origine du développement de cette idée, au début 2001, je n'ai eu de cesse, d'une part, d'essayer de simplifier le procédé et, d'autre part, de rechercher des indices sur place.

Dès fin 2004 les premiers indices, relevés à l'intérieur de la Grande Galerie, ont commencé à étayer mes propositions.

En 2010, la découverte sur le Plateau de Gizeh de nouveaux indices convergeant vers la probable utilisation d'un second système à contrepoids pour le hissage des monolithes depuis le port de livraison jusqu'à la base de la rampe extérieure de construction de la pyramide confortait ces propositions.

Parallèlement, la mise en œuvre de l'utilisation des contrepoids était petit à petit simplifiée, mais malheureusement limitée au niveau efficacité par la longueur, trop faible, de la Grande Galerie, obligeant le recours à la force humaine en masse⁴³¹ lors de la construction de la superstructure au-dessus de la Chambre du Roi.

⁴³¹ Le hissage des monolithes vers leur plafond de destination impliquait le recours à environ deux cents hommes pour les plus lourds, ce qui ne semblait pas répondre à la logique qui animait l'esprit des Égyptiens de l'époque.

Le BIG VOID

Le 22 novembre 2016, lors d'une session de travail de la mission ScanPyramids à laquelle j'assistais, la découverte d'une "Cavité" a été annoncée par l'équipe japonaise de Nagoya ; en regardant sa position et sa taille estimée, j'ai immédiatement dit aux participants que cette cavité était une seconde Grande Galerie.

Depuis ce jour, tous les obstacles empêchant toute simplification du hissage des monolithes par l'utilisation de contrepoids ont été levés et la logique a prévalu tout au long du trajet de leur transport ; la force humaine massive est devenue inutile. Sinon, la force humaine limitée était encore utilisée mais que pour des tâches spécifiques comme la modulation des charges des contrepoids.

Lors de mes vœux pour l'année 2018, à peine deux mois après l'annonce officielle de la découverte du BIG VOID dans la revue *Nature*, j'illustrais ma carte avec l'image ci-dessous et le texte qui la suit :



*Conséquence directe sur ma théorie après la découverte du « BIG VOID » par la mission ScanPyramids : 200 chômeurs.
(Un second contrepoids dans une seconde Grande Galerie au cœur de la pyramide supprime tout appoint en force humaine pour le hissage des poutres des plafonds 3, 4, et 5 et des chevrons du toit au-dessus de la Chambre du Roi)*

Je pouvais annoncer cette mise à jour parce que cela faisait déjà plus d'un an que je travaillais sur cette découverte, étant au plus près de la mission sans y participer officiellement.

Plus tard, en Janvier 2021, dans une interview⁴³² je disais :

« - Le BIG VOID est une seconde Grande Galerie ayant abrité un contrepoids (en fait le premier réutilisé) qui a pris le relais de la première pour le hissage des poutres et chevrons au-delà du deuxième plafond un peu plus tard dans le déroulement du chantier. Cette idée de second contrepoids signifie qu'il n'y avait plus besoin d'aucune équipe humaine complémentaire comme je le disais précédemment. Comme pour les conduits de la Chambre de la Reine, ceux de la Chambre du Roi ont également fait partie du système de communication phonique reliant la partie Nord à la partie Sud pendant l'utilisation du second contrepoids.

Toutes ces nouvelles avancées sont maintenant parfaitement détaillées et scientifiquement étayées avec l'aide d'ingénieurs. Stockées dans plusieurs disques durs, elles deviendront publiques un jour si certaines conditions sont réunies ».

Finalement, à la fin de l'été 2021 :

« J'ai décidé de me lancer dans la rédaction de mes interprétations des trois grandes découvertes de ScanPyramids, en commençant par le BIG VOID, car celui-ci était la clé qui ouvrait la porte à la reconstitution du chantier de la pyramide le plus impressionnant au niveau technique, celui de la Chambre du Roi et de sa superstructure »⁴³³.

⁴³² Interview réalisée par Sharon Janet Hague pour la série « Stars of Egyptology » publiée sur son blog www.sharonjanethague.com.

⁴³³ Voir Paragraphe 3 Page 50.

Le plus extraordinaire est que pendant ces douze mois de travail et de rédaction, l'énorme quantité d'informations que j'avais emmagasinée, à la fois dans mon cerveau et dans mon ordinateur, m'a permis d'aller encore plus loin dans la simplicité et la logique que je ne l'aurais jamais imaginé au début de mes recherches.

Le 1^{er} mars 2004 j'avais eu un entretien avec les dirigeants⁴³⁴ de la société EIFFEL Construction Métallique⁴³⁵ pour leur présenter mes travaux en vue d'un possible mécénat.⁴³⁶

Le lendemain, je recevais un e-mail de Marc Buonomo⁴³⁷ (ingénieur AM) - (extraits):

« Je pense que vous serez à l'origine d'une découverte supérieure à celle de la découverte du tombeau de TOUTANKHAMON.

.../...

Votre étude m'intéresse car vous démontrez que ce sont des ingénieurs et des scientifiques qui ont fait ce travail. Il faudra attendre Léonard de Vinci pour retrouver l'esprit scientifique. A ce titre si votre théorie s'avère juste vous aurez bouleversé tout ce que l'on pense de la Renaissance et de ses ingénieurs ».

Quand je regarde en arrière le parcours et l'évolution de l'ensemble de ma théorie, je me dis qu'à l'époque, ni lui ni moi ne pouvions imaginer le degré de connaissance et de savoir-faire atteint par les concepteurs et constructeurs de la pyramide de Kheops.

En page 3, j'écrivais :

« Je suis absolument convaincu qu'Hemionou et Ankh-haef, les architectes-ingénieurs qui ont conçu et bâti la Grande Pyramide, étaient des génies ».

J'en suis encore bien plus convaincu maintenant.



Hemionou

© Madeleine Peters-Destérac



Ankh-haef

Quant à moi, je ne fais que décrypter un extraordinaire savoir-faire architectural vieux de 4.500 ans.

« Tous les hommes doivent de la reconnaissance à ceux qui approfondissent l'histoire universelle et s'efforcent de contribuer, par leurs travaux, au bien général de la société ».

Diodore de Sicile - Bibliothèque historique - Livre 1 - 1er siècle avant J.C.

A suivre...

⁴³⁴ Jacques Huillard, le Président, et Marc Buonomo, le Directeur de l'usine du groupe à Lauterbourg. A l'époque cette société construisait le Viaduc de Millau et tous les éléments métalliques, tablier et pylônes à haubans, étaient préfabriqués à Lauterbourg et transférés par convoi spécial sur le chantier du viaduc.

⁴³⁵ Devenue EIFFAGE entretemps.

⁴³⁶ La société EIFFEL était devenue par la suite un des plus importants mécènes de l'ACGP, me permettant de faire de nombreux voyages au Caire.

⁴³⁷ Marc Buonomo m'avait dit à l'époque que la technique de relèvement des pylônes métalliques du viaduc avait été inspirée de celle utilisée par les Anciens Égyptiens pour leurs obélisques, en jouant sur le centre de gravité.

14 – BIBLIOGRAPHIE

LA CONSTRUCTION DE LA PYRAMIDE DE KHEOPS: VERS LA FIN DES MYSTÈRES ?

Jean-Pierre Houdin, Henri Houdin – Annales des Ponts et Chaussées - ELSEVIER N°101, janvier-mars 2002

ÉGYPTE: LA CONSTRUCTION DE LA GRANDE PYRAMIDE

Henri et Jean-Pierre Houdin - TRAVAUX International N°792, Décembre 2002

LA PYRAMIDE DE KHEOPS

Jean-Pierre & Henri Houdin - Editions du Linteau, 2003

LA CONSTRUCTION DE LA GRANDE PYRAMIDE

Jean-Pierre Houdin – Actes du 9^{ème} Congrès International des Egyptologues – Grenoble, 6-12 septembre 2004 – Volume I & II PETERS, 2007

KHEOPS, LES SECRETS DE LA CONSTRUCTION DE LA GRANDE PYRAMIDE

Jean-Pierre Houdin - Farid Atiya Press 2006 - Editions du Linteau, Farid Atiya Press, 2008

KHUFU, THE SECRET OF THE CONSTRUCTION OF THE GREAT PYRAMID

Jean-Pierre Houdin - Farid Atiya Press 2006

HOW THE PYRAMIDS WERE BUILT

Bob Brier - ARCHAEOLOGY – Archaeology Institute of America, May-June 2007

THE SECRET OF THE GREAT PYRAMID

Bob Brier & Jean-Pierre Houdin - Smithsonian Books – HarperCollins, 2008

LE SECRET DE LA GRANDE PYRAMIDE

Bob Brier & Jean-Pierre Houdin - Smithsonian Books – HarperCollins - Fayard, 2008

UPDATE : BUILDING THE GREAT PYRAMID

Bob Brier - ARCHAEOLOGY – Archaeology Institute of America, July-August 2009

LA PYRAMIDE DE KHEOPS RÉVÉLÉE

Jean-Pierre Houdin - Farid Atiya Press, 2009

KHUFU'S PYRAMID REVEALED

Jean-Pierre Houdin - Farid Atiya Press, 2009

A COMPUTER SIMULATION TO DETERMINE WHEN THE BEAMS IN THE KING'S CHAMBER OF THE GREAT PYRAMID CRACKED

Richard Breitner, Jean-Pierre Houdin and Bob Brier – JARCE 48, 2012

LE MYSTÈRE DES PYRAMIDES

Jean-Philippe Lauer – Presses de la Cité, 1974

LE NIL: L'ESPOIR ET LA COLÈRE – De la sagesse à la démesure

Jean Kérisel – Presses des Ponts et Chaussées, 1999

GÉNIE ET DEMESURE D'UN PHARAON : KHÉOPS

Jean Kérisel – Stock, 1996

LA CHAMBRE DE KHÉOPS – Analyse architecturale

Gilles Dormion – Fayard, 2004

PYRAMIDE DE CHEOPS – Architecture des appartements funéraires, plan 1 à 13

Gilles Dormion – 1996

L'ARCHITETTURA DELLE PIRAMIDI MENFITE, PARTE IV

V. Maragioglio & C. Rinaldi – Centro per le Antichità e la Storia dell'Arte del Vicino Oriente – Rome, 1965

LES PYRAMIDES D'ÉGYPTE

I.E.S. Edwards – Tallandier, 1947 – 1972

BUILDING IN EGYPT, PHARAONIC STONE MASONRY

Dieter Arnold – Oxford University Press, 1991

HOW THE GREAT PYRAMID WAS BUILT

Craig B. Smith - Smithsonian Books – HarperCollins, 2006

THE COMPLETE PYRAMID – Solving the Ancient Mysteries

Mark Lehner – Thames and Hudson, 1997

LES Papyrus DE LA MER ROUGE (OUADI EL-JARF, GOLFE DE SUEZ),

Pierre Tallet – Académie des Inscriptions & Belles Lettres – CRAI 2013, II (avril-juin), p. 1015-1024

Le BIG VOID

LES PAPYRUS DE LA MER ROUGE 1 : LE JOURNAL DE MERER (P. Jarf A et B)
Pierre Tallet - MIFAO 136, 2017

THE HARBOR OF KHUFU on the Red Sea Coast at Wadi al-Jarf, Egypt
Pierre Tallet & Gregory Marouard - Near Eastern Archaeology 77:1 (2014)

THE WADI EL-JARF SITE: A HARBOR OF KHUFU ON THE RED SEA
Pierre Tallet – Journal of Ancient Egyptian Interconnections, 2013

THE PYRAMIDS AND TEMPLES OF GIZEH
Sir W. M. Flinders Petrie - Field & Tuer, 1883

LE SECRET DES BATISSEURS DES GRANDES PYRAMIDES: KHÉOPS
George Goyon – Pygmalion

LE MYSTÈRE DES PYRAMIDES
Jean-Philippe Lauer – Presses de la Cité, 1974

DIE ÄGYPTISCHEN PYRAMIDEN, VOM ZIEGELBAU ZUM WELTWUNDER
Rainer Stadelmann - éditions von Zabern , Mayence 1985-1997

THE PYRAMIDS
Ahmed Fakhry – University of Chicago, 1961

OPERATION CARRIED ON AT THE PYRAMIDS OF GIZEH
Richard Willian Howard Vyze - 1840-1842

THE PYRAMIDS OF GIZEH
John Shae Perring – 1839-1842

THE GREAT PYRAMID OF KHUFU AND ITS MORTUARY CHAPEL
Selim Hassan - Excavations at Giza, Season 1938/39 – Vol X

NOUVELLES RECHERCHES DANS LES CARRIÈRES D'ALBATRE DE HATNOUB : LA CARRIÈRE P
Yannis Gourdon, codirecteur de la mission archéologique de Hatnoub, Institut Français, Le Caire, 7 octobre 2018.

THE ENGINEERING GEOLOGY OF ANCIENT WORKS, MONUMENTS AND HISTORICAL SITE - Preservation and Protection. Extraits des actes édités par A.A. Balkema / Rotterdam / Brookfield – 1988.

SHIP TIMBER AND THE REUSE OF WOOD IN ANCIENT EGYPT
Pearce Paul Creasman - Journal of Egyptian History 6 (2013) 152–176

ASPECTS TECHNIQUES ET PHYSIQUES DE L'OPÉRATION KHÉOPS
Jacques Lakshmanan et J.-C. Erling - ANNALES de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics - mai 1987

LES LETTRES DE L'INGÉNIEUR WAYNMAN DIXON A GEORGE RESINER ET ALAN ROW

Museum of Fine Arts, Boston Archives

EGP 1 – Egyptian Department Correspondence 1905-1980

Box 2, Correspondence "D" – Folder 1

Typewritten letter from Dixon to Reisner, January 27, 1925

EGP 1 – Egyptian Department Correspondence 1905-1980

Box 5, "Reisner, Mary and George."

2 page handwritten letter to Reisner, April 13, 1925

1 page printed newspaper article, January 10, 1924

Le manuscrit de pré-soumission fourni par les auteurs de l'article du 2 novembre 2017 publié dans *Nature Magazine* 552, pages 386-390, est disponible gratuitement sur HAL archives-ouvertes :

HAL Id: hal-01630260

<https://hal.inria.fr/hal-01630260v2>

Submitted on 22 Nov 2017

DISCOVERY OF A BIG VOID IN KHUFU'S PYRAMID BY OBSERVATION OF COSMIC-RAY MUONS
Kunihiro Morishima, Mitsuaki Kuno, Akira Nishio, Nobuko Kitagawa, Yuta Manabe, Masaki Moto, Fumihiko Takasaki, Hirofumi Fujii, Kotaro Satoh, Hideyo Kodama, et al.

Pour la version finale post-examen, veuillez consulter :

<http://www.nature.com/nature/journal/vaap/ncurrent/full/nature24647.html>

15 – LIENS INTERNET UTILES POUR DÉCOUVRIR MES TRAVAUX

SITE INTERNET DE L'ACGP

Association Construire la Grande Pyramide, créée en 2003 pour soutenir mes travaux de recherche sur la Grande Pyramide
<https://www.construire-la-grande-pyramide.org>

PYRAMIDALES, blog de Marc CHARTIER, journaliste

Jean-Pierre Houdin : "Toujours plus loin dans la connaissance de la pyramide de Khéops et des autres grandes pyramides lisses de la 4^{ème} Dynastie, qui forment un tout indissociable"
<https://pyramidales.blogspot.com/2010/03/jean-pierre-houdin-toujours-plus-loin.html>

"Il n'y a aucune raison de s'interdire, surtout lorsqu'on est architecte, d'étudier la construction des pyramides, sous prétexte que l'on n'a pas le badge 'égyptologue certifié' " (Jean-Pierre Houdin)
<https://pyramidales.blogspot.com/2011/01/il-ny-aucune-raison-de-sinterdire.html>

"Les Égyptiens construisaient ce qu'ils savaient faire, de la façon la plus simple et logique possible" (Jean-Pierre Houdin)
<https://pyramidales.blogspot.com/2011/01/les-egyptiens-construisaient-ce-qu'ils.html>

Apothème : une question... et l'interprétation de Jean-Pierre Houdin
<https://pyramidales.blogspot.com/2009/10/apotheme-une-question-et.html>

Transport des blocs de pierre et monolithes pour la construction de la Grande Pyramide : l'ingéniosité des bâtisseurs égyptiens, selon Jean-Pierre Houdin
<https://pyramidales.blogspot.com/2011/02/transport-des-blocs-de-pierre-et.html>

La thermographie infrarouge révélera-t-elle d'autres secrets de la Grande Pyramide ?
<https://pyramidales.blogspot.com/2011/02/la-thermographie-infrarouge-revelera-t.html>

"Kheops Renaissance", un an après
<https://pyramidales.blogspot.com/2011/12/kheops-renaissance-un-apres.html>

"Sans explication valable pour la mise en place des blocs de parement, on ne peut expliquer la construction des pyramides elles-mêmes" (Jean-Pierre Houdin)
<https://pyramidales.blogspot.com/2013/05/sans-explication-valable-pour-la-mise.html>

Preuves architecturales et topographiques à l'appui, Jean-Pierre Houdin est convaincu que le Sphinx de Gizeh représente le roi Kheops
– 1^{ère} partie
https://pyramidales.blogspot.com/2013/07/preuves-architecturales-et_17.html
– 2^{ème} partie
<https://pyramidales.blogspot.com/2013/07/preuves-architecturales-et.html>
– 3^{ème} partie
https://pyramidales.blogspot.com/2013/07/preuves-architecturales-et_31.html

Une simulation numérique pour déterminer quand les poutres de la Chambre du Roi de la Grande Pyramide ont craqué
<https://pyramidales.blogspot.com/2014/02/une-simulation-numerique-pour.html>

AUTRES LIENS EN RELATION AVEC CE DOCUMENT

Article publié en 2006 dans le New-York Times :
<http://www.nytimes.com/2006/05/27/world/africa/27houdin.html?scp=1&sq=jean-pierre%20houdin&st=cse>

Tout est une question d'A.D.N.
<https://www.youtube.com/watch?v=iVXHDJzmqm0>

Article publié dans le JARCE (Journal of American Research Center in Egypt) sur les craquements des plafonds de la Chambre du Roi et un autre sur les 34 indices
<https://independent.academia.edu/JeanPierreHoudin>

Résumé du chantier de la Grande Pyramide version 2011
https://www.youtube.com/watch?v=CwcCTPL-S_0&feature=youtu.be

Le contre poids dans la Grande Galerie version 2007
<https://vimeo.com/showcase/3407622/video/127310120>

Le contre poids dans la Grande Galerie version 2011
<https://www.youtube.com/watch?v=xE39WfQRZL4>

Interview réalisée par Sharon Janet Hague pour la série « Stars of Egyptology » publiée sur son blog
www.sharonjanethague.com

CRÉDITS PHOTOS ET ILLUSTRATIONS

ScanPyramids, Gilles Dormion, Albert Ranson, Jean-Pierre Houdin, Dassault Systèmes, Eduard Spelterini, Emissive, Google Earth, Google (Utilisation équitable), Franck Monnier, Mathias Glad, Jon Bodsworth, Bruno Neyret, Benoît Marini, Vincent Steiger, Emmanuel Guerriero, Pierre Gable, *Nature Magazine*, Michelle Houdin-Plessix, D. Laisney, G. Castel, Gregory Marouard, Th. Sagory (IFAO), Q. Lavigne (IFAO), Selim Hassan, Denis Denoël, Kunihiro Morishima (Université Nagoya), Sébastien Procureur (CEA), Pr. Hui Duong Bui, Rudolph Gantenbrinck, Pyramid Rover, Shaun Whitehead (mission Robot Djedi), MFA Boston, Jean-Claude Barré, Madeleine Peters-Destérac.

REMERCIEMENTS

Avant tout, MERCI à Michelle, que j'ai embarquée il y a près de 25 ans dans mon « *Aventure aux Pyramides* » et qui m'a toujours encouragé à persévérer et soutenu sans faille pendant les périodes difficiles. Au départ de cette aventure, elle m'avait demandé une seule chose : m'engager sérieusement dans ma quête du savoir, ce que j'ai toujours respecté depuis.

Grand MERCI aux membres de l'ACGP⁴³⁸ (Association Construire la Grande Pyramide) qui m'ont soutenu sans réserve depuis sa création en 2003 dans mes recherches sur la pyramide de Kheops. J'ai une pensée particulière pour ceux qui nous ont quittés depuis le début de ce très long parcours pour une quête de savoir.

Bureau

Président : Laurent CHAPUS
 Secrétaire général : Jean BILLARD
 Trésorière : Chantal MAZIERES
 Président du CST: François LEVIEUX

Membres Fondateurs

Paul ALLARD *
 Charles BAMBADE *
 Jean BILLARD
 Hubert CURIEN *
 Emilienne DUBOIS
 Dominique FERRE
 Henri HOUDIN *
 André GUILLAUME *
 Paul LEMOINE *
 François LEVIEUX
 Bernard MARREY
 Jean-Claude PARRIAUD *
 Georges REME *

Laurent SARVER
 Ruth SCHUMANN ANTELME
 Jean-Louis SIMONNEAU
 Daniel SOLVET *
 IESF Ingénieurs et Scientifique de France
 IREX Institut pour la Recherche appliquée et l'Expérimentation

Membres Titulaires

Denis DENOEL
 Bruno NEYRET
 Chantal MAZIERES
 Anne MAHIEU
 Marc BUONOMO
 Jean CARAYON
 Laurent CHAPUS
 Jean-François COSTE
 Pierre GRUSSENMEYER
 Jacques HUILLARD
 Hubert LABONNE *
 Gérard LEDIEU
 Bertrand LEMOINE

Membres d'Honneur

Frédéric ABBAL
 Taha ABDALLA
 Eric ALIX
 Farid ATIYA *
 Mourad M. BAKHOUM
 Fabien BARATI
 Hassan BEHNAM
 Jean BERTHIER *
 John BODSWORTH
 Richard BREITNER
 Bob BRIER
 Thierry BRIZARD
 François BROUSSE
 Hui Duong BUI *
 Jean-Louis CHENEL
 Olivier AMET

Guy DELBREL
 Michel GERGONNE
 Emmanuel GUERRIERO
 Hany HELAL
 Mahmoud ISMAIL
 Christian JACQUET
 Jeffrey KEARNEY
 Patrick LONGUEVILLE
 Jacques JAWORSKI
 Alain DUGOUSSET
 Atef MOUKHTAR
 Jean-Jacques URBAN-GALINDO
 Mounir NEAMATALLA
 Robert GOLDBERG
 Jack BAKLAYAN
 Jack SCAPPARO *

Hervé PIQUET
 Guillaume BUTTY
 Laurent DONDEY
 Philippe ETCHEVERRY
 Lionel WOOG
 Jean-François BORDENAVE
 Jean-Christian KIPP
 Sophie KEROB-SCHONBORN
 Jérôme STEVENS
 Pierre DELETIE *
 Waffiq SHAMMA
 Mehdi TAYOUBI
 François THIERRY
 Raphaël THIERRY *
 Essam EL-MAGHRABY *
 Eric LEMASSON

* Membres décédés

Grand MERCI également aux sociétés et personnes ci-dessous qui, en finançant l'ACGP grâce au mécénat, m'ont permis de poursuivre mes recherches sur la pyramide de Kheops depuis 2003.



438 www.construire-la-grande-pyramide.org

Le BIG VOID

Grand MERCI à tous les intervenants de la mission SCANPYRAMIDS ci-dessous qui ont, grâce à leurs compétences, savoir-faire et technologies, réussi à « faire parler les pierres » et ainsi enregistrer des découvertes inestimables pour mes recherches sur la pyramide de Kheops.

F-lab. Nagoya University: Kunihiro Morishima, Mitsuki Kuno, Akira Nishio, Nobuko Kitagawa, Yuta Manabe, Masaki Moto.

KEK: Fumihiko Takasaki, Hirofumi Fujii, Kotaro Satoh, Hideyo Kodama, Kohei Hayashi, Shigeru Odaka.

IRFU, CEA, Université Paris Saclay: Sébastien Procureur, David Attié, Simon Bouteille, Denis Calvet, Christopher Filosa, Patrick Magnier, Irakli Mandjavidze, Marc Riallot.

Université Laval à Québec: Xavier Maldague, Matthieu Kelin, Clemente Ibarra-Castanedo

Jean-Claude Barré

Cairo University: Hany Helal, Mustapha Ezzy, Yasser Elshayeb. et les étudiants de la faculté impliqués dans le projet.

HIP Institute: Mehdi Tayoubi, Benoit Marini, Vincent Steiger, Nicolas Serikoff, Laure Kaltenbach, Laurent Chapus, Henri Pomeranc, François Schuiten, Philippe Forestier.

NHK: Toshihide Yabuki, Takeshi Shibasaki, Koichi Jo, Hideo Kado, Takumi Hisaizumi, Mutsumi Funato

Dassault Systèmes: Bernard Charlès.

Emissive: Emmanuel Guerriero, Pierre Gable et les modeleurs 3D impliqués dans le projet.

NEP: Yoshikatsu Date.

Suave images: Makiko Sugiura.

Ain Shams University: Tamer Elnady.

Inria: Jean-Baptiste Mouret.

Grand MERCI également aux sociétés ci-dessous qui ont financé la mission SCANPYRAMIDS.

La Fondation Dassault Systèmes

NHK

Suez

IceWatch

Le Groupe Dassault

Batscop

Emissive

Itekube

Parrot

ILP

Kurtzdev

Gen-G

Schneider Electric

Octave & Octave

Grand MERCI encore aux personnes qui m'ont aidées dans la rédaction, la correction ou la lecture en avant-première du manuscrit de ce mémoire : Marc Chartier, Jean Billard, François Levieux, Jean Carayon, Gérard Ledieu, Pierre Gable, Fabien Barati et Jean-Jacques Urban-Galindo,

Enfin, je REMERCIE ces deux institutions françaises très respectées qui m'ont décerné deux prix pour mes travaux sur la pyramide de Khéops :

En 2006, le PRIX MONTGOLFIER, remis par le Comité "Construction et Beaux-Arts" de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale⁴³⁹, fondée en 1801 par le scientifique Jean-Antoine Chaptal avec le soutien du Premier Consul Bonaparte.



En 2010, la MEDAILLE D'ARGENT DE L'ARCHÉOLOGIE remise par L'ACADÉMIE D'ARCHITECTURE⁴⁴⁰, dont l'origine remonte à 1840 sous le nom de Société Centrale des Architectes lors de sa création pour promouvoir la qualité en architecture.



⁴³⁹ <https://www.industrienationale.fr/>

⁴⁴⁰ <http://academie-architecture.fr/>