# Analyse technique sur le savoir-faire égyptien lors de la fabrication des pyramides

**Par**

**Bobby Boucher ing.**

bobby.boucher@gctda.com

14 novembre 2015

(Révision 10 janvier 2018)

Suite à la visualisation du vidéo ''La révélation des pyramides'' j'ai été intrigué entre autres par la taille des blocs de pierre massifs de dizaines de tonnes qui s'imbriquent parfaitement les uns dans les autres de manière chirurgicale et ce, avec des géométries complexes sur trois plans.

Ce document se veut comme une analyse personnelle de différents aspects des pyramides, Il est questions entre autres de :

- Méthode de découpe de pierre par percussion à partir d'un massif et d'un plan de découpe.
- D'outils utilisés et leur réelle utilité (à venir)
- Construction de murs polygonaux (ou plans de glissement) et le parallèle avec l'assemblage des blocs des pyramides
- Méthode de manutention, transport et installation de blocs de pierre.
- Méthode de découpe par abrasion et outils d'usinage.
- Méthode de perçage de trous coniques avec explication des sillions.
- Méthode de découpe par vibration

- Méthode de découpe de petites pièces.
- Pourquoi entasser les blocs de manière aussi précise entre eux?
- Le pourquoi de la géométrie des chambres.
- Perspective générale de la Grande Pyramide.
- Et si les revêtements ne se sont pas effondrés?
- Qu'en est-il réellement de la forme à 8 côtés de la pyramide?
- Et si on parlait un peu de mathématique et d'astrophysique.

Mais avant de débuter quoi que ce soit, je vous invite fortement à acheter ou louer le film qui s'est en quelque sorte s'est retrouvé sur Internet contre la volonté des réalisateurs. Si toutefois vous ne pouvez trouver pour acheter le film, vous pouvez contribuer par dons à leurs recherches de différentes manières. Pour moi, ce document que je vous présente est en quelque sorte ma contribution à ces travaux de recherche qui autrement sans avoir vu ce film sur Internet ne m'aurait pas intéressé à développer les méthodes, théories et idées qui sont présente dans ce document. En fait pour être franc, je ne me suis pas vraiment inspiré d'autre chose que le Film La Révélation de pyramides et de photos trouvées sur Google. Ma philosophie dans la recherche est justement de sortir des sentiers battus et de ne pas m'inspirer des choses que les autres on fait car comme un proverbe dit : Celui qui marche dans les pas d'un autre ne laisse jamais de traces! J'ai simplement partit avec mes idées et de mon point de vue d'ingénieur mécanique qui a aussi beaucoup d'expérience dans le civil, la structure, l'électricité, la gestion de projets dans l'industrie minière et bien d'autres…

D'entrée de jeu, je trouve ridicule et absurde la polémique que la révélation des pyramides a suscité sur Internet auprès de pseudos experts et de tous les autres pensant posséder la vérité absolue sur tout sans rien savoir et pouvoir démontrer de manière concrète et vérifiable. Ce n'est pas étonnant qu'avec ce genre de mentalité le monde se tire dessus partout sur le globe au lieu de simplement écouter et respecter les idées et croyances de chacun. Bref, avant qu'un archéologue ou encore un historien ou quiconque vienne rejeter en bloc tout ce qui est mention dans ce document, sachez que ce ne sont ni les historiens, ni les archéologues qui ont construits les pyramides et autres monuments de hauts savoirs techniques il y a près de 5000 ans, mais bien du monde technique et c'est encore le cas des constructions modernes!

Pour rejeter une méthode il faut des arguments techniques! Sachez que l'histoire nous démontre qu'elle change, mais la science et les mathématiques sont intemporelles et universelles, puisque vérifiables et mesurables! La beauté aussi de la science est qu'il y a souvent plus d'une solution à un problème technique et mathématique. Là est le rôle des archéologues et historiens selon moi de donner les vraies utilités aux outils et artéfacts retrouvé. Une supposition acceptée de tous ne devrait jamais devenir un fait acquis! Mais si certaines personnes rejettent en bloc des faits vérifiables physiques et mathématiques, c'est

peut-être que justement le fait de remettre en question des choses prises pour acquises revient à rejeter le travail souvent subventionné d'archéologues et d'historien et que cela constitue donc une atteinte personnelle à leurs compétence et intelligence, peut-être!? Ces vertus sont justement de pouvoir se remettre en question et d'accepter la possibilité que les choses puissent être différentes vu d'un autre angle. Je ne prétends aucunement avoir la vérité absolue, loin de là, mais la remise en question et la base de la démarche scientifique pour tous les domaines.

Mais comment rejeter des méthodes simples plausibles pour lesquelles on ne possède pas une seule méthode valable? Dire « On ne sait pas comment » ou encore « On ne sait pas pourquoi » en 2016 avec tout notre connaissance c'est un peu ridicule je crois! Peut-être que l'égyptologie moderne ne laisse pas assez de place aux ingénieurs, architectes et autres scientifiques? Mais en fait, on n'a pas besoin que l'on nous la donne la place, on n'a de permission de personne à obtenir! :O)

Pour donner un exemple, nous sommes à une époque très technique et technologique pour qui même un technicien en dessin industriel n'a pas besoin de connaître la trigonométrie omniprésente pour effectuer des tâches et calculs complexes. Les logiciels s'en chargent pour eux. Pour se ramener à l'époque des pyramides, on doit se positionner à cette époque et à leur place avec des moyens élémentaires. La technique et le savoir-faire deviennent alors prioritaires avant d'entamer de telles constructions comme les pyramides ou des monuments de grandes tailles et de grandes complexités techniques.

Ce document ne constitue en rien une étude subventionnée de quelque manière que ce soit, j'ai effectué ces petites analyses et hypothèses de mon propre chef et sans avoir été en Égypte une seule fois et je ne m'en cache pas! Je n'appartiens à aucune organisation autre que celle de l'Ordre des ingénieurs du Québec pour laquelle je n'ai pas de choix d'être membre pour travailler au Québec. En fait je n'ai pas besoin de cela pour vivre d'aucune manière!

Mais comment est-il possible de réaliser la construction de telles œuvres titanesque sans erreurs apparentes? De première vue cela semble sortir d'un film de science-fiction. Mais avant de penser aux petits hommes vert ou gris à grosse tête, comment de simples humains avec des moyens rustiques ont-ils pu réaliser de tels exploits? Quels était donc leurs réelles connaissances en mathématique et en physique? C'est difficile à dire d'un point de vue historique et archéologique sans avoir analysé ces structures sous l'œil de techniciens, d'ingénieurs et d'architectes, c'est un peu ce que je désire amener.

Je me suis attardé entre autres, sur le comment il est possible de tailler avec précision des blocs de pierre de dizaines de tonnes avec la notion d'efficacité énergétique, de temps et de précision ainsi que de leur outillage possible. Car le fait que l'on ne retrouve pas des outils ne prouve pas que de tels outils n'aient pas existé. Car si on parle de bois et de cuivre, le bois pétrie et le cuivre se réutilise!

Certaines personnes peuvent dire qu'il suffit de tailler des pierres de tailles approximatives avec des surfaces grossières, les sortir du massif dont elles proviennent, de les transporter jusqu'au chantier et utiliser de simples ciseaux pour les faire imbriquer avec perfection avec une cadence ahurissante de plusieurs blocs à l'heure. Il est évident que pour moi cette théorie ne tient pas debout et que ces personnes n'ont aucune notion du travail et de l'énergie nécessaire pour effectuer ce genre de prouesse! Le savoir-faire est une chose, mais le temps et l'énergie nécessaire en est une autre.

Selon moi, il est évident que les blocs doivent le plus possible être taillés de manière efficiente de sorte à minimiser l'énergie et le temps nécessaire à les extraire et à les manipuler. Il faudrait alors être en mesure de tailler au minimum trois faces courbes sur trois plans d'un bloc afin d'espérer être en mesure d'éliminer les jeux mécaniques. De cette manière, il faudrait positionner, enlever, tailler et repositionner chacun de ces blocs des dizaines, voire des centaines de fois avant de penser arriver à un résultat le moindrement potable. L'approche conventionnelle est selon moi est trop aléatoire et énergivore pour penser construire des bâtiments comme les pyramide d'Égypte ou encore certains autres sites à travers le monde, surtout avec des blocs qui peuvent peser jusqu'à 400 tonnes. Pour moi, il y a toujours au moins une solution à chaque problème, donc j'ai décidé d'approfondir le sujet de manière un peu innocente, sans savoir où tout cela me mènera!

Une question perdure : Mais comment les humains ont pu réaliser cet exploit il y a plus de 4000 ans alors qu'ils ne disposaient pas de grue moderne, de scan 3D ou encore de machine outils (CNC)? Et comment réaliser la coupe et le transport de même que l'installation en chantier avec le moins d'énergie et de temps perdu? Ce mystère a défié de nombreux spécialistes pendant les siècles derniers avec des théories qui à mon goût ne tiennent pas tous la route pour différentes raisons techniques**.**

**Mon opinion est : <u>Comment on peut se considérer spécialiste alors que l'on ne sait pas le comment ni exactement le pourquoi?!</u>** En ce qui me concerne comme ingénieur, le Comment primera toujours sur le Pourquoi! Je laisse aux égyptologues, historiens et archéologues et à tous les autres spécialistes le choix de décider le pourquoi de ces constructions. Cela ne m'empêche pas pour autant de donner mon avis à ce sujet, … à prendre ou à laisser! Cependant, en ce qui concerne le Comment, les évidences scientifiques vérifiables sont des faits, et le resteront toujours comme les mathématiques. Ces dernières ne peuvent pas tout simplement être relayées au rayon des causes divines pour justifier d'autres acceptations généralement reconnues sans avoir de fondement vérifiables et scientifiques. Il faut accepter le bouleversement d'idées préconçues pour faire avancer l'histoire et la science.

En ce sens, tout le monde est plus ou moins spécialiste et l'opinion de chacun est aussi valable puisqu'ils sont spécialistes! Seule la science permettra d'aider à mettre de l'ordre dans toutes ces idées controverses!

Parfois, la solution est peut-être plus simple qu'il peut y paraître, mais peu importe la méthode utilisée pour la taille des pierres entre autres, il en demeure que l'érection de tels monuments demande un savoir-faire incroyable en plus d'une organisation et une planification de chantier et de transport hors du commun qui même de nos jours relève de l'exploit!

Pour ce qui est de moi, je suis technologue en maintenance industrielle et ingénieur en mécanique, directeur d'un bureau de génie-conseil sur la Côte-Nord (Québec) où j'œuvre principalement en ingénierie mécanique, civil, structure, électrique, R&D, conception et fabrication de machines et d'équipements, gestion de projet et bien d'autres. J'ai une solide expérience dans le domaine minier et des équipements lourds. J'ai un site web pour des projets personnels dans le domaine énergétique aussi pour ceux que cela intéresse : www.stationhybride.com Bref, l'égyptologie est loin de mon domaine et de ma demeure, mais cela n'empêche pas que je trouve le sujet captivant comme les énigmes relatives à l'ingénierie!

**Le but de cet exercice pour moi est d'offrir aux passionnés et aux chercheurs, sans la moindre prétention de vérité absolue, des pistes de solutions crédibles et vérifiables, un œil nouveau sur le sujet.** Mais dans les mathématiques et la physique, la modestie n'existe pas, car c'est simplement vrai ou faux, on réussit ou pas! Selon moi, qui conque désire s'approprier le mérite de la découverte du savoir-faire, des coutumes et croyances des anciennes civilisations, dans tous les cas, ne peut être le premier puisqu'il n'est qu'un observateur du passé. On ne peut s'approprier le mérite de ce qui est déjà fait par les autres même il y a plus de 4000 ans! L'observateur n'a alors que deux choix : soit garder le savoir pour lui, ce qui ne sert à rien, soit l'offrir humblement à l'Humanité avec la conscience que peut-être ce n'est pas la bonne réponse et l'accepter ainsi. Encore faut-il que l'Humanité soit ouverte à de nouvelles idées! Peut-être un jour!?

Ce document, y compris les démarches qui en découlent, n'est aucunement un sujet de thèse de recherche pour moi et je n'en ai jamais retiré aucun bénéfice monétaire autre que la satisfaction personnelle de trouver réponses plausibles à des problèmes ou énigmes d'ingénierie. J'aurai pu garder tout cela pour moi, mais j'ai fait le choix de partager mes idées. Peut-être que certaines personnes ont eu les mêmes idées ou des approches similaires, si c'est le cas, tant mieux car je ne serai pas le seul y avoir pensé, mais sachez que les démarches qui suivent ne découlent aucunement d'études analysée

et décortiquées à partir d'Internet ou encore de chaires de recherches…! Je n'ai pas du tout cherché à savoir avant si d'autres personnes ont fait des études ou des thèses sur les différents sujets sur lesquels j'aborde dans ce document. Donc, si quelqu'un trouve des idées ou des projets qui se rapproches de mes idées, je suis ouvert aux commentaires et à élaborer des idées dans le but de faire avancer la science et l'histoire si ces personnes ont le même intérêt que moi.

Si le découvreur de Pi avait gardé sa découverte pour lui seul, il est certain qu'un de ces jours quelqu'un d'autre aurait trouvé la même chose et peut-être avec plus de précision et avec une approche différente!? La connaissance est faite pour être partagée!

Selon moi, reléguer l'incompréhension technique sous une raison religieuse et affirmer avec conviction que c'est la réalité alors que c'est peut-être tout autre est plus près du créationnisme que de la science.

L'histoire, contrairement à la science, est un aspect qui est contestable surtout lorsque l'on parle de l'époque de la construction des Grandes pyramides d'Égypte. La preuve est que sur la majorité des sujets, bien des spécialistes s'obstinent! :O) Je n'ai jamais entendu perler de mathématicien qui s'obstinent sur une réponse vraie, juste et vérifiable. À son tour, je crois que la science permettra avec ce présent document, de mettre à mal ou d'aider une partie de l'histoire égyptienne comme d'autres civilisations telle que l'on nous la présente depuis des années. Peut-être cela va aider à faire la lumière sur différents sujets et donner des arguments aux défenseurs de la science et donc de ce que j'avance.

**Je suis ouvert aux commentaires critiques et constructifs, mais avec des arguments vérifiables et structurés pour défendre vos points de vu dans un atmosphère amical et respectueux! C'est encore une fois le fondement de la science de remettre en question les Faits et surtout les Croyances!**

L'ensemble de ce document résume dans son intégrité environ 180 heures de travail à temps perdu pour l'écriture de ce texte, pour trouver des approches techniques et réponses aux différents sujets abordés, pour la réalisation de croquis, les modélisation et simulations par ordinateurs et autres. Certains peuvent ne pas y croire, mais c'est la vérité! Donc si des personnes désirent pousser le sujet et expérimenter la méthode décrite ci bas, il a entièrement mon accord mais j'aimerai simplement, question de curiosité d'être avisé et référencé. Je pourrai même participer ou vous aider dans la mesure du possible même à l'autre bout du monde! bobby.boucher@gctda.com

La démarche qui suit concernant la découpe de pierre par impact à partir d'un massif découle d'une première ébauche présentée à la fin de l'année 2015 à M. Patrice

Pooyard, le réalisateur du film «Les secrets de pyramides». Ce dernier m'a proposé de faire une démonstration plus élaboré de la méthode de découpe de pierres. Honnêtement, je ne pensais pas aller aussi loin, mais l'analyse du sujet amène sans cesse d'autres questions qui demandent à leur tour d'autres analyses, c'est captivant! Cette méthode ne se veut pas la solution réelle utilisée à toutes les hypothèses, mais une approche de méthodes simples qui ont possiblement été utilisée qui permettent d'expliquer en bonne partie voire précisément nombre de choses au niveau de l'égyptologie.

Partons du principe que les ouvriers n'avaient que des outils modestes pour la coupe de la pierre, des maillets, des ciseaux de cuivre, du bois, des coudées, de la corde, des niveaux à balancier, des leviers et peut-être d'autres alliages de matériaux, mais n'allons pas plus loin! Cela n'exclue en rien la possibilité d'outils plus évolués! Lors de cette étude je me suis tout le temps imaginé à cette époque, comme si j'étais égyptien. Comment ferais-je pour me développer des **méthodes simples et efficaces rustiques dans le but d'accroître la productivité et la précision tout en diminuant la consommation énergétique nécessaire.** On peut imaginer qu'après quelques blocs taillés on ne pense pas nécessairement à l'efficacité du processus, mais pour des millions, cela n'est même pas une question, mais une évidence indéniable! Gardez toujours en tête ces points Je vais y revenir tout au long de ce document et vous allez en saisir l'importance!

On entend souvent : pourquoi faire simple alors que l'on peut faire compliquer? Et si c'était le but final qui était compliqué à faire et que la complexité de l'exécution a sa raison d'être, voire une nécessité!? Et si tout cela était un message laissé aux générations futures, il faudrait que ce message soit décodable peu importe le langage utilisé, cela s'appelle les mathématiques! Pourquoi donc laisser un coffre vide dans la salle supérieure. Selon moi s'il avait été plein, le regard aurait simplement été sur ce qui était dans ce coffre, délégué à la plus haute importance. Je crois que cela est brillant au contraire, car cela invite à se questionner et à savoir à quoi cela rime exactement. La chambre et la construction en général montrent un très haut niveau de savoir-faire inégalé aujourd'hui. Personnellement, je vois cela comme une invitation à découvrir l'énigme. Pour ce faire, on doit se baser uniquement sur des faits et la science.

Tout le monde s'entend pour dire que les pierres proviennent d'une carrière quelque part plus ou moins près du site de construction et que le Nil a été utilisé pour le transport d'un pourcentage des pierres au chantier mais pas toutes. Bon nombre des pierres viennent d'à proximité des pyramides. Mais d'une manière ou d'une autre pour avoir des blocs au chantier il fallait tout de même les tailler et les transporter. Mais

pourquoi transporter un pourcentage de bloc de pierres qui devront être ensuite retaillés en chantier? C'est de la perte énergétique pure et simple! Pour quelques blocs, je ne dis pas, mais pour des millions de blocs, cela ne tient pas la route! Une de mes questions est : Mais pourquoi ne pas tailler les pierres parfaitement du premier coup et comment est-il possible de se passer de grue pour bouger les blocs et les mettre sur un traineau tout en dépensant le moins d'énergie que possible?

En se basant sur l'équation simple que le Travail effectué = à la force déployée X la distance parcourue, on en déduit que moins on lève inutilement des pierres et plus le chemin est court, moins d'énergie est dépensée et plus court est la durée du chantier.

Je crois aussi qu'il y  a au moins deux raisons à la taille de blocs précis, la première est pour une question d'esthétique dans les corridors, les chambres sacrées et aussi pour la surface extérieur (enveloppe), mais aussi pour une question d'intégrité du bâtiment. Je vais attaquer ces deux aspects plus loin dans ce document.

Vue la taille et la masse des pierres superposées, les pierres situées dans la partie inférieure de la pyramide subissent des charges et les stress parmi les plus importants. La pierre étant de nature cassante, les surfaces de contacts entre celles-ci se doivent obligatoirement d'être les mieux ajustées que possible de sorte à répartir les force sur les surfaces les plus grandes que possibles. En se basant également sur l'équation simple qui dit que la  Contrainte = force/surface. Donc pour une même force appliquée, plus la surface de contact est grande, plus faible est la contrainte dans la pierre.  Cela prendra également tout son sens dans une section plus loin.

Image1 : http://egypte.nikopol.free.fr/Boston/Resources/senouka.jpeg

Image2 : http://larevelationdespyramides-leforum.com/images/art/OLLANTAYTAMBO-01.jpg

Image3 :

https://www.google.ca/search?q=mur+des+chambre+pyramides&biw=1920&bih=995&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMIm-ni5vmOyQIVRqUeCh3_ugim#tbm=isch&q=mur+des+chambre+pyramides+guys&imgrc=4gtutjQ-PimHqM%3A

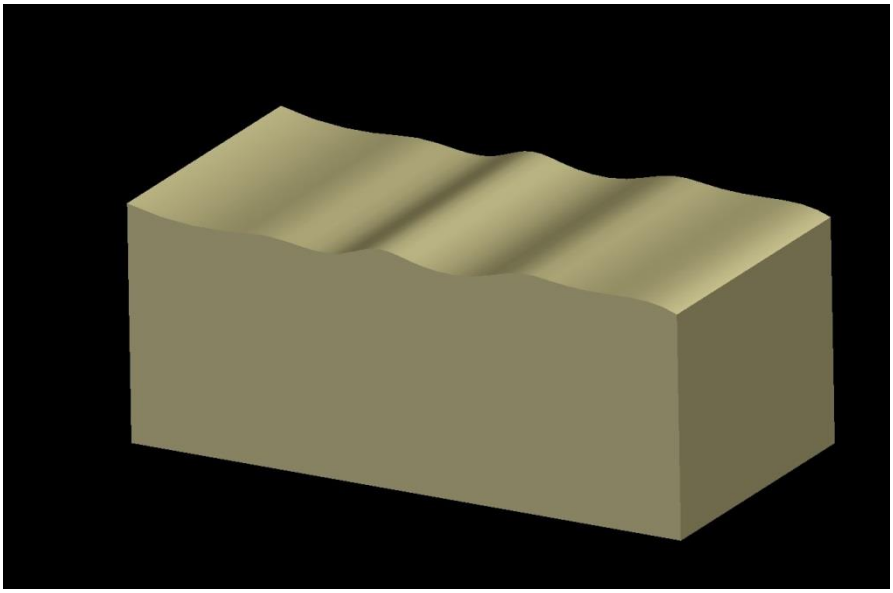
Image4 : http://www.passion-egyptienne.fr/pyramides%20construction.htm

Les images précédentes montrent différents sites avec des particularités en communes, des pierres de dimensions impressionnantes avec une précision de coupe impressionnante.

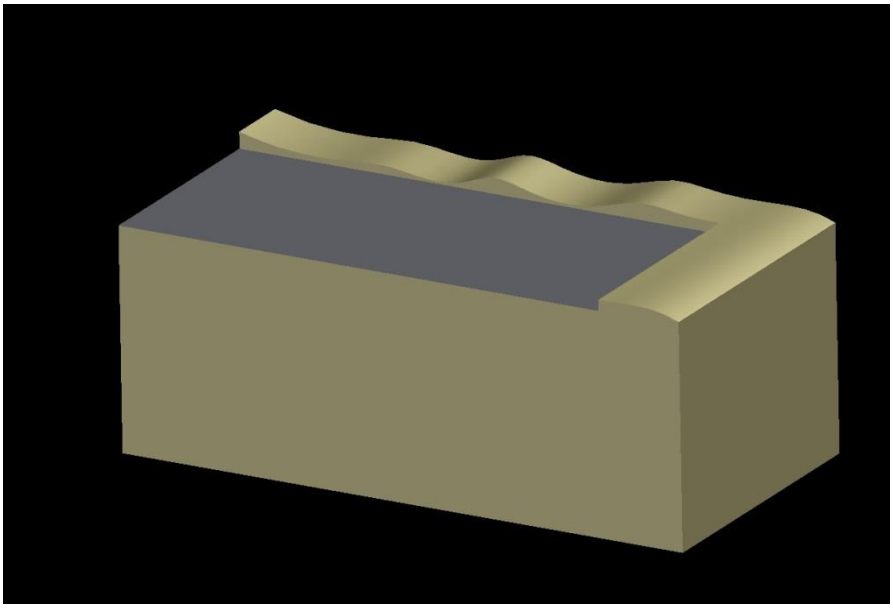
L'image 4 montre un tracé particulièrement intéressant que j'ai en fait découvert sur Internet après avoir établi la théorie qui suit sur la découpe des pierres et non avant. On remarque à droite une zone dégagée et à gauche une tranchée de peut-être plus de 800 mètre de long qui témoigne de la coupe de pierres mais sans rien de plus apparemment

## Méthode de découpe de pierre par percussion à partir d'un massif et d'un plan de découpe:

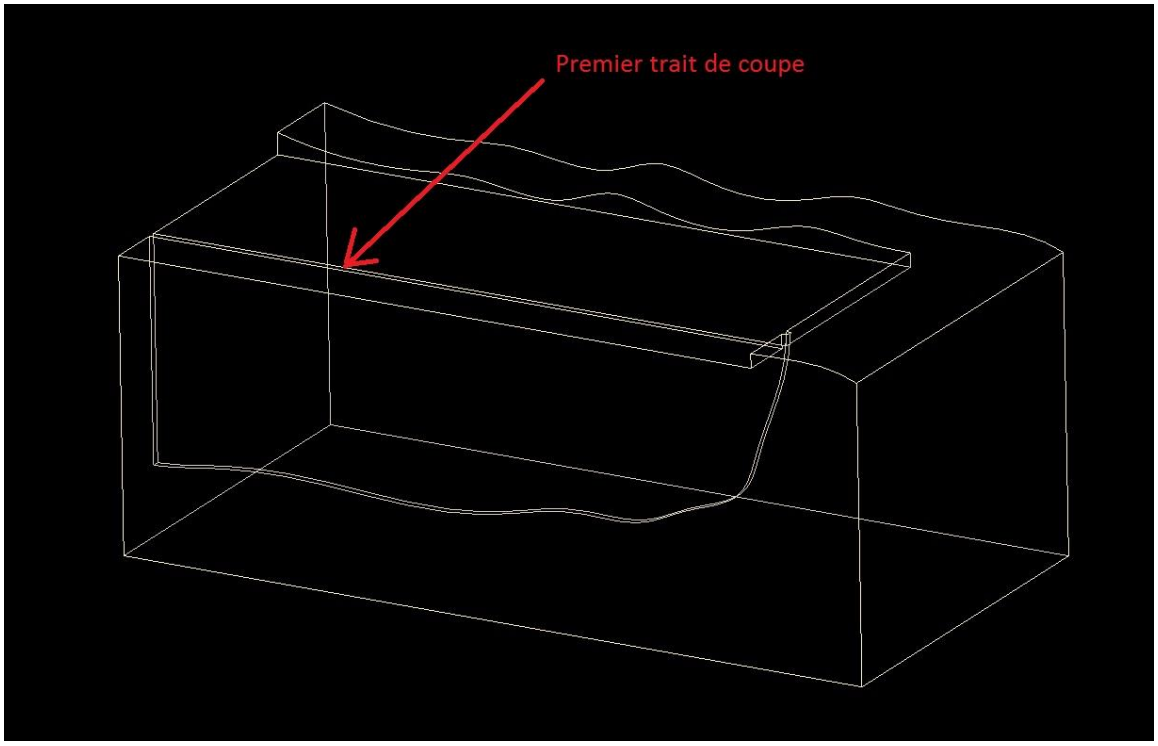
La première étape constitue de trouver un site le plus près possible du chantier pour tailler des blocs et d'avoir le terrain le plus plat que possible pour partir du point de la carrière au chantier. Ici je parle seulement de la coupe de pierres. La préparation des fondations du site se fera un plus loin.



Ma théorie consiste à commencer par tailler le dessus du massif de sorte à obtenir une surface plane que l'on peut mesurer avec de l'eau versée sur la surface ou encore avec un niveau à pendule ou bien un comparateur optique à points de visé qui peut être calibré avec le niveau de l'eau.



On débute par la taille d'un sillon qui peut être de quelques mm à une distance suffisante pour laisser passer  un homme.




Ce trait peut être creusé au fur et à mesure que l'on taille les blocs ou tel que représenté, là n'est pas l'importance. La hauteur se fait idéalement de sorte à tailler à hauteur d'Homme afin d'être plus productif selon les outils utilisés.

Ensuite on peut tracer des lignes avec des cordes et des craies ou de la peinture de sorte à faire un patron de découpe. Mais pour ce faire, on doit prendre en considération que l'on taille avec des outils de coupe «primitifs». Bien qu'il soit possible d'utiliser des lames et de la silice (sable) pour couper sans bavure, prenons dans ce cas-ci l'utilisation de maillets et de ciseaux en cuivre et ses dérivés, nous y reviendrons sur la découpe par abrasion. Cette solution de plans cartésiens est la solution la plus simple mais n'explique pas comment les anciens ont pu découper des pierres de tailles et de masses impressionnantes et de formes différentes avec autant de précision, là est la question!

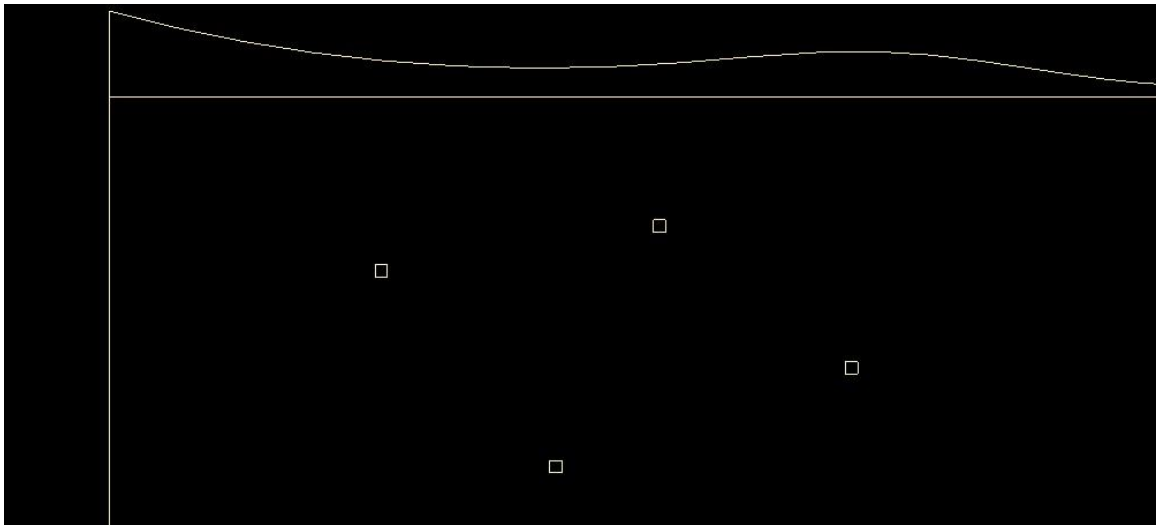
Comment découper des pierres avec une précision aussi grande, voir plus grande que celle des outils de marquage? En apparence, c'est impossible, mais il y a un moyen! Cela demande du temps et du savoir-faire.

Prenons une configuration de coupes complexes, question de mettre à l'épreuve ma théorie en la simulant par ordinateur car je n'ai ni les blocs, ni la patience de faire cela! :O)

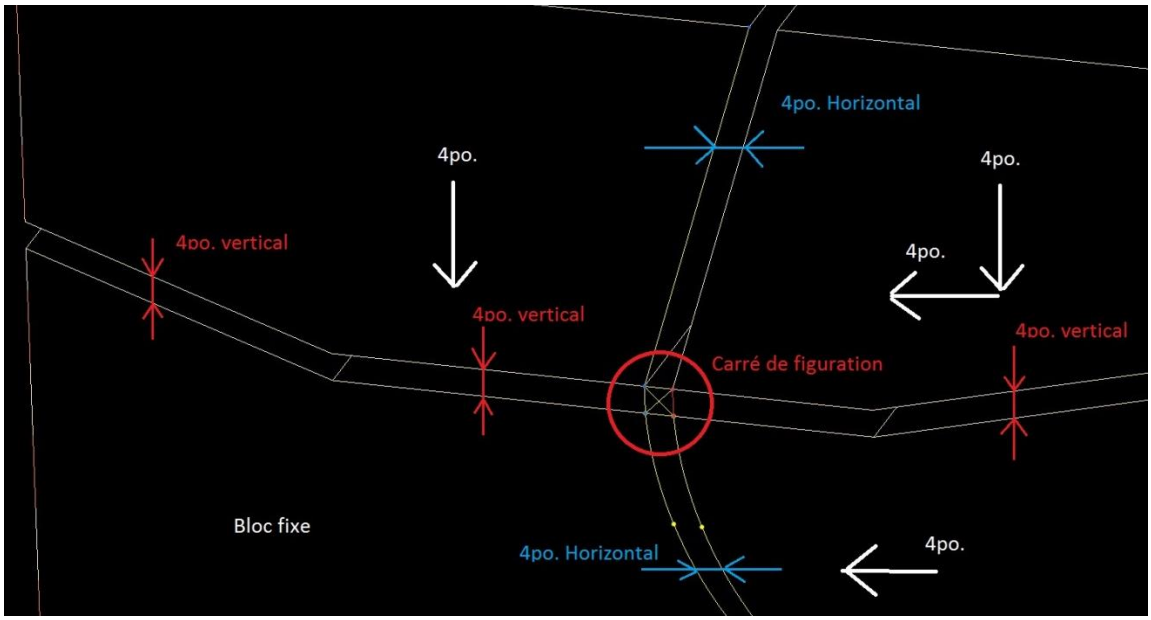
En sachant le patron et le profil à donner aux pierres, je prends en considération un trait de coupe de 4po de largeur de même que pour la hauteur. Cette hauteur peut être plus mince ou plus large, la logique demeure la même.

Séparons le mur de pierre en 3 axes, X, Y et Z. Les axes X et Y sont face à nous et le Z représente la profondeur.

Je positionne alors des carrés aux intersections des pierres de largeur de 4po. et de hauteur de 4po selon le patron de découpe qu'il soit en miroir ou pas pour une structure ou un corridor par exemple!

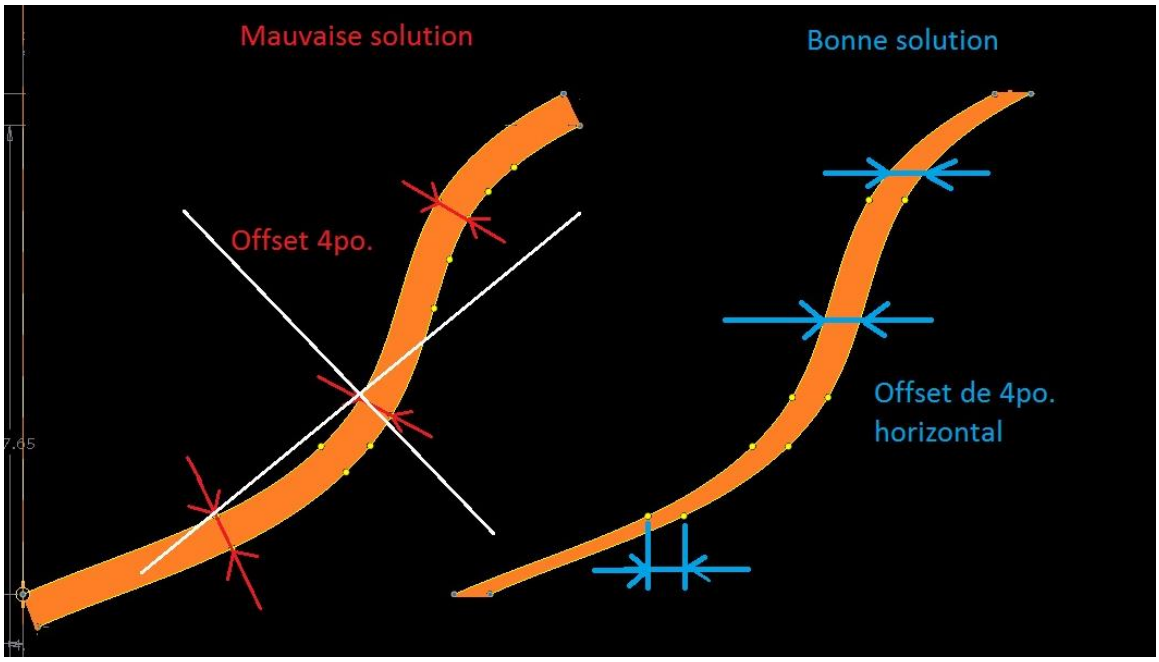


Dans l'image ci-après on voit le mouvements relatifs que doivent avoir les blocs en fonctions du bloc fixe de référence pour la taille de la pierre. Ce bloc fixe peut être positionné à différents endroit au choix.



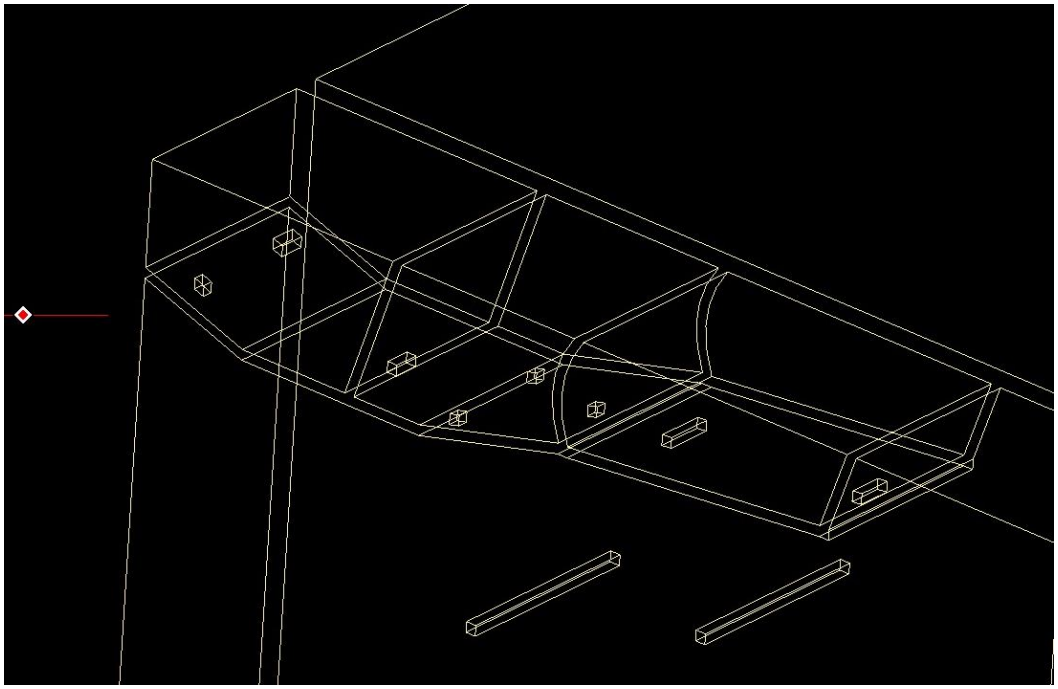

Ce qui est très important à cette étape est de savoir que les blocs entourant chacun des carrés de figuration cartésienne sont fixes dans l'espace et que c'est le seul et unique moment avant l'assemblage final où il est possible de figurer l'assemblage de quatre blocs de pierre. On prend en considération le rang arrière, on peut figurer huit blocs touchés par les mêmes carrés de référence. Mais analysons le problème en 2D pour simplifier la chose car la même technique s'applique en 3D aussi, il suffit de suivre les mêmes axes et selon le même offset choisit.

Il y a une différence à faire lorsque je parle d'un offset choisit de 4po. (peut être différent) selon la direction des axes. C'est réellement de transposer la courbe de 4po. dans le sens du déplacement (X, Y et Z) et non de faire un offset perpendiculaire (normale) aux surfaces car il sera impossible alors d'imbriquer parfaitement les pièces ensemble par la suite. (voir image uivante)



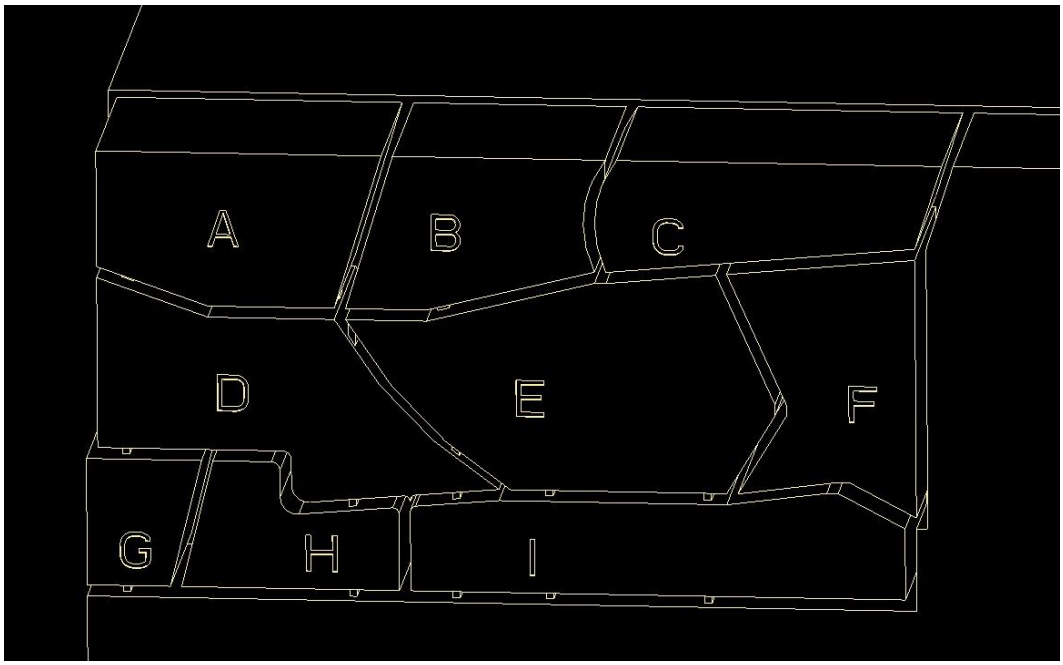

Afin de minimiser le nombre de manipulations inutiles en chantier autres que celles de positionner les blocs à leur place, voire même les éliminer, les blocs se doivent le plus possible d'être taillés parfaitement en chantier, mais comment? Prenons en considération un bloc fixe comme référence initiale, comme le point zéro en X et en Y d'un graphique. Chacun des blocs doivent donc prendre en considération le nombre de tailles de 4po. qui sont nécessaires sur le plan X et Y. Le carré de référence changera alors de géométrie pour par exemple avoir 8po. horizontal et 4po. vertical. Nous verrons un exemple plus loin.

Donc pour bien tailler toutes les surfaces nécessaires, on doit maintenir en place les blocs sans bouger ces derniers. Pour ce faire, on doit laisser des appuis de matière entre les surfaces verticales principalement de sorte à enlever le maximum de matière tout en conservant les blocs à leur place d'origine.



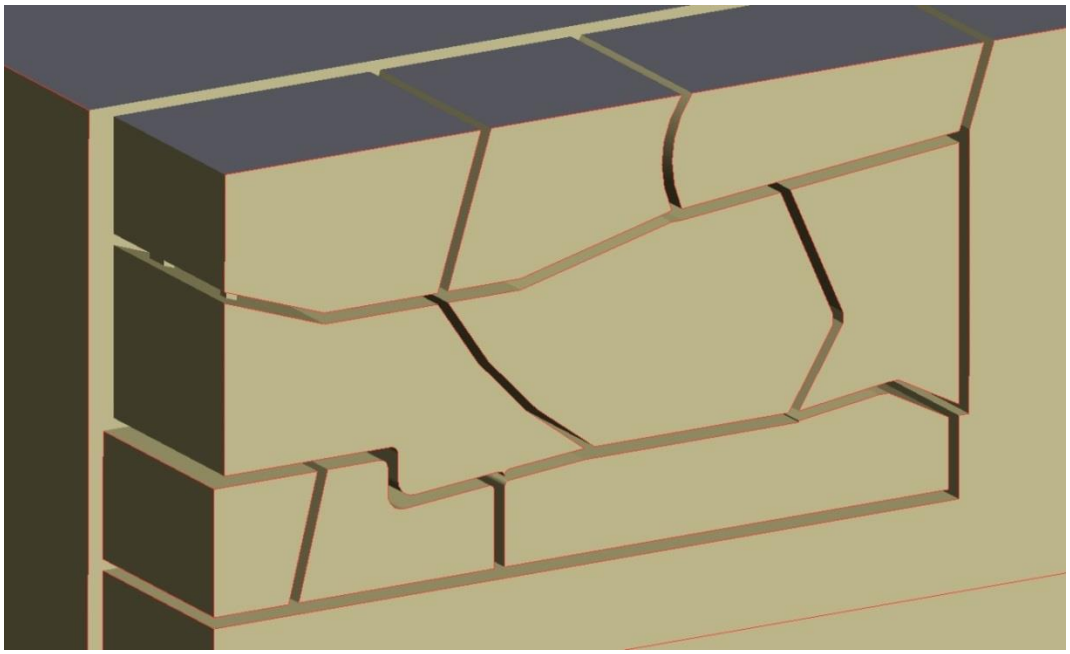
Ces appuis seront coupés lors de l'extraction des blocs et éliminés des surfaces finales avant leur mise en place au chantier.

Une numérotation ou identification quelconque est alors nécessaires. Je laisse le soin à quiconque d'imaginer la méthode, mais ces pierres doivent se retrouver en chantier dans le bon ordre. Cela demande une logistique, mais d'un point de vue efficacité énergétique, avec une bonne méthode, cela demeure la méthode la moins énergivore que je connaisse. Je ne dis pas que 100% des blocs sont taillés de la sorte, mais cela permet simplement d'être plus efficace et perdre moins de temps en chantier. Cette méthode est surtout efficace lors de coupe de pierres pour un corridor ou encore un mur extérieur apparent. Cela n'exclue en rien l'utilisation d'un type de béton pour boucher les orifices entre nombre de blocs non prévus pour être assemblés ensemble. Il y a une logistique certainement, mais une fois établie, c'est de loin plus efficace que de positionner et tailler sur le chantier les pierres pour les ajuster toutes. Si cette méthode représente 60% des pierres taillées par exemple, cela est déjà beaucoup!

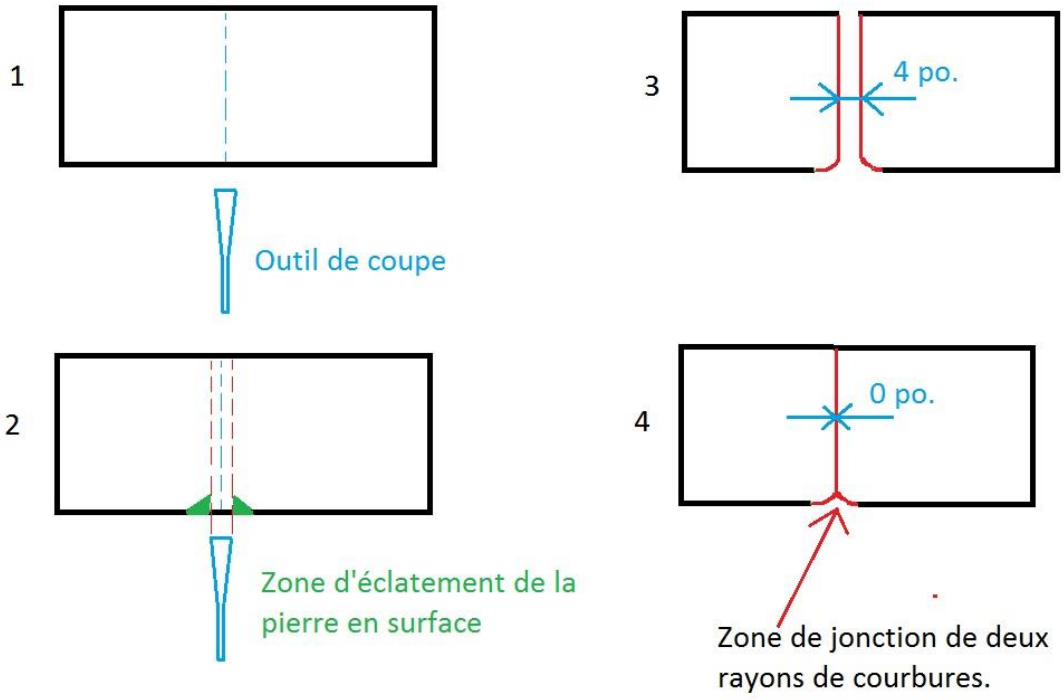



Dans ce cas-ci,  j'ai figuré le bloc G comme étant la référence, donc le bloc fixe. Le choix peut être arbitraire selon la situation, cela revient à calculer à partir du bloc de référence tout le temps, c'est bien important! Le bloc de référence peut être techniquement n'importe lequel, on a simplement alors des déplacements positifs et d'autres négatifs.

En regardant l'image précédente, on comprend intuitivement que le bloc A va s'assoir à la verticale sur le bloc D, de même que le bloc B et C vont s'appuyer sur les blocs E et F qui eux aussi vont se coller ensemble et ainsi de suite. Mais cela semble simple d'un premier coup d'œil. Ce que j'ai appris avec mes années en ingénierie c'est que de prendre une tâche compliquée et la rendre simple est difficile! Une fois résolue, elle semblera toujours facile et évidente à faire et à répéter. Il en est de même pour la méthode de découpe de pierres. Vous ne verrez plus ces exploits d'architecture de la même manière suite à cet article même si cela demeure aujourd'hui une prouesse incroyable jamais égalé depuis des milliers d'années!

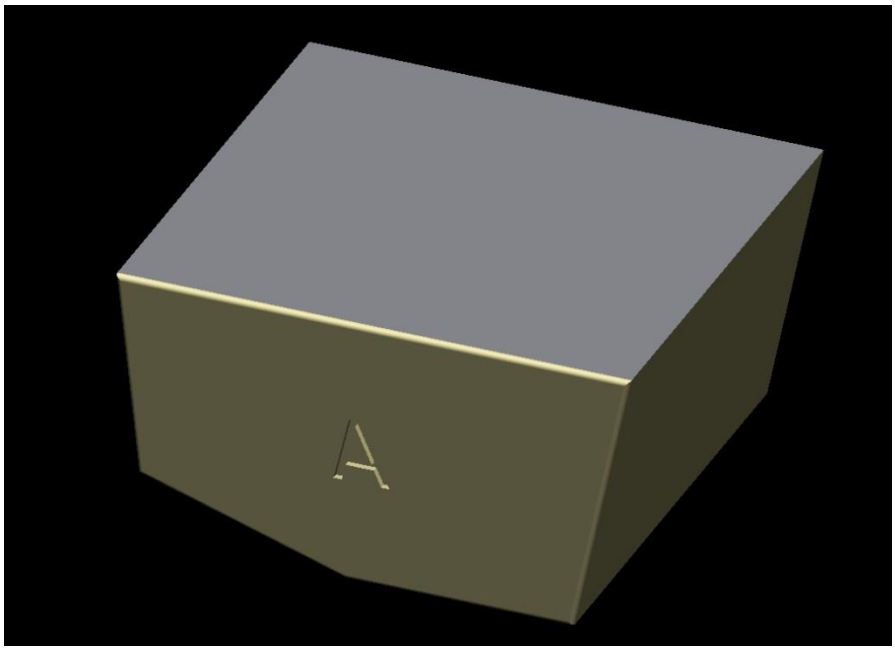


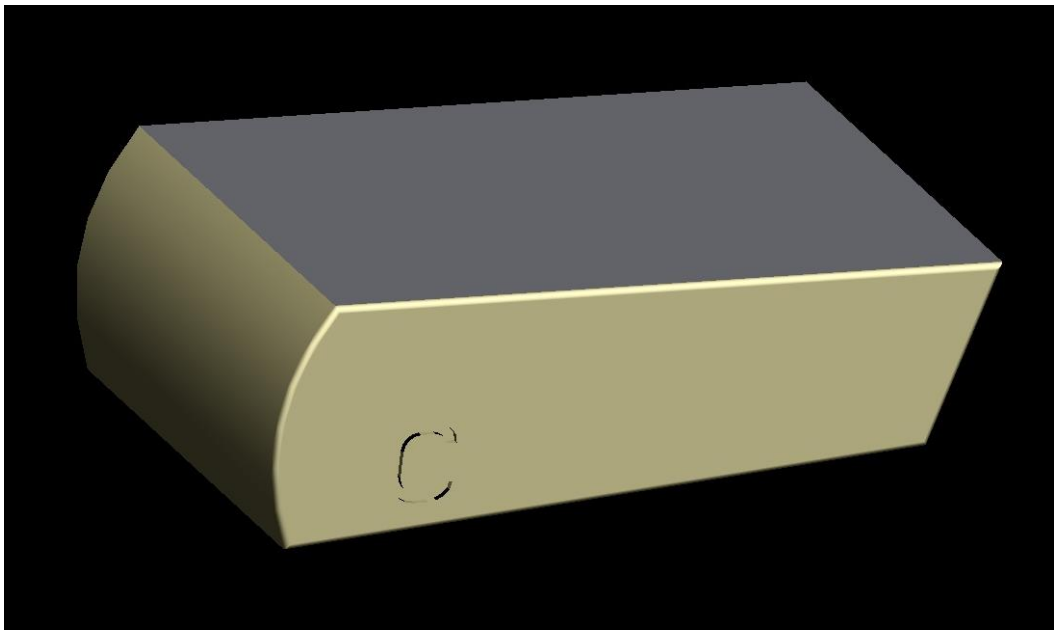
## Méthode de découpe par percussion :

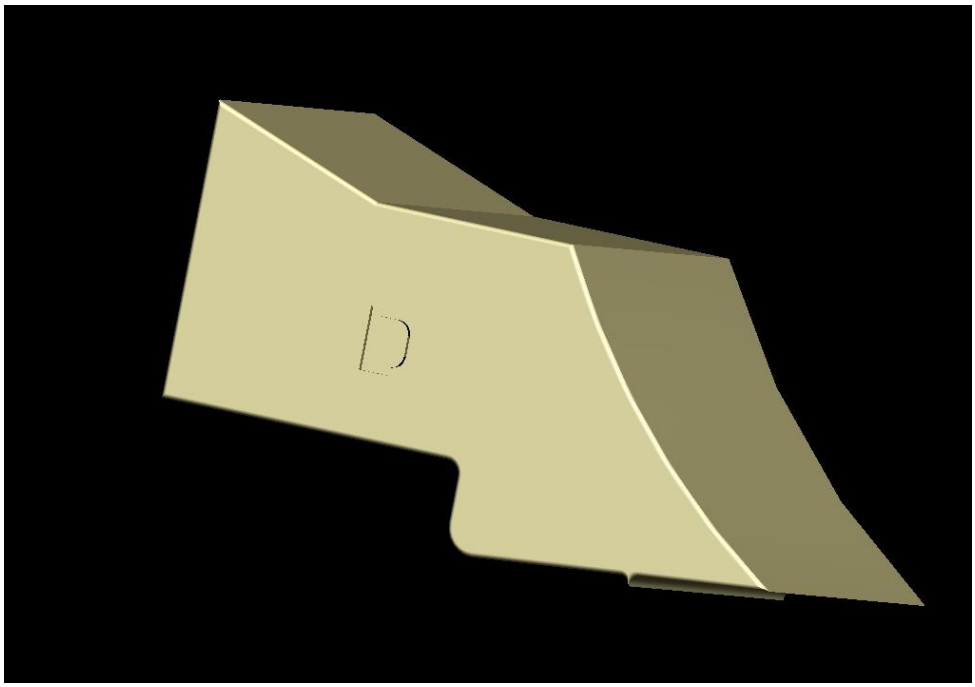


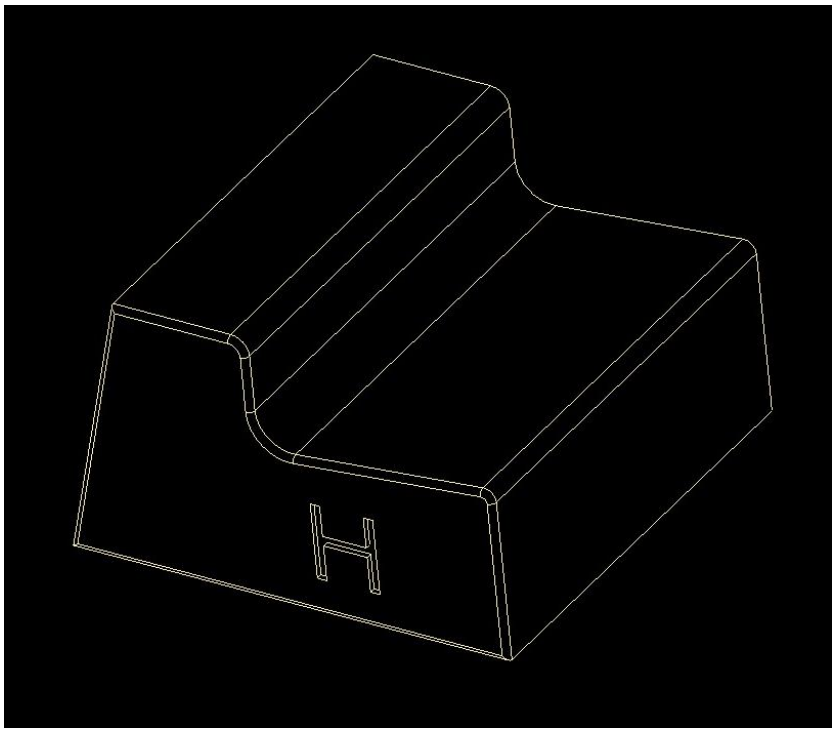

L'outil de coupe par percussion comme un ciseau a pour effet de faire éclater la pierre en surface plus large que l'outil de coupe. Ce phénomène a pour effet de créer des éclatements qui peuvent être arrondi et adoucis par la suite de chaque côté du trait de coupe avant qu'ils soient assemblés.

J’ai alors isolé chacune des pièces 3D issues du logiciel d’ingénierie et je leur ai ajouté un rayon de courbure afin de simuler les zones d’éclatement de la pierre en surface, même si ce n’est pas exactement un rayon. Le principe est là tout de même!

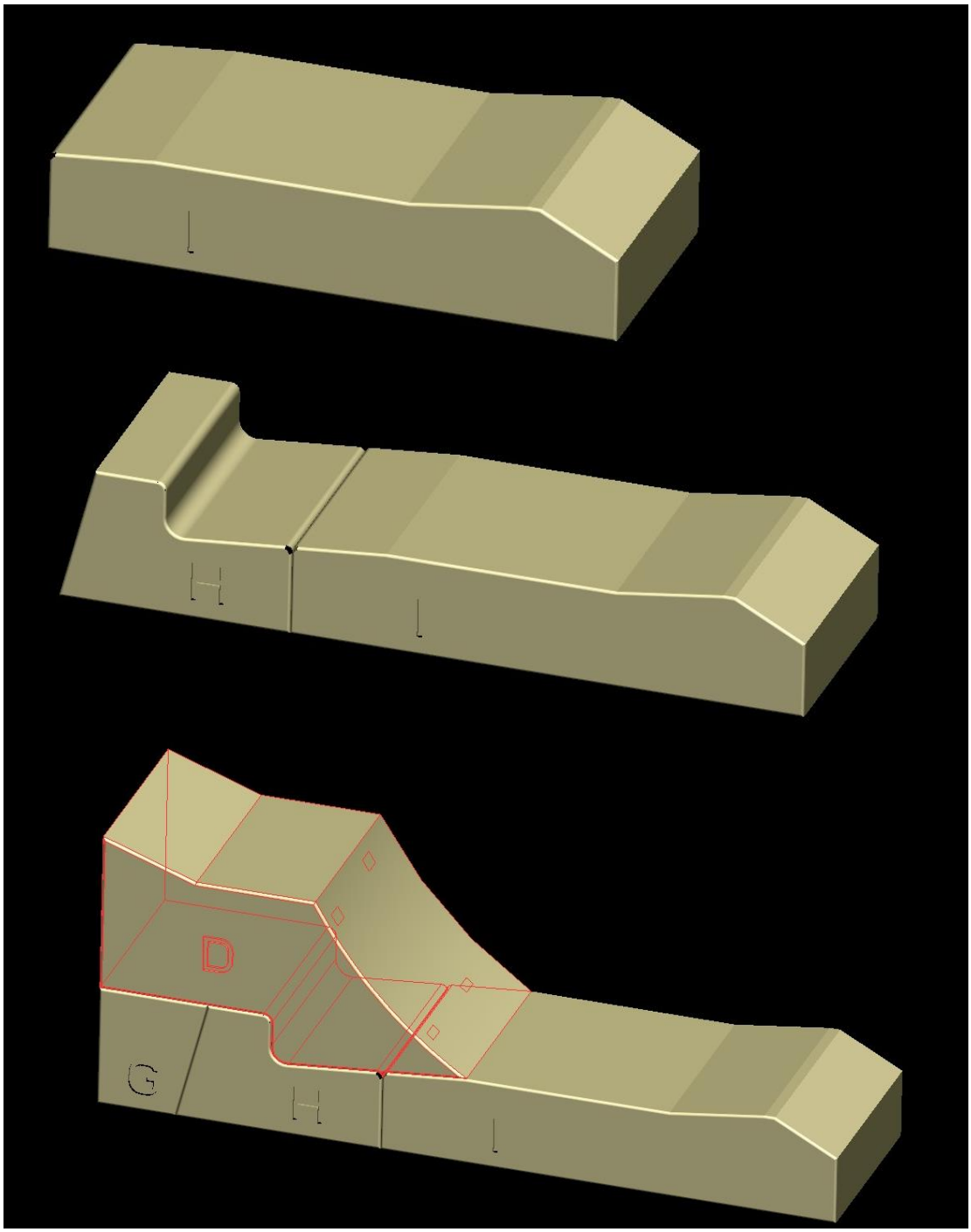


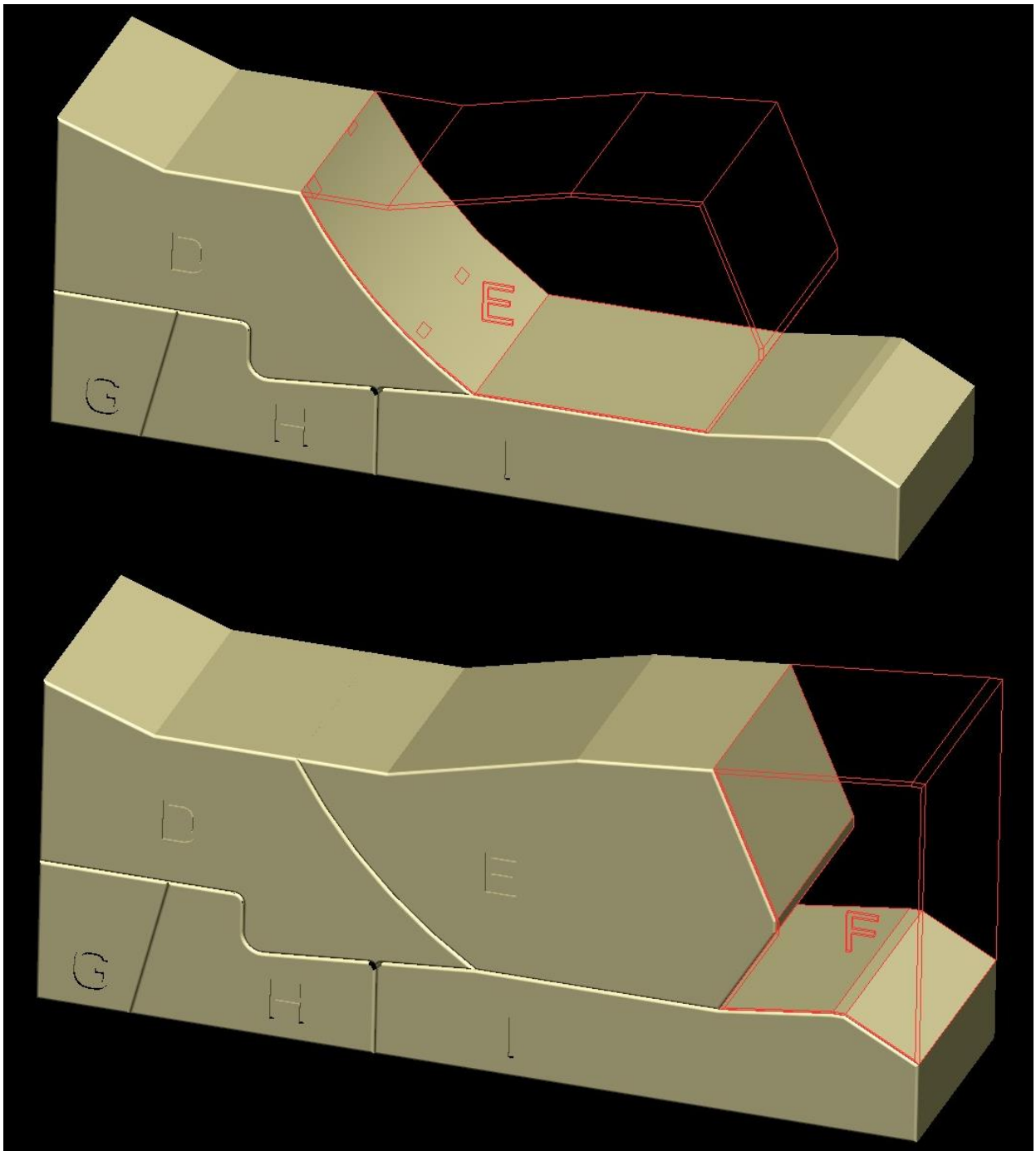



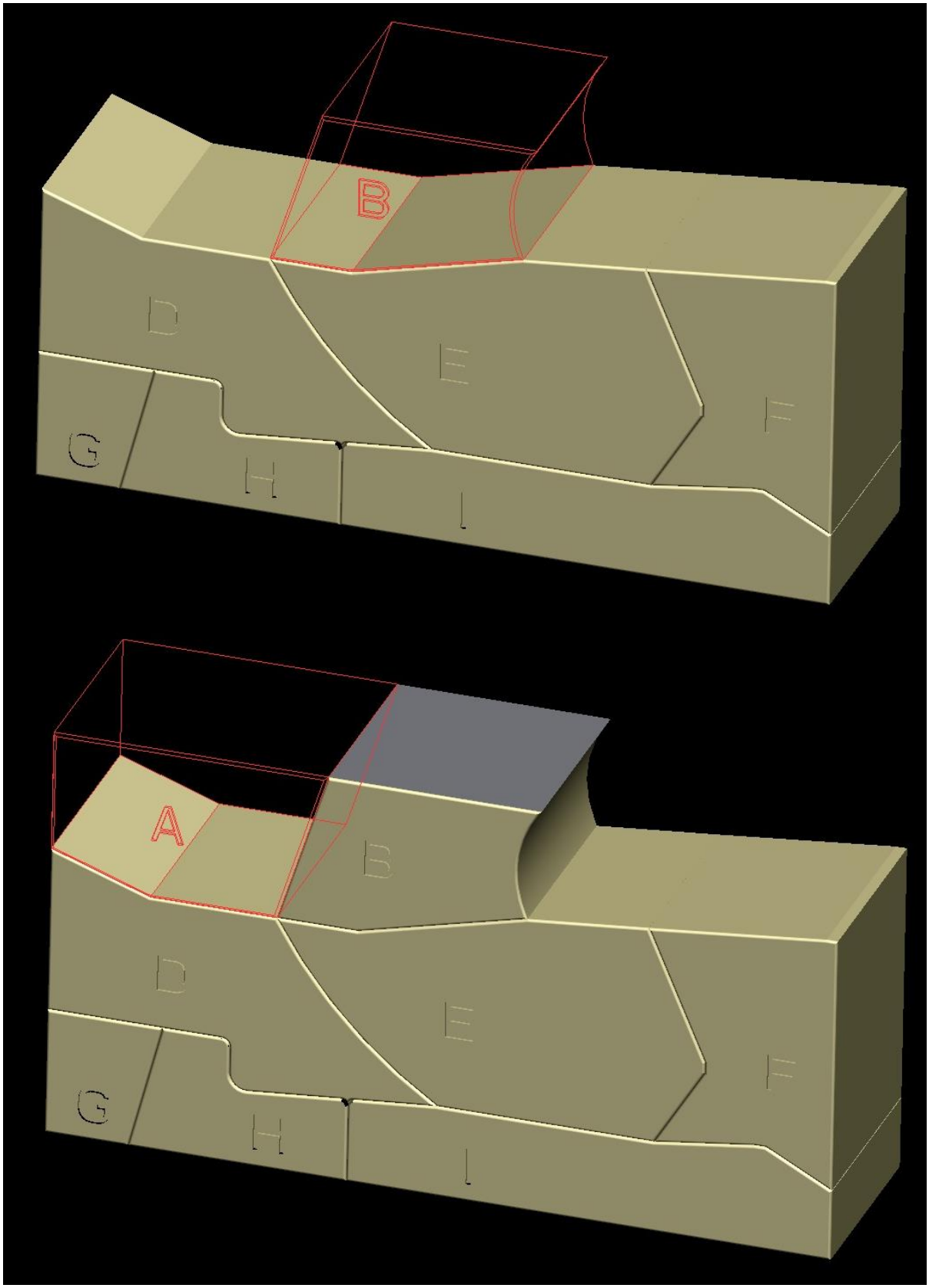


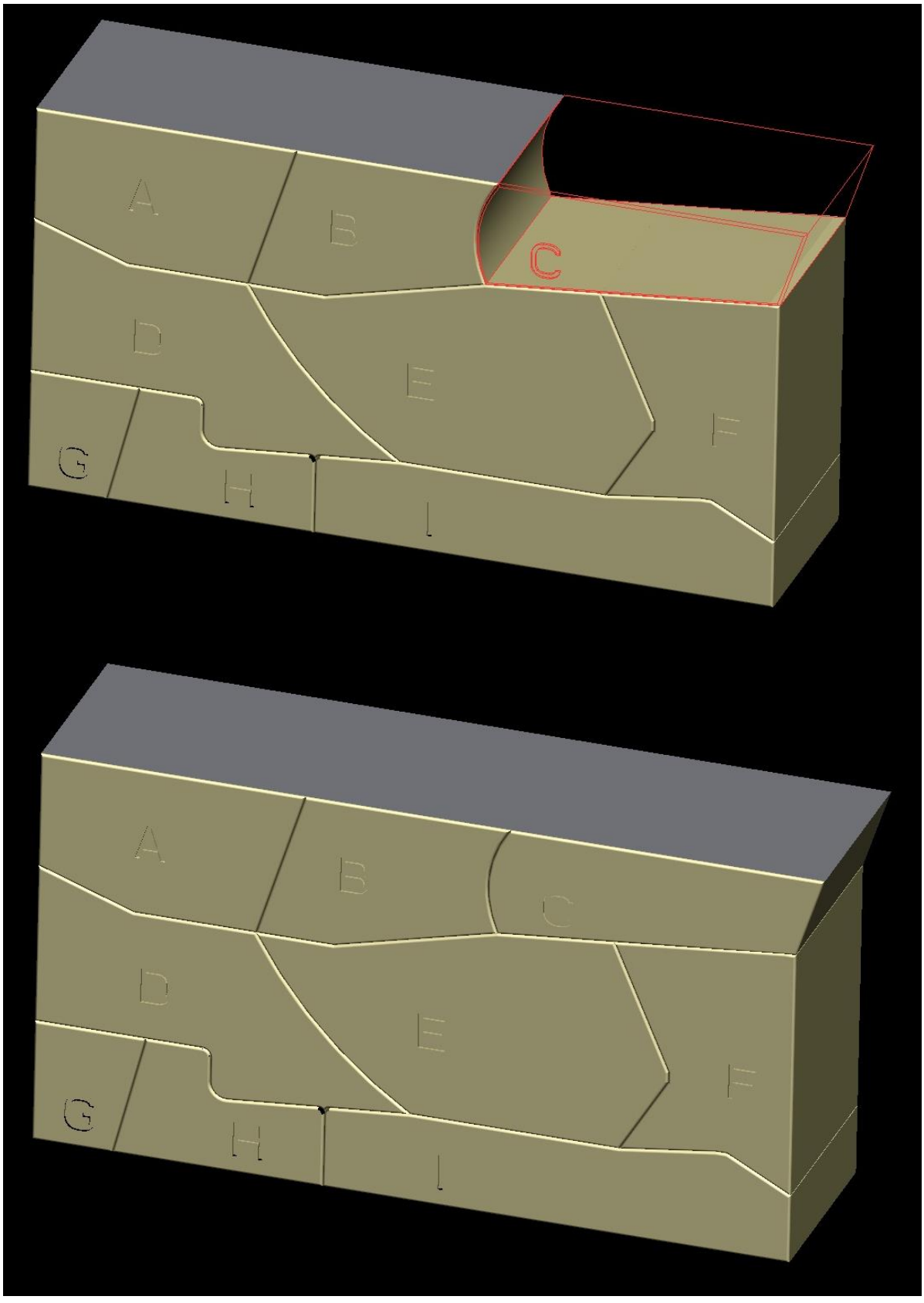



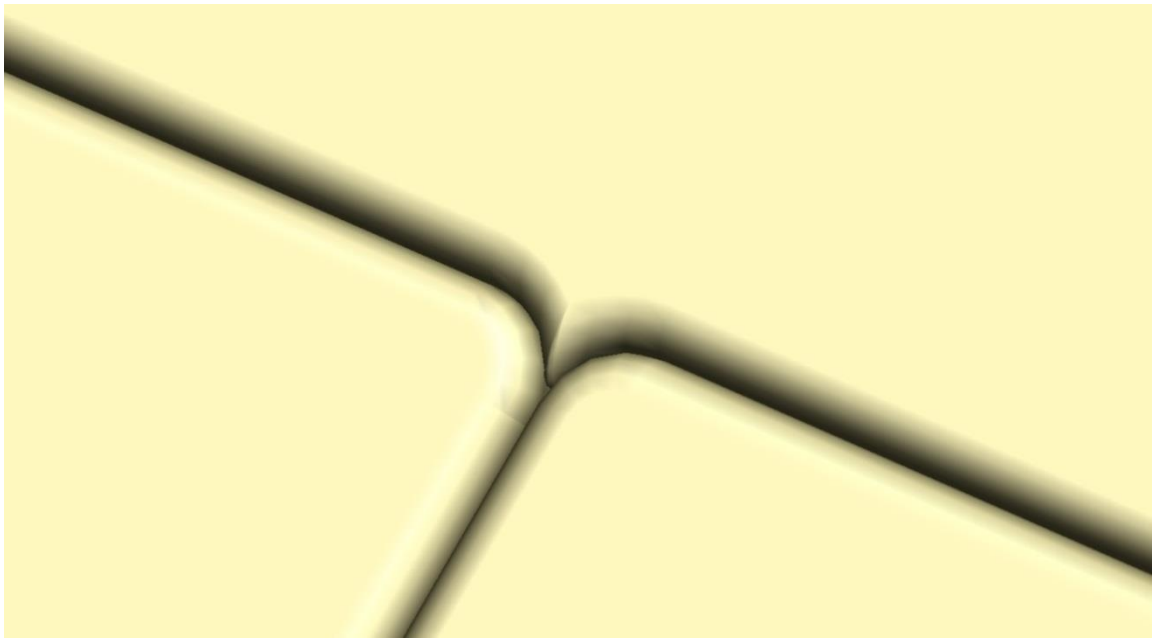

Donc, à partir de ces blocs, si on fait l'assemblage à partir du bas cela donne ceci :


I
H
I
D
G
H
I

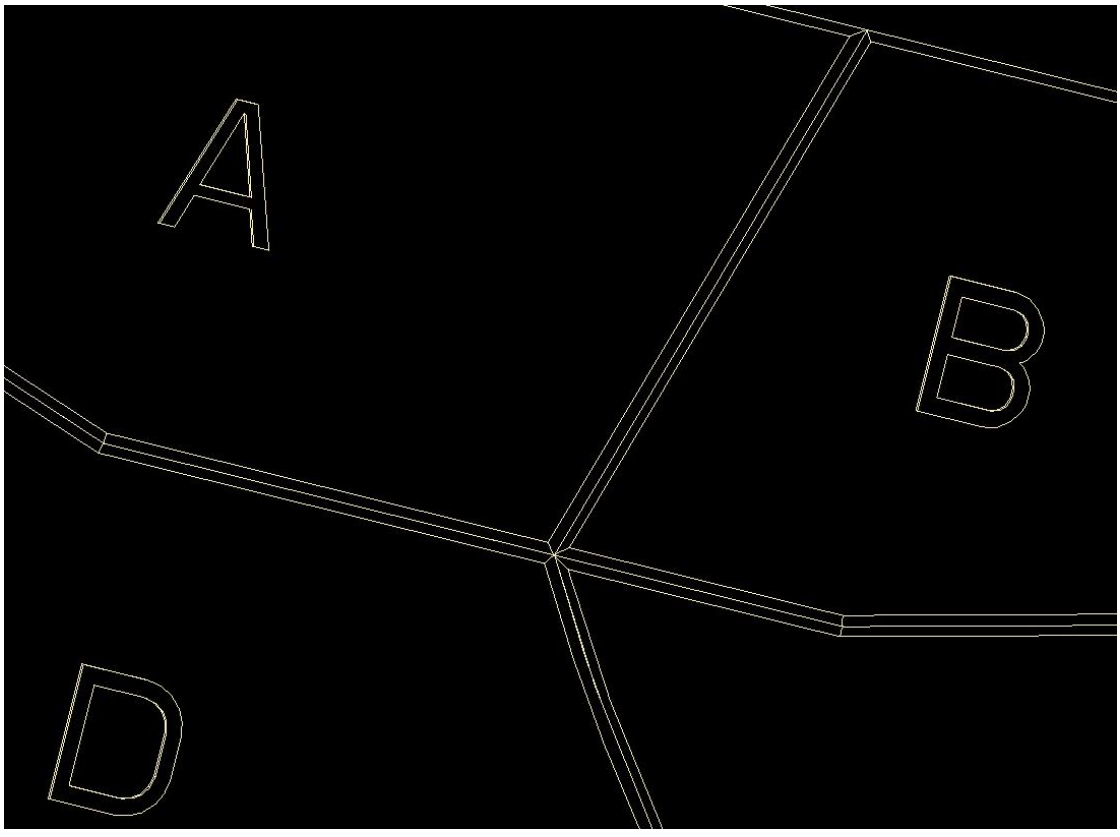

D
E
G
H
I
D
E
F
G
H
I


B
D
E
F
G
H
I
A
B
D
E
F
G
H
I

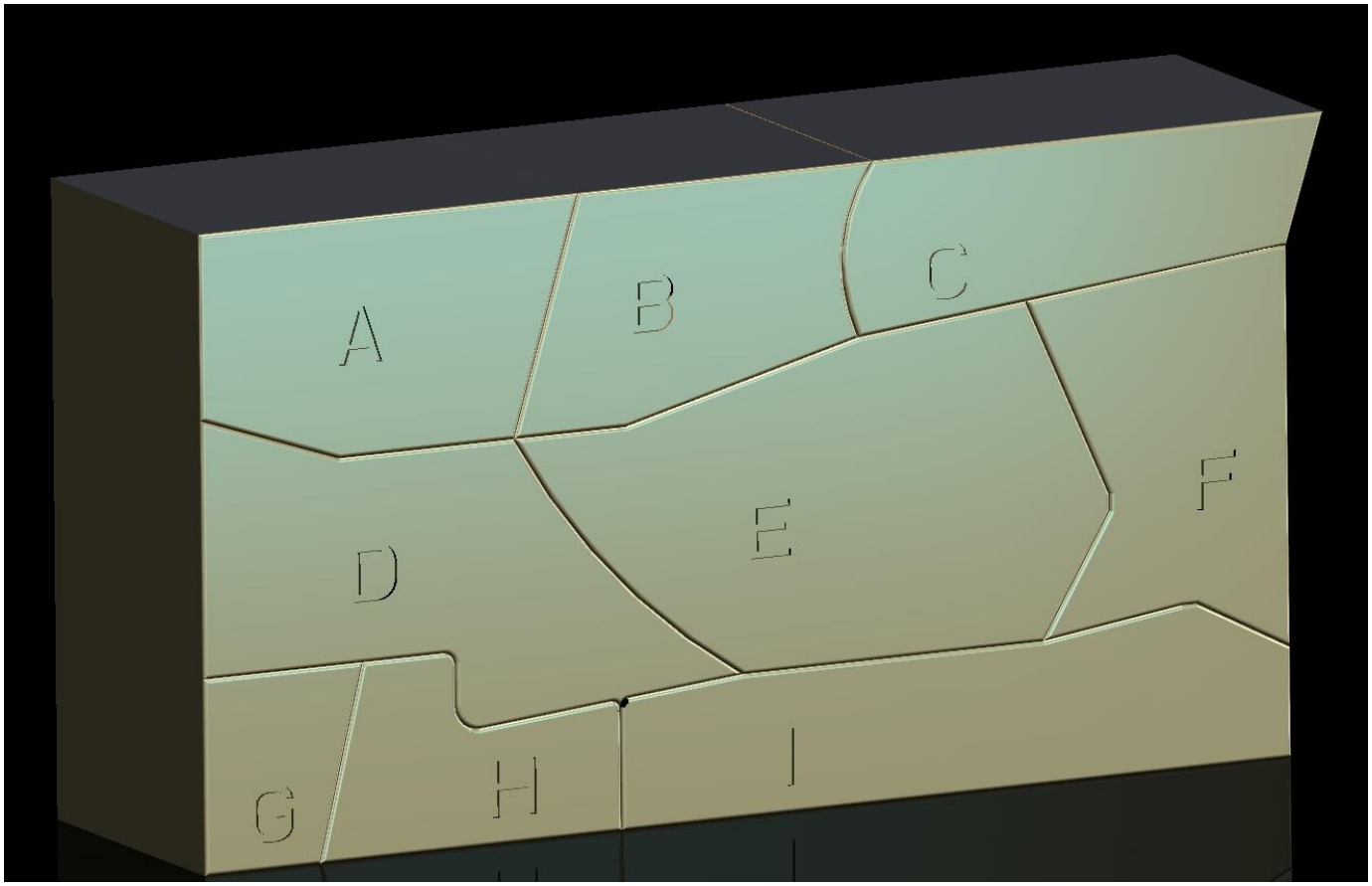

A
B
C
D
E
F
G
H
I
A
B
C
D
E
F
G
H
I



Nous pouvons recréer le même type de relief présent dans la grande pyramide et dans différents sites autour du monde, avec ou sans rayon de courbure selon la méthode de découpe.

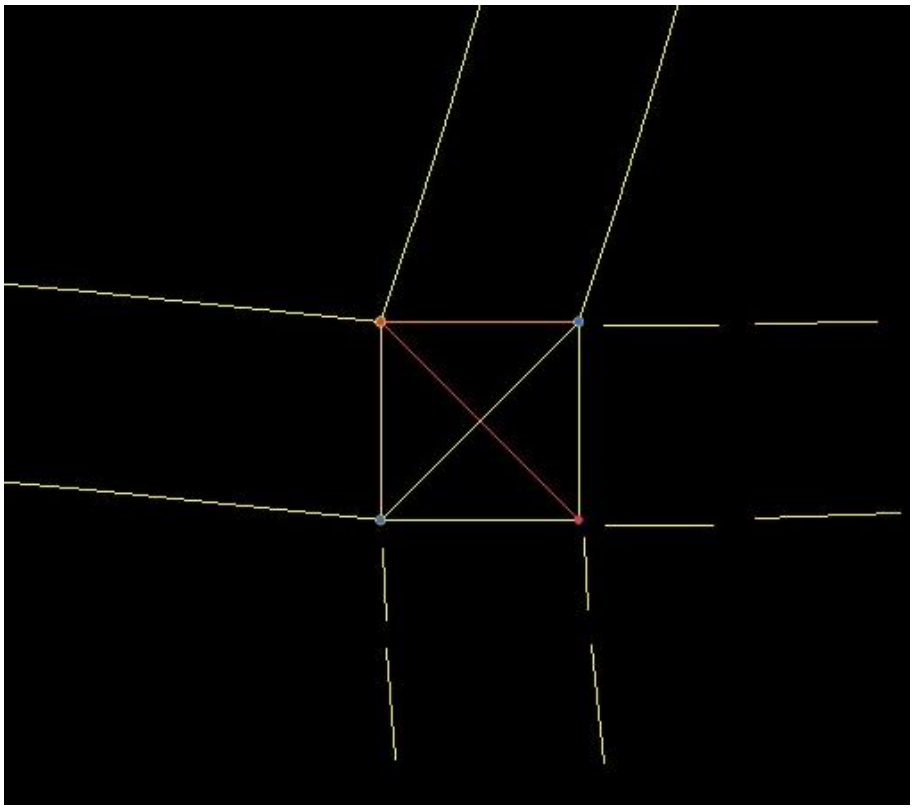


L’emboîtement des blocs se fait ainsi à 100% avec aucune marge d’erreur de manière numérique (par ordinateur).




Il est certain qu'avant de couper les appuis séparant les blocs, il est possible d'insérer des blocs de bois, des tiges de métal ou encore mieux un traineau (voir section suivante) de sorte à faire retomber les blocs directement dessus afin d'éviter la nécessité de grues ou d'autres dispositifs de levage. Cela permet de découper les appuis sous les blocs à 100% avec un minimum de risque d'accident et de bri de blocs. Donc encore là, peu d'énergie nécessaire pour embarquer les blocs sur les traineaux tirés. Plus de grues nécessaires non plus! Les copeaux de pierre ont peut-être aussi contribué à faciliter la glisse des traineaux comme de la pierre nette a pour effet de faire glisser les objets sur une surface dure. Le glissement bois sur bois est aussi possible surtout avec de l'eau. Le bois humide a un coefficient de friction très faible. Il y a certainement du monde qui s'y sont déjà attaqué comme problème et amené nombre d'hypothèses et de solutions.

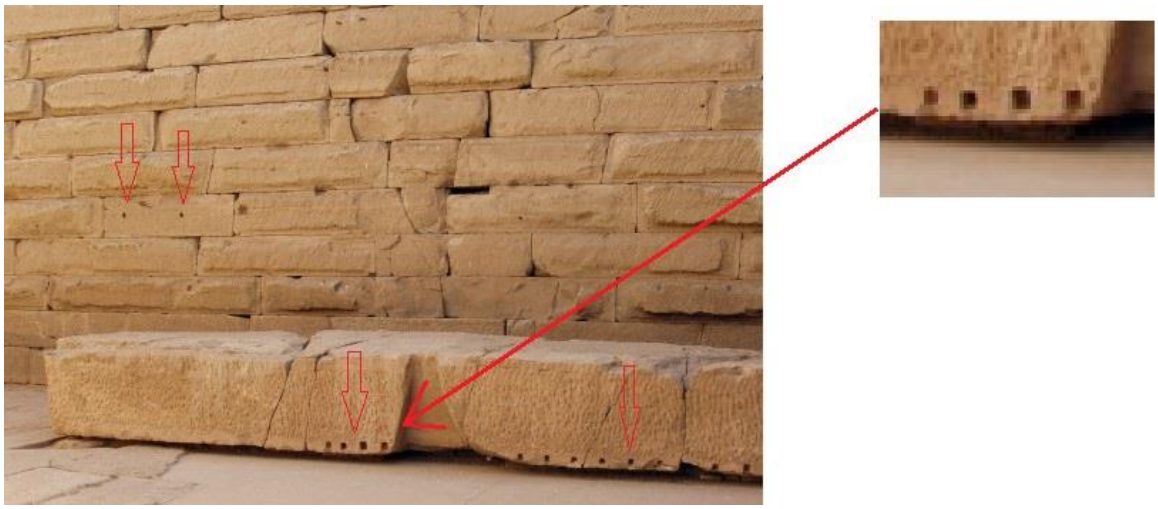
Donc si on se réfère à l'image 4 du début, la théorie présentée ici est plausible même avec des espacements de découpe faible. Un outil de validation de mesure a pu être utilisé afin de s'assurer que l'espacement arbitraire donné par moi de 4po. ou plus était respecté partout. Si les espacements ont été plus grands, un outil de validation de jeu mécanique plus large a simplement a pu être utilisé.



La forme du carré pour un déplacement cartésien (horizontal et vertical) 1 pour 1 et nécessaire dans la majorité de cas, mais il est possible que ce dernier se transforme en un rectangle de 2 : 1 par exemple selon le nombre de déplacement que le bloc doit avoir à faire par rapport au bloc de référence. Cependant la théorie demeure la même.

Cette méthode n'est peut-être pas celle utilisée par les anciennes civilisations, mais il en demeure que celles utilisées ne doivent pas être si différentes puisque côté énergie, je ne vois pas comment faire moins et être aussi efficace.

La méthode de découpe ci-haut présenté a été développée par moi en novembre 2015 et dans une recherche aléatoire sur Google sur le thème de l'Égypte, j'ai trouvé le 5 avril 2016 une image (ci-après) qui a piquée toute ma curiosité. Malheureusement la définition de l'image n'est pas très bonne ce qui n'empêche pas toutefois de voir une série de trous carrés comme ceux proposés dans ma méthode de découpe. Pourquoi y en a-t-il autant? Je ne sais pas! Mais c'est possiblement une question de reprise de plan de découpe. On remarque aussi que sur le mur érigé il y a des trous carrés également. La pierre utilisée semble être de qualité moindre car on remarque beaucoup de fissures. Possiblement lors de la découpe les ouvriers ont dû revoir leur plan de découpe suite à des fissures apparues dans le roc!?



http://chantiers.hypotheses.org/863

Pour ce qui est des outils utilisés par les tailleurs de pierre

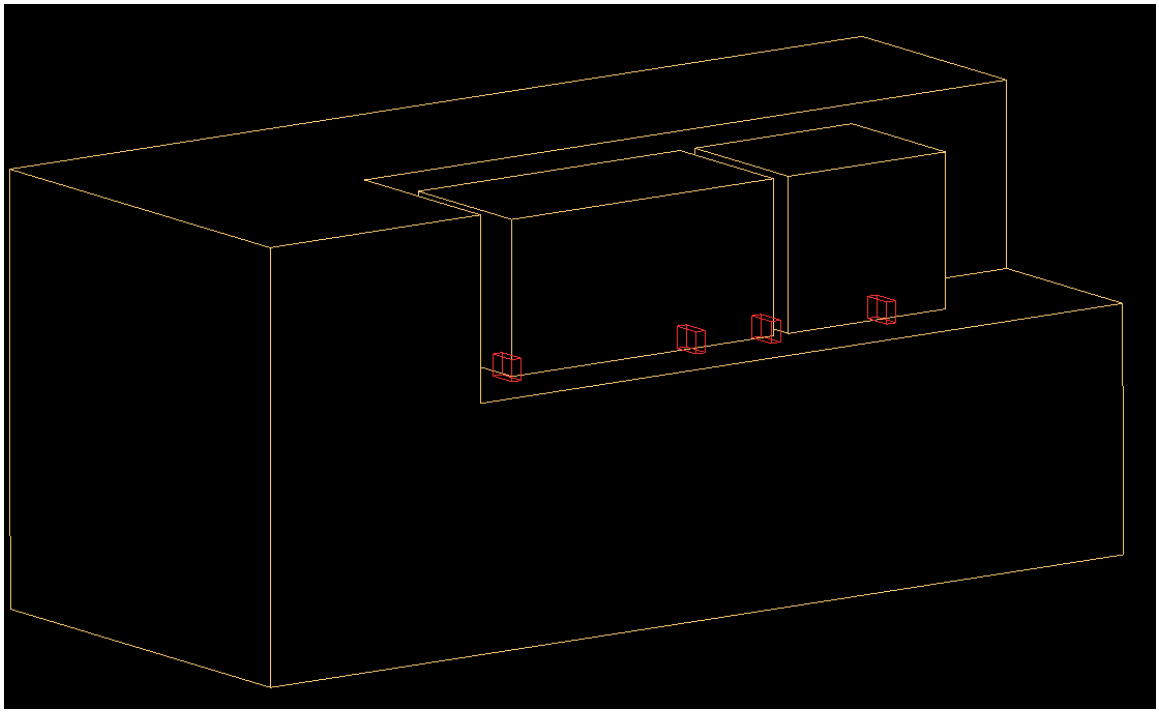
**http://www.ancientmesopotamians.com/ancient-mesopotamian-tools.html**

## Méthode de manutention, transport et installation de blocs de pierres :

Il est intéressant de pouvoir découper du premier coup un massif de pierre et de pouvoir les assembler sans recoupe (théoriquement), mais encore faut-il transporter ces blocs.

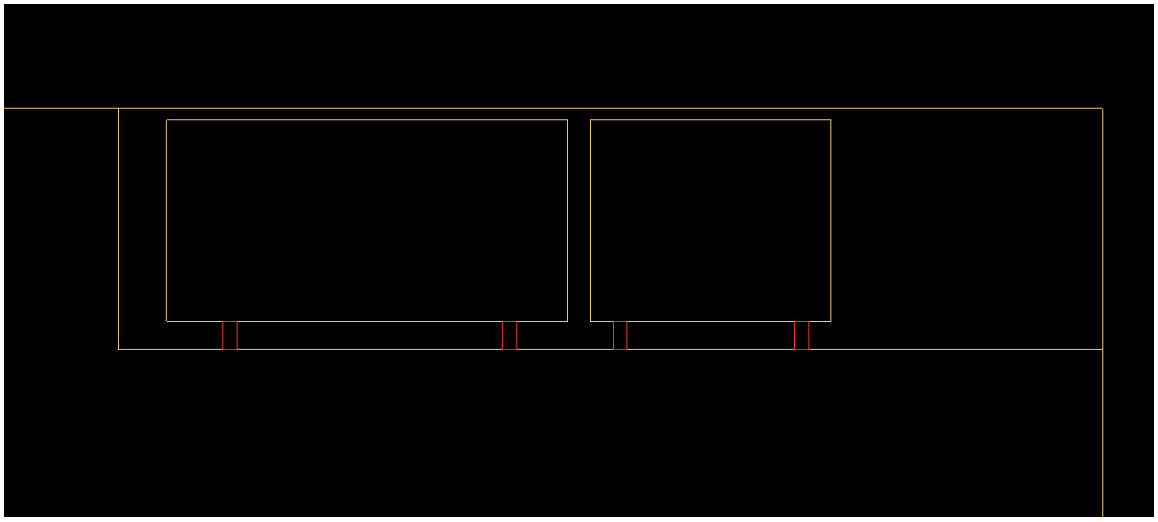
La méthode de découpe présenté précédemment est une méthode qui permet de découper et d'assurer un espacement constant entre les surfaces adjacentes de sorte à éviter une perte de temps et d'énergie colossale à tenter d'insérer, de relever et de retailler les surfaces avant de retenter des dizaine,  voire des centaines de fois.  Cette approche permet d'éliminer au minimum les erreurs de taille de la pierre dans pour autant demander une précision chirurgicale. Une personne ou une équipe méthodique peut arriver « rapidement » à permettre l'insertion parfaite de blocs ayant des surfaces simples et complexes en 3D sans outillage moderne.

Mais encore une fois, comment les constructeurs ont-ils pu lever ces blocs? Mon hypothèse, basée sur ma méthode de découpe précédente de pierre est tout simplement de dire qu'ils n'ont jamais eu besoin de le faire!



On se rappelle les petits blocs de pierre (supports) non découpés qui servent à maintenir les blocs en place afin d'assurer leur positionnement réel en 3D mais décalé d'une valeur  donnée pour la découpe. Une fois le jeu mécanique validé avec un outil de

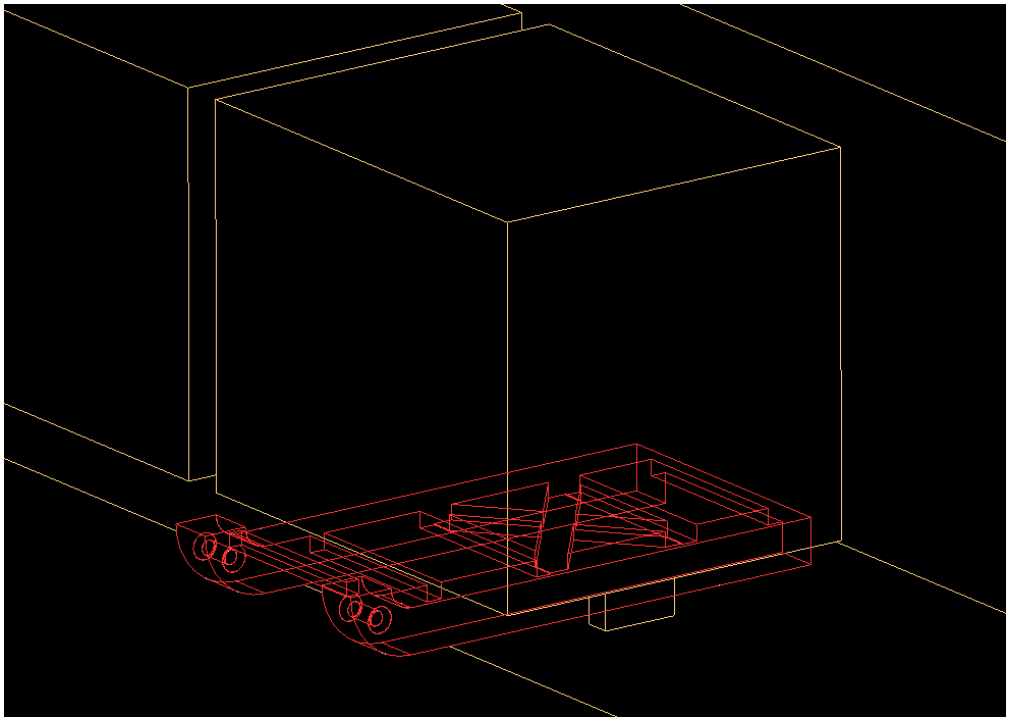
mesure servant de cale d'espacement, il fallait bien découper ces supports et libérer les blocs. Mais qui va être assez stupide pour mettre son bras en dessous d'un bloc de plusieurs tonnes sans avoir un système de blocage? Il faut absolument supporter ces blocs avec un type de support externe afin d'être en mesure d'éliminer toutes traces des supports de pierre.

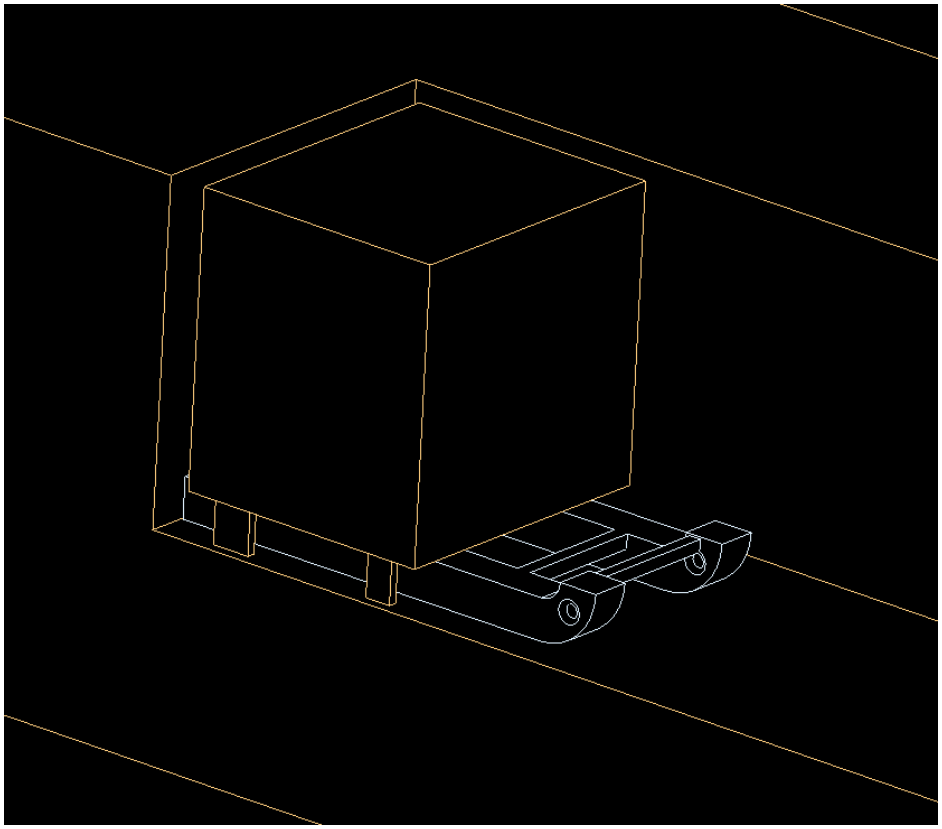


À partir du moment où l'espace sous les blocs peut être petit comme très grand, il est possible que l'espace sous les blocs ait été suffisant pour y insérer un traineau de tire. Ce dernier sert dans cette approche de cale en bois (ou autre) afin de pouvoir découper de manière sécuritaire les supports de blocs. Une fois ces supports découpés, le bloc tombe alors naturellement sur le traineau à l'endroit désiré et reste à une hauteur acceptable pour être finalisé d'être coupé.

Un nivelage devant de traineau peut être fait avec du sable ou du gravier provenant de la découpe des blocs. Des planches peuvent aussi avoir été utilisées afin de permettre de créer une surface assez stable et portante pour glisser les traineaux.

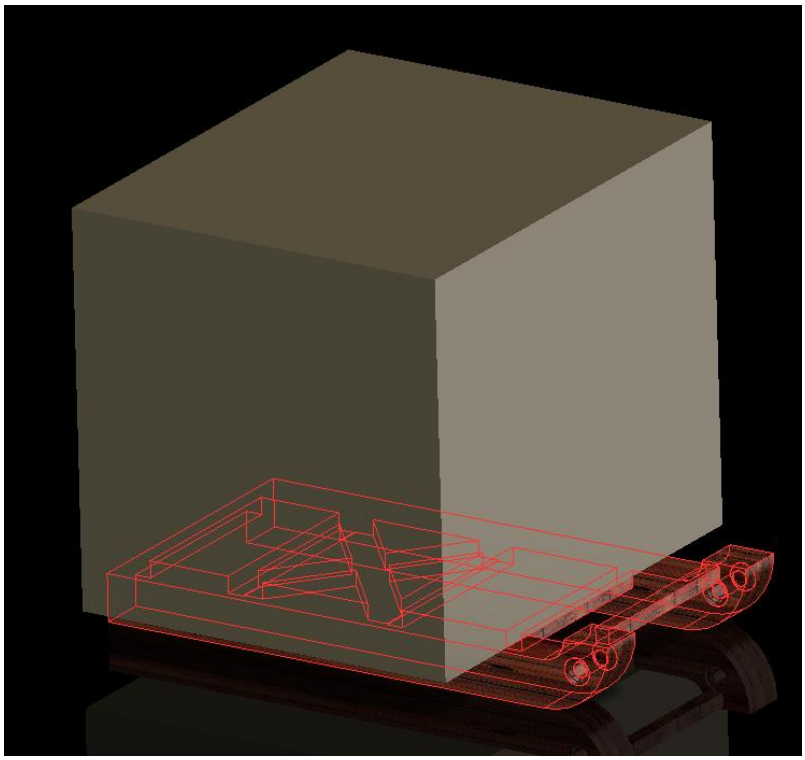
L’image suivante montre le traineau de côté et la seconde dans le sens du mur.





L’insertion du traineau peut se faire face au mur ou sur le sens de la longueur. La simple différence est le positionnement des supports sous les blocs, mais la logique reste la même. De plus, si on travaille dans le sens du mur, on se retrouve obligatoirement sur surface dure et presque droite… qui peut être adouci par du sable et/ou du résidu de découpe qui peuvent servir comme de billes de roulements en quelques sortes.

Le transport sur la surface dure en ce sens risque d’être peu énergivore comparativement à glisser le tout dans du sable mou ou sur une autre surface mole. L’utilisation de rondins entre le traineau et le sol est fort possible. Cela permettait assurément de minimiser la friction entre les pièces en mouvement. De l’eau a pu aisément être utilisée lorsque les rondins n’étaient pas utilisé. Le bois humide glisse beaucoup.



Ainsi le besoin de grue est éliminé, on utilise simplement la gravité ce qui nous demande qu’un minimum d’énergie pour positionner le bloc sur le traineau.

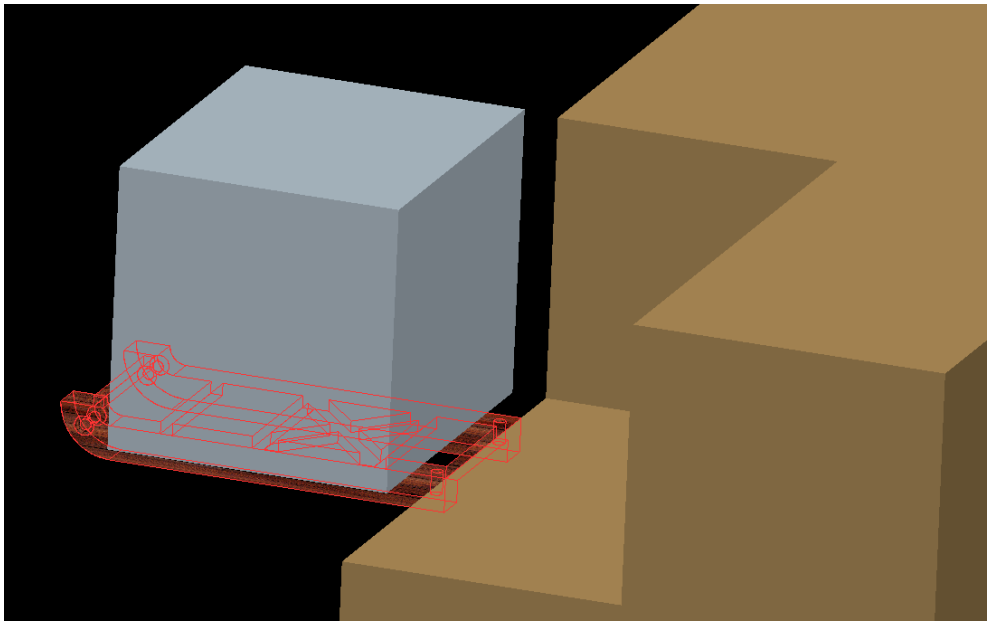
Une fois le bloc sur le traineau, il est possible de s’assurer que tout ce qui reste des supports soit enlevé.  Un système d’attache du bloc ou de barrures arrière peut être intégré au traineau si les blocs sont tirés sur un angle assez élevé. Un simple système de goupilles verticales à l’arrière du traineau peut être utilisé

Il y a aussi la possibilité de basculer les blocs sur le traineau, mais cette approche est peu probable puisque cela demande beaucoup d'énergie et de technique pour basculer une première fois le bloc et une seconde fois pour le mettre à sa place prévue pour être assemblées avec les pièces taillées en 3D prévues.  De plus faire pivoter un bloc aurait certainement causé de bris majeurs sur les arrêtes des blocs ainsi que sur les blocs avoisinants, la masse étant importante et causant des concentrations de contraintes trop importantes pour un matériau cassant.

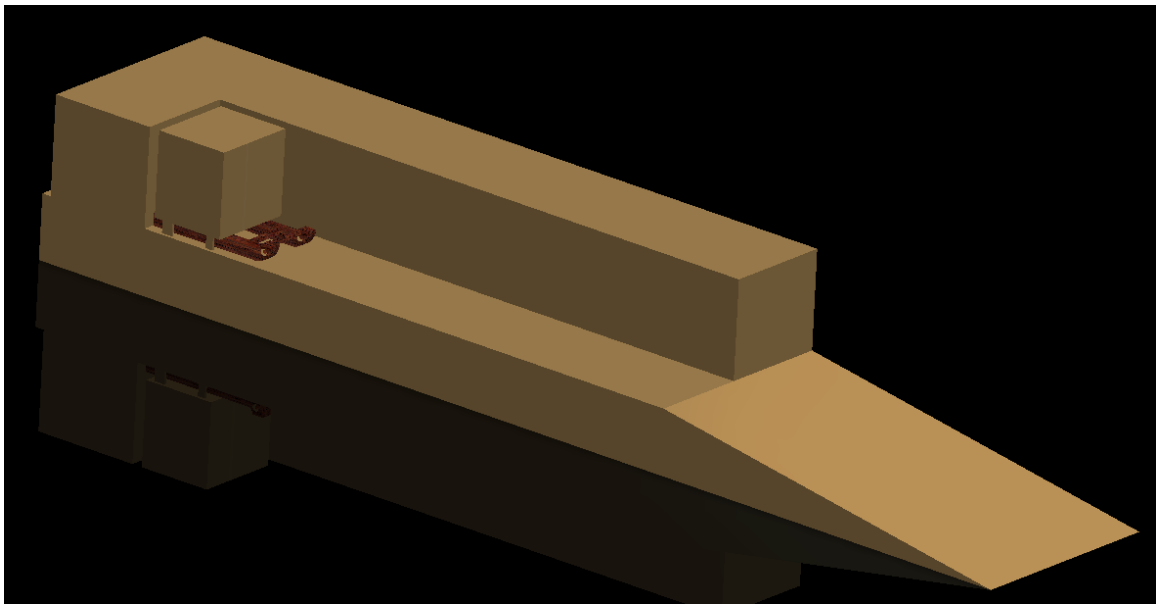
Ci-après, une représentation du Musée historique du Canada. Les dormants de bois utilisés est fort probable puisque cela permet un coefficient de friction faible et une bonne portance en plus de donner une bonne prise au sol pour les personnes et/ou les animaux qui hissent les blocs.

http://www.historymuseum.ca/cmc/exhibitions/civil/egypt/images/arch28b.jpg

Bref,  une fois le bloc rendu en place, on peut simplement pousser le bloc hors du traineau en appuyant le traineau sur le mur à assembler comme sur la photo suivante. Il est aussi possible d'embarquer les blocs de cette manière lorsque la coupe par abrasion qui sera démontrée plus loin est utilisée car dans ce cas, l'espace de coupe est mince et il n'est pas possible d'insérer un traineau de tire.

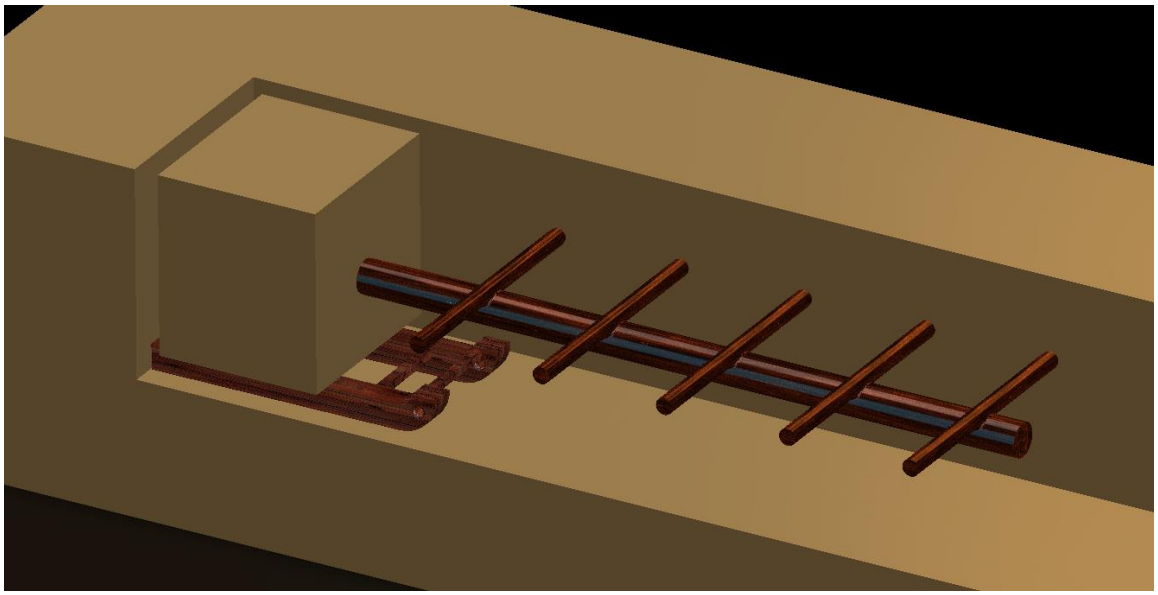


En déplaçant les blocs sur le sens du mur on peut ainsi avoir une rampe solide taillée dans le roc à chaque couche.  Les pertes de pierre sont aussi minimes de cette manière.



Cette approche doit se faire aussi logiquement dans le sens pu en direction des pyramides. Cela permet aussi de diminuer la quantité d'énergie nécessaire au transport comme on voit sur cette photo suivante. Donc la rampe était possiblement du côté des pyramides.

Lorsque les blocs déposés, il est fort possible que ceux-ci soient mal positionnées et qu'il faille pousser ces derniers. Mais la surface étant relativement limitée pour la charge à déplacer, il est envisageable que les constructeurs aient utilisé une sorte de levier linéaire, qui permet sur une surface restreinte de fournir une poussée adéquate sans briser les blocs. Il est possible de tirer le traineau et de maintenir en place le bloc afin de le déposer. Une fois en place on peut le pousser à sa place prévue. Différentes possibilités de positionnement peut être utilisée, cette méthode n'est pas exhaustive et laisse place à différentes techniques.



Utiliser les pierres les plus près est un choix logique d’un point de vu énergétique et de temps.

## Méthode de construction de murs polygonaux (ou par plans de glissement):

« Encore une fois, je ne m'en cache pas, je ne suis jamais allé au Prou, mais j'aimerai bien. Les images disponibles sur Internet permettent à tout de moins de de soulever des questionnements et de déduire des méthodes de fabrication à partir de celle-ci. »

Encore une fois, j'ai cherché sur Internet à savoir le comment de ces réalisations et je dois avouer que je n'ai rien trouvé une fois de plus. À première vue, ce type d'assemblage peut rappeler celui présenté précédemment au niveau de la découpe de pierre par percussion à partir d'un même massif de pierre. Ce type d'assemblage se retrouve un peu partout dans le monde. Le but ici n'est pas de caractériser chacun des sites, mais de développer une méthode de fabrication simple pouvant expliquer le plu fidèlement ce que l'on retrouve par exemple au Pérou.

Du point de vue d'un homme moderne machiniste, comme M. Philippe Robert PDG de «La Générale du Granit» (Laval, France) le dit dans LRDP, il faudrait faire un «capinage» soit un plan de découpe global et une fois les blocs taillés, il les ajusterait pour les imbriquer parfaitement ensemble. Cela est louable mais beaucoup trop complexe à réaliser d'autant plus que les blocs ne viennent pas nécessairement du même massif de pierre comme il a été fait en Égypte et que ce sont possiblement des pierres libres récupérées et amenées sur place. Cela demande une logistique incroyable et ne laisse pas beaucoup de place à l'erreur pour les artisans. Cette solution n'est pas assez permissive selon moi compte tenu de l'outillage de l'époque.

Mais comment assembler des pierres qui ne proviennent pas du même massif avec un plan de découpe précis? Il est fort à parier que cette méthode a son même penchant du côté égyptien pour l'assemblage de pierres, je vais l'expliquer plus loin mais voyons d'abord quelques images de ce dont on parle dans cette section.

http://bluesy.eklablog.com/cuzco-perou-a108300474

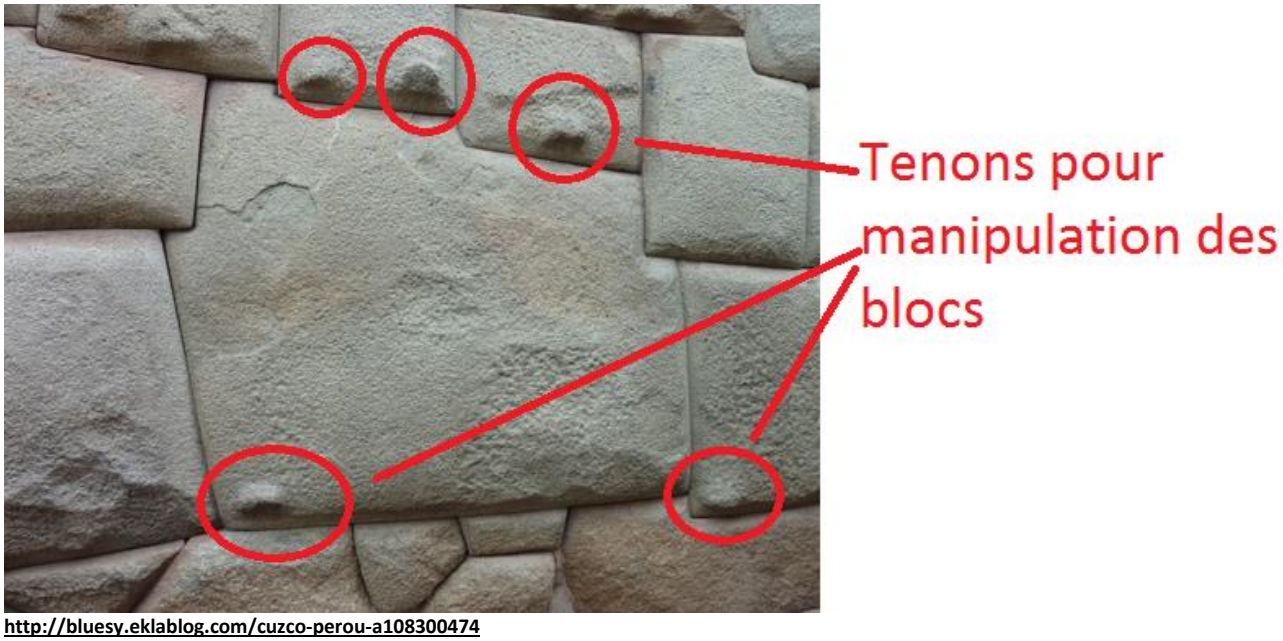
http://eden-saga.com/andes-cuzco-sacsayhuaman-vitcos-refuge-centrale-energie.html

Photos by Leonardo Conde (Google Earth)

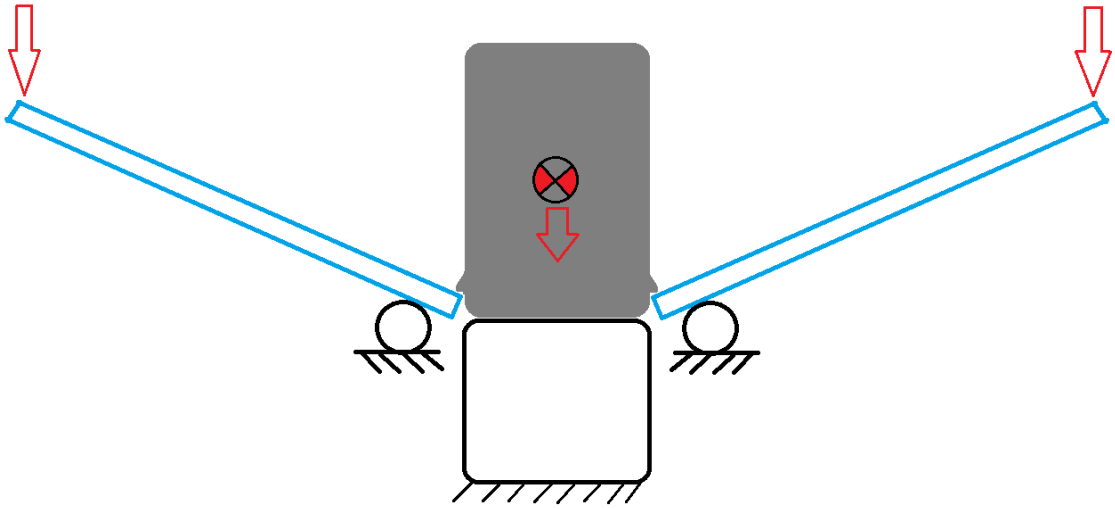
Sur les images précédentes je remarque deux choses qui ne sautent aux yeux, la première, est que sur chaque bloc on retrouve toujours un plan droit de référence qui peut être utilisé comme plan de glissement. On retrouve aussi des assemblages verticaux qui peuvent être de forme courbe, mais chacune de ces pièces assemblées à la verticale possèdent à leur tour aussi une surface latérale plane inclinée ou verticale.

Contrairement à la méthode de découpe par impact dans un massif, les pierres insérées se doivent selon moi d'avoir été taillés préalablement sur la ou les surface extérieures en premier.

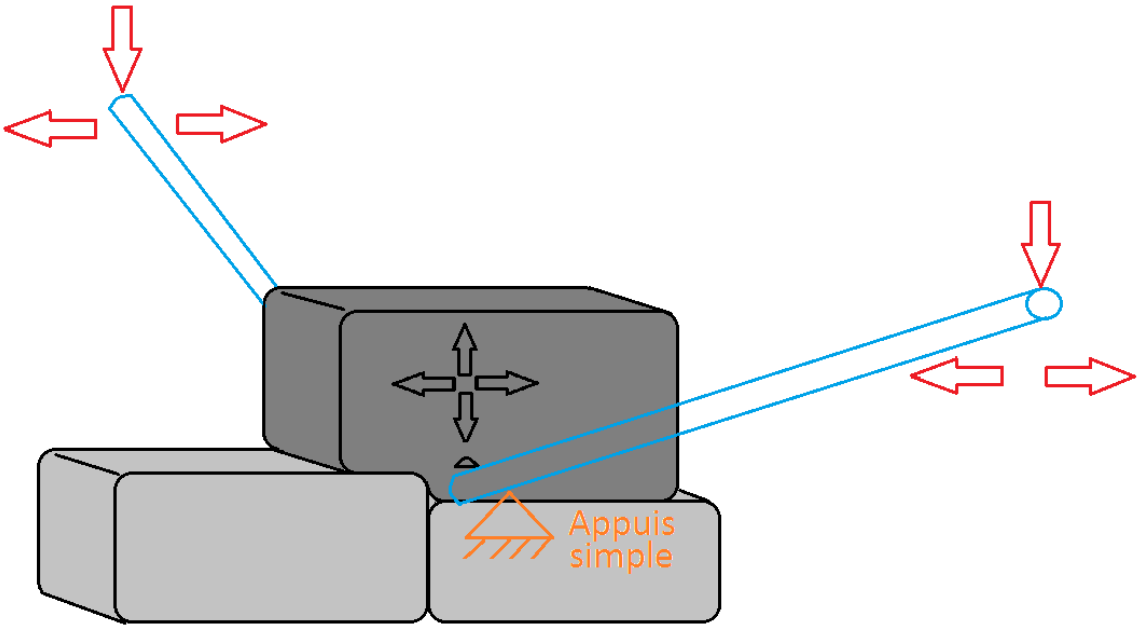
On remarque sur la photo suivante la présence de tenons de pierre directement sculptés dans la pierre généralement positionnés à la base des blocs. J'ai vu sur certaines photos. Ces tenons sur la partie supérieure de blocs. Cela a la même utilité selon moi. La zone de prise est toujours située sous les tenons, ce qui explique une reprise de charge généralement verticale. Cet aspect est très important selon moi car permet de déplacer verticalement et horizontalement les pierres à l'aide de leviers. Cela sous-entend que ces tenons peuvent aussi être enlevés avec les mêmes outils après installation finale de chaque bloc.



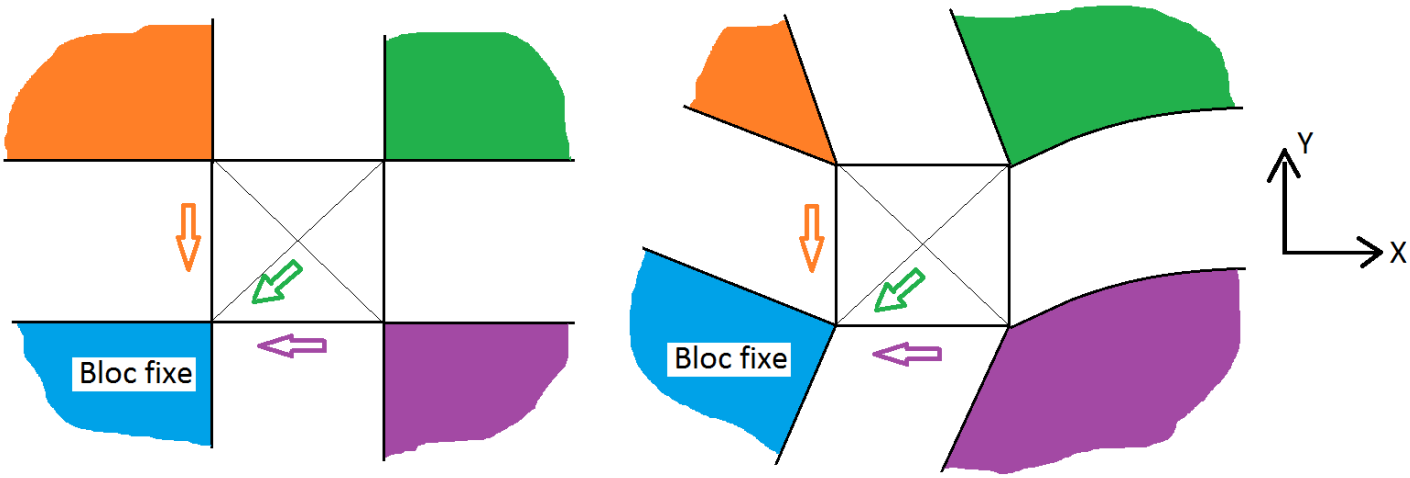

http://bluesy.eklablog.com/cuzco-perou-a108300474



Cette approche de leviers et tenons de pierre permet de soulever une partie du bloc ou la totalité, mais permet aussi de déplacer par un mouvement de rotation des leviers. Il est possible ainsi de peaufiner la finition de surface entre les surfaces à être en contact en permettant d'essayer à maintes reprise la mise en place des bloc entre eux. En plus des leviers et des tenons, on peut imaginer toute une panoplie de méthodes combinées de moyens de déplacement comme en Égypte, la main d'homme, des cordes, les leviers linéaires tel que montré précédemment ou encore des rouleaux et autres. Mais une fois les pierres massives en place et mal positionnées, l'option des tenons est une approche qui permet de tasser les blocs facilement car comment soulever et déplacer des blocs si on n'a pas d'espace pour insérer le moindre outil ou corde!? Le tenons sont les solution logique selon moi.



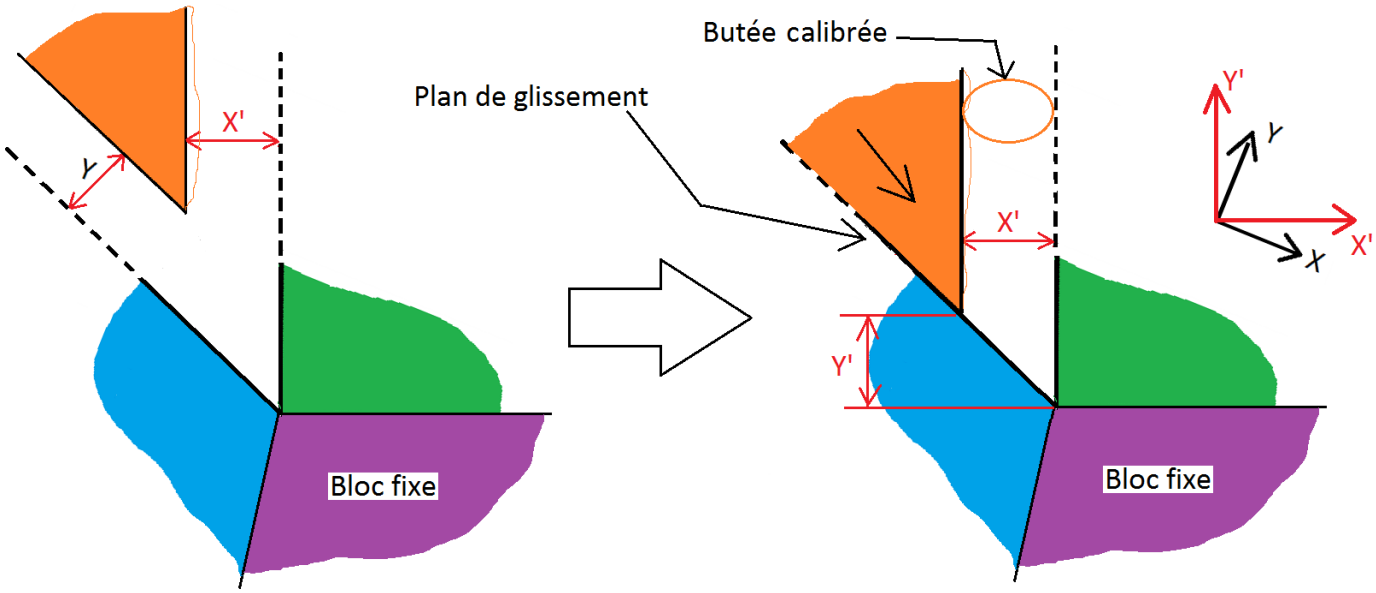

On remarque aussi l'absence de tenons sur les petites pierres assemblée pour la simple raison que ces pierres sont facilement manipulables à la main. Pour les pierres de grandes tailles qui ne proviennent pas d'un massif, les ouvriers devait d'une manière ou d'une autre positionner les blocs les uns près des autres de sorte à effectuer un plan de découpe sur mesure pour chaque plan de découpe. Pour moi il est évident que les surfaces des blocs comprises dans le plan du mur ont été une fois assemblés, retaillés de sorte à pour voir accueillir les autres pierres. Je vais y revenir plus loin! Mais pour les gros blocs, il est possible aussi que des tenons ont été utilisés mais vue la taille des blocs, ces derniers devaient être beaucoup plus massifs et imposants. Il n'est pas illusoire de penser ces tenons ont ensuite été enlevés pour une question d'esthétique et autre. Il est possible que si on creuserait derrière certains blocs que de tel tenons sont toujours présents puisque enterrés; c'est une hypothèse!



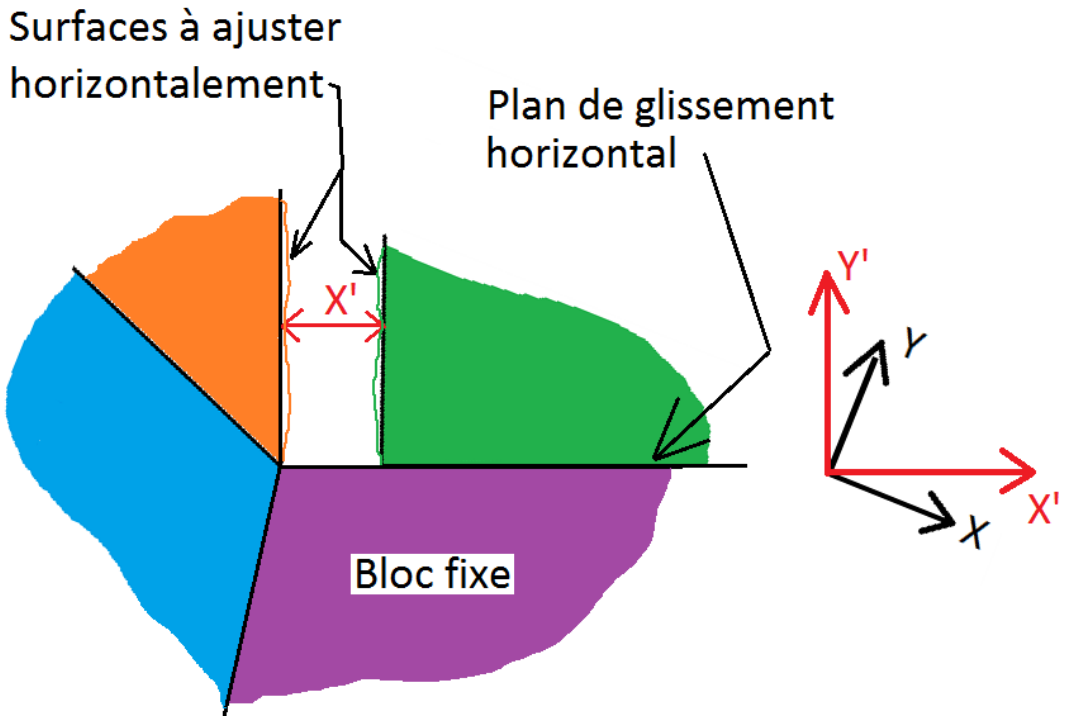

Méthode cartésienne droite

Méthode cartésienne inclinée

En fait, ce que l'on retrouve dans les images de murs de pierres précédents est un amalgame des deux techniques, mais il est évident que les blocs utilisés ont dû être travaillés en place partiellement à tour de rôle contrairement à la méthode de découpe par percussion dans un massif. Dans ce mode de construction chaque pierre doit être taillé l'une après l'autre afin d'être ajustés. Dans cette approche ce n'est seulement la pierre à insérer qui est ajusté, mais également celle déjà en place. À titre d'exemple, voici une pierre qui comporte 12 angles (changements de directions) qui de toute évidence ne s'est pas fait du premier coups




Dans l'image précédente, les ouvriers devaient s'assurer de rendre le plan de glissement plat même si positionné à angle. Ce plan devait servir de plan de déplacement. L'appui gravitaire du bloc à insérer a toujours été privilégiés dans tous les cas que j'ai observé. Une fois les surfaces le long du plan de glissement lisses on met en place le bloc à insérer et on installe une butée d'espacement calibrée qui peut être en pierre ou en cuivre ou autre.

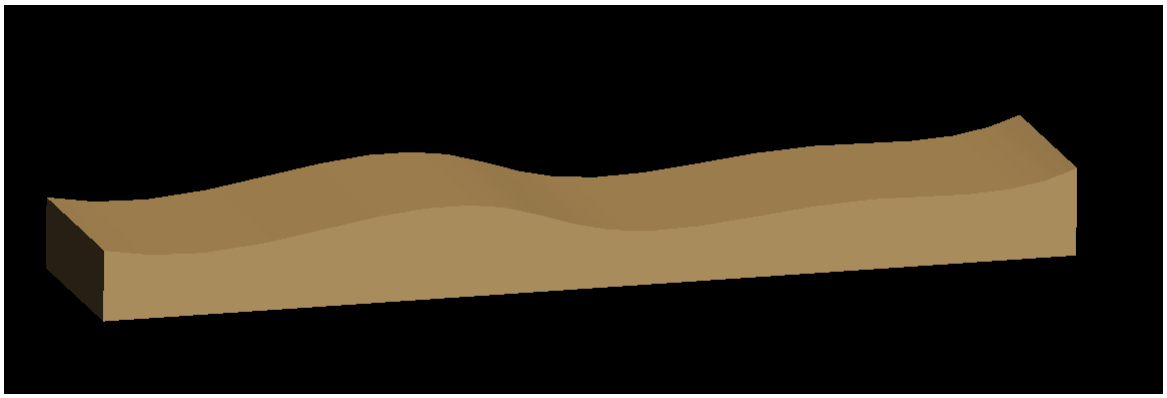



Idéalement la logique d'assemble voudrait que l'on ajuste les profils de deux

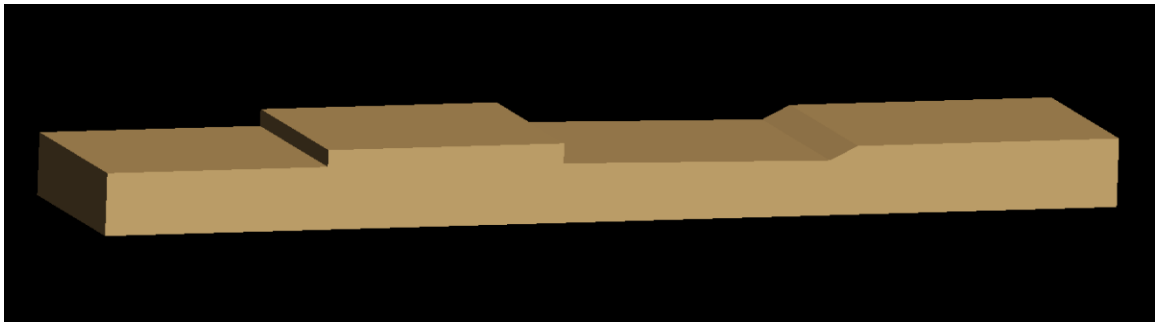
surfaces avec un outil selon un axe purement horizontal ou encore purement vertical et non à angle. Cela aurait pu être le cas dans l'exemple précédent si le bloc orange avait été mis en place avant le vert. Ainsi le mouvement du bloc à assembler aurait été horizontal et donc plus simple à tailler puisque pas de vecteur de déplacement vertical et horizontal à calculer lors de la coupe. Il et donc clair pour moi que cette option est à privilégier. Avec la masse de tels blocs non initialement prévu pour être assemblés ensemble, les ouvriers n'avaient d'autre choix que de s'organiser afin d'encore et toujours minimiser les efforts nécessaires pour effectuer les tâches.

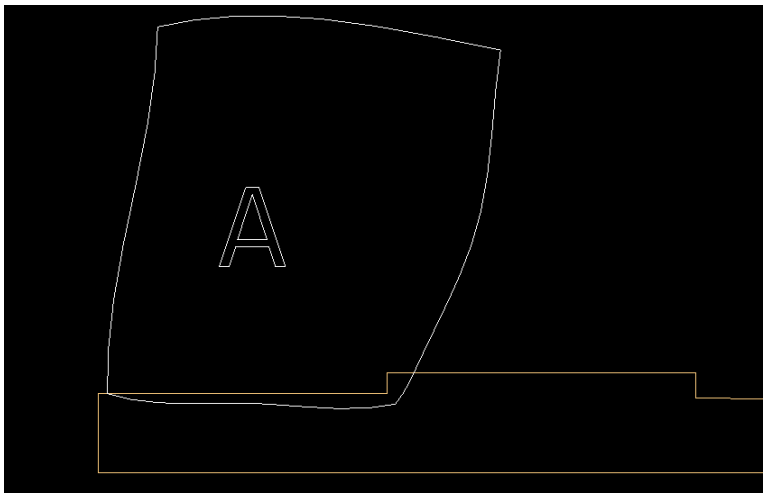
Prenons une fois de plus une autre modélisation 3D par ordinateur afin de simuler un tel assemblage.

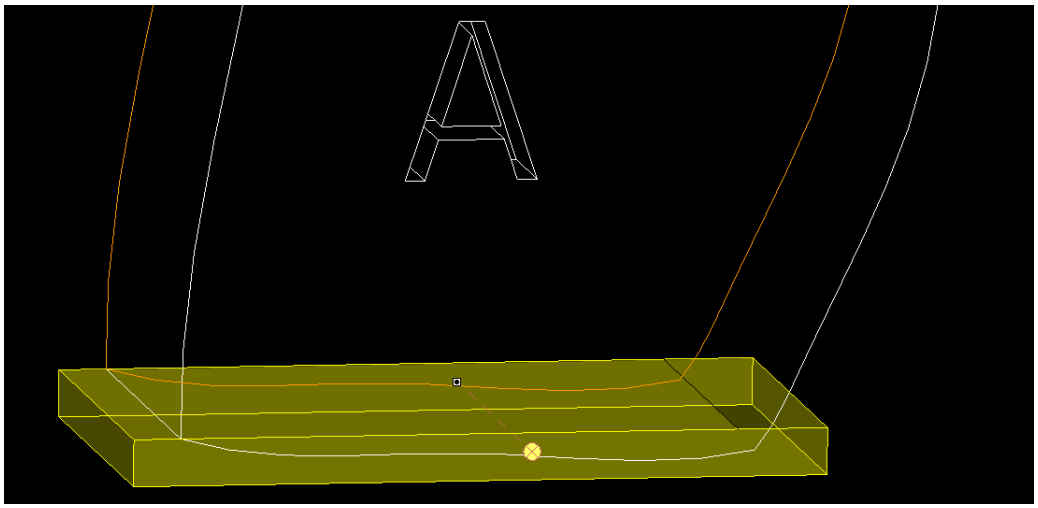
Commençons avec un sol solide et non meuble, à priori de la pierre.

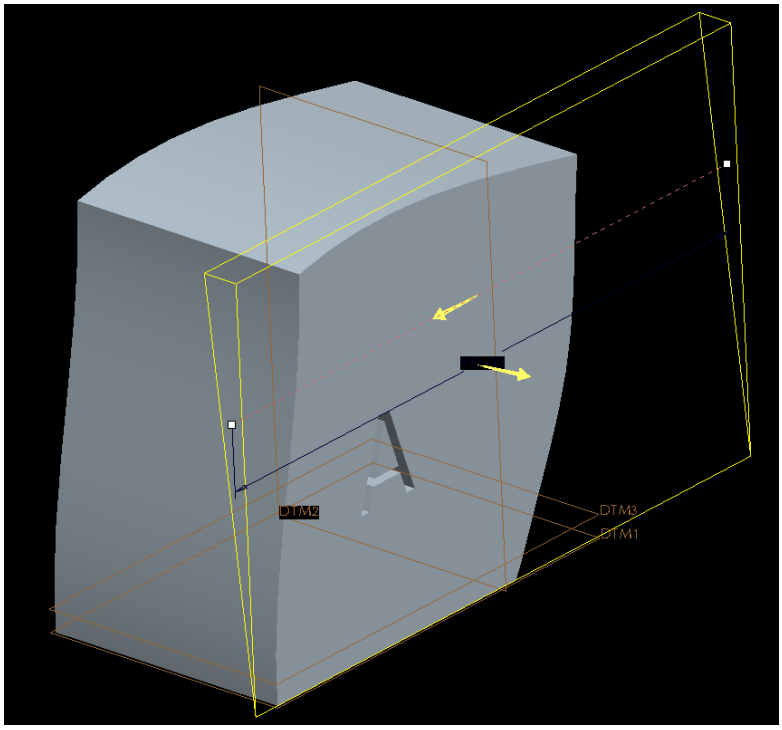


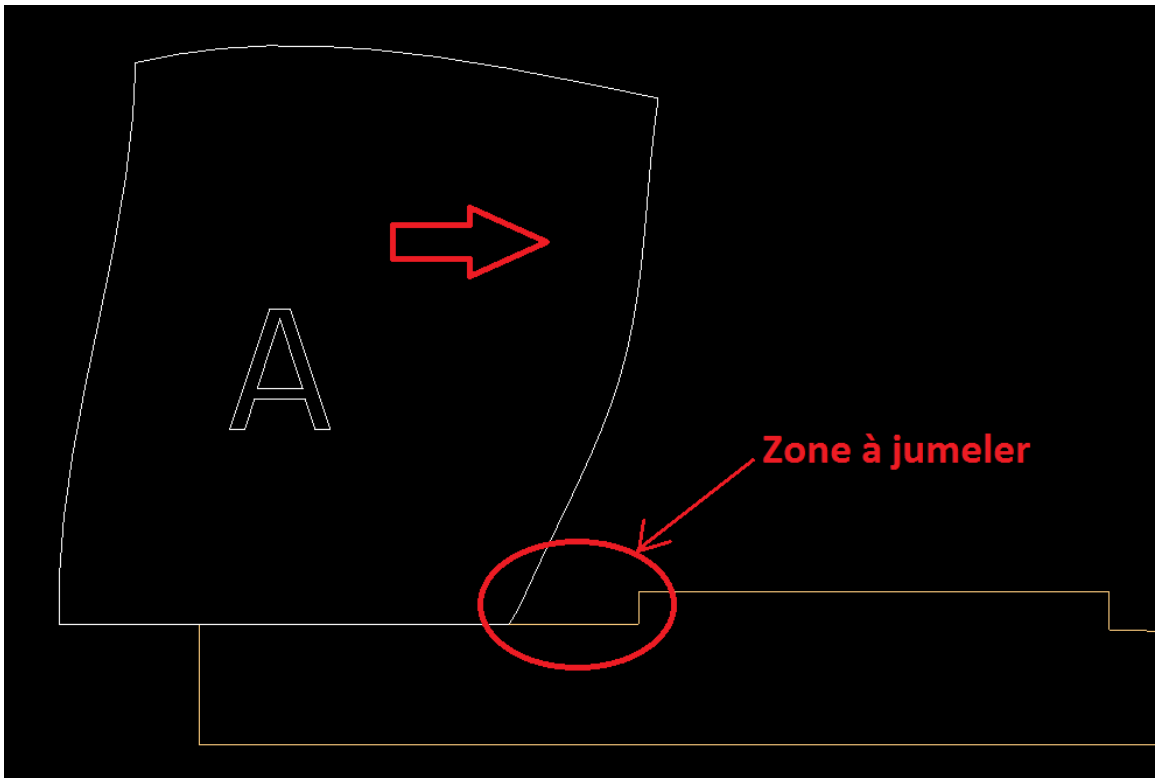
Commençons par donner un profil horizontal à la première surface d'assise du mur. La raison est simple, c'est que l'on doit joindre par-dessus des pierres non prévues initialement pour être parfaitement imbriquées les unes avec les autres. Donc avec l'approche cartésienne, on se donne un plan de glissement horizontal.

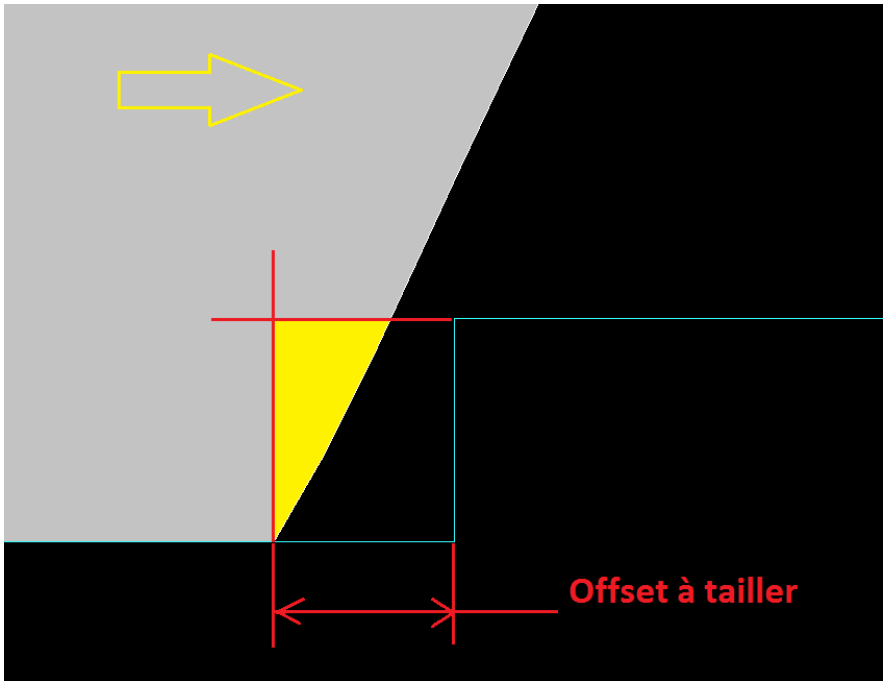


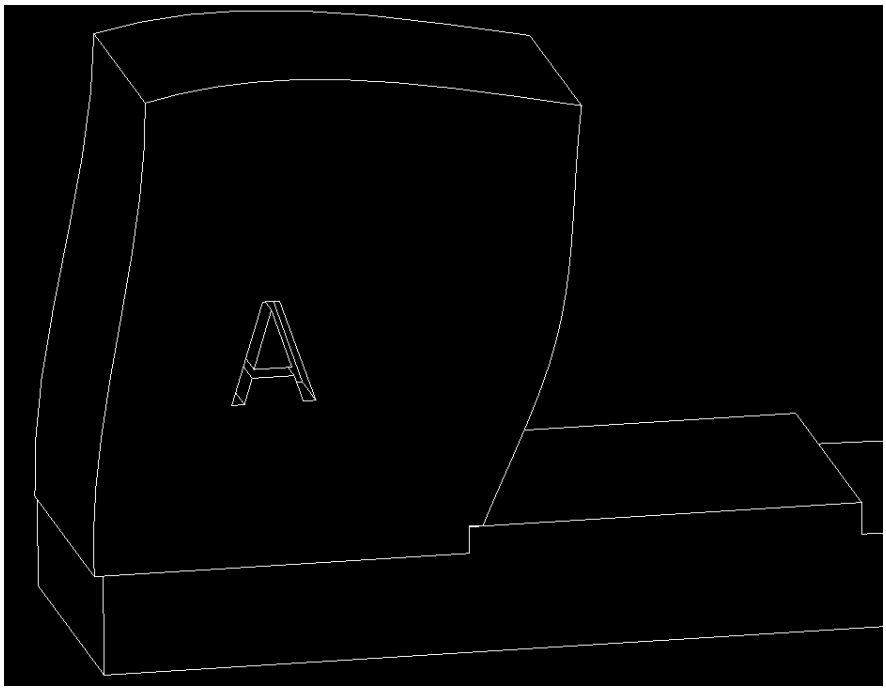

A

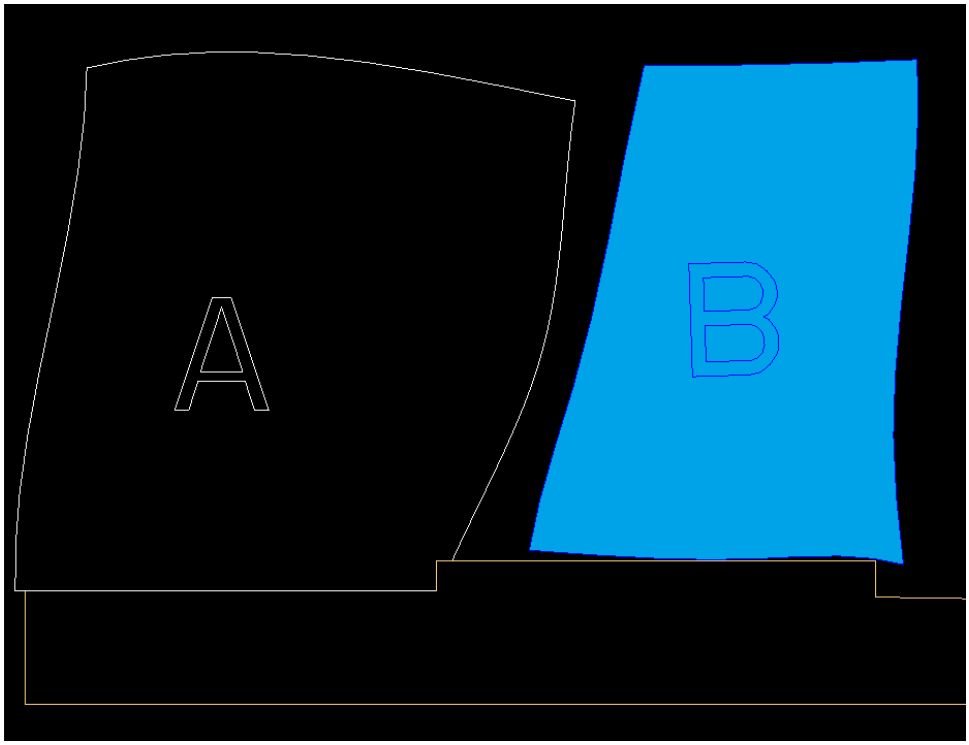

A

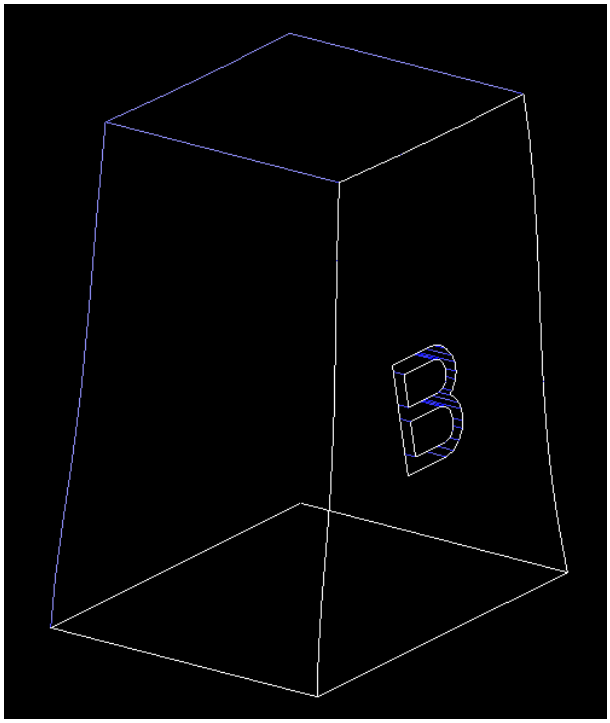

DTM2
DTM3
DTM1

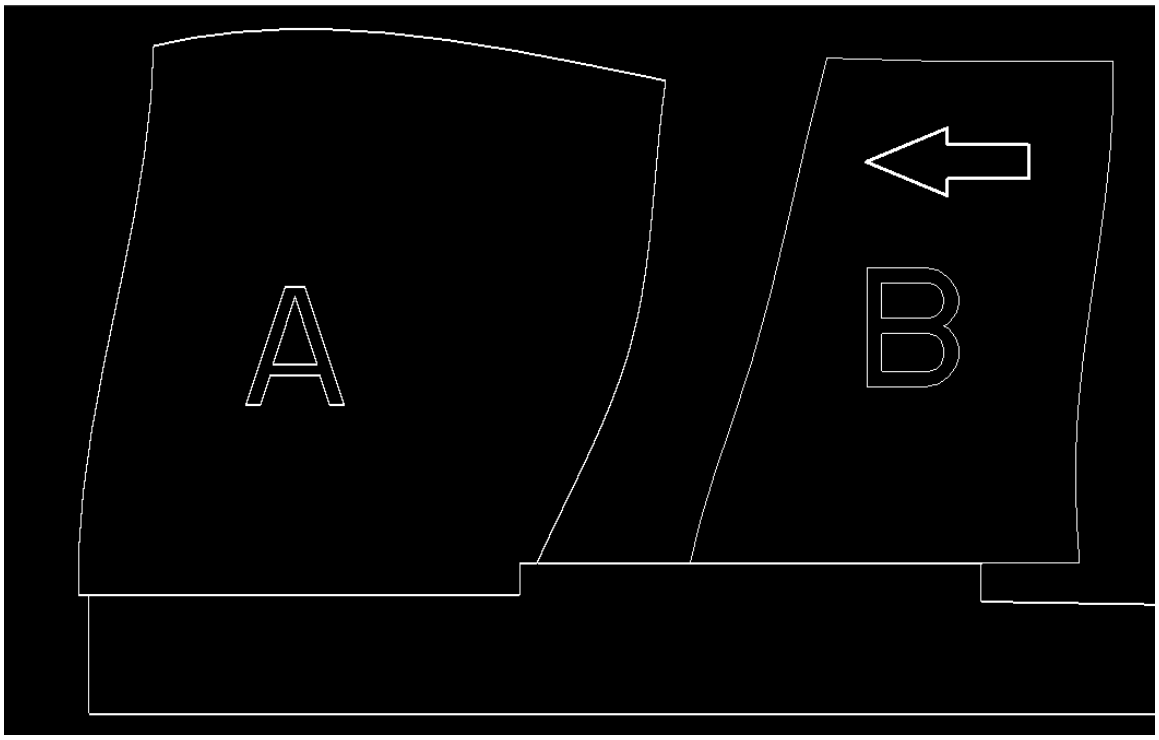

A
Zone à jumeler

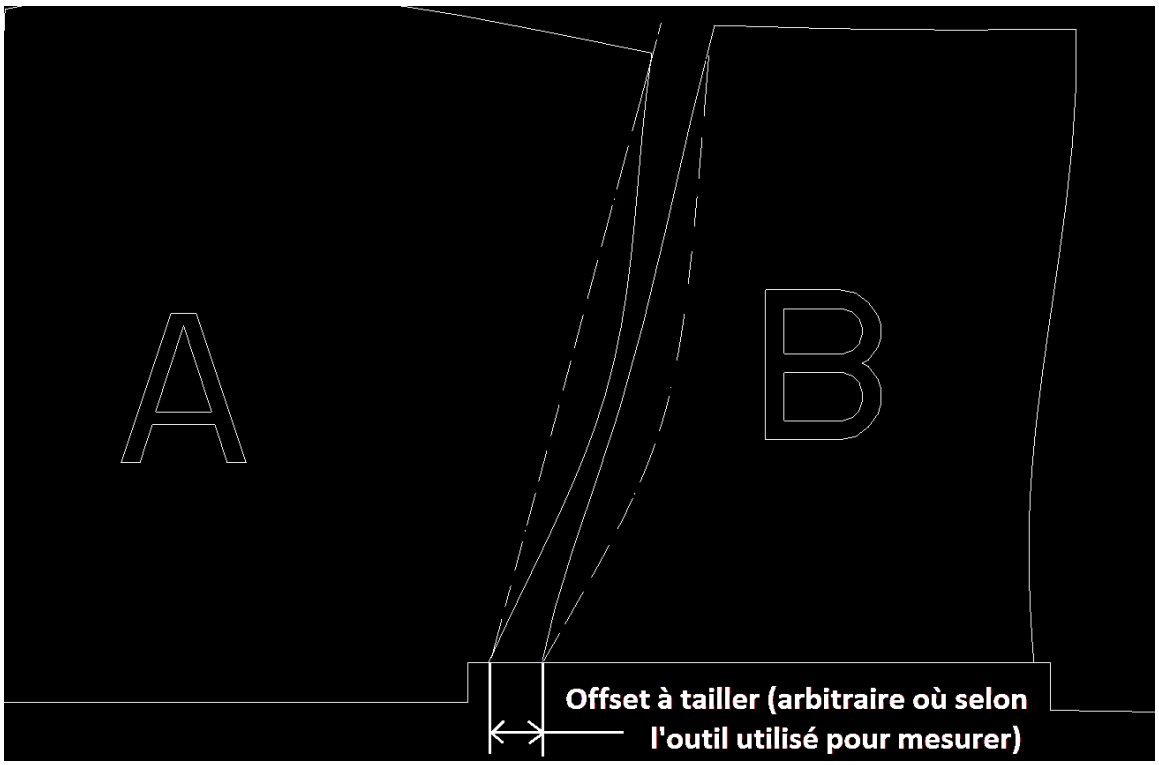

Offset à tailler

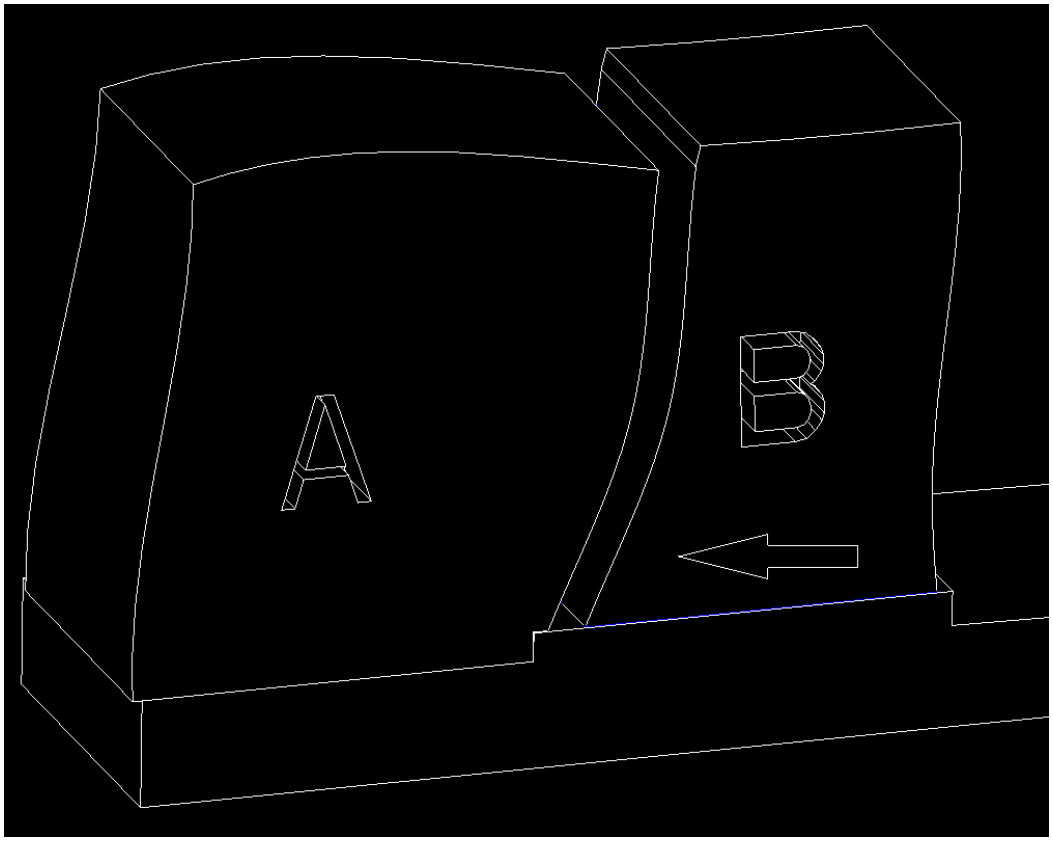

A

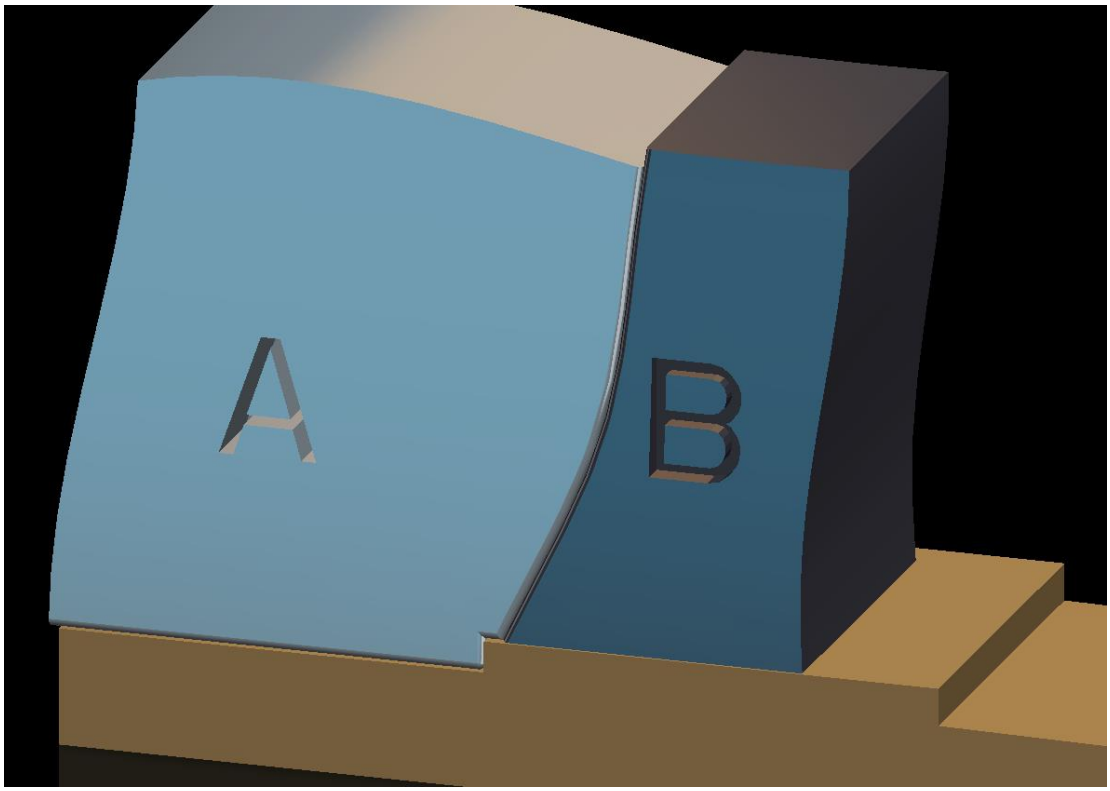

A
B

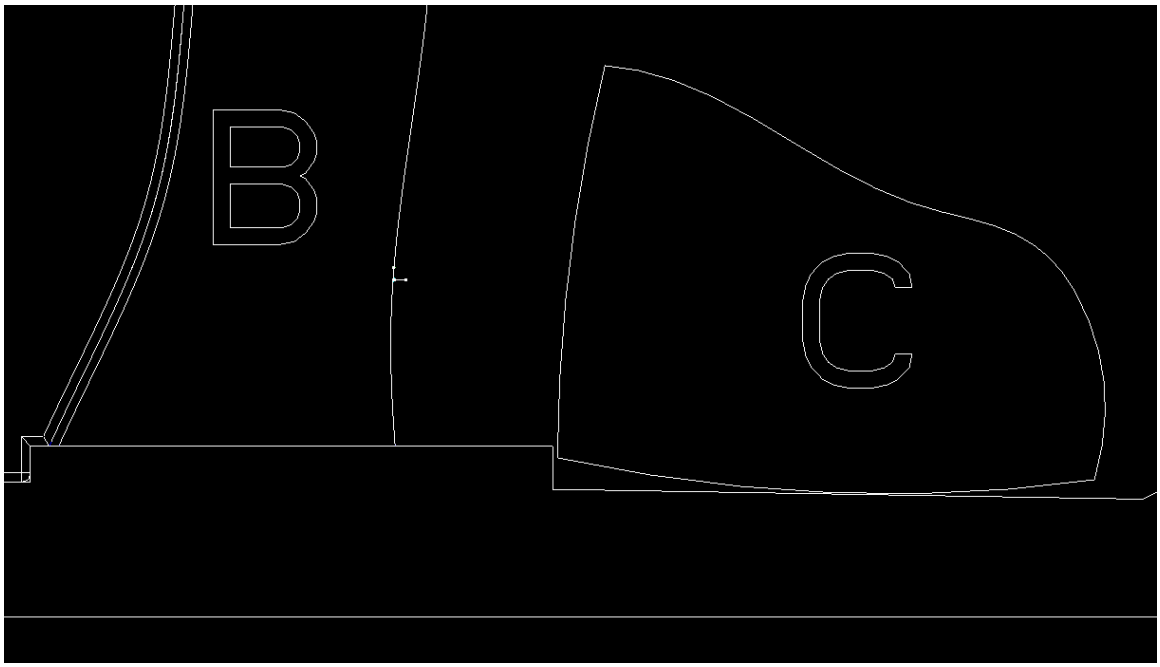

B

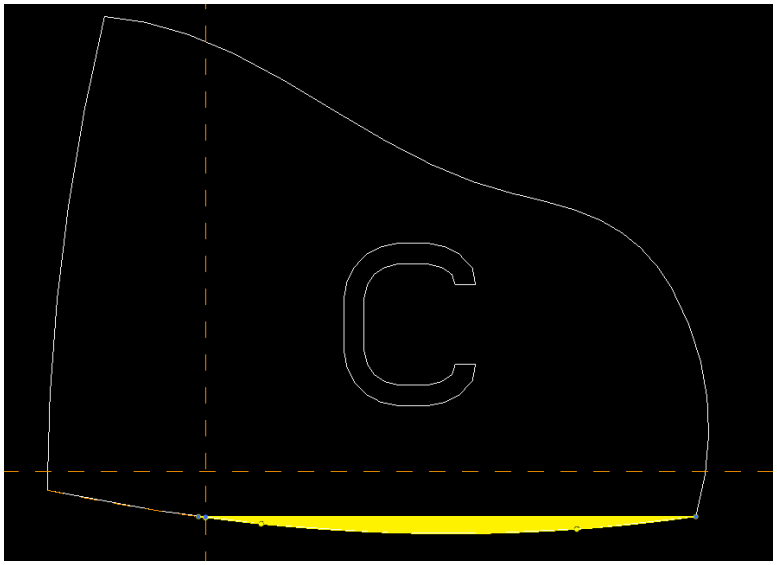

A
B

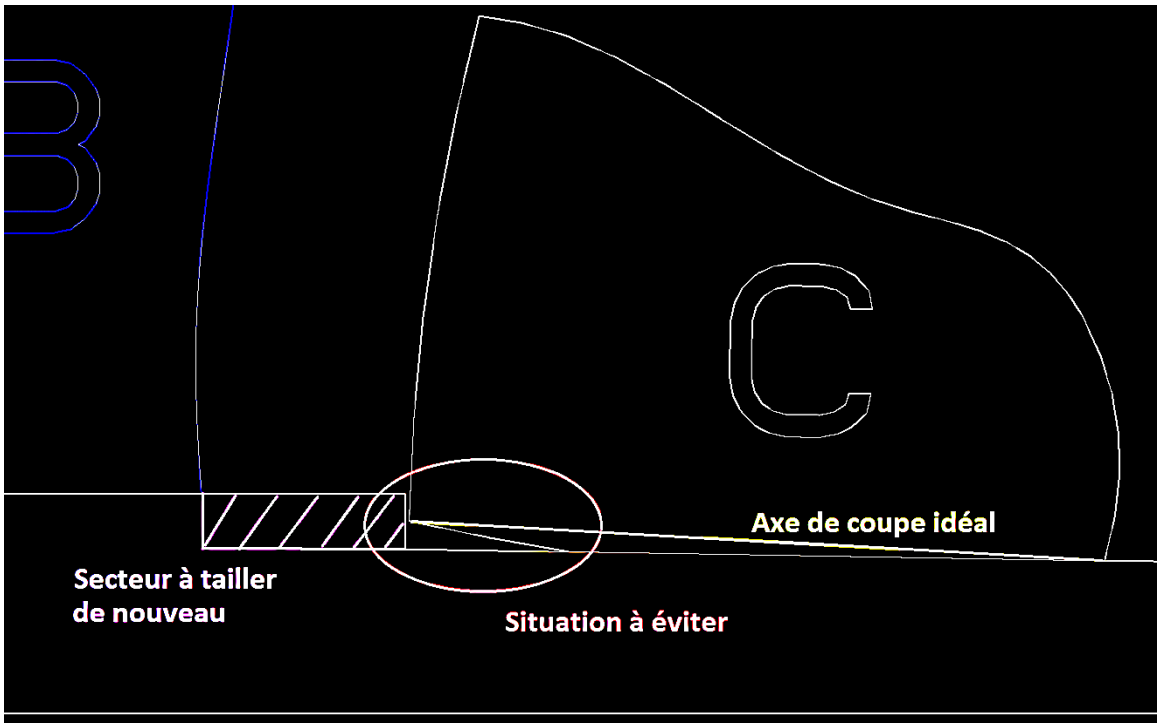

A
B
Offset à tailler (arbitraire où selon
l'outil utilisé pour mesurer)

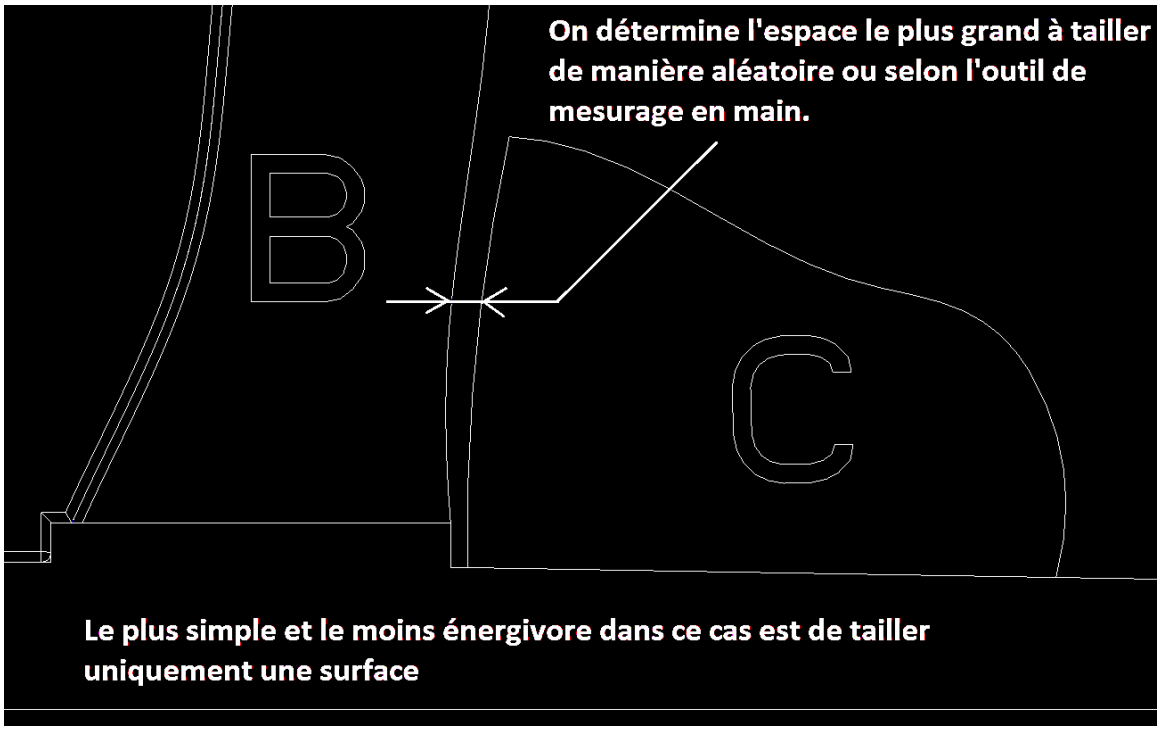

A
B

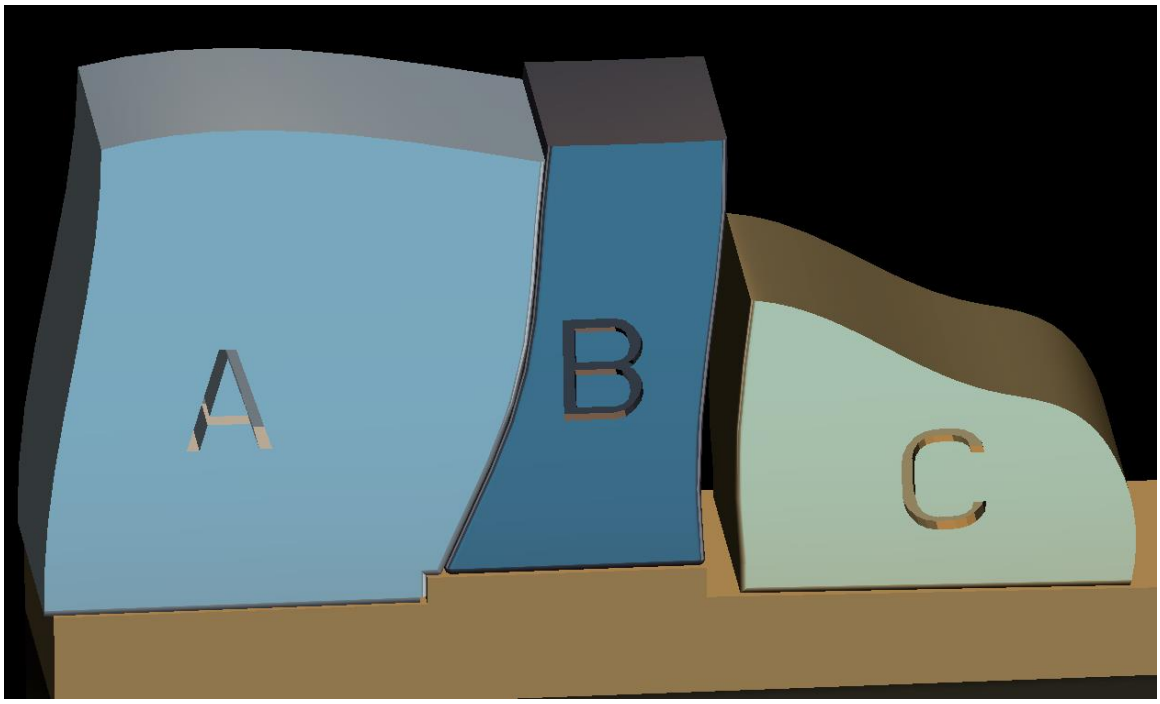

A
B

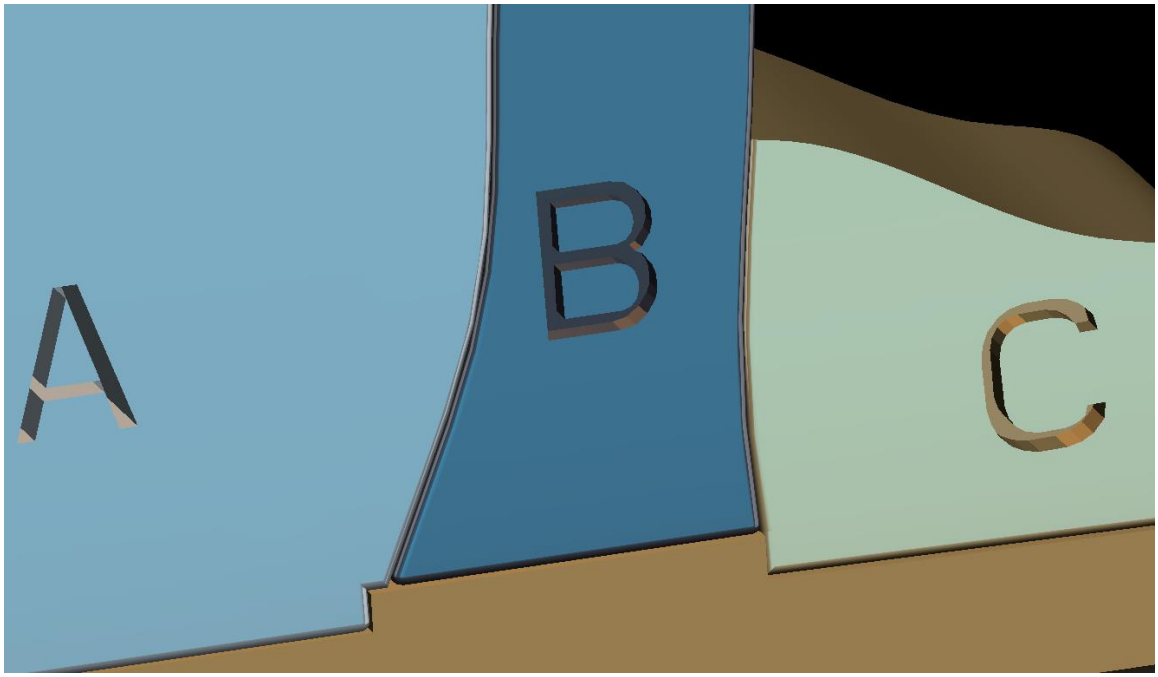

B
C

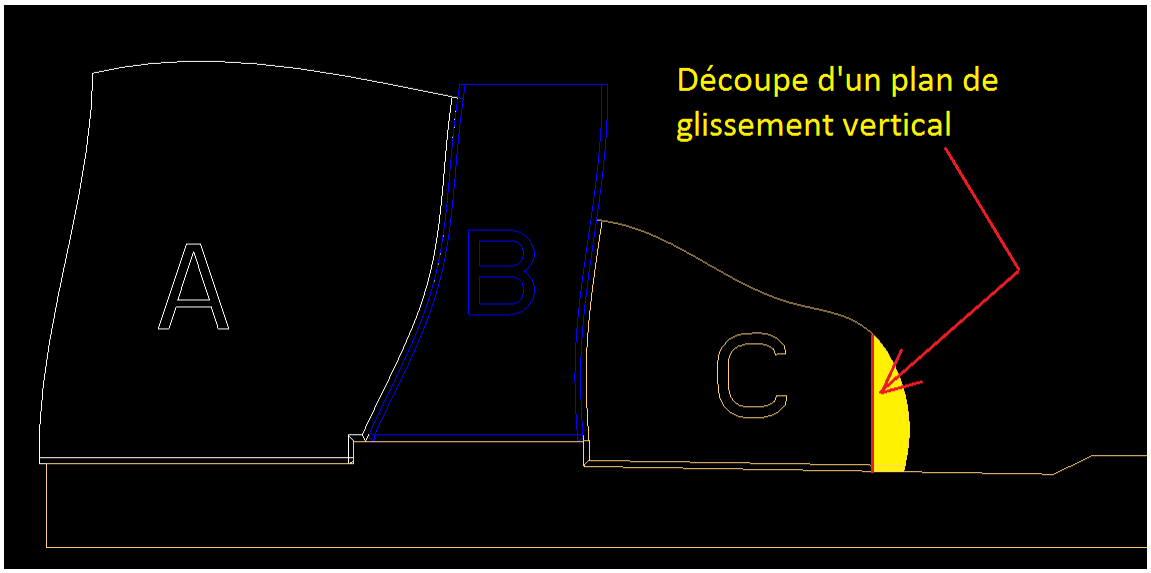

C


B
C
Axe de coupe idéal
Secteur à tailler
de nouveau
Situation à éviter

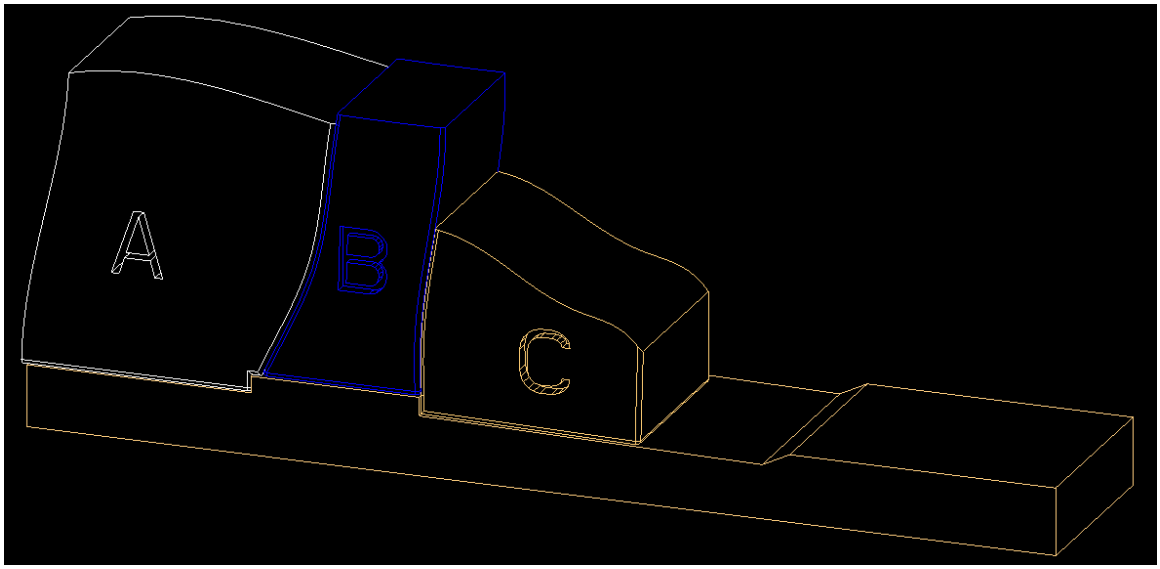

On détermine l'espace le plus grand à tailler de manière aléatoire ou selon l'outil de mesurage en main.
B
C
Le plus simple et le moins énergivore dans ce cas est de tailler uniquement une surface

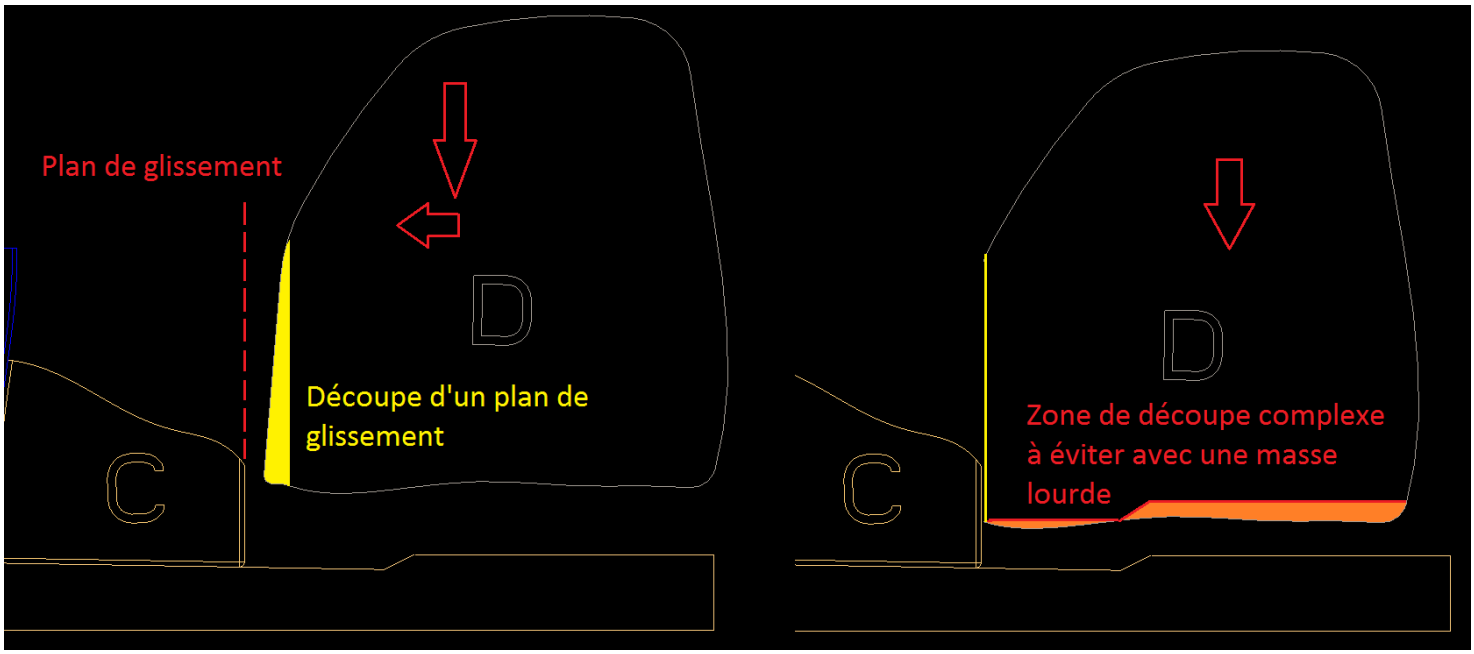

A
B
C

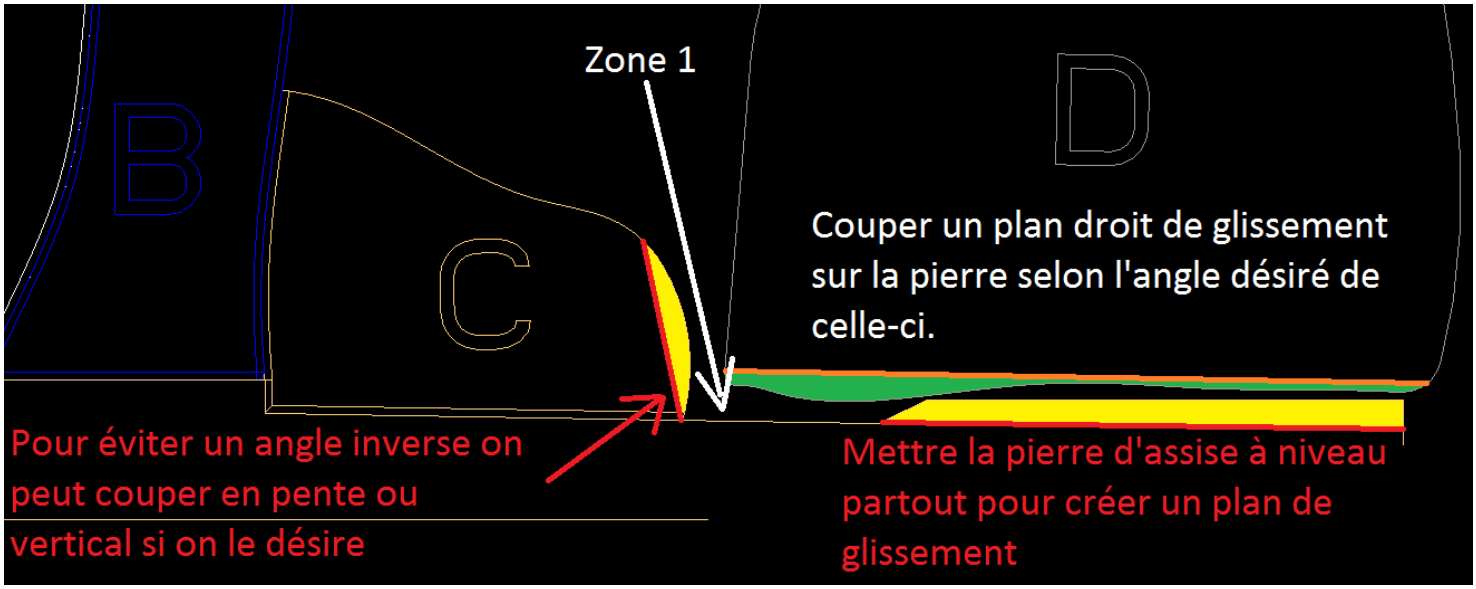

A
B
C




On peut tailler un plan de glisse vertical à droite du bloc C si on prévoit un assemblage de bloc vertical. Ce plan peut servir e plan de référence spatiale fin de pouvoir descendre le futur bloc D en place. Mais si on prévoit l'assemblage de blocs imposants et massif, la dernière chose que l'on veut c'est de devoir lever les blocs quelques fois pour les ajustements. Donc l'option la plus logique est de faire glisser les blocs sur des plans de glissements horizontaux ou légèrement inclinés. L'a perte d'énergie et de temps en est aussi minimisée.





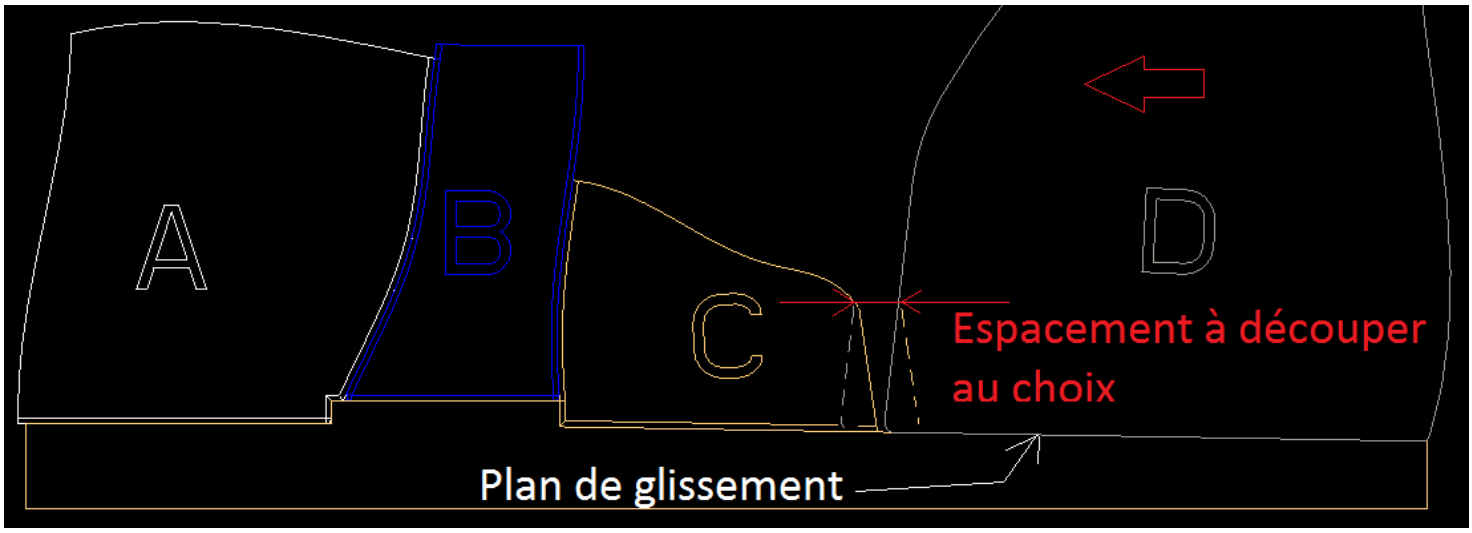




Tailler des surfaces planes pour un plan de glissement afin de déterminer le premier plan de découpe est la manière la plus simple selon moi d'amorcer l'assemblage. Le plan de glissement peut se faire séparément, c'est-à-dire que les deux blocs à joindre ne sont pas obligé d'être maintenue en place par des calles puisque inévitablement les bloc vont venir s'assoir les uns sur les autres.

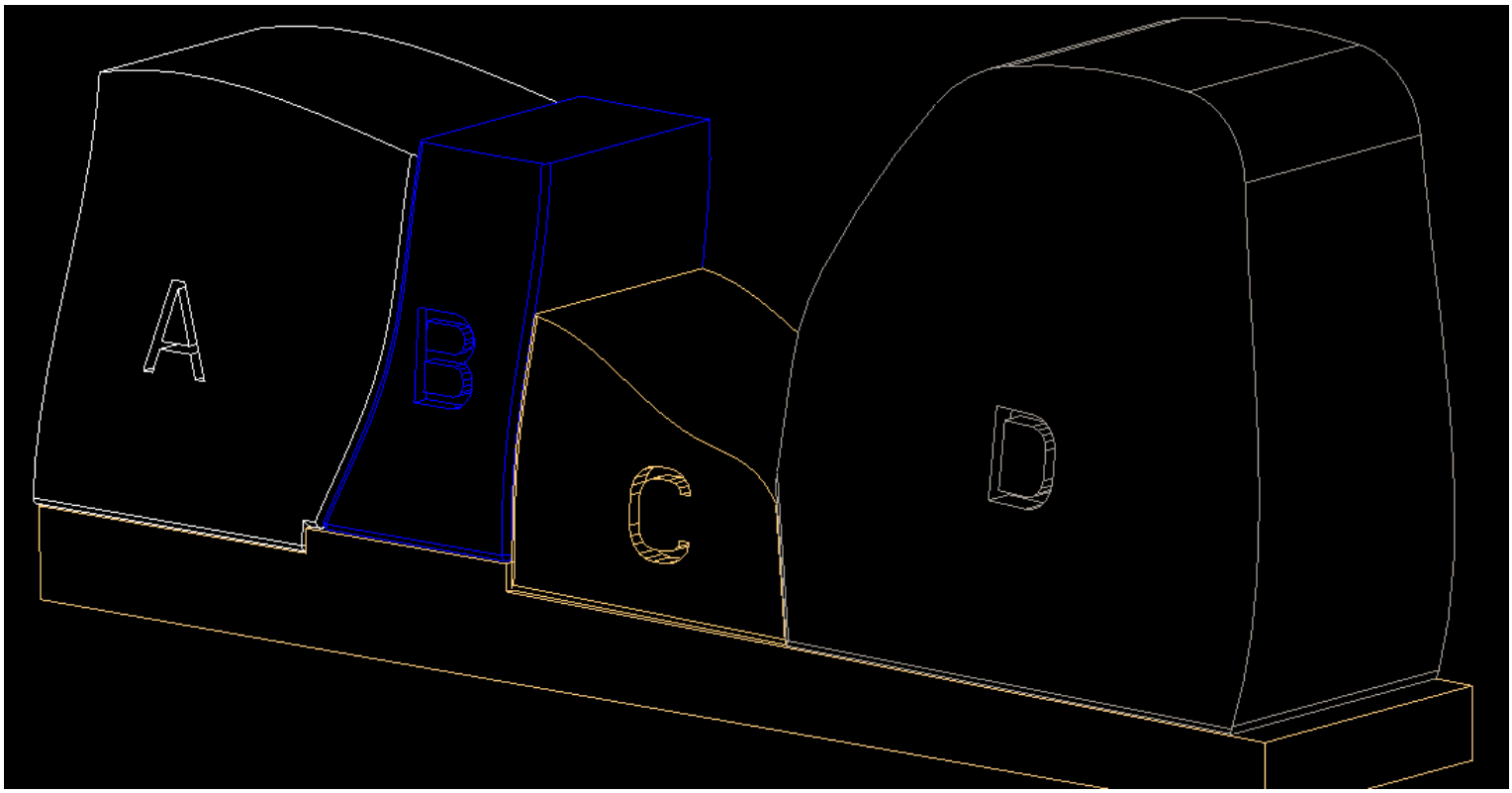
On doit éviter lors de la mise en place de blocs très massif d'assoir ces derniers sur de petits blocs et surtout minces comme dans la Zone 1 dans l'image précédente. La manipulation de blocs massifs, surtout avec la méthode de tenons de pierre (non représentés sur la simulation) peut amener des chocs entre les blocs et causer la fissuration de pièces en dessous.

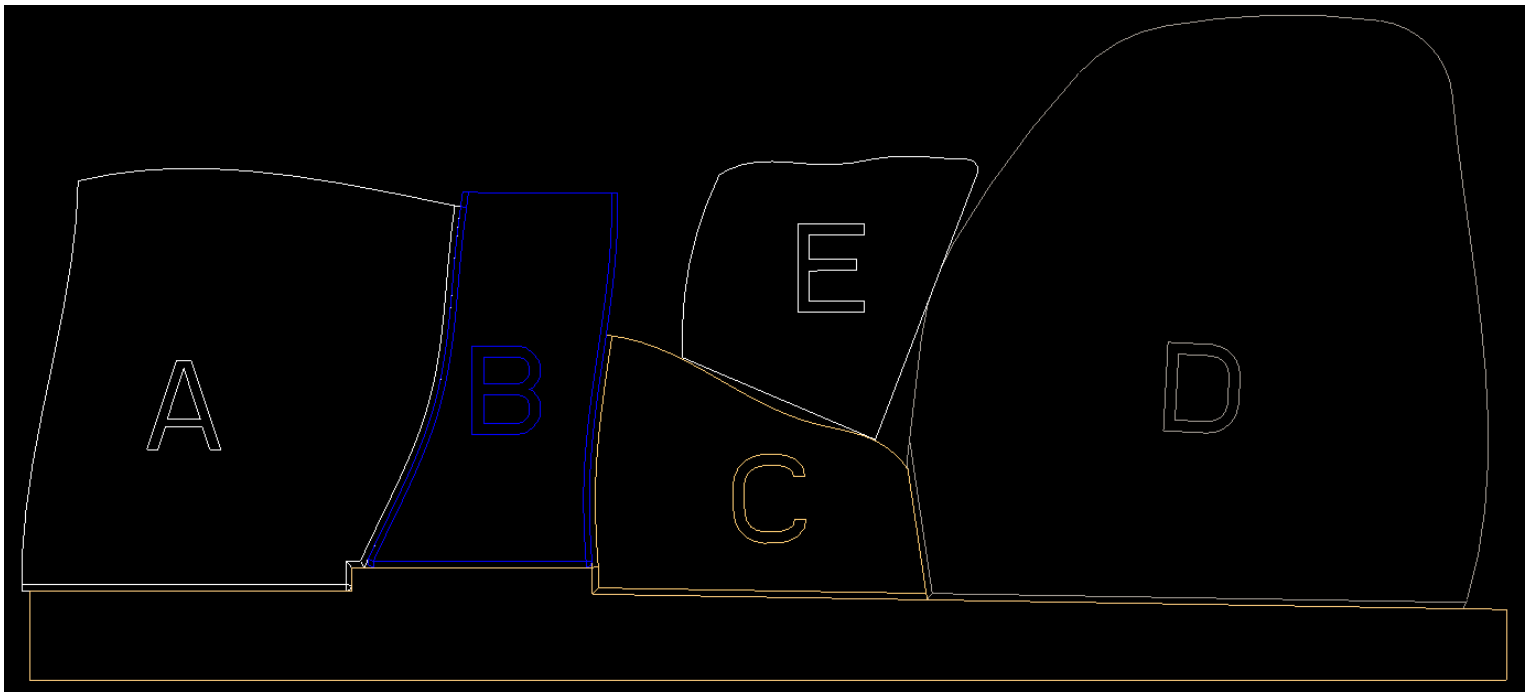
On remarque que sur la photo suivante par exemple qu'il n'y a pas de petits blocs sous les gros et que les plans d'assemblage et de glissement privilégiés pour ces blocs sont principalement à l'horizontaux en dessous et verticaux ou légèrement inclinés sur les côtés.

Photos by Leonardo Conde (Google Earth)

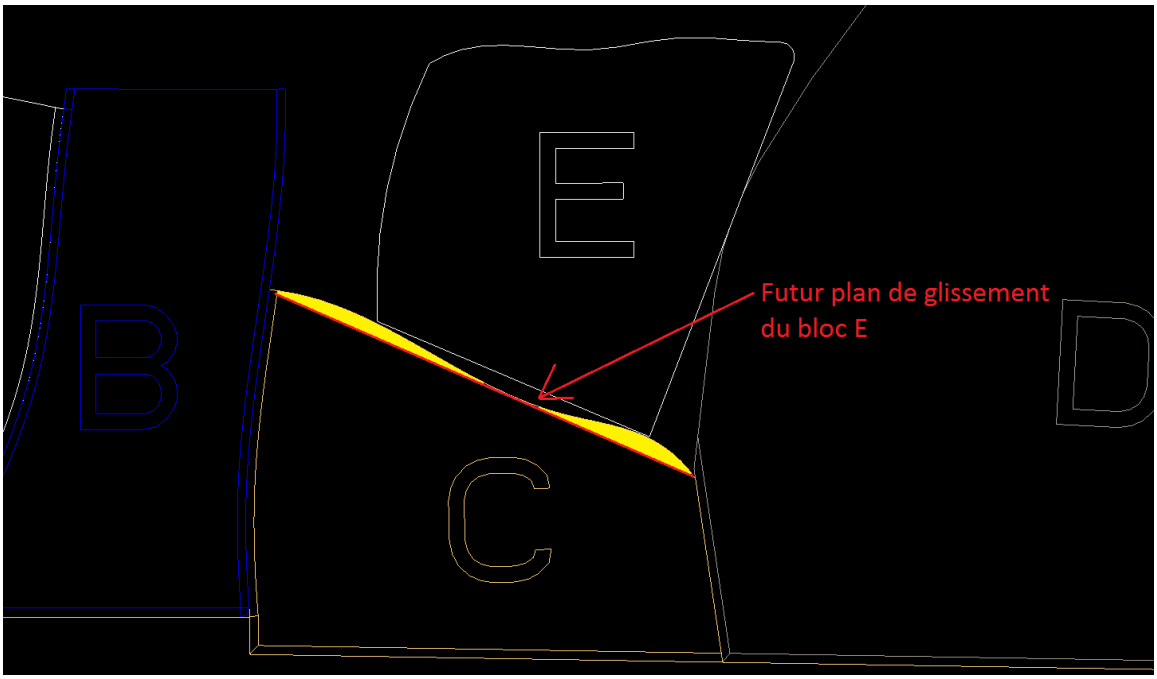


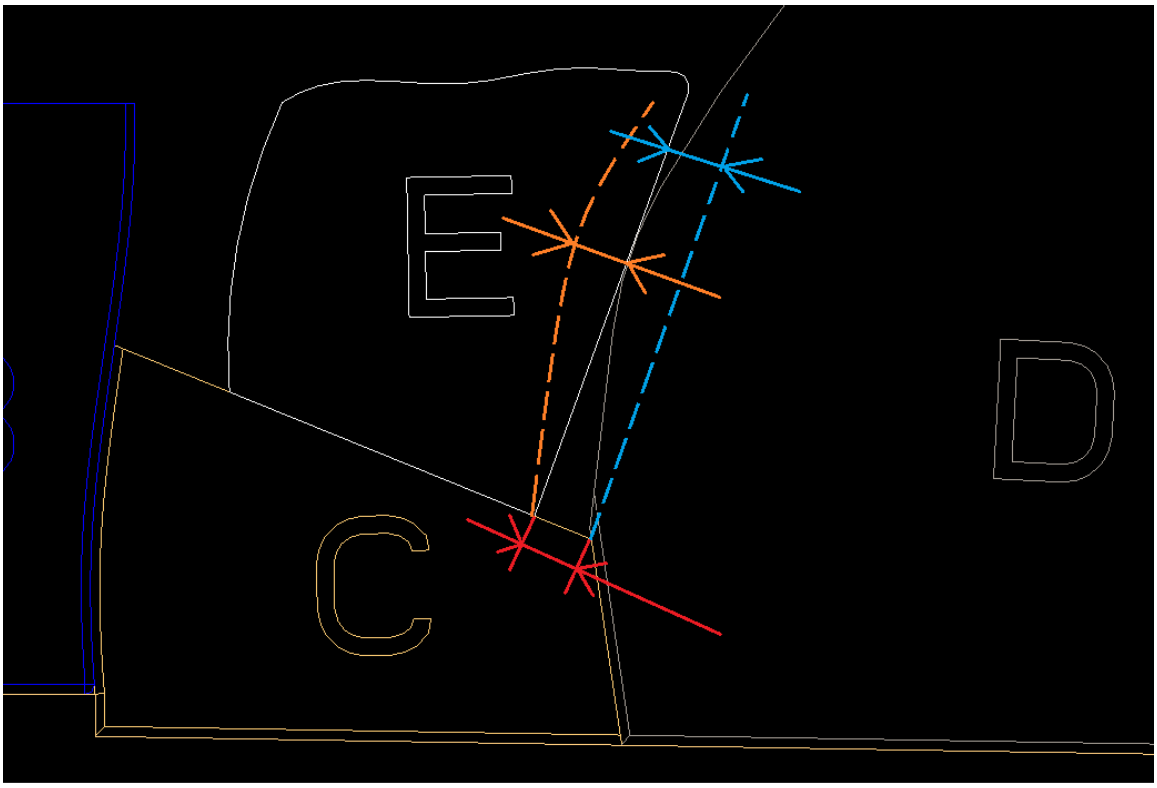

La zone de découpe peut être entièrement sur le bloc C ou encore uniquement sur le bloc D ou encore un profil de découpe compris entre les deux.



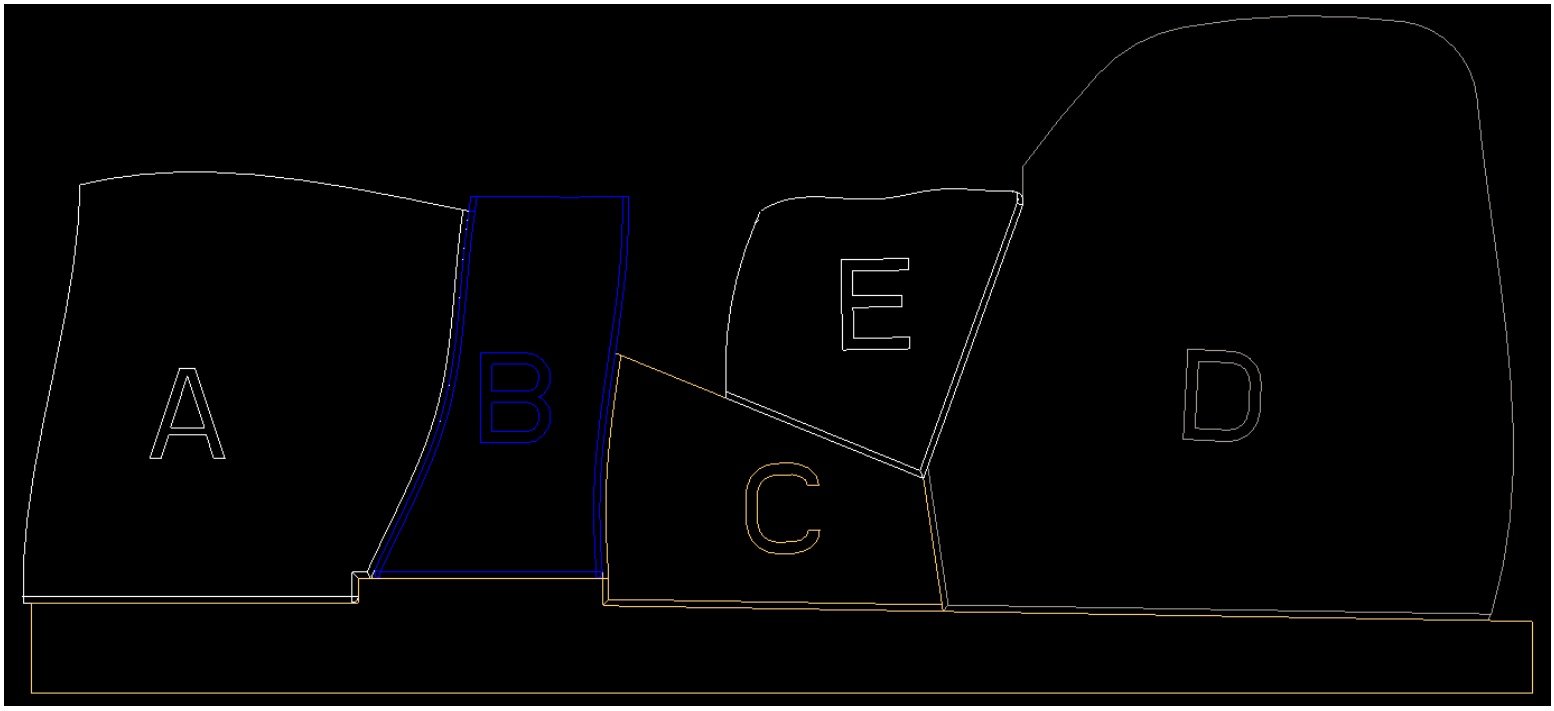



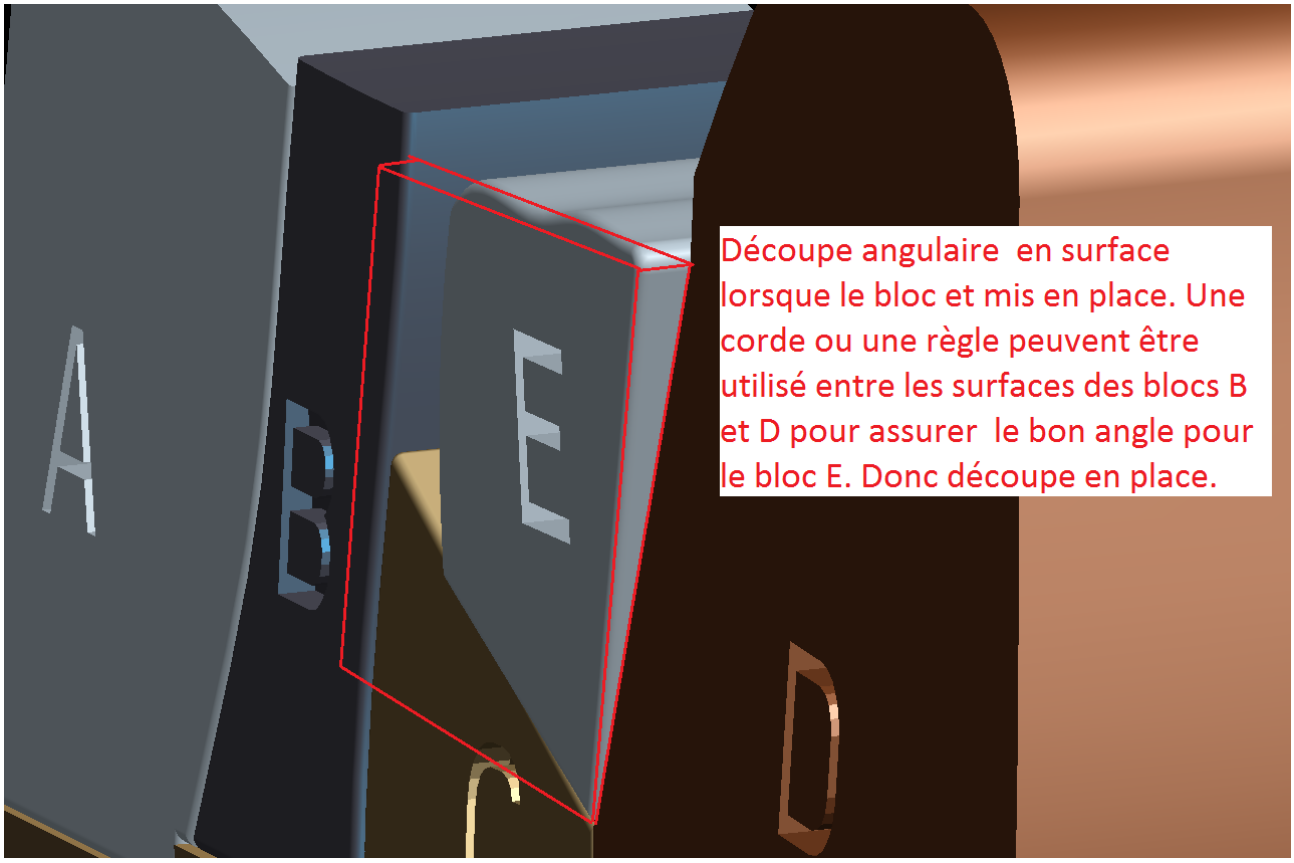

D’un point de vue énergétique, il et fort à parier que le moyen le plus simple et économe est d’utiliser la surface supérieure du bloc C, une fois rectifié comme plans de glissage du Bloc E vers le Bloc D. De là l’application du plans de découpe cartésien incliné est de mise.

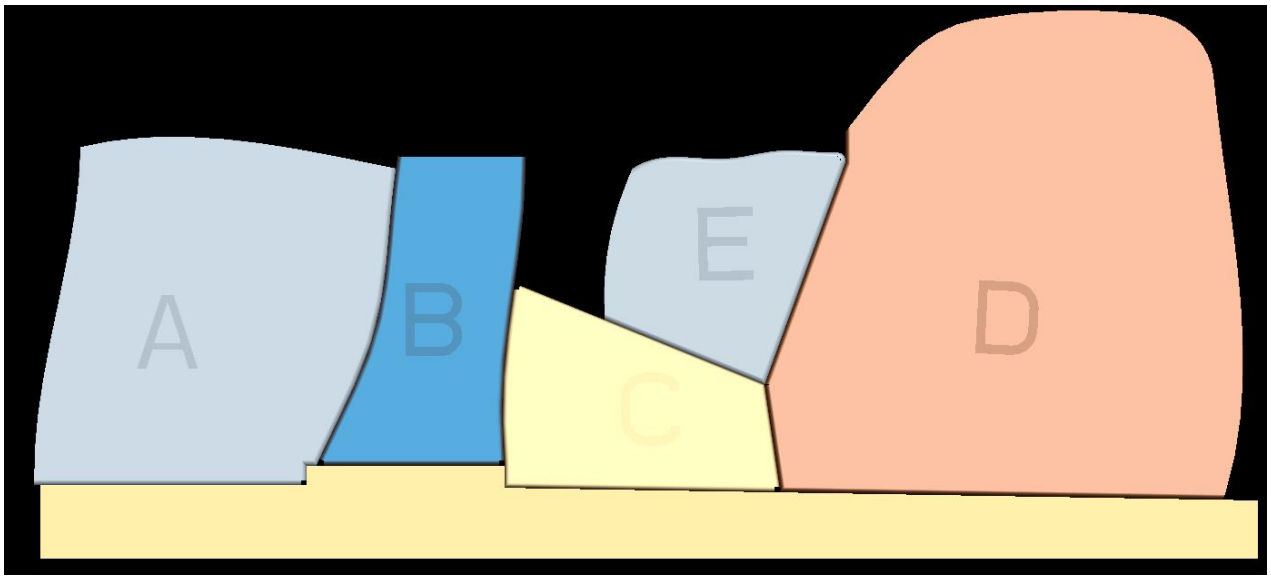


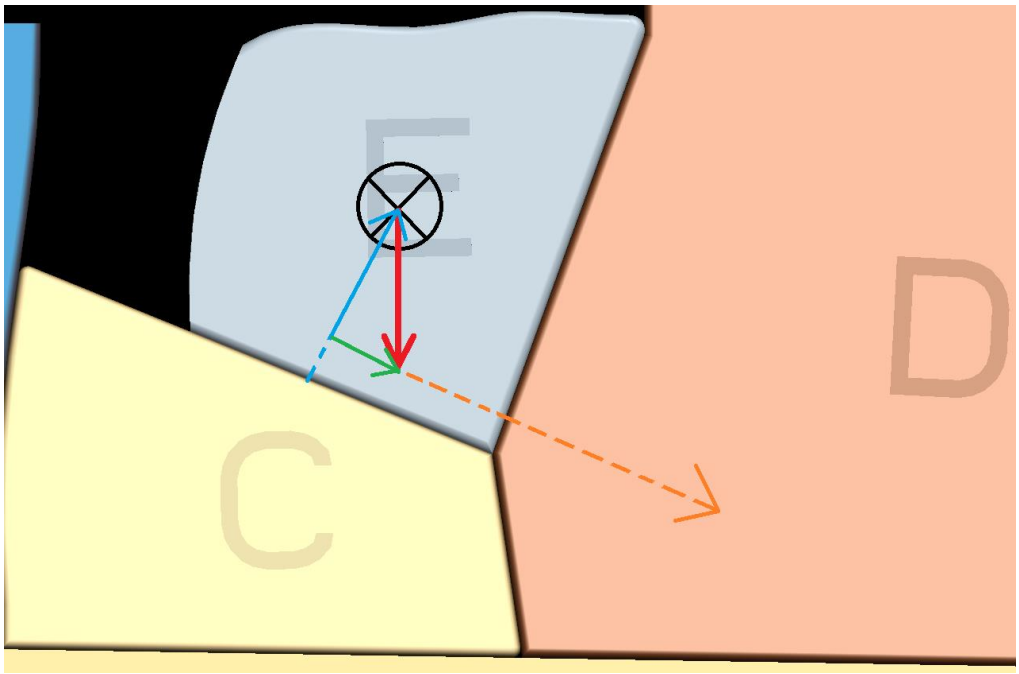

Une calle peut être utilisée entre le bloc E et D afin de maintenir le bloc en place et éviter qu'il bouge lors de la découpe.


A
B
C
E
D


A
B
E
C
D
Découpe angulaire en surface lorsque le bloc et mis en place. Une corde ou une règle peuvent être utilisé entre les surfaces des blocs B et D pour assurer le bon angle pour le bloc E. Donc découpe en place.

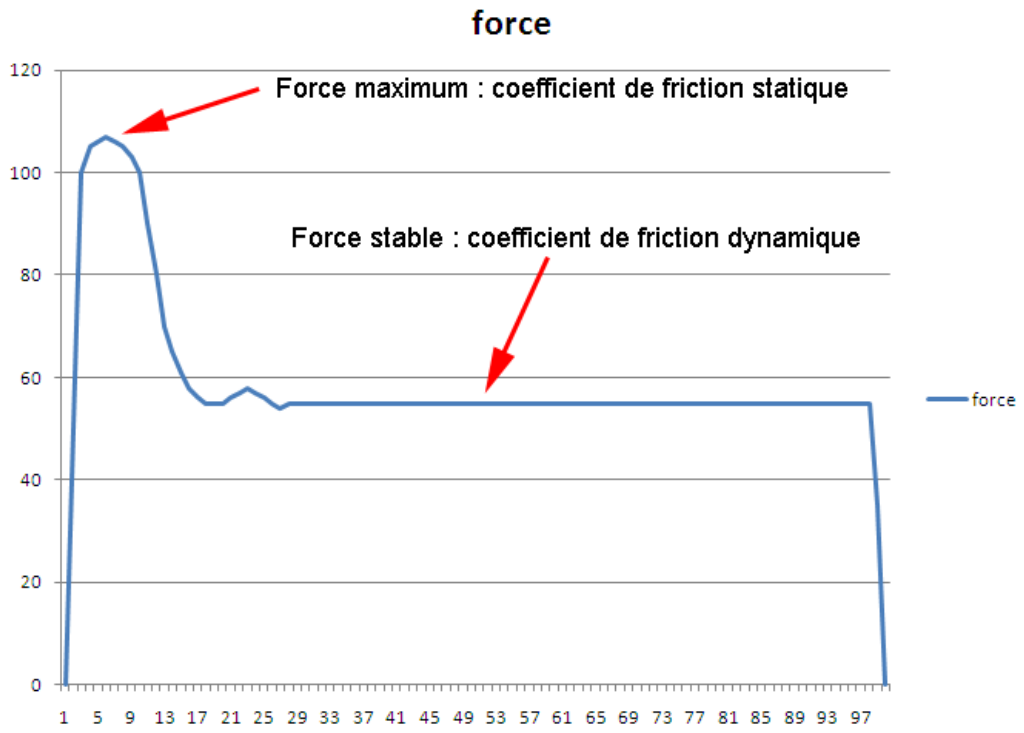



Logiquement le plan incliné sous le bloc E est un plan exagéré mais plausible. Le but premier de cet assemblage est de montrer la faisabilité de l'assemblage de pièces complexes. Il va de soi que la gravité lors qu'un plan de glissement est trop élevés peut créer une ou des poussées sur les blocs adjacents inférieurs. Dans l'image suivante, la force de poussée est représentée par la flèche verte.




Donc d'un point de vue sismique, les blocs se doivent absolument d'être dans une position stable sur des plans le plus horizontal que possible afin de minimiser les forces de poussée qui peuvent être accentuées lors dès que la vibration est assez grande pour dépasser la force

maximale statique de friction pour ensuite glisser selon le coefficient dynamique de friction, étant plus faible.




http://www.bing.com/images/search?q=coefficient+de+frottement&view=detailv2&&id=DE04BA790A63185FFD66A3051D24158BA600E46B&selectedIndex=27&ccid=XCEdXV%2fM&simid=608007593007255127&thid=OIP.M5c211d5d5fcc6a51bcfa6366607abf47o0&ajaxhist=0

L'image suivante montre mon point de vue sur la logique d'assemblage de blocs si on ne regarde que cette section de ce mur. Bien entendu, la logique globale et la numérotation change dans une perspective globale de la construction, mais le but est simplement de démontrer des plans de glissement et d'assemblage qui sautent aux yeux. La partie inférieure du premier rang numéroté constitue aussi une logique d'assemblage, mais on remarque que comme les blocs de tailles plus imposantes posés plus haut, ces derniers possèdent des surfaces taillés une fois mis en place de sorte à offrir des plans d'assemblage et/ou de glissement. Le principe est là!

Certains plans d'assemblage semblent droits mais en réalité sont courbes et ne sont pas en réalité des plans de glissement.

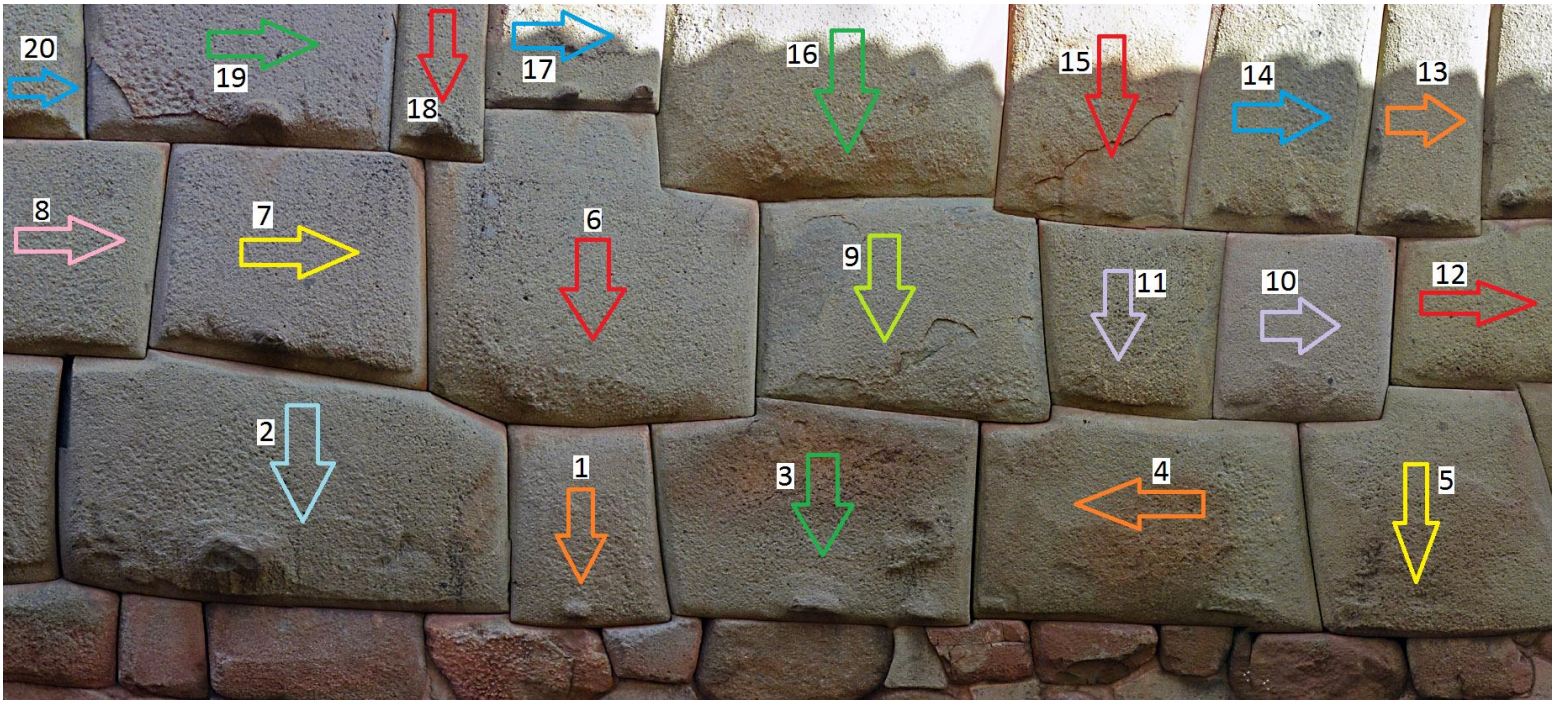
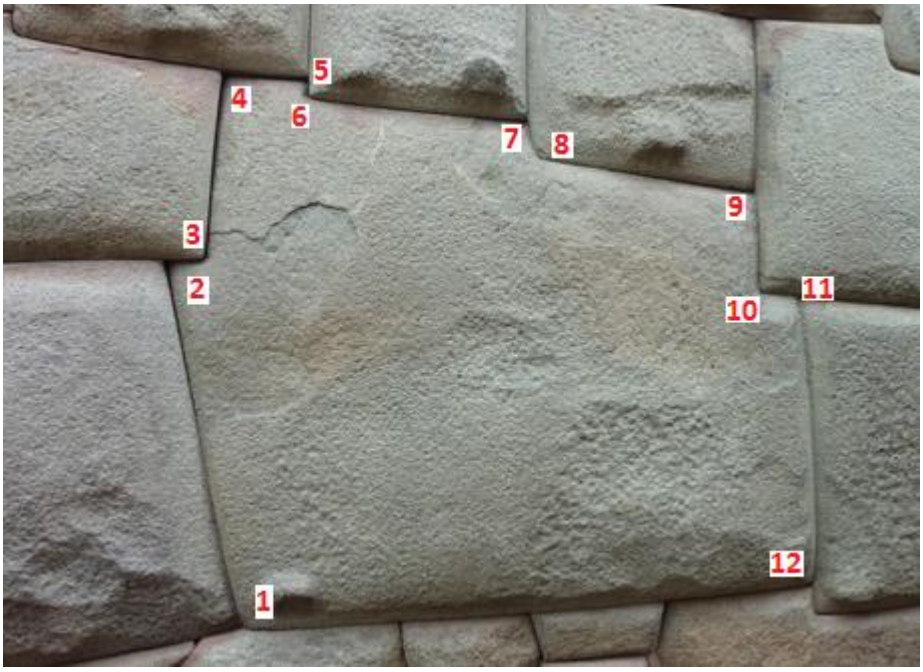


Image Google modifiée (Yeap 31160)

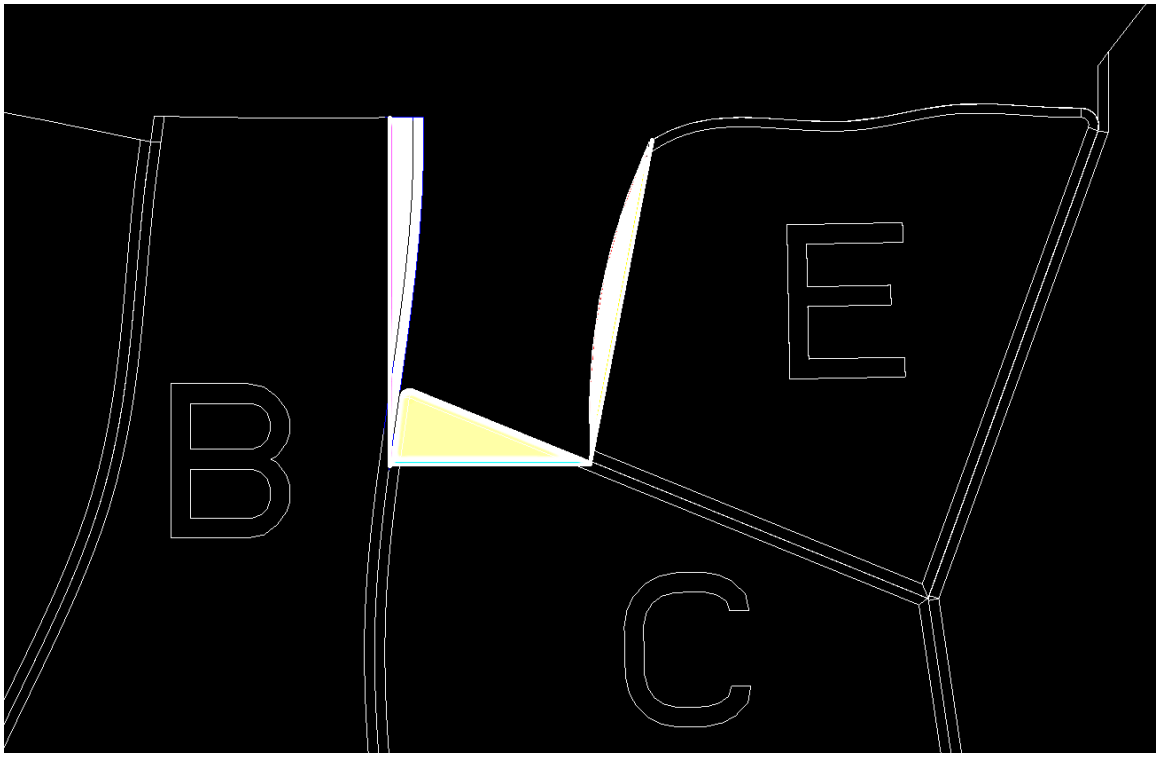
Dans l'image précédente, en fait le bloc 1 et deux peuvent être inversés dans l'ordre d'installation de blocs.

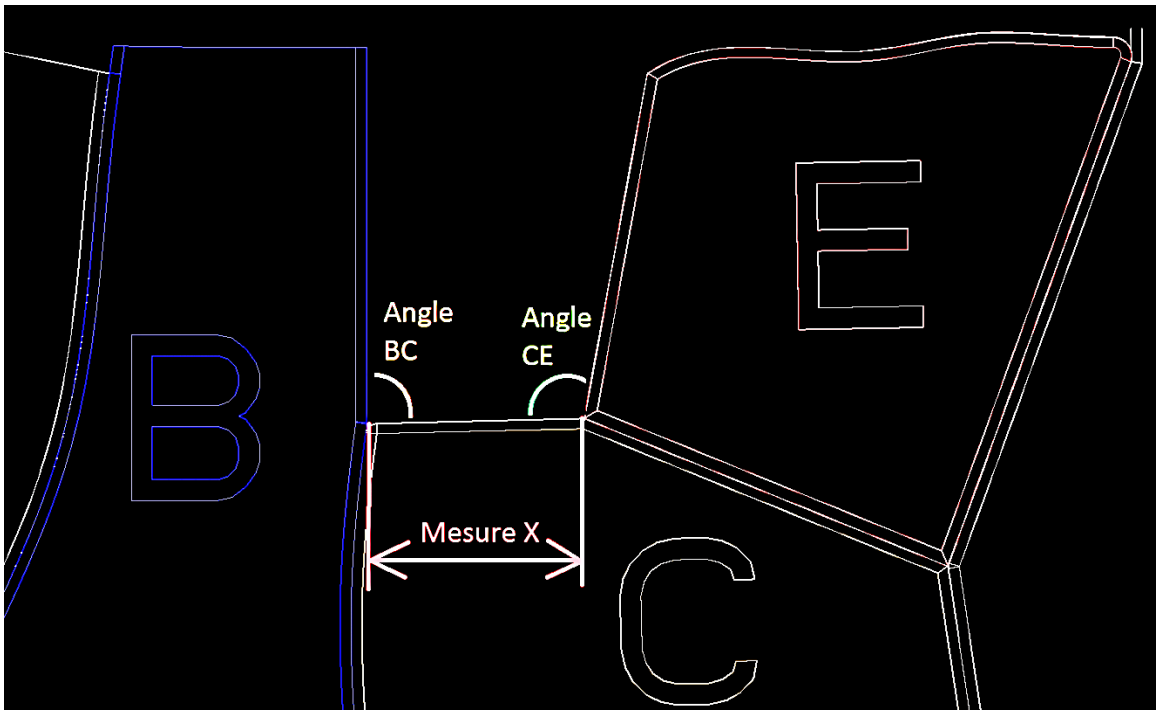
Cette approche de mouvement de blocs selon des plans de glissements explique bien le fait que l'on puisse retrouver un bloc avec 12 surfaces taillées l'une après l'autre selon la logique d'assemblage comme sur la photo suivante.



**http://bluesy.eklablog.com/cuzco-perou-a108300474**

Mais revenons à la simulation d'assemblage par ordinateur qui permet à figurer les méthodes de taille et de mise en place.

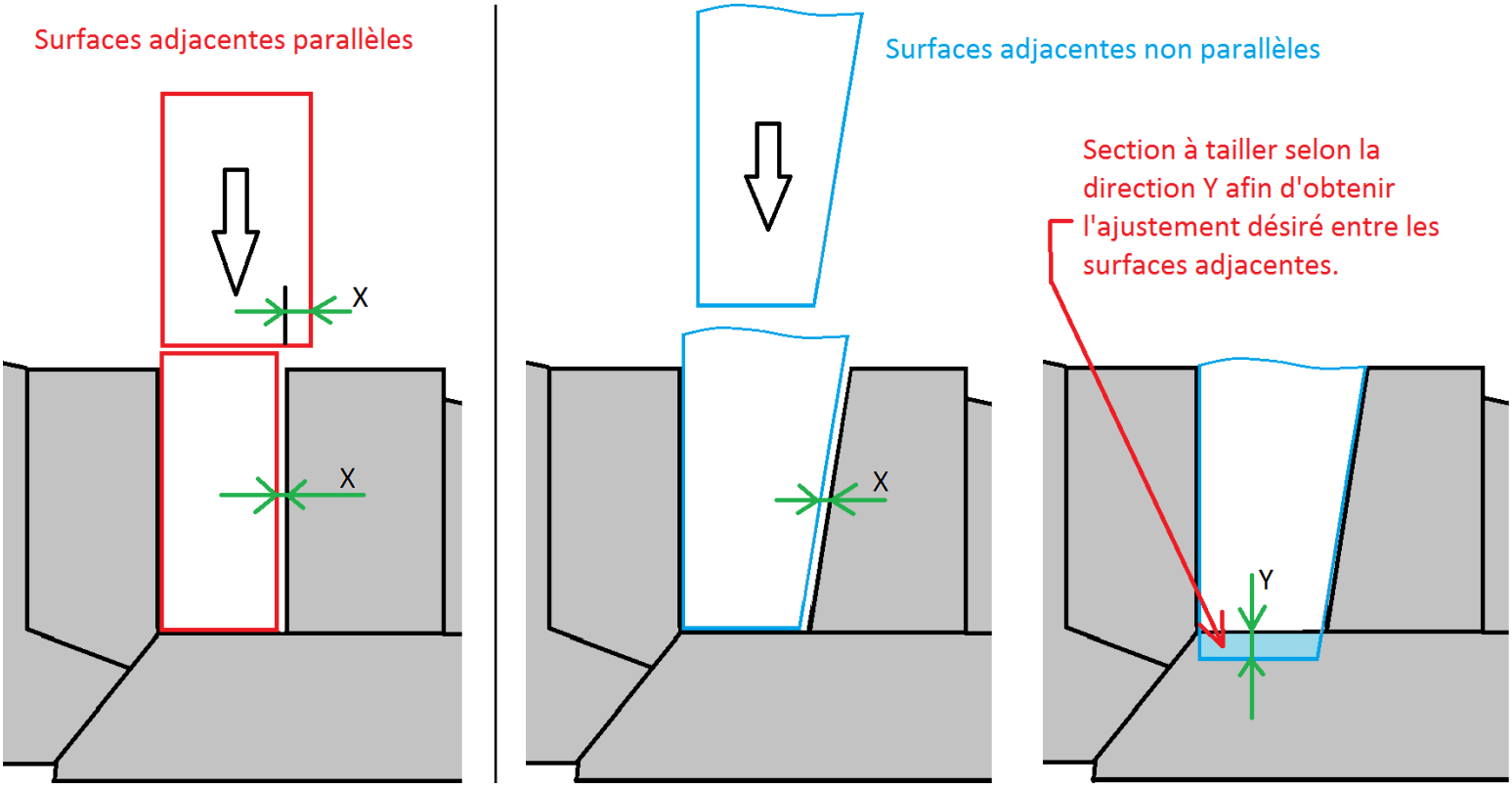


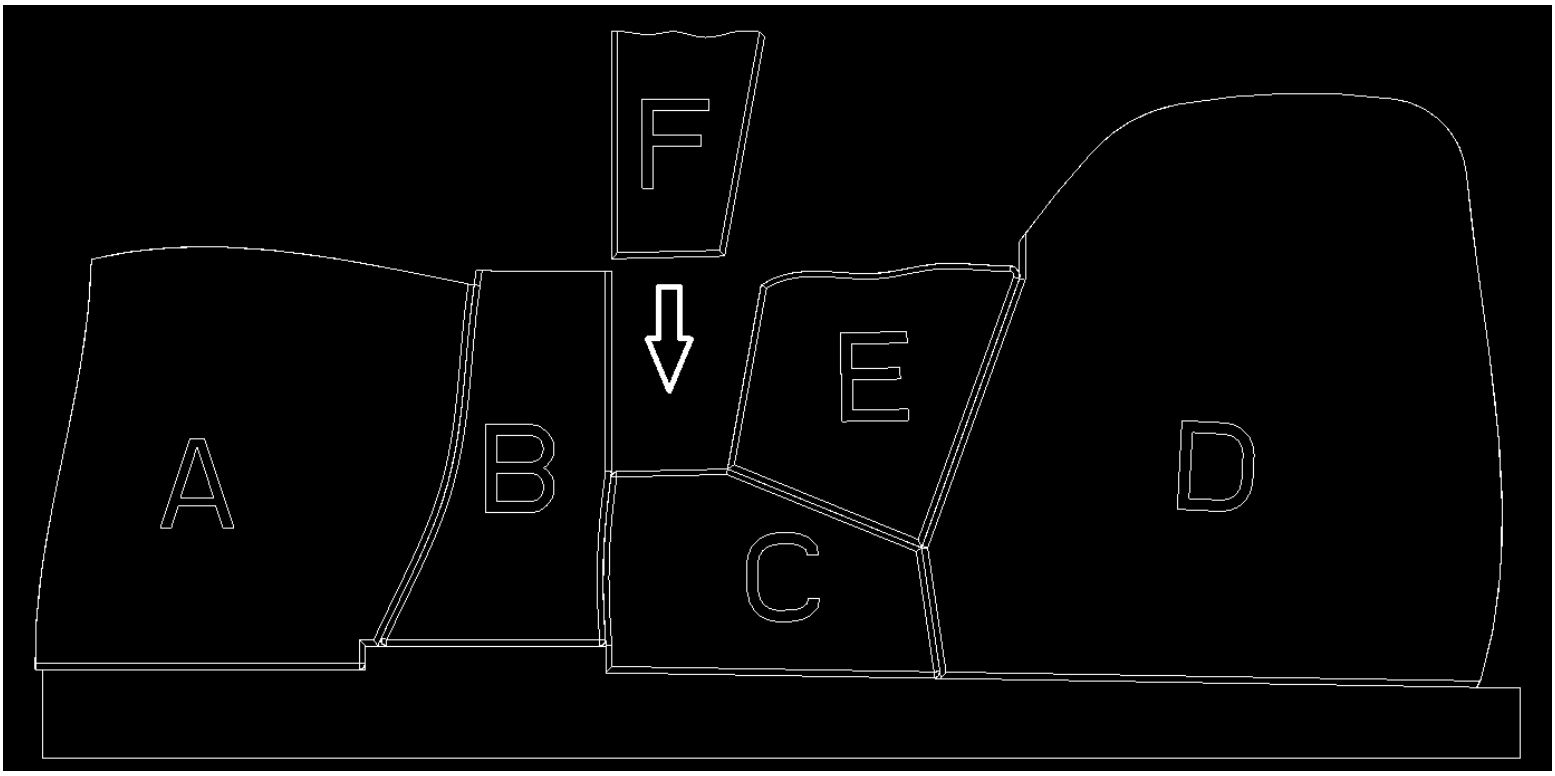



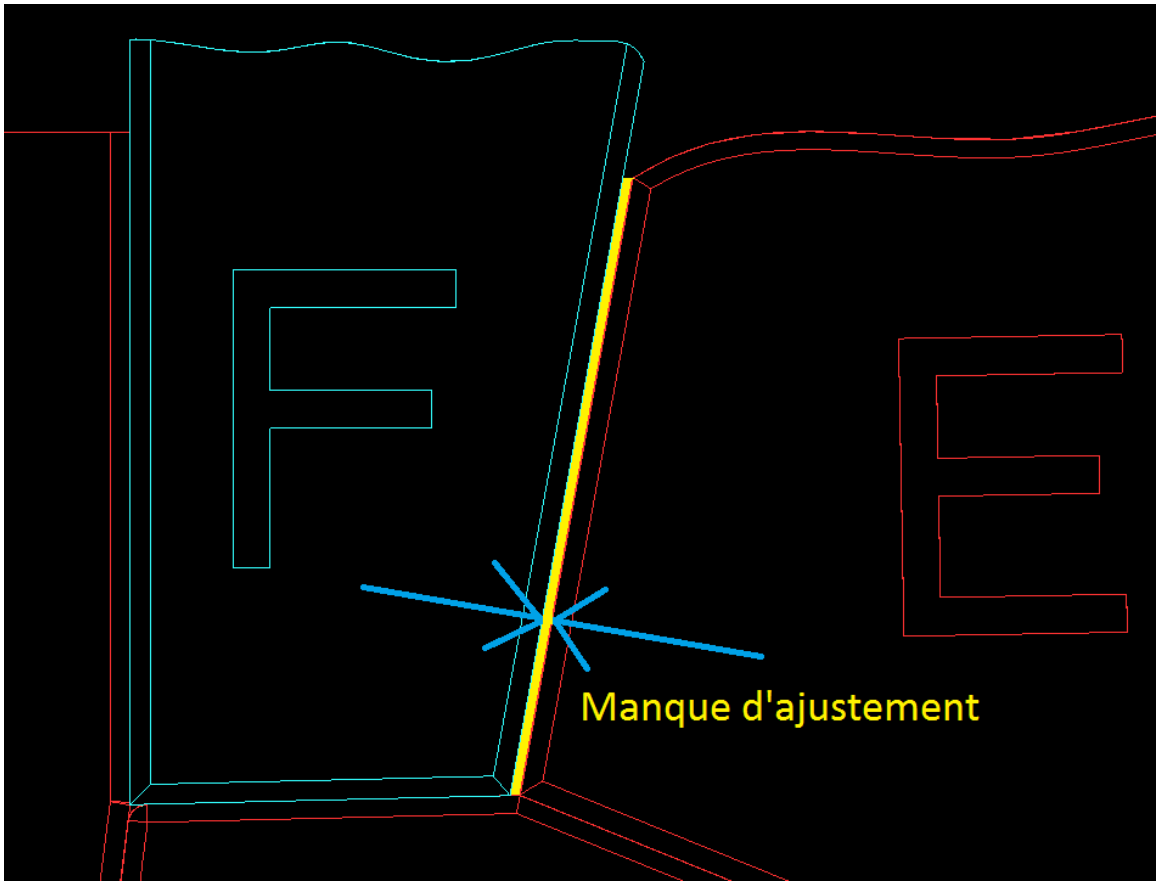

Le positionnement vertical selon moi est plus simple avec un angle ouvert vers le haut qu'à travers deux surfaces planes parallèles. Dans le cas de telles surfaces parallèles la

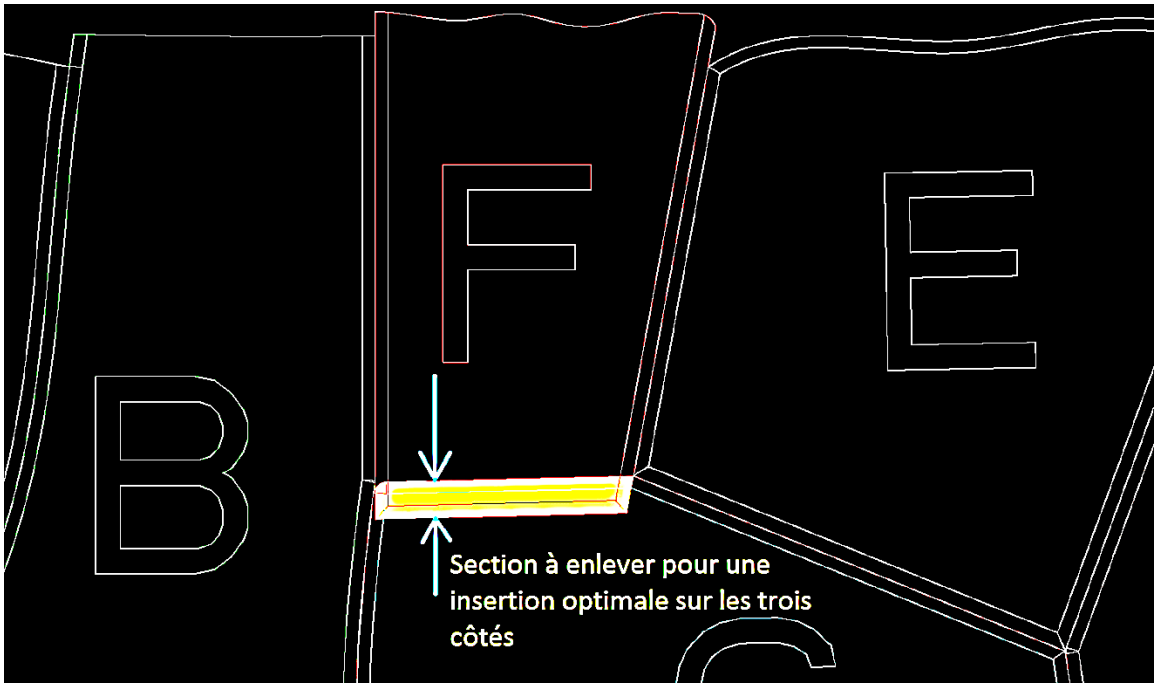
marge d'erreur est très faible en ce sens où si le bloc dépasse la mesure X de largeur par exemple, le bloc n'entre tout simplement pas  dans la cavité prévue. À l'inverse, si le bloc et taillé trop mince (x), il n'y a plus moyen d'ajuster le serrage entre les blocs. L'insertion verticale de blocs entre eux autres bloc sur le ''même'' plan d'assemblage, d'après les photos qu'il m'a été donné de voir sur Internet sont toutes constituées de plans non parallèles.  Cela n'exclue en rien la forte probabilité de  l'existence de blocs aux surfaces parallèles, mais dans ce cas il est peu probable que ces blocs ont été insérés à la verticale entre deux autres blocs.

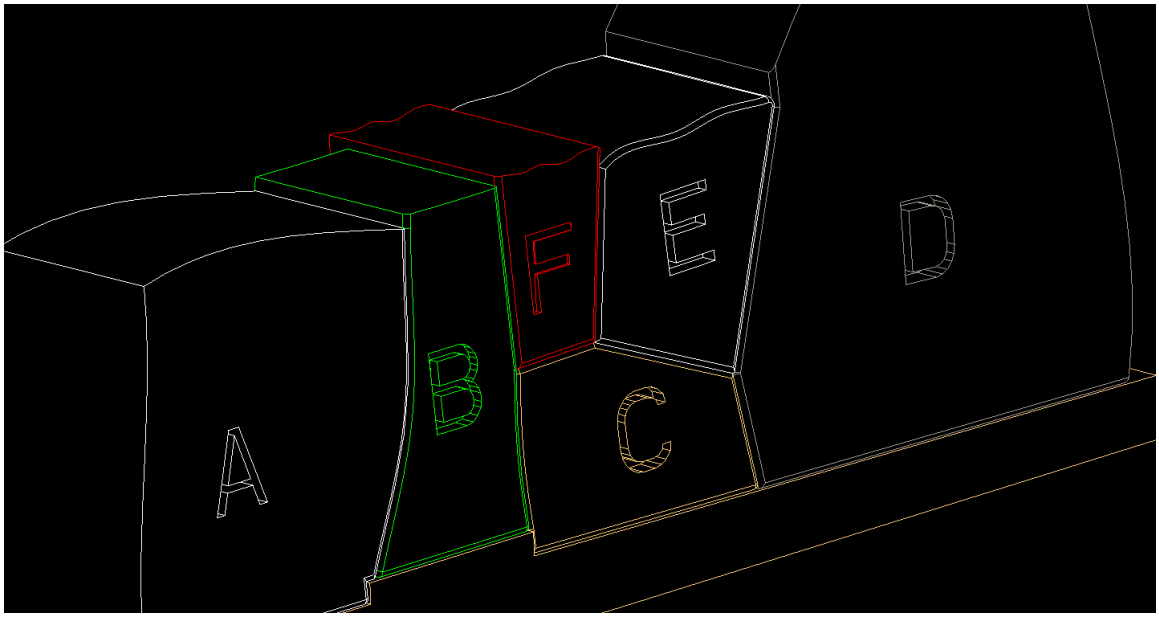
L'avantage d'insérer à la verticale (ou légèrement incliné) avec un des surfaces non parallèles permet en ajustant seulement la coupe verticale d'ajuster le serrage.

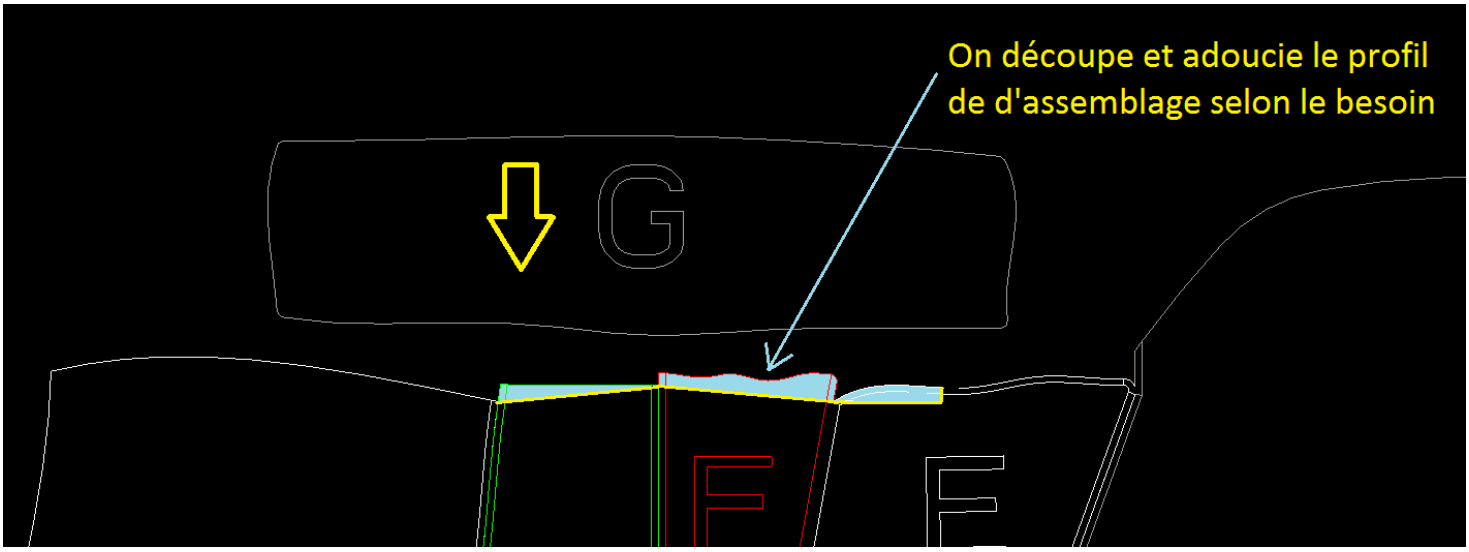



F
A
B
E
D
C

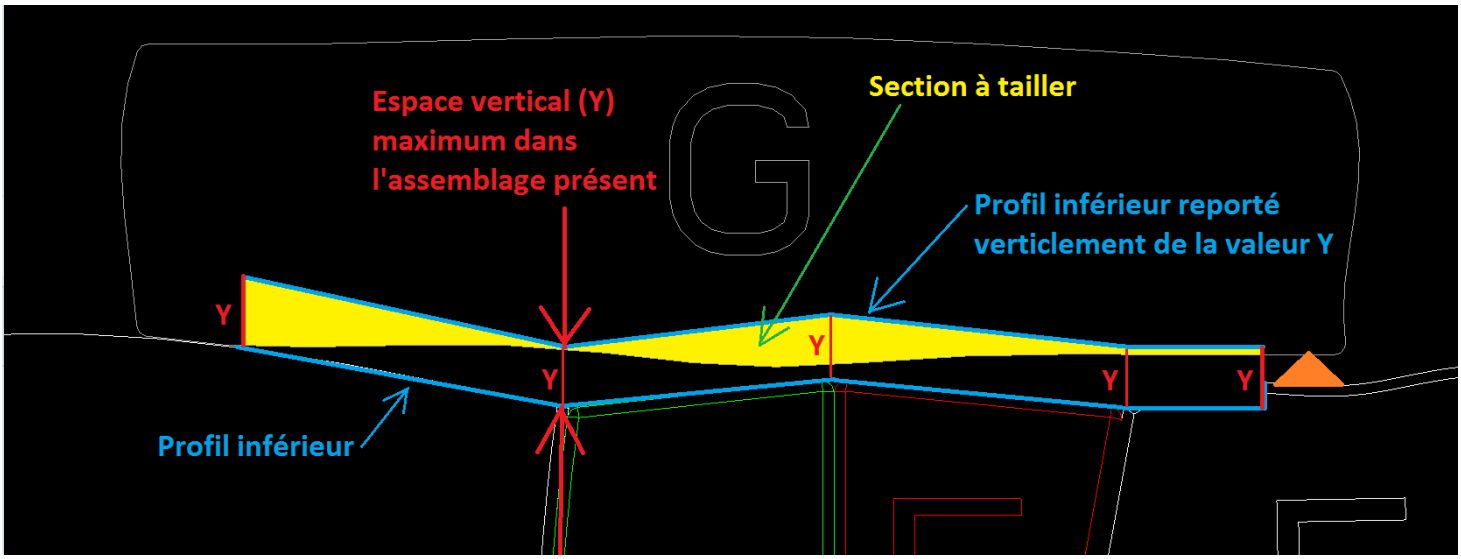

F
E
Manque d'ajustement

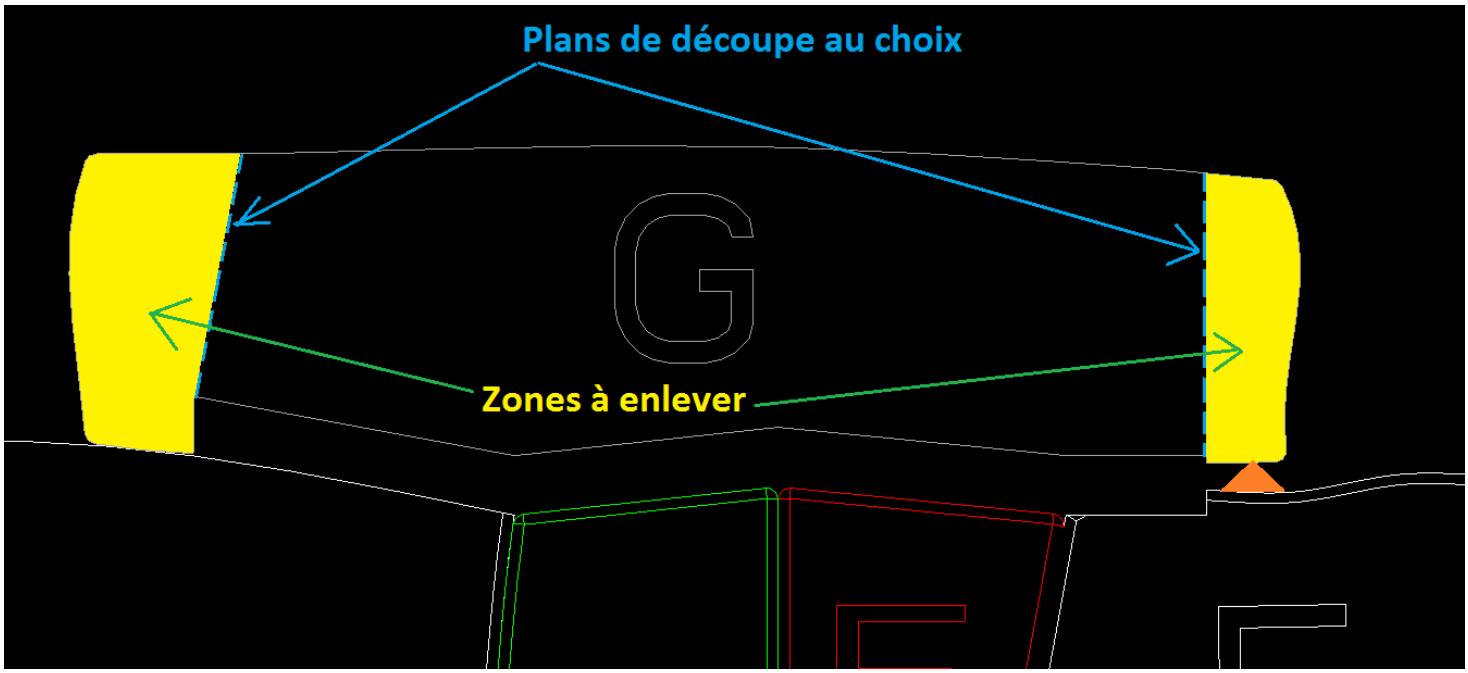

B
F
E
Section à enlever pour une insertion optimale sur les trois côtés


A
B
F
E
C
D

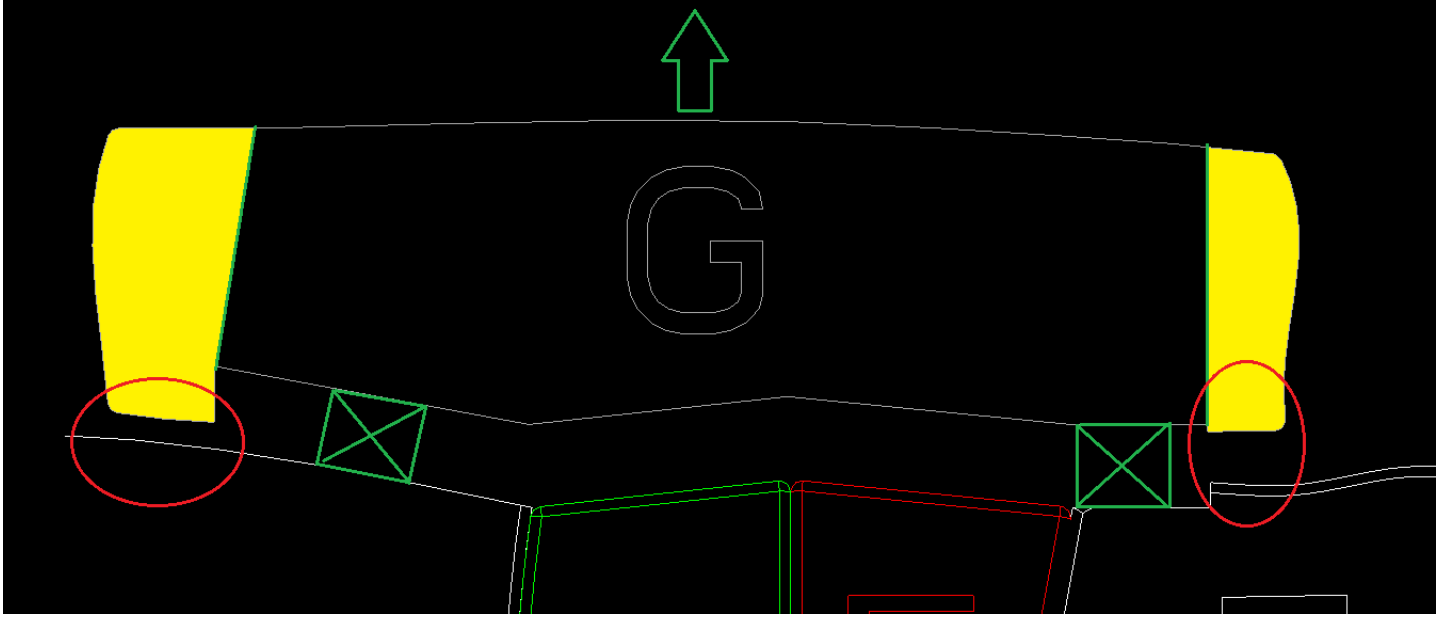

On découpe et adoucie le profil
de d'assemblage selon le besoin
G
F
F

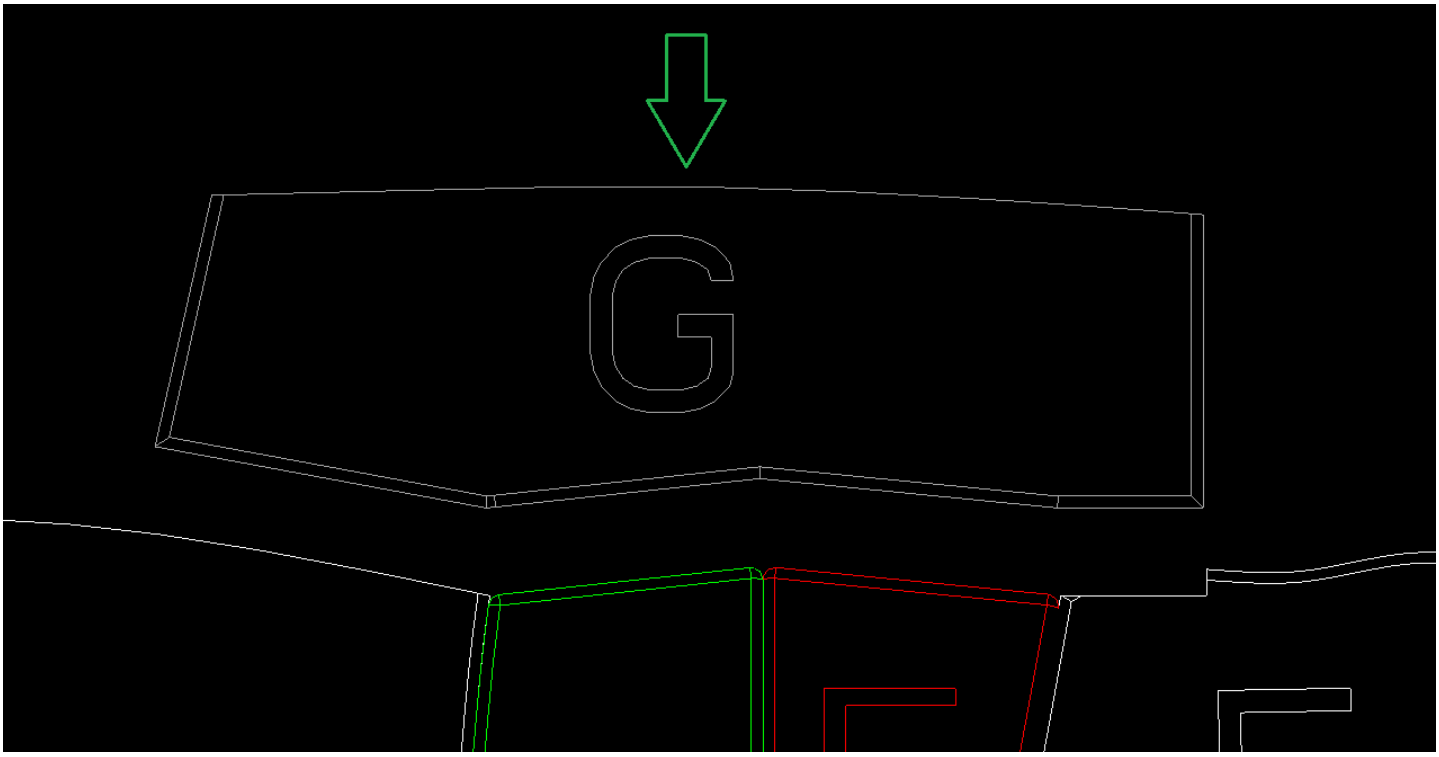
On dépose le bloc G dans la position désirée sur ses extrémités directement sur les blocs inférieurs ou sur des calles (bois, pierre ou autre) de sorte à libérer la zone à tailler sous le bloc G
G

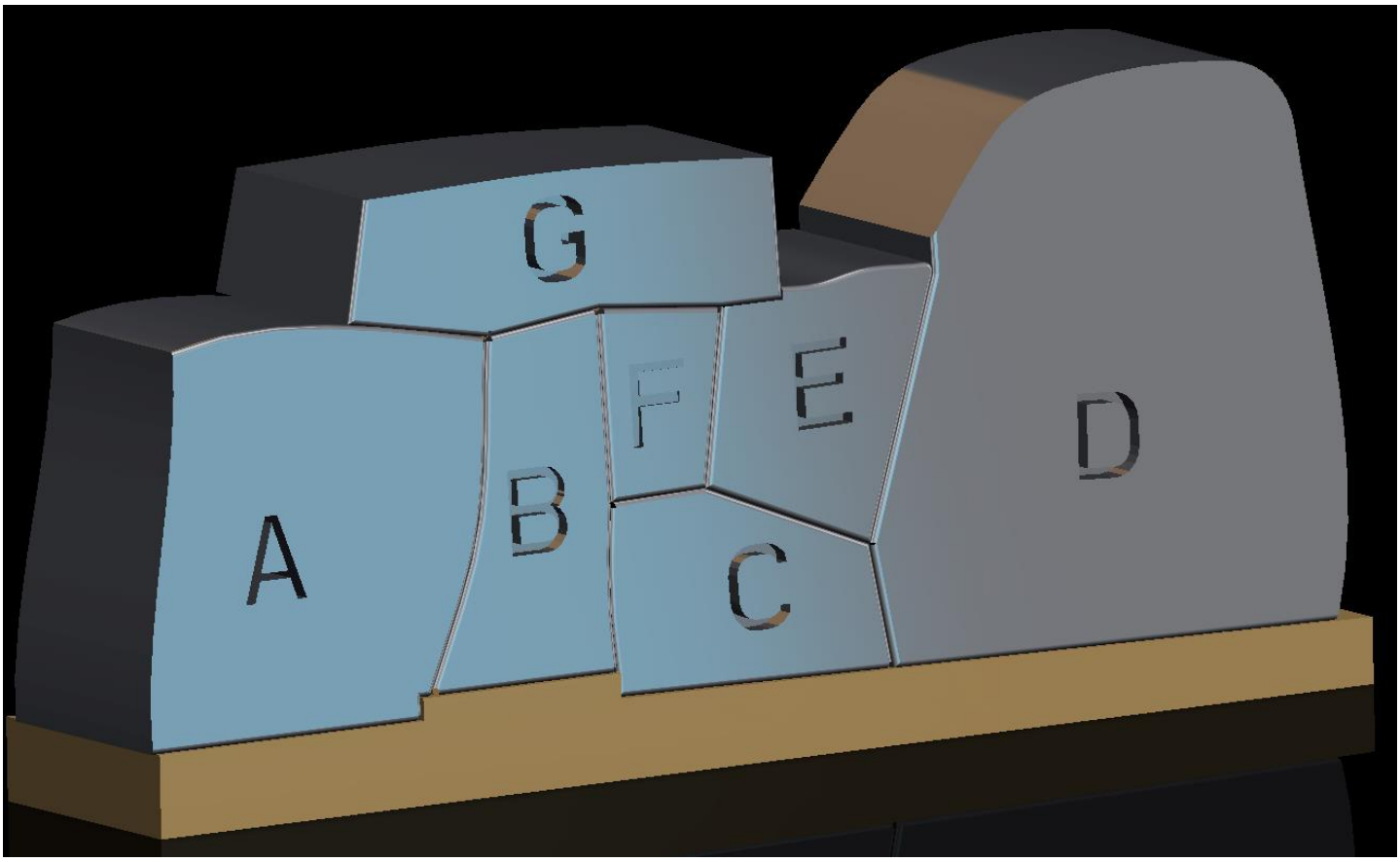

Espace vertical (Y)
maximum dans
l'assemblage présent
Section à tailler
Profil inférieur reporté
verticlement de la valeur Y
Y
Y
Y
Y
Y
Profil inférieur


Plans de découpe au choix
Zones à enlever

On soulève le bloc G de sorte à poser des cales (bois, pierre ou autre) de sorte à libérer les appuis et de pouvoir découper les extrémités



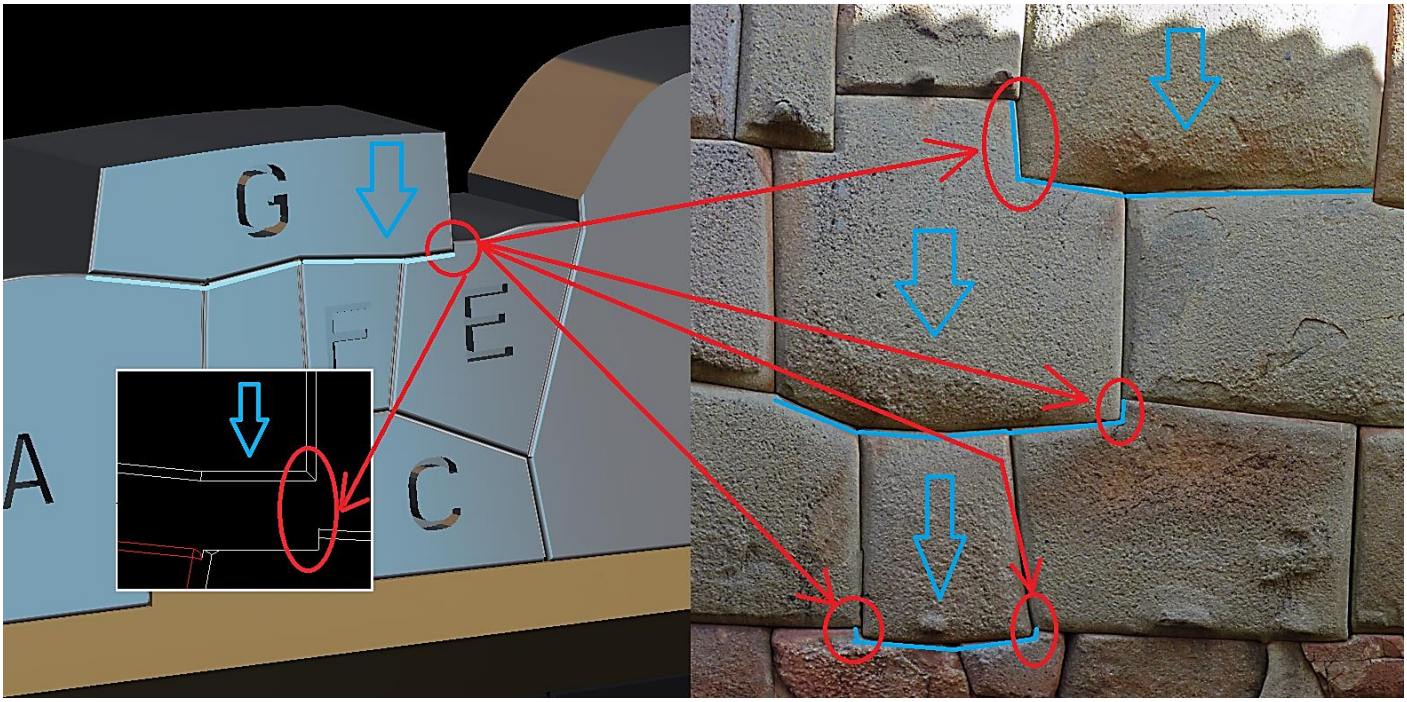



Je peux très bien continuer ainsi, mais je crois que l'ensemble des méthodes d'assemblage et de préparation des surfaces est démontré dans cet exemple. Des variations dans l'exécution de certaines étapes peuvent être faites notamment au niveau de la finition angulaire des surfaces de sorte à avoir un mur constant même à angle.

Cette méthode explique très bien la présence de joints d'apparence carrée qui permettent l'insertion verticale (généralement) comme on peut le voir sur la photo suivante et presque partout sur ce type d'assemblage.

Il est aussi étonnant de voir comment une pierre d'apparence irrégulière se transforme en bloc polygonaux avec une méthode simple et intuitive.

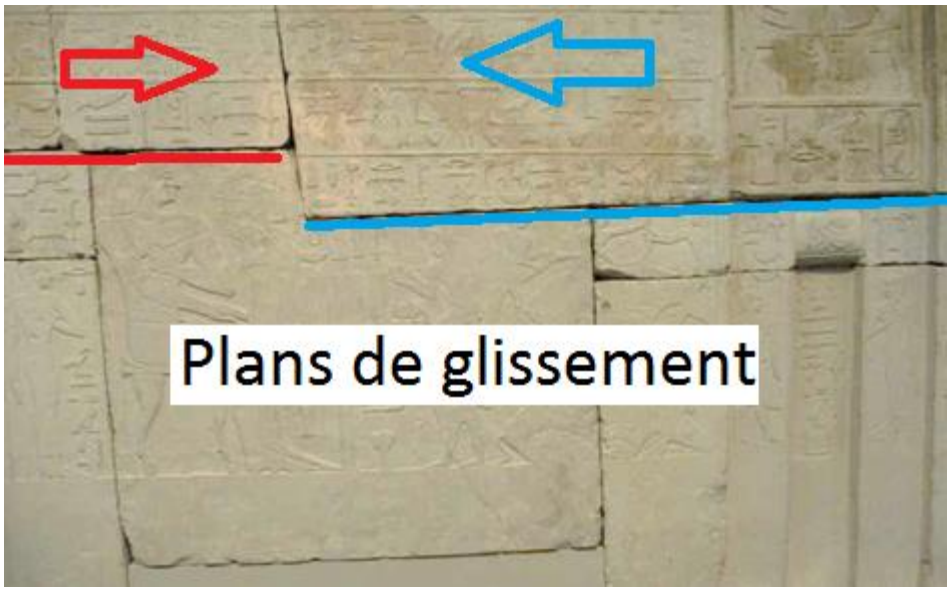
On peut aussi comprendre que les constructeurs préfèrent découper avec de plans d'assemblage droit ou d'apparence droits au lieu de plans courbes comme entre les blocs A et B, mais la logique demeure la même.




Cette méthode de construction prouve que les ouvriers n'avaient pas besoin de plans détaillés d'assemblage et qu'ils n'avaient pas besoin de mesurer précisément, ni même d'établir des plans de travail hyper complexes pour la taille et l'assemblage de blocs. La méthode que j'explique est simple et très permissive en termes d'erreurs de découpe. Le fonctionnement par plans de glissement et d'angles permet des assemblages à la limite de la perfection selon le temps et la précision des ouvriers. Le fait que l'on voit encore des tenons de pierres prend tout son sens avec cette méthode, mais il est fort possible qu'une partie de ces tenons aient été enlevés avec le temps ou lors de la construction.

Mais est-ce que cette méthode utilisée au Pérou est propre à cette région? J'ai mis une image en début du document que je reprends ici après qui montre on montage de blocs de toute évidence égyptiens qui peuvent voir été construit par deux méthodes, soit celle de la découpe par percussion avec plan de découpe ou celle des murs polygonaux avec plans de glissement. L'ensemble du mur pourrait m'aider à voir exactement la méthode utilisée, mais il en demeure qu'en Égypte la combinaison de ces deux méthodes est évidente.

L'image suivante montre des blocs non à des angles droits, mais dans leurs ensemble de forme polygonaux avec une évidence d'un plan de glissement horizontal à droite.




http://egypte.nikopol.free.fr/Boston/Resources/senouka.jpeg

Comme il est mention dans La révélation des Pyramides, la symétrie de murs n'est pas anodine et porte à se questionner. Pour moi il est clair que cela découle d'une volonté du bâtisseur, pourquoi? Peut-être simplement pour montrer son savoir-faire et peut-être aussi pour nous amener à nous questionner sur la nature de la construction et de son ingénierie afin que des personnes techniques des siècles à venir comme moi et bien d'autres personnes à travers le monde se posent les bonnes questions.

https://www.youtube.com/watch?v=YdOPHZS88TY (La révélation des pyramides)

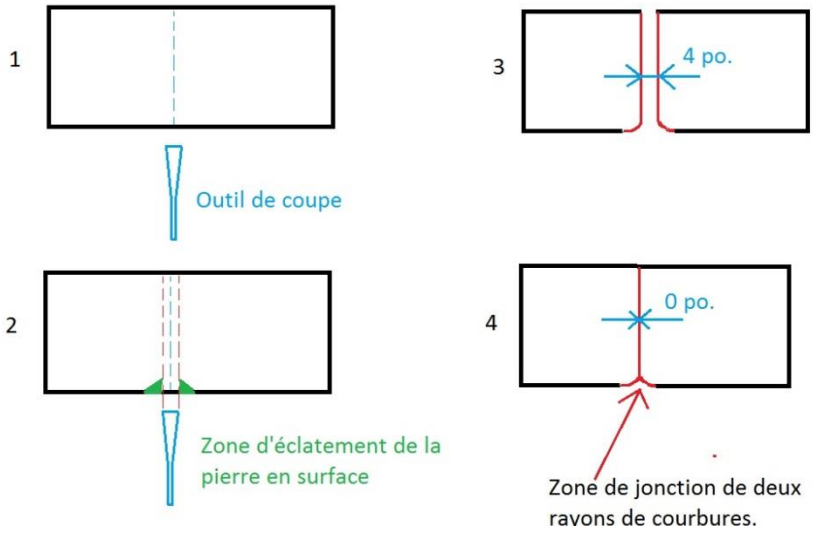
En fait, je ne serai pas étonné de voir des blocs égyptiens avec des tenons de pierre qui auraient été enlevés par la suite lors des installations.

# Méthode de découpe par abrasion :

https://www.youtube.com/watch?v=JlBUkrhYS2s (film la Révélation de Pyramides)

Si l'architecte désire obtenir une finition de surface plane, l'option la plus simple est celle d'utiliser des outils de découpe par abrasion et non par percussion. L'avantage est que l'on use la pierre pour la découper et non des ondes de choques tel que fait par un ciseau et une masse. On évite ainsi l'éclatement de surface que l'on retrouve dans la méthode démontrée précédemment.

**Rappel sur la méthode par percussion vue précédemment :**



https://www.google.ca/search?q=pierre+%C3%A9gypte+%C3%A9nigme&biw=1920&bih=994&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi7wqeO9NnLAhXEcz4KHaGHBDwQ_AUIBigB#tbm=isch&q=pierre+%C3%A9gypte&imgdii=FHHWzuw1ET0-tM%3A%3BFHHWzuw1ET0-tM%3A%3BsndVWhMdLUnYeM%3A&imgrc=FHHWzuw1ET0-tM%3A

On remarque deux types de découpe dans de blocs dans la construction des pyramides. Le premier est celui de découpe par percussion qui est utilisé pour le travail de masse et de volume, tandis que celui de découpe par abrasion est utilisé pour les murs qui nécessitent une finition de surface très précise. Bien que je ne suis jamais allé sur les lieux, j'ai tout de même remarqué que les pierres découpées par abrasion ne représentent pas de motifs ou de géométries complexes tel que l'on peut le faire avec la méthode par percussion que j'ai développé,, ce sont généralement des blocs rectangulaires, et c'est logique!

Si on se base sur le fait que les égyptiens ne disposaient que d'outils en cuivre, on peut aussi imaginer qu'en plus des outils à percussion, des outils d'abrasion linéaire et par rotation aient aussi été utilisés. Évitons dans ce cas-ci l'approche de moteurs ou de mécanismes moteurs autre que celui de de l'homme ou des bêtes. Cette méthode de découpe par abrasion se veut comme une méthode simplifiée pouvant avoir été utilisée. Les structures présentées se fondent sur aucune images ou peintures du passé, mais simplement sur une idée de la configuration la plus simplifiée de méthodes de découpe.

Et si le fait que l'on n'a jamais été en mesure de savoir exactement le comment et tout le savoir-faire des Bâtisseurs, c'est que c'est probablement volontaire. Si le tout se veut comme une énigme pour les peuples qui acquerront par eux même dans le futur assez de connaissance pour déchiffre le tout! Cela justifie aussi une construction à toutes épreuves et qui gardera ses caractéristiques à travers le temps et les âges!

## Méthodes de découpe de blocs par abrasion :

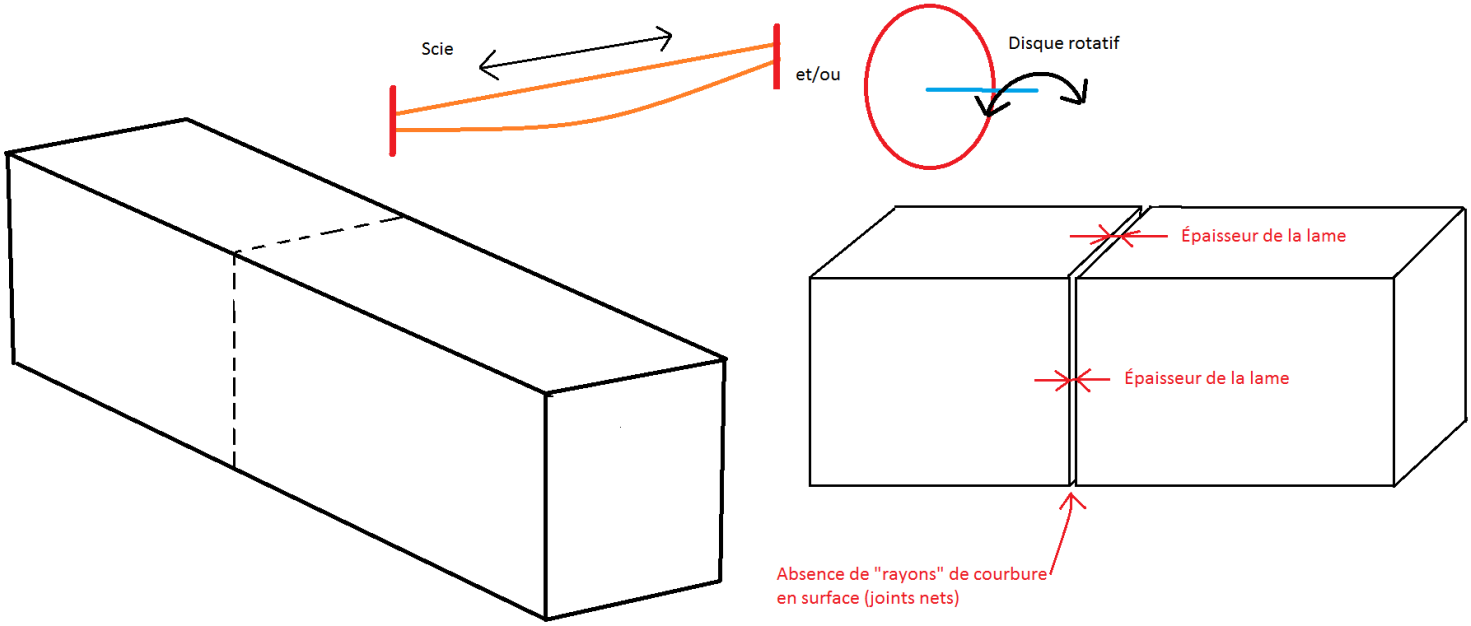
L'approche d'utiliser une matrice (mole) de cuivre afin de soutenir des composantes à haute résistance ne date pas d'hier, mais est très répandue dans l'industrie minière notamment pour l'effet contraire, c'est-à-dire pour la protection contre l'abrasion dans des chutes de pierre, dans des godets de pelles mécanique ou encore dans des bennes de camion afin de diminuer l'usure. Des produits à base de carbure par exemple sont déposés par bain de fusion et/ou par friction à haute température sur un acier doux (acier à basse teneur en carbone). La couche de carbure se casse comme du verre par dilatation thermique une fois refroidie, mais demeure soudé sur la matrice d'acier qui elle demeure entière et flexible. Puisqu'une grande quantité de minerai circule à haute impacts et haute frictions sur les surfaces, cette approche est très avantageuse d'un point de vue du coût d'entretien et de la durée de vie de l'équipement.

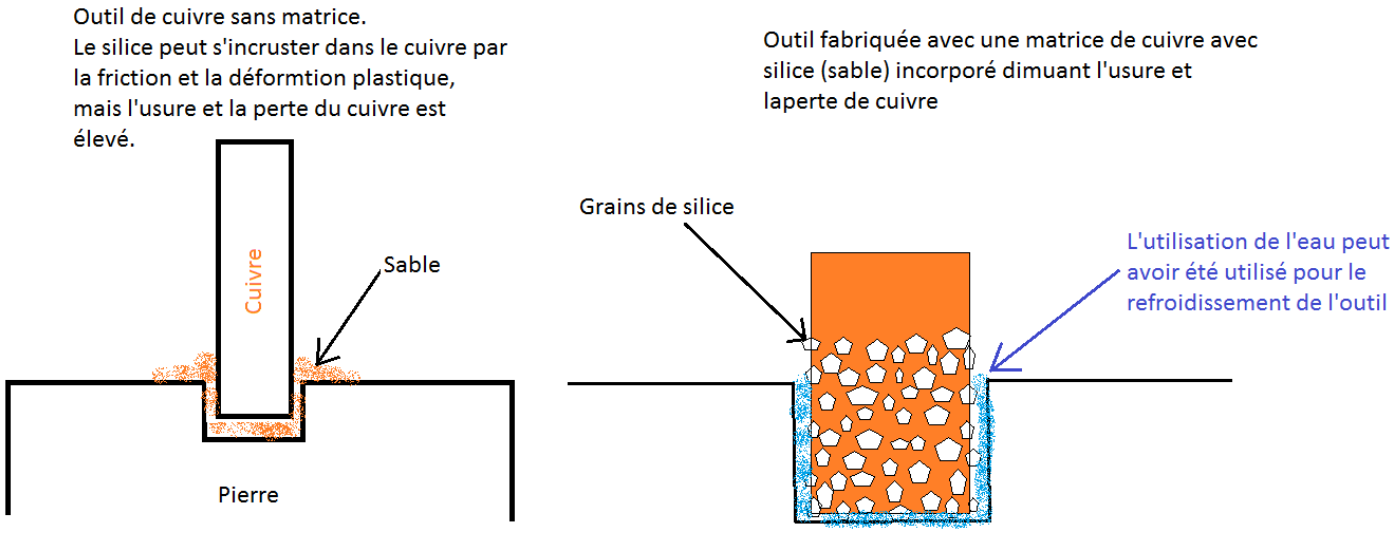
Si une chose que l'on sait c'est qu'en Égypte, le sable ça ne manque pas! La beauté du sable est qu'il est composé principalement de silice, des cristaux de quartz et d'autres minéraux extrêmement durs et abrasifs, comme du diamant ou presque. Le sable a donc pu être directement mélangé volontairement au cuivre de sorte à créer une structure matricielle constitué du cuivre qui est l'agglomérant mou et des cristaux durs pour la découpe. Une fois coulée et/ou forgé en forme de lame linéaire ou rotative est l'équivalent moderne des lames ou disques au carbure. Donc même si la lame s'use, il y a toujours de l'abrasif dans la lame qui ne bouge pas et qui est prêt à couper la pierre.

L’eau a certainement pu être utilisée pour refroidir les lames lors de la coupe et aussi à éviter que les pierres, surtout petites ne cassent sous l’effet de la dilatation thermique.

L’autre option est de dire que l’on met du sable entre le roc et la lame de sorte à créer de la friction et à user la pierre et aussi l’outil! Cette approche bien que fonctionnelle à mon avis n’est peut-être pas la meilleure option d’un point de vu de l’efficacité énergétique.  Si on utilise le cuivre principalement comme matrice servant à fixer les cristaux de silice dans l’objet de coupe, il est fort à parier que la perte de cuivre dans le processus de découpe était de loin inférieure à celui où le sable n’était pas incorporé dans l’outil. Ceci est une supposition, mais dans le cas contraire, on ne doit pas sous-estimer l’ouvrage nécessaire à la fabrication des outils, de l’extraction de mines jusqu’à l’extraction la source d’énergie en passant par les fonderies et la mise en forme des outils. Cela sous-entend également un mécanisme de recyclage des outils dans le but de minimiser les pertes.

D’un point de vu mécanique le cuivre offre un avantage que la pierre n’a pas, il est flexible et n’est pas cassant, ce qui lui permet pour un outil d’être en mesure d’absorber beaucoup de vibration et même subir beaucoup de déformation plastique contrairement à la pierre. Cela donne de très bonnes propriétés pour la conception d’outils de découpes, linéaire, rotatifs, vibratoires et oscillants même si le cuivre est plus mou que bien des pierres à couper.






Les images précédentes montre très bien un outil rotatif de découpe de la pierre avec incrustation de grains durs. Cette approche est valide pour les coupes circulaires, angulaires et linéaires et est bidirectionnelle. Dans les outils modernes présentés ci-après, les grains durs ont été ajoutés après la fabrication de l'outil par souvent des phénomènes de friction (pression et haute température). Cela a pu être fait anciennement ou simplement ajouté aux matériaux en fusion ou lors du refroidissement de ce dernier.

https://www.google.ca/search?q=carotteuse+%60pierre&biw=1920&bih=994&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjFsLbQ0t7LAhXIOz4KHb4_DDQQ_AUIBigB#imgrc=plrWBUJNrVaeRM%3A

https://www.google.ca/search?q=carotteuse+%60pierre&biw=1920&bih=994&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjFsLbQ0t7LAhXIOz4KHb4_DDQQ_AUIBigB#tbm=isch&q=disque++couper+pierre&imgrc=PVHFznFl2NpQIM%3A

http://ecivon.com/fr/product/7-inch-diamond-saw-blade-continuous-rim-wet-for-cutting-tile-porcelain-stone-and-masonry-materials-super-plus-quality/

Donc, à l'inverse,  si on veut couper de de la pierre aussi dure que l'acier avec un outil mou, la seule manière possible de couper est de rendre l'outil mou avec des propriétés très abrasives, un peu comme une armure qui protège le corps mou à l'intérieur. Donc pour moi, l'utilisation du cuivre comme matrice donnant la forme à l'outil et comprenant des agrégats plus durs que la pierre à couper est la solution la plus logique pour la découpe de pierres dures. Le mouvement pouvant être linéaire, rotatif ou

alternatif, cela ne change en rien le principe puisque ce genre d'outil peut très bien couper dans les deux sens.

Ceci-dit, rien n'empêche l'ajout de sable entre l'outil et la pierre. Donc l'incorporation de silice dans la matrice de cuivre augmente sa capacité de découpe de matériel très dur et diminue la perte de cuivre par le phénomène d'abrasion, ce qui diminue le besoin en cuivre pour ces chantiers colossaux.  Contrairement couper de la pierre simplement en mettant du sable entre l'outil, ce qui pour moi est illogique car trop de cuivre aurait été perdu dans le processus de découpe donc beaucoup trop d'énergie perdue. Je ne dis pas que ce n'est pas possible, mais il y a une méthode efficace de le faire.

Si les bâtisseurs avaient le savoir de tout ce qui est compris dans ce document, il ne fait aucun doute qu'ils avaient l'intelligence de se fabriquer les bons outils!

La photo suivante montre bien la coupe d'un bloc par un outil d'abrasion. Le profil du trait, sa géométrie ainsi que le type de sillon laissé peut certainement nous renseigner sur le type d'outil et de méthode utilisé.

https://www.youtube.com/watch?v=JlBUkrhYS2s (film la Révélation de Pyramides)

La photo suivante montre des sillons perpendiculaires à l'axe du trou, ce qui sous-entend que la taille a été fait par un outil rotatif par abrasion.

https://www.youtube.com/watch?v=JlBUkrhYS2s (film la Révélation de Pyramides)

http://2.bp.blogspot.com/-woeLh_oM2aA/UkC_WqOFF0I/AAAAAAAACYY/I42BDVKNfos/s1600/1053.jpg

Il faut comprendre qu'en se basant uniquement sur l'utilisation du cuivre on doit se dire qu'il fallait bien extraire ce dernier de minerai situé quelque part et en quantité assez abondante et aussi avoir une expertise  et des installations à cet effet. Pour cela on imagine mal construire les pyramides dans un milieu aussi désertique que nous le connaissons aujourd'hui.

À l'époque de la construction des pyramides la végétation  certainement été beaucoup plus luxuriante qu'elle l'est aujourd'hui. En plus de devoir fournir toute la nourriture

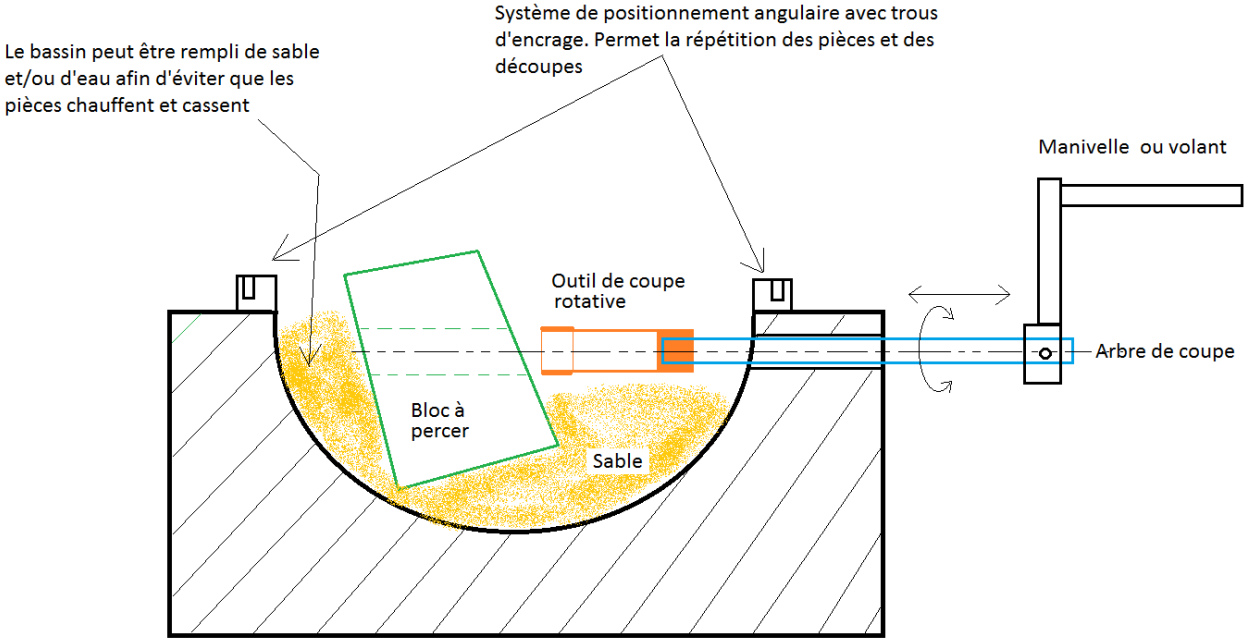
pour des milliers de personnes, il fallait aussi que l'énergie soit facilement accessible. Pour la fonte du cuivre il faut généralement une température minimale de 1083 degré Celsius selon sa pureté.  Cette température nécessite certainement l'utilisation  charbon ou de technologie d'oxygénateurs de sorte à faire augmenter la température de flamme afin de faire fondre le cuivre pour le mouler mais aussi peut-être pour le rendre simplement malléable.

Pour couper un trou cylindrique parfaitement droit, on doit avoir obligatoirement un outil droit qui coupe bien, avoir une pénétration dans le matériel pas trop importante (lente) pour être faite à bras d'Homme et avoir assurément un dispositif de guidage de l'outil qui permet de garder ce dernier en place en tout temps. Si la pénétration de matériel était trop grand, il serait impossible à bras d'homme de faire tourner l'outil. Et puisque l'outil était en cuivre, ce dernier a des limitations en résistance mécanique et en déformation. La découpe de tel trou demande du temps et il est évident que cela ne peut se faire en quelques minutes. Les ouvrier devaient donc assurément se relayer à leur tour ce qui implique que non seulement l'outil devait être doit être fixé sur un axe de coupe dans l'espace peu importe l'angle mais également la pièce à découper. La seule chose qui devait bouger était la rotation de l'outil le long de l'axe de déplacement. Donc comment procéder!?  Lorsque j'ai vu La révélation des pyramides et que personne s'expliquait vraiment ce qu'était ces supposées Pierres sacrificielles, je me suis promis de revenir sur ce sujet et d'y trouver une utilité possible et plausible.

https://www.google.ca/search?q=pierre+%C3%A9gypte+%C3%A9nigme&biw=1920&bih=994&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi7wqeO9NnLAhXEcz4KHaGHBDwQ_AUIBigB#tbm=isch&q=egypte+cuve+sacr%C3%A9ficielle&imgrc=ge9bPdaejhmDVM%3A

https://www.google.ca/search?q=pierre+%C3%A9gypte+%C3%A9nigme&biw=1920&bih=994&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi7wqeO9NnLAhXEcz4KHaGHBDwQ_AUIBigB#tbm=isch&q=egypte+cuve+sacr%C3%A9ficielle&imgrc=ge9bPdaejhmDVM%3A

Ce que l'on voit sur ces «pierres sacrificielles » (photo du haut) est selon moi une table de découpe ou d'usinage qui permet en plus de couper, de positionner et fixer en place une pièce dans la cuve suivant un axe orienté en 3D. Cependant, certaines photos montrent des «pierres sacrificielles » avec d'autres caractéristiques au niveau des orifices horizontaux et verticaux. Pour celles-là, j'ai bien ma petite idée, mais il me manque de l'information.

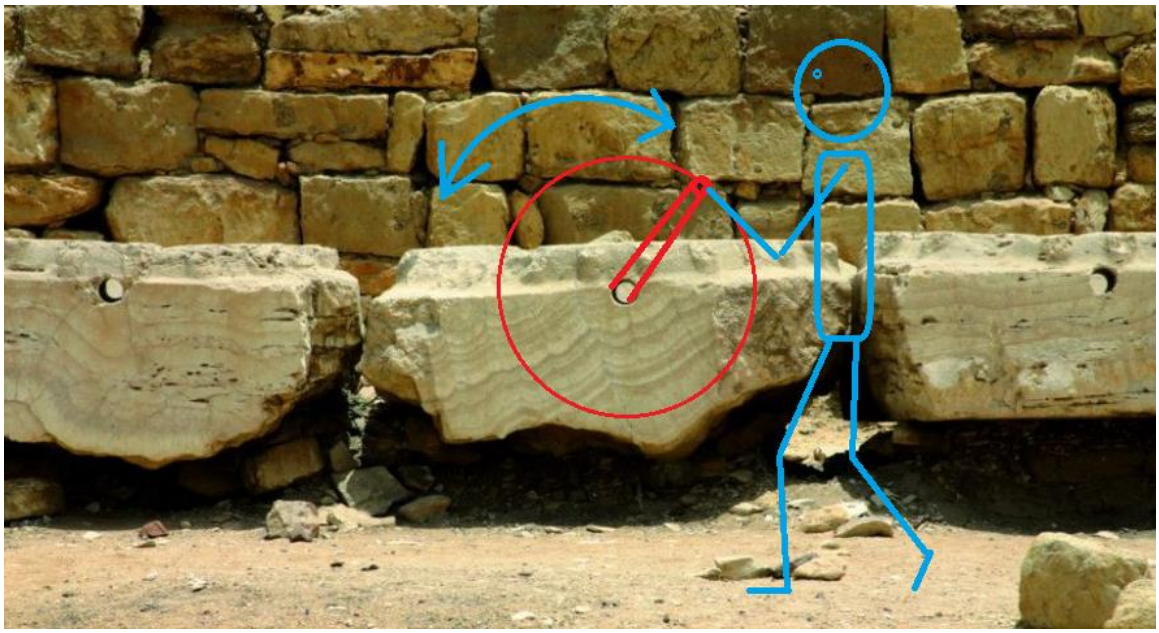



Du sable peut être ajouté au fond de la cuve pour permettre d'assoir la pièce à la bonne hauteur et au bon angle. Sur le pourtour on a des références angulaires qui permettent

de positionner la pierre (ou l'objet) et aussi de le fixer en place. On a d'autres orifices qui peuvent constituer une arrivé d'eau ou encore d'autre axes de découpe pour des outils. Ce système permet de bien positionner la pièce et l'outil tout en travaillant à une hauteur confortable.

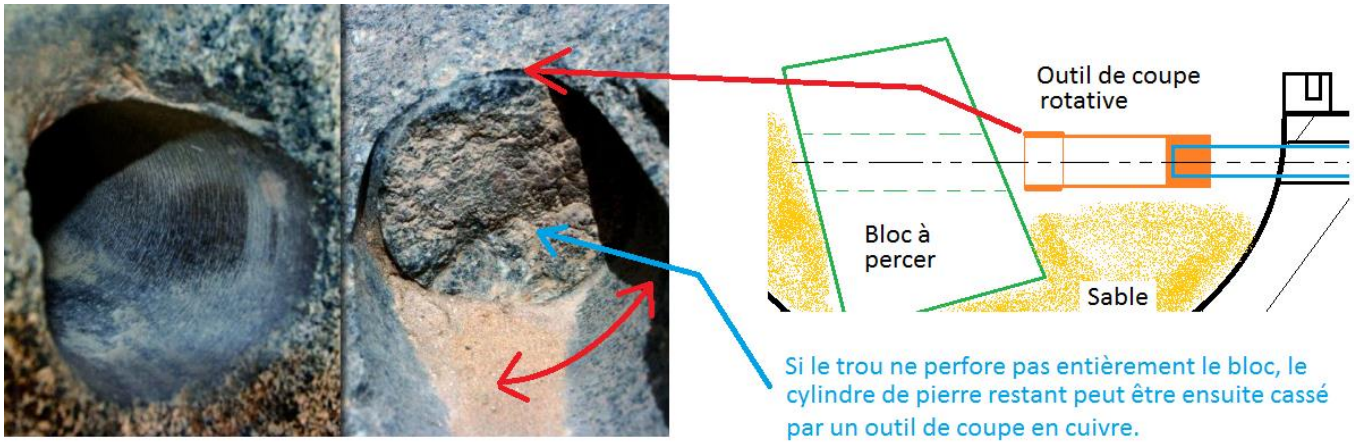
On remarque sur le croquis et la photo suivante que le trou horizontal est profond et semble suffisant à maintenir un arbre de coupe en bois (ou autre) avec un frottement en rotation à sec ou avec une graisse animale ou végétale. Juste avec de l'eau aussi le glissement peut être acceptable pour être actionné par une manivelle, un volant ou encore un arc avec une corde enroulée autour de l'arbre. Le volant permet de tourner de gauche à droite tout en appliquant une force de contact de l'outil sur la pièce. L'utilisation d'un arc a pour avantage de pouvoir faire plusieurs rotations par simple va et vient de la corde. Le problème c'est ce que cette méthode nécessite une autre personne avec un une pierre afin d'appliquer une pression sur l'outil de coupe. Mais si le principe est repris à la verticale, une masse peut être appliquée sur l'arbre de sorte à à appliquer une force permanente sur l'outil. Le type d'outils présenté ci-haut avec une matrice (ou pas) de cuivre avec silice incorporé peut couper dans les deux sens de rotation.

Une fois l'outil ayant pénétré la pièce partiellement, on se retrouve avec une configuration de coupe très stable à deux points de pivots. La série de trous sur le dessus peut permettre de d'orienter la pièce, mais aussi à aider à tenir l'outil lors de l'amorce de la coupe dans la pierre afin de diminuer la vibration. Des gougeons de bois ou encore de cuivre aurait facilement pu être installé à travers une structure de bois afin de constituer un dispositif de guidage et de retenue de l'outil de coupe (voir plus loin).

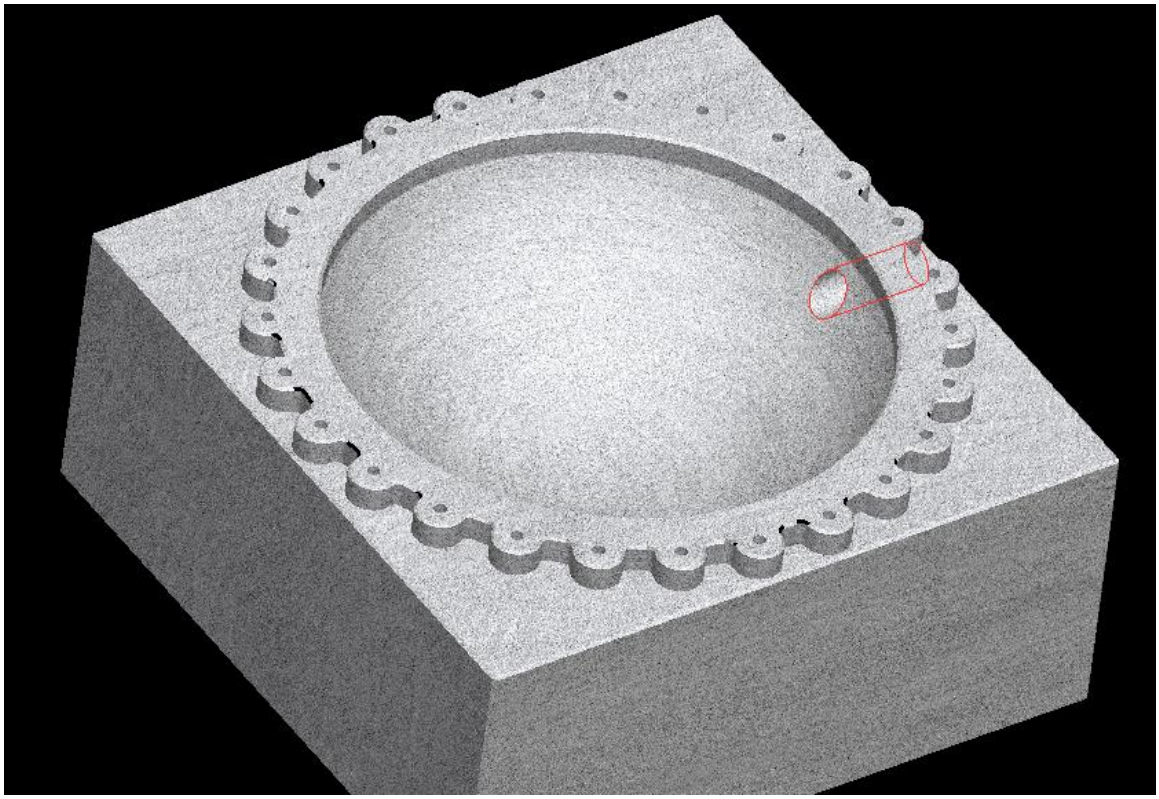


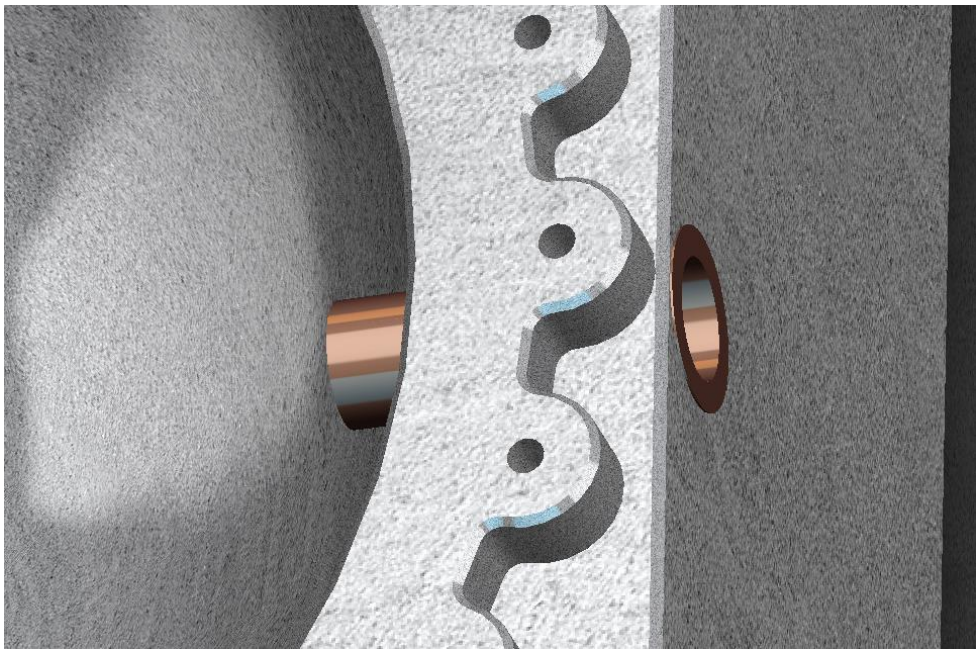
Je crois que si cela avait été des cuves sacrificielles, cela aurait été comme le reste des items religieux, recouvert de symboles et de décorations diverses. Le détail de la finition n'y est pas non plus! À ma connaissance, on ne voit pas ailleurs ce type de cuve. Ces cuves semblent porter les traces d'une grande utilisation. En plus, si on fait le parallèle avec les poteries avec le fini parfait que l'on retrouve, pourquoi si cela est une cuve sacrificielle et donc religieuse, la finition n'y est pas!? Cela ne tient pas la route selon moi et ramène cette pièce à un outil de fabrication. Les pièces ci-haut montrés en portent les cicatrices à l'intérieur comme à l'extérieur.

L'image ci-après montre bien les traces laissées par la forme et le travail de l'outil. Nous voyons les sillions d'un mouvement rotatif selon un axe de coupe et on voit le profil de l'outil de coupe. Dans la photo ci-jointe on remarque que l'outil était cylindrique  tel que représenté dans le croquis à droite. Selon moi, il n'y a aucun doute possible sur le type d'outil de coupe. Bien sûr, l'outil pouvait être lisse sur la surface de contact mais encore posséder un dégagement mécanique sur son profil ou sur sa surface de coupe de sorte à laisser passer les poussières de découpe.  Les outils modernes en sont équipés mais tournent à des vitesses relativement hautes contrairement aux vitesses de coupe pouvant être faites à l'époque.




Mais pourquoi ne pas modéliser en 3D tout cela!? Les dessins suivants ne sont pas à l'échelle, je les ai dessinés en m'inspirant des photos précédentes. Je suppose aussi que les trous latéraux sont concentriques ce qui semble être le cas.





Une culasse de cuivre peut avoir été insérée dans le trou de sorte à faciliter la rotation et limiter l'usure de l'arbre. Une graisse peut avoir été utilisée afin de lubrifier le tout et éviter l'usure prématurée de l'arbre.

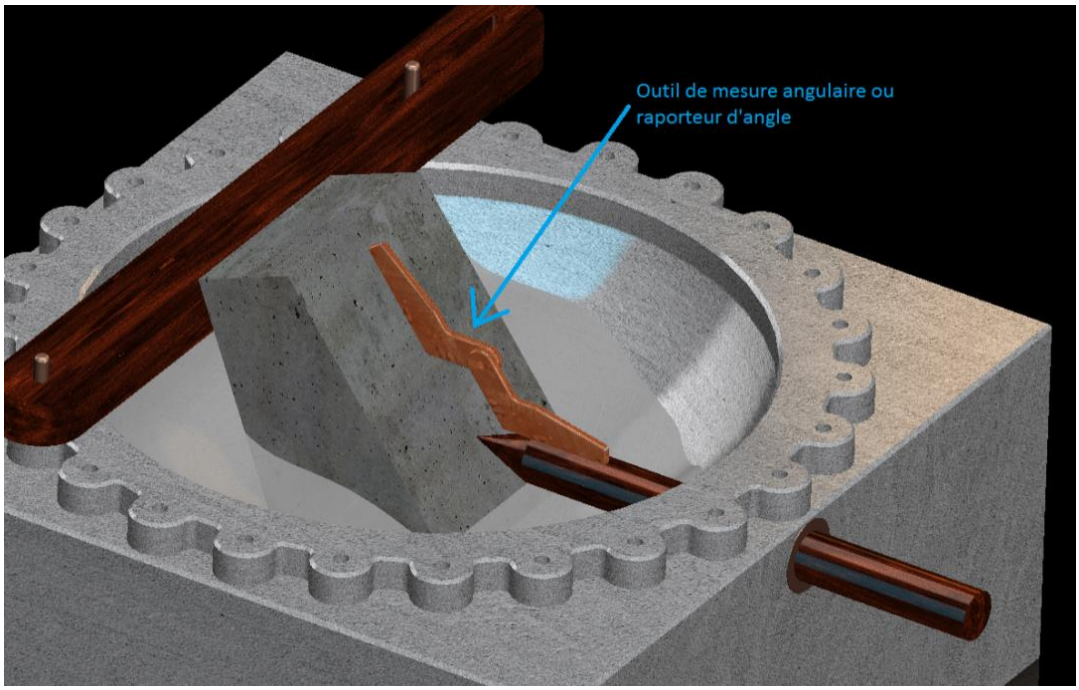
https://www.youtube.com/watch?v=8yf2pG_pX1E

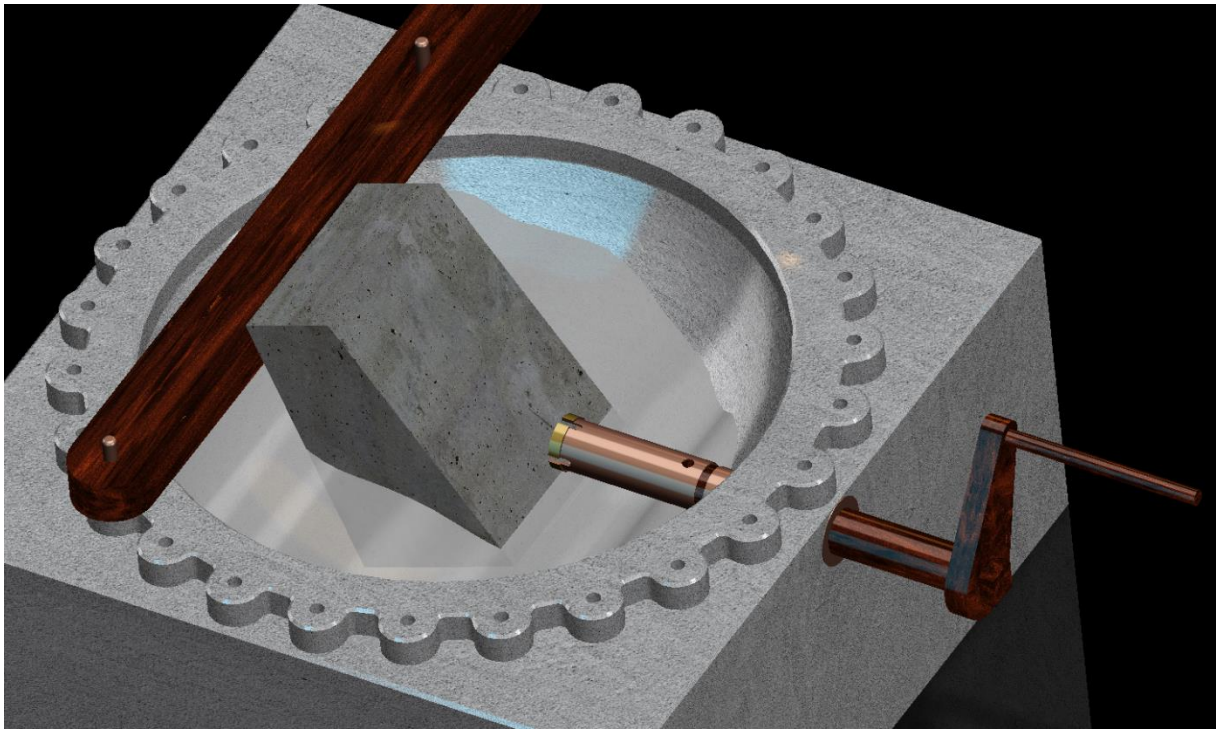
Dans le film GIZEH 2005 de Patrice Pooyard et Jacques Grimeault, J'ai remarqué que certaines cuves ont l'orifice perpendiculaire et central d'une finition polie, ce qui laisse envisager

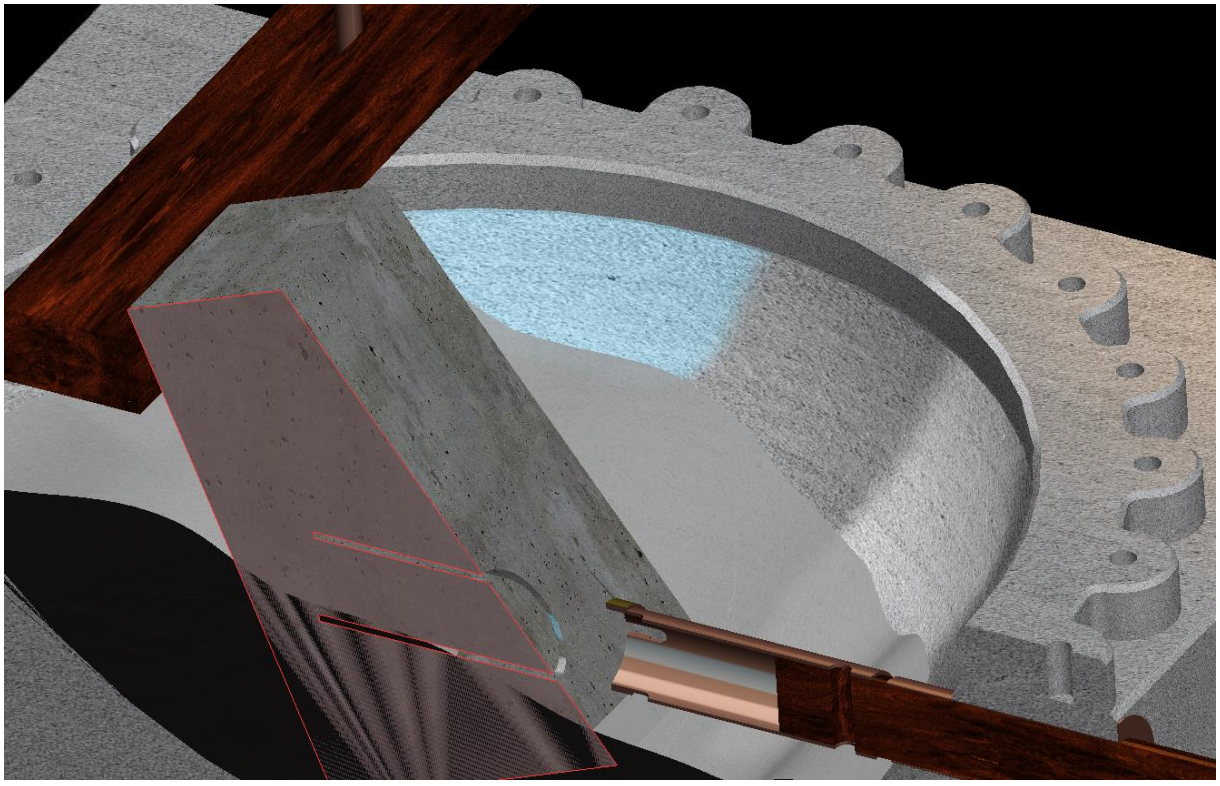
l'utilisation de ce trou comme guide pour un arbre tournant, ce dernier ayant pu polir l'orifice du trou avec le temps. L'utilisation de graisses ou encore simplement d'eau a pu aider à avoir un mouvement de rotation à faible friction demandant relativement peu d'énergie à tourner, ce qui permettait assurément d'avoir un arbre qui vibrait le moins possible et permettre une coupe stable de l'outil.

On peut aussi penser qu'en plus de percer de la pierre, on a pu fixer un vase ou une urne quelconque à l'arbre rotatif afin de la faire tourner les pièces à polir. La cuve pleine de sable et d'eau constitue un environnement idéal pour le polissage à « grande vitesse ». Un ouvrier actionne l'arbre en va et vient et l'autre utilise un outil de coupe pour tailler et aussi un linge ou une pièce de bois ou autre empli de sable et d'eau pour polir les pièces. Cela permet d'obtenir rapidement des pièces précises et rondes.  La panoplie d'outils utilisables et à la limite de l'imagination de l'Homme. Il est de même pour la coupe intérieure  des blocs.

Dans le but de fixer le centre de la découpe, une pointe pouvait être insérée à la place de l'outil de coupe afin de positionner exactement le centre de l'endroit où percer. L'angle pouvait facilement être validé par un rapporteur d'angle ou un outil de mesure angulaire.







Logiquement, le bloc à couper devait se positionner le plus près que possible de l'outil une foi rétracté afin de diminuer la déformation et la déviation de ce dernier durant l'amorce de la coupe afin de créer une oscillation la plus faible possible.  L'outil tournant en porte-à-faux sur un seul pivot a pour effet d'osciller sur la surface de la pierre à perforer jusqu'à ce que l'outil

pénètre assez profondément dans la pierre pour devenir un deuxième pivot e rotation de l'outil de coupe.

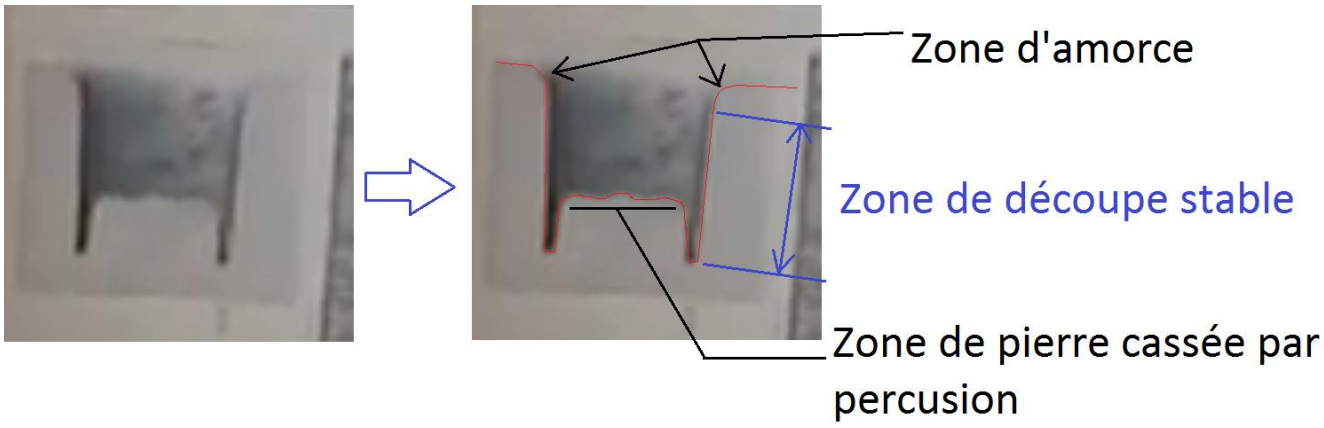
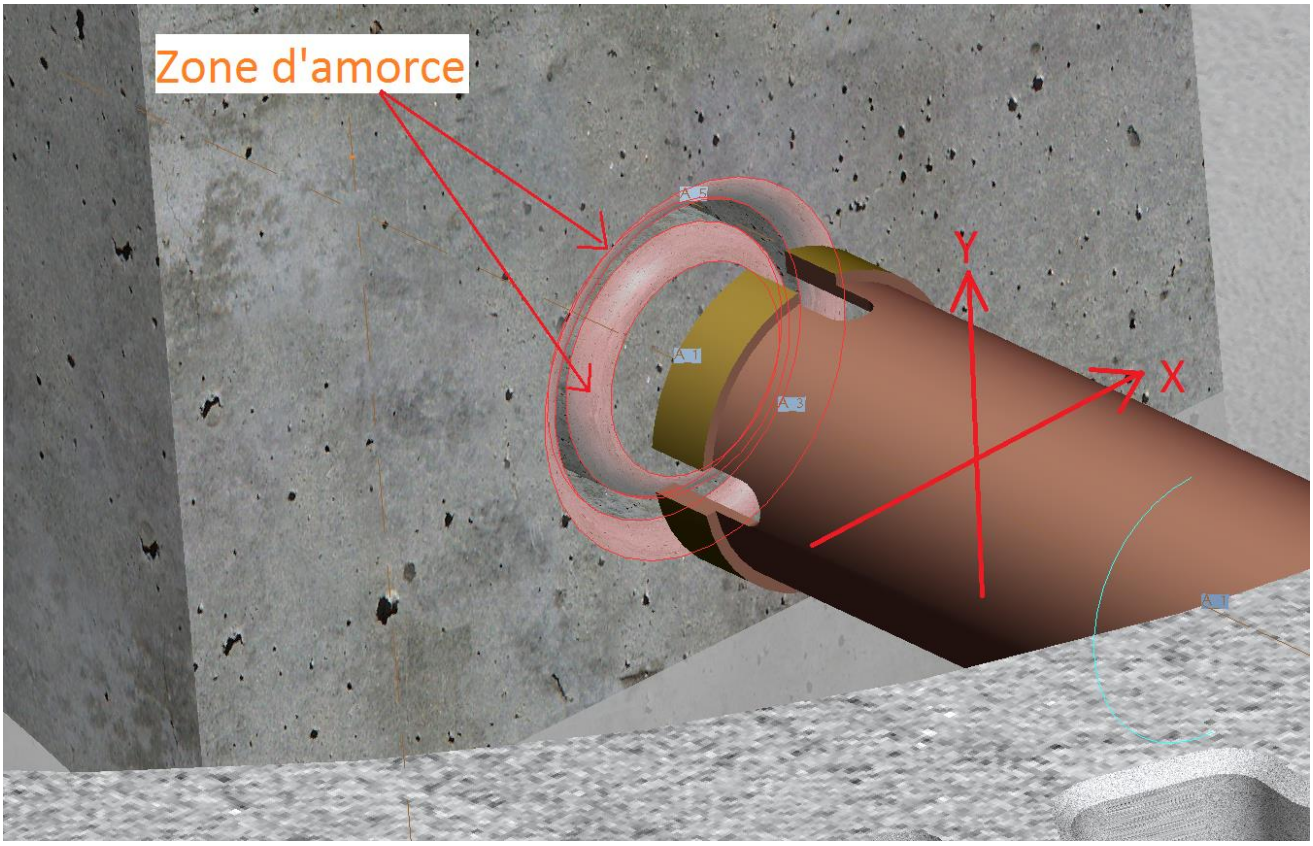
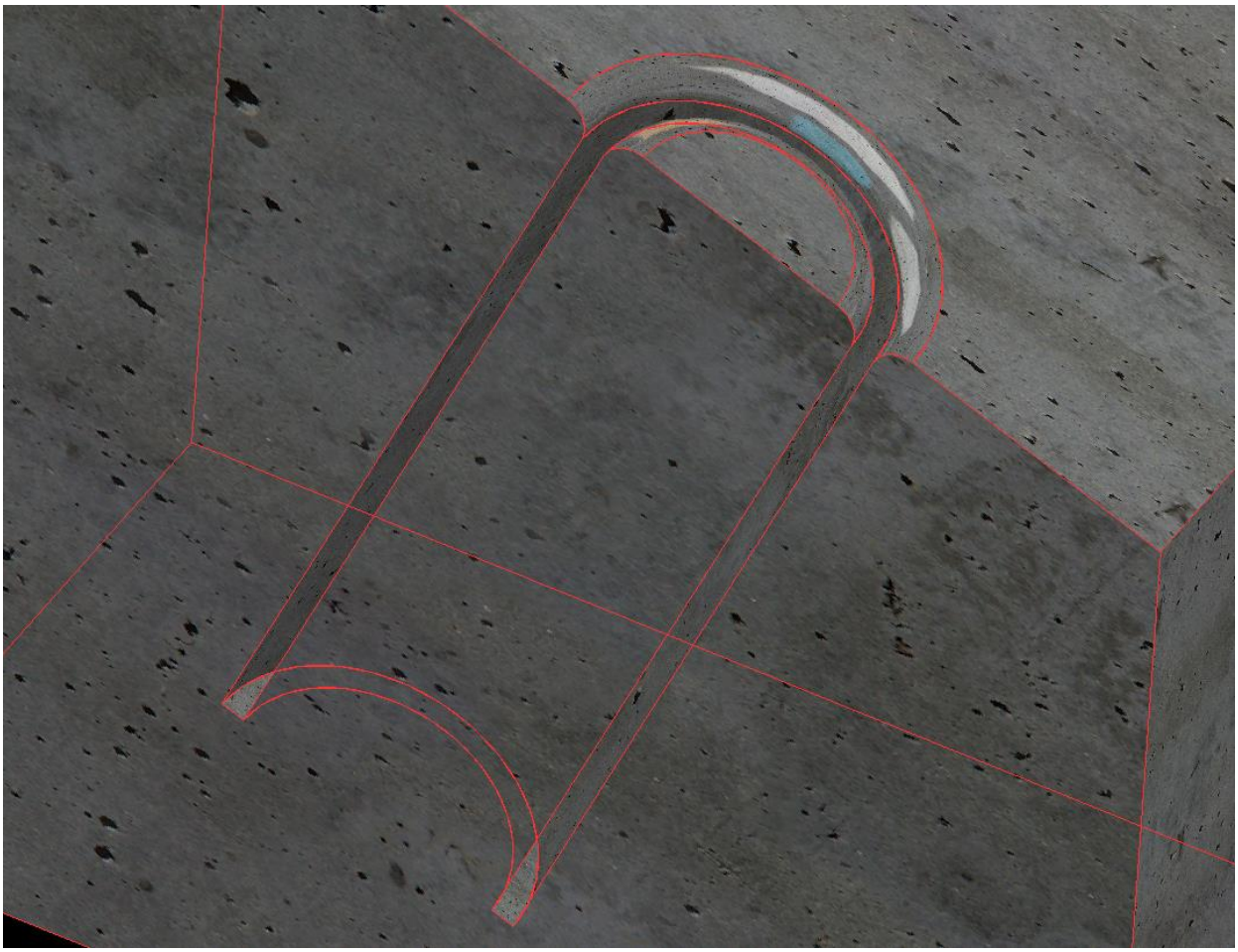



Image provenant du film : La révélation des pyramides

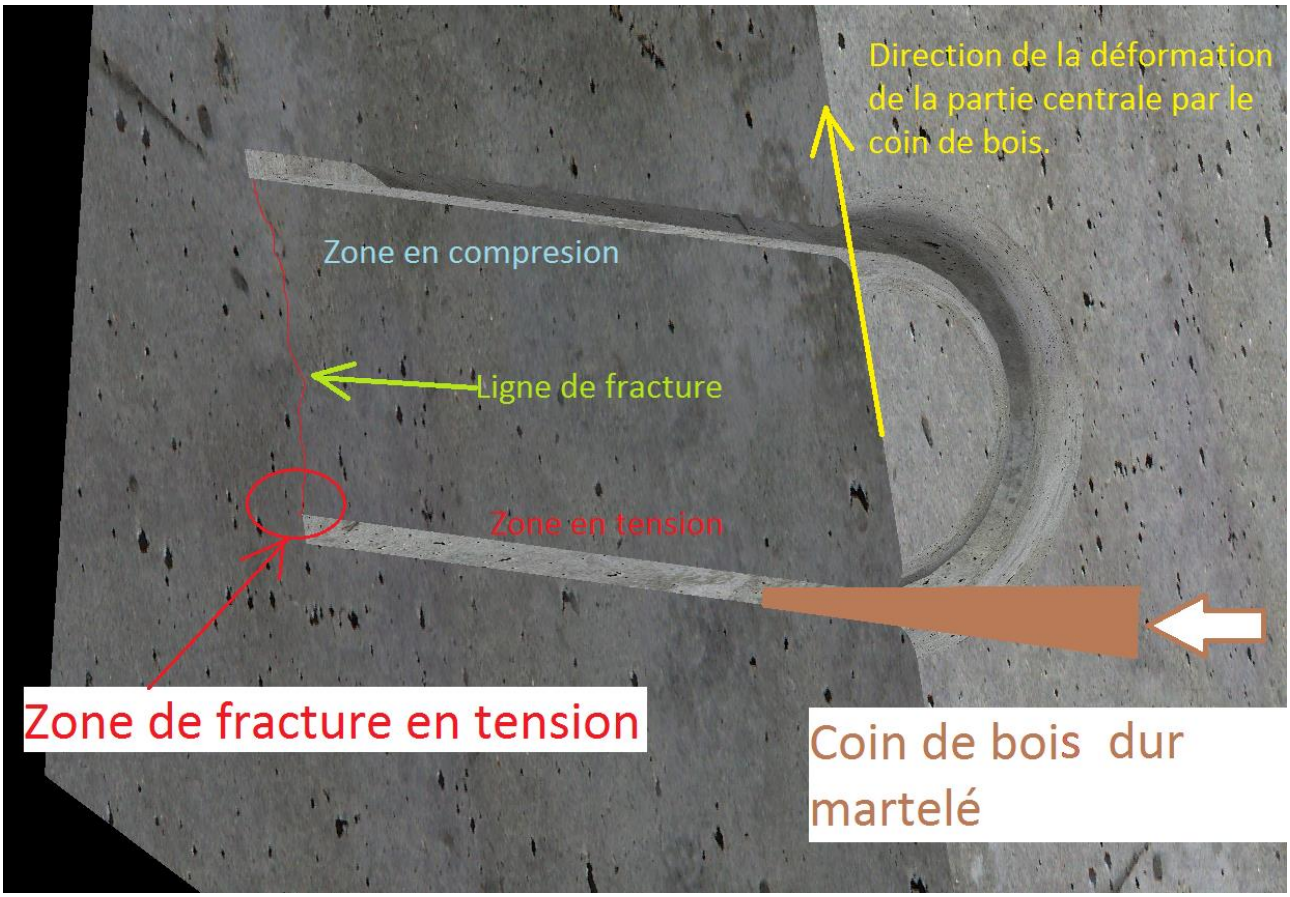
On remarque aussi que l'outil peut avoir une forme non seulement cylindrique mais aussi légèrement conique, ce qui ne change en rien la méthode de découpe. L'outil se doit seulement d'être abrasif sur sa surface extérieure. Chauffer la pièce conique et la rouler dans le sable (silice) semble être l'option la plus simple.

http://www.bing.com/images/search?q=type+de+d%c3%a9coupe+de+pierre+%c3%a9gypte&view=detailv2&&id=A10714185AF57F91B2189A6AAD923C39D6EA1F21&selectedIndex=4&ccid=apWCvzG5&simid=608006759757188677&thid=OIP.M6a9582bf31b953484b2711f90d605a3ao0&ajaxhist=0


Zone d'amorce
Y
X

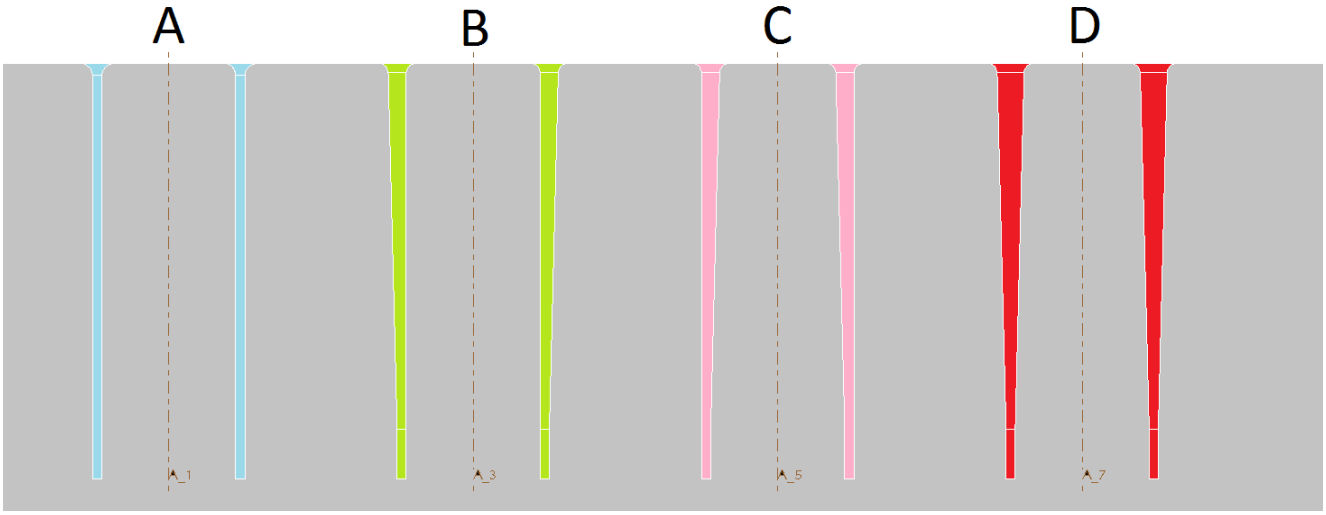


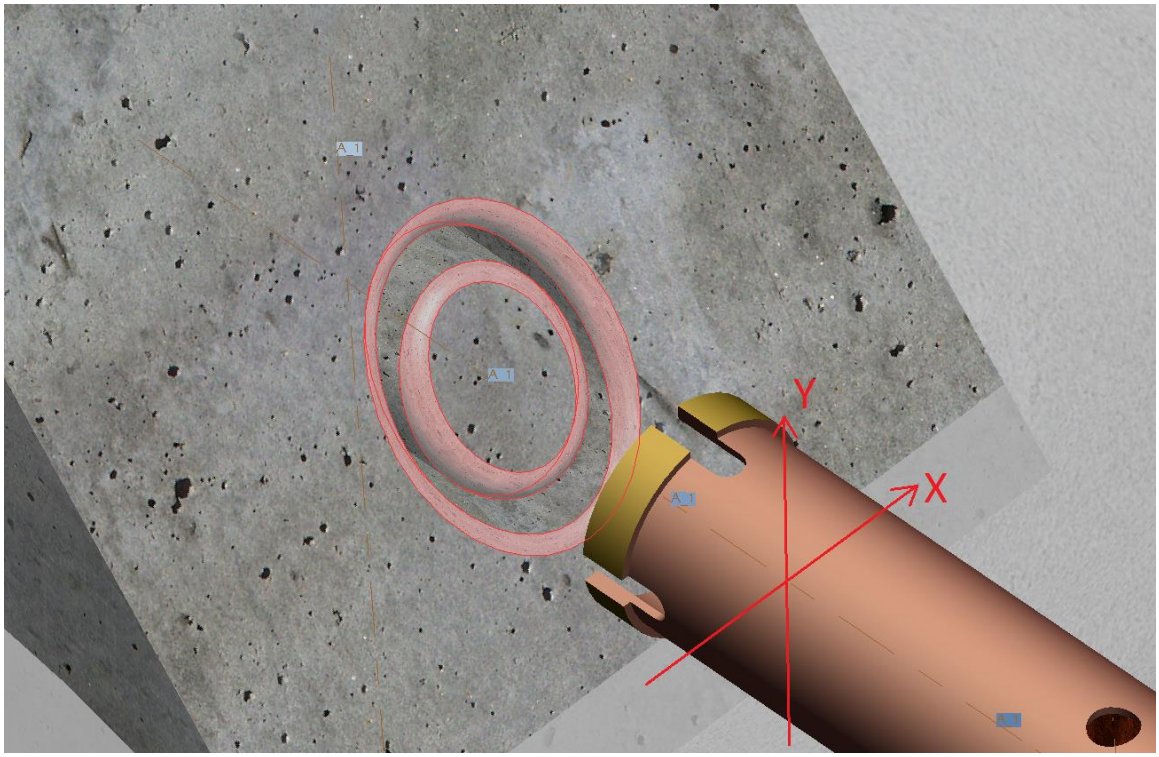
Il est certain que si l'ouvrier voulait enlever la partie centrale, il pouvait utiliser un ciseau en cuivre et une masse pour faire éclater petit à petit. Il risquait alors de toucher la paroi et abîmer la surface interne du trou. L'autre option est d'utiliser un outil comme un coin de bois dur et de le forcer à entrer dans le trait de coupe. Il se formera assurément une concentration de contrainte assez forte du côté en tension pour amorcer et créer la fissure. Cette dernière se créera de la zone de fracture en tension à travers la ligne de fracture la plus faible.  Si une imperfection le long de la zone de tension crée une amorce de fissure plus faible que celle à la base  du trait de coupe, il est possible de trouver une ligne de fracture plus haute, c'est-à-dire entre le fond du trait de coupe et la surface du bloc.




La forme des outils de coupe rotatifs peut varier. L'image ci-dessous montre un exemple de quatre configurations. L'option A est celui-ci-haut représenté avec une coupe droite. L'option B représente un outil conique du côté extérieur de l'outil. L'option B montre l'outil de coupe conique uniquement sur le côté intérieur et l'option D, conique des deux côtés (intérieur et extérieur). La forme conique peut être expliqué par le désir du bâtisseur, pour une question de résistance mécanique de l'outil ou encore pour une question de fabrication par moulage. L'angle correspond aux angles de démoulages des pièces de

fonderie moderne!

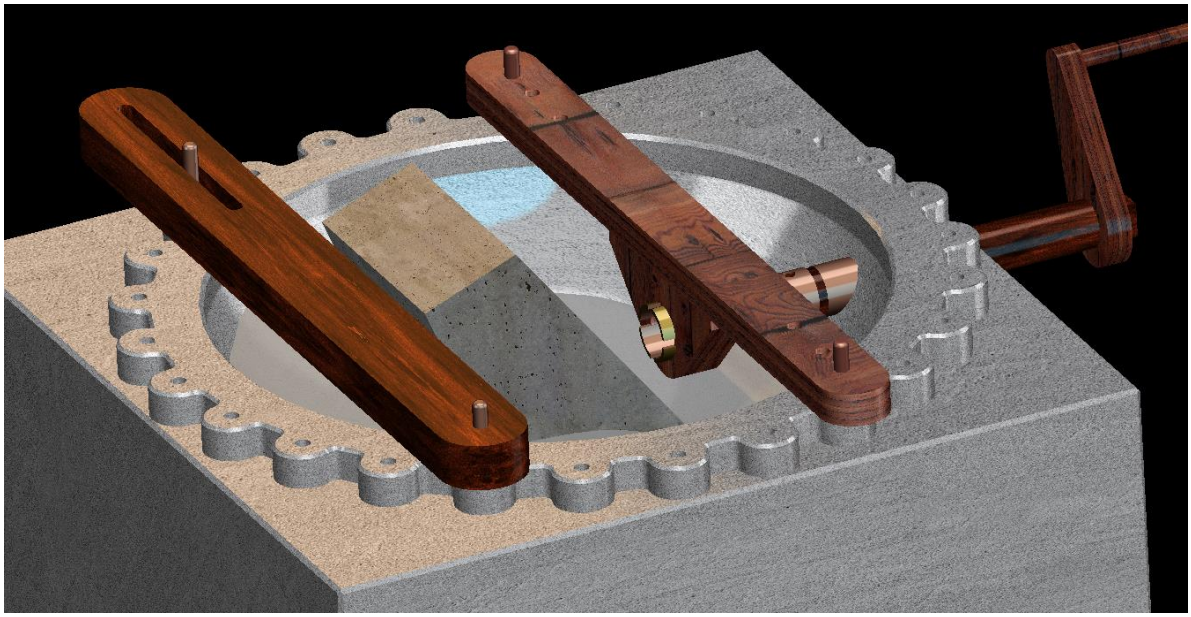


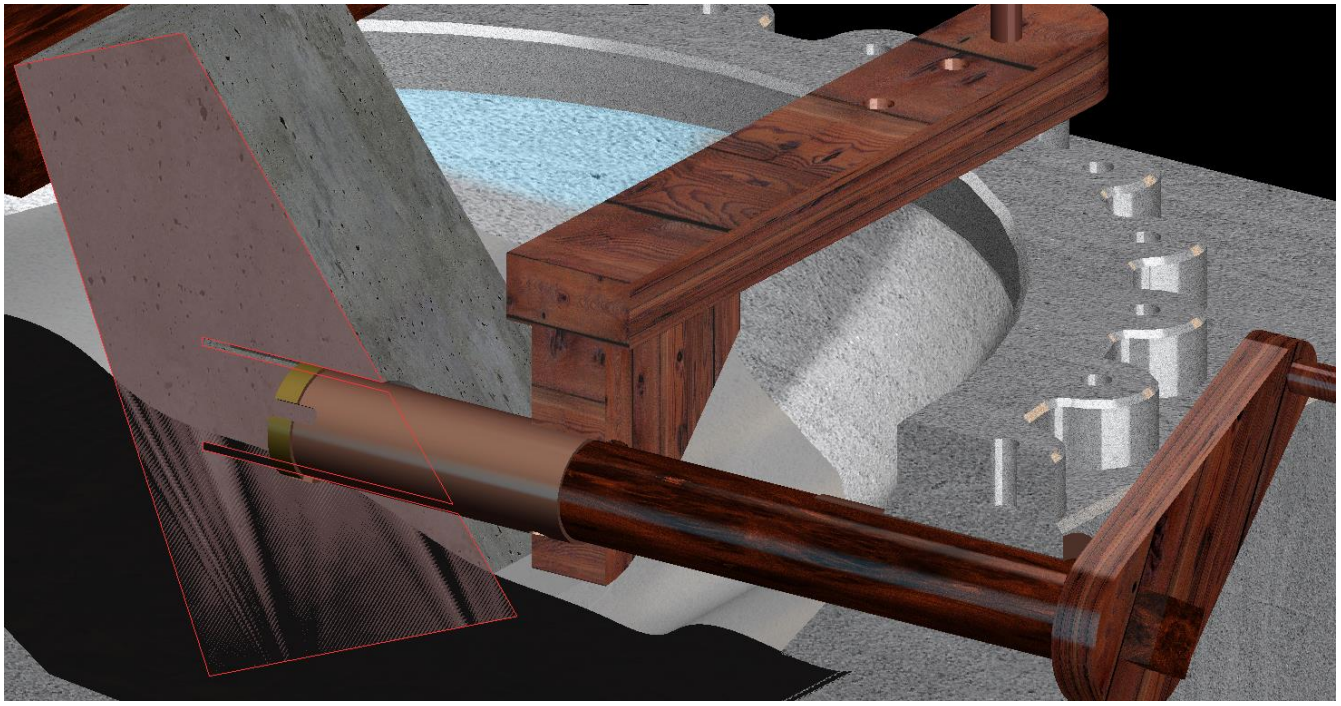




L'image précédente montre une zone d'amorce de coupe potentielle, malgré que le plan de perçage soit très grand sur l'image. Le principe est le même, simplement que pour des plans inclinés la zone d'amorce risque fort de ne pas être uniforme partout autour du trou. Le rayon de courbure risque d'être plus grand à la première zone de contact avant que l'outil converge dans son axe. Dans le secteur Y positif, l'amorce risque même d'être inexistante.

Mon petit côté d'ingénieur perfectionniste me dit qu'il est aussi pensable d'une barre stabilisatrice ait pu être utilisée afin de maintenir l'outil en place. Ainsi les trous de guidage au-dessus de l'outil auraient très bien pu être utilisés afin de positionner ce guide (voir image

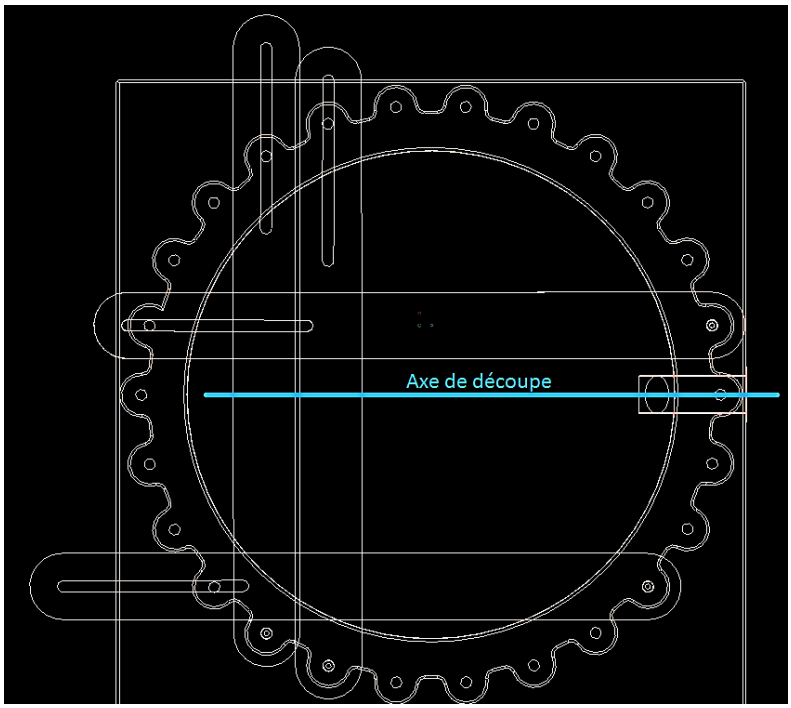
suivante). Ceci-dit, rien ne prouve que ce type de barre stabilisatrice ait été utilisé, mais peut-être!?



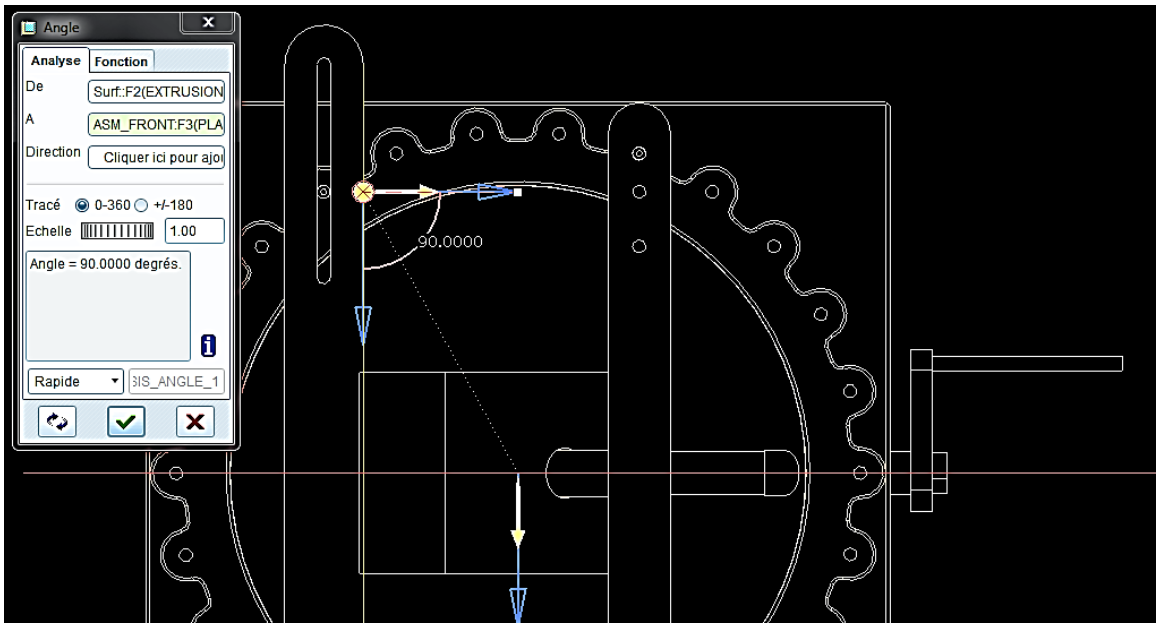


J'ai compté sur une image, qu'il y avait 26 orifices sur la périphérie de la cavité principale, mais pourquoi? Pourquoi 26 et non 36 par exemple, afin d'avoir un chiffre rond 360 degrés/36 = 10 degrés chaque. Si cet équipement est un système de retenue pour appuyer les blocs, on se doit de retenir ces derniers lorsque les ouvriers tailleraient la pierre. Pour couper avec un outil par abrasion, on se doit obligatoirement de créer deux forces combinées, une force de friction assez grande pour maintenir l'outil de coupe en pression contre la pierre à couper (percer) et une

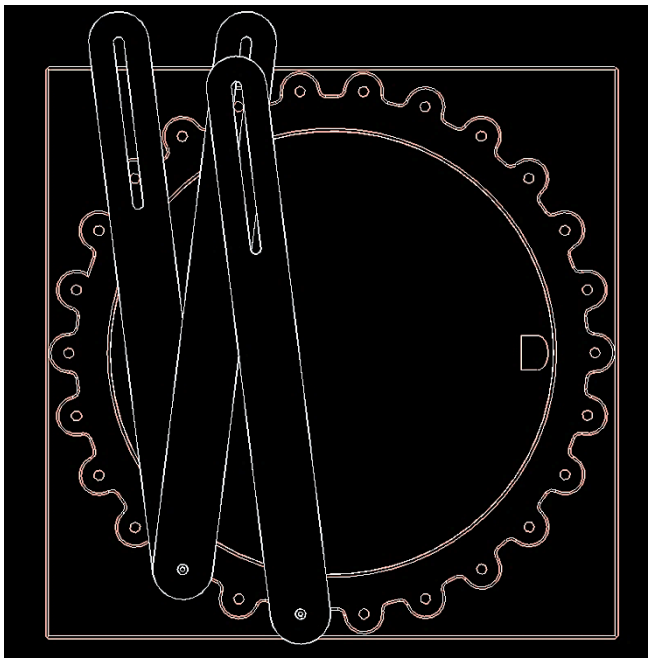
autre pour créer l'arrachement de gains de pierre qui crée le percement par un mouvement de rotation. Si la pièce est mal positionnée et fixée dans l'espace, la pierre aura pour effet de bouger sous l'effet combiné de ces forces.  C'est une approche conventionnelle d'usinage moderne. On doit donc fixer la pièce solidement dans l'espace avant de penser à la percer. Donc je propose que les orifices en périphérie servent à tenir en place des blocs fixation en bois avec aussi peut-être, selon le cas, des cales d'espacement et du cordage.




Pour quoi donc un chiffre pair et non impair de trous, simplement pour permettre d'installer des blocs fixation perpendiculairement  à l'axe de coupe peu importe la proximité de la pièce. Ces orifices en périphérie pouvaient aussi servir à donner un angle de coupe.




Selon la forme des butées de bois et des orifices sélectionnés, il était possible de positionner la bloc à un angle différent que 90 degrés.



L'outil moderne ci-après représenté reproduit exactement le même type de trou.  Peut-être qu'une différence et apparente au niveau de la forme des sillions qui pourrait montrer un mouvement rotatif de va et vient ou de rotation unidirectionnelle. Seule une analyse microscopique pourrait en déduire cet aspect, mais il m'est impossible pour moi d'où j'habite de le valider! Peut-être un jour!

https://www.google.ca/search?q=carotteuse+%60pierre&biw=1920&bih=994&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjFsLbQ0t7LAhXIOz4KHb4_DDQQ_AUIBigB#imgrc=GPbcbHjZ7YhQyM%3A

On peut aussi imaginer que la découpe de tels trous a pu être réalisé sans table d'usinage à la verticale ou à l'horizontal, avec une masse pour appliquer une force de friction entre l'outil et la pierre. Quelques méthodes existent présentement et je ne prétends pas réinventer cette méthode, mais si l'outil n'est pas tenu en place pour l'empêcher de vibrer ou d'osciller et que sur tout le long de la coupe l'outil constitue uniquement un pivot de rotation, il est normal de retrouver même avec un outil cylindrique, une coupe de type conique.

# Méthode de perçage de trous coniques avec explication des sillions

# (Méthode par impacts et rotation)

Comme bien des choses du temps des égyptiens et des autres vieilles civilisations des choses demeure du domaine de l'inexpliqué. Parmi celles-ci, on retrouve des trous effectués dans la pierre qui possèdent de sillions non hélicoïdales tout le long de l'axe de découpe. J'ai été intrigué par ces trous au visionnement de LRDP (La révélation des pyramides). C'était pour moi la première fois que je voyais ce genre de découpe. Bien que quelques théories des plus farfelues existent à ce sujet, aucune ne permet d'expliquer à la perfection la création de trous conique avec ces sillions particuliers.

Les méthodes précédemment démontrées ne permettent pas selon moi d'expliquer la présence de sillions, mais une technique dérivée, selon moi peut y arriver. Mais encore une fois, je ne suis pas pédagogue ni archéologue, ni historien, ce document se veut personnel avant tout. Le fait que je partage ces idées, méthodes et analyses est simplement pour l'avancement de la science et la compréhension d'énigmes relatives à l'histoire et à l'archéologie. Des variantes peuvent exister entre mes méthodes et ce qu'il a été réellement utilisé, mais bon, le principe demeure le même! Ouvrez votre esprit, vous ne risquez pas la fracture du cerveau! :O)

http://larevelationdespyramides-leforum.com/images/art/hole-granit-aboughourab.jpg

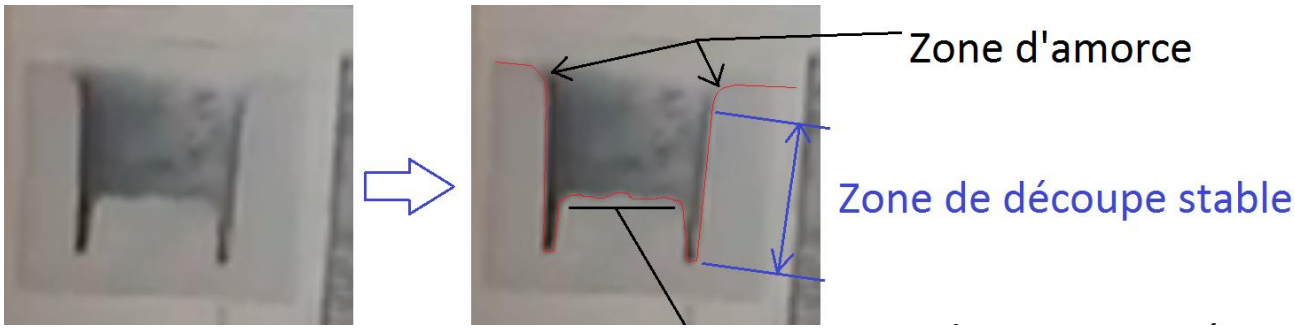


Image modifiée provenant du film : La révélation des pyramides

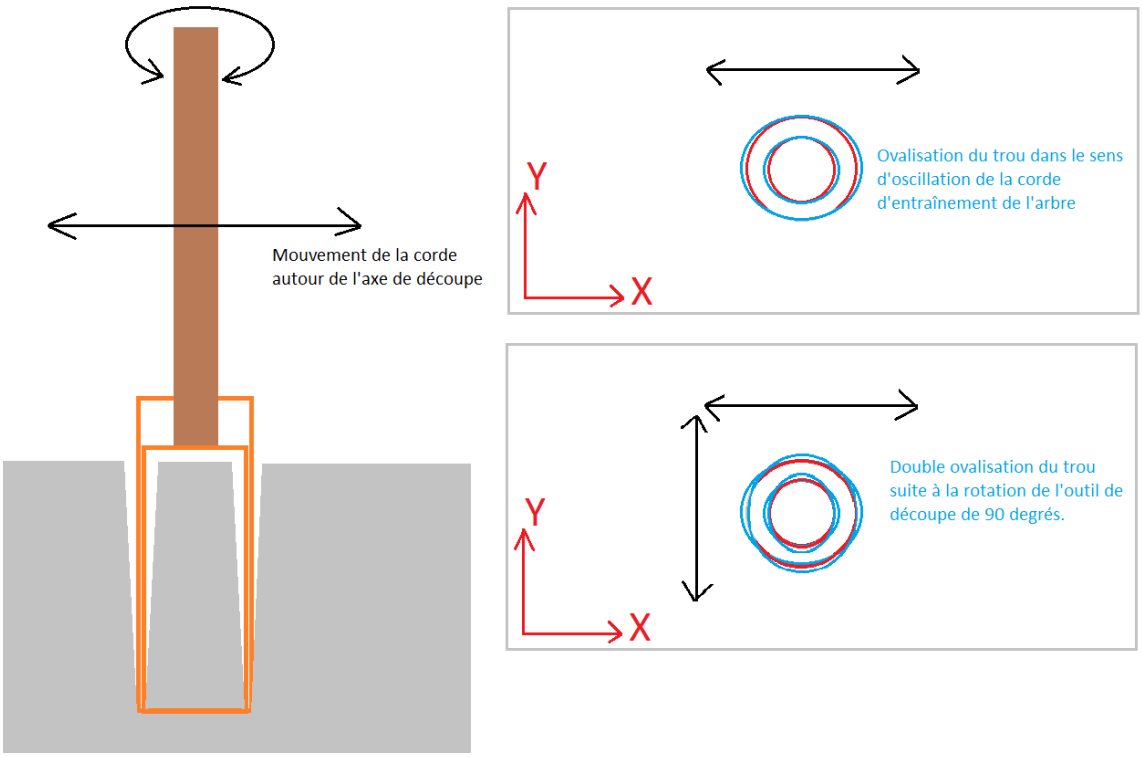
http://www.bing.com/images/search?q=trou+pierre+%c3%a9gypte&view=detailv2&&id=0A6070D736F2B45D6474724843F40F88A5EACE36&selectedIndex=1&ccid=QExX3ELL&simid=608021835112778868&thid=OIP.M404c57dc42cb2c112676271d8768170ao0&ajaxhist=0

On remarque principalement le côté extérieur de la découpe, mais en considérant la découpe avec un principe de cylindre rotatif, on a obligatoirement une partie interne, ce qui complexifie l'énigme pour certains!

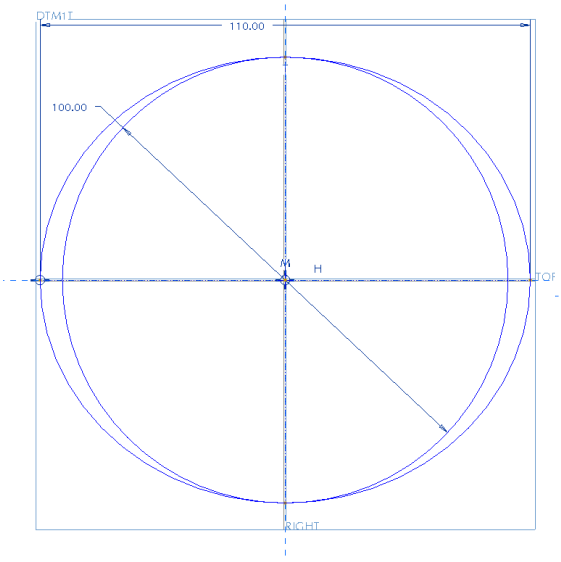
http://www.bing.com/images/search?q=sillions+pierre+%c3%a9gypte&view=detailv2&&id=BB5EEB9F6E2E09F3D231654747819283B259397C&selectedIndex=12&ccid=Uz9BzcXK&simid=608035806640668697&thid=OIP.M533f41cdc5ca23c152c5dac06bdd8e7do0&ajaxhist=0

Prenons l'approche simple où l'outillage était à son minimum.

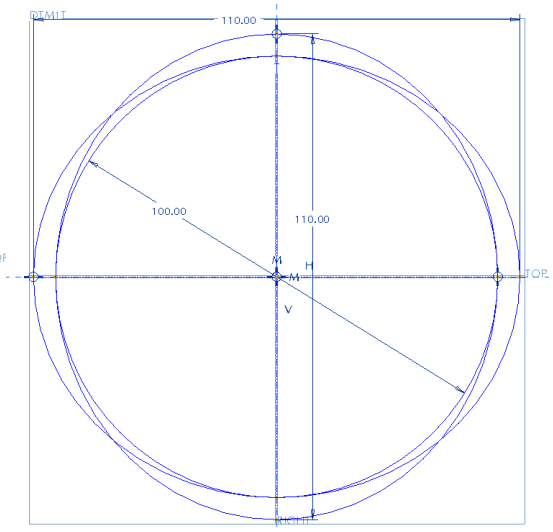
Si le ou les ouvriers utilisaient un système d'arc avec une corde enroulée autour de l'arbre de rotation de l'outil et que la position de l'ouvrier actionnant l'arc demeurait toujours la même autour de la pièce, **un phénomène d'ovalisation du trou extérieur et intérieur devait se produire puisque l'outil sur ses côtés intérieur et extérieur frottent sur la pierre à découper.** La poussière et le grain de pierre aident assurément l'usure de la pierre ce qui crée une ovalisation de trou principalement dans le sens de va et vient de la corde d'entrainement (voir images suivantes). Afin de minimiser ce phénomène, l'ouvrier actionnant l'arc (la corde) se devait de tourner autour de la pierre à couper si possible tout en faisant actionner l'arc.



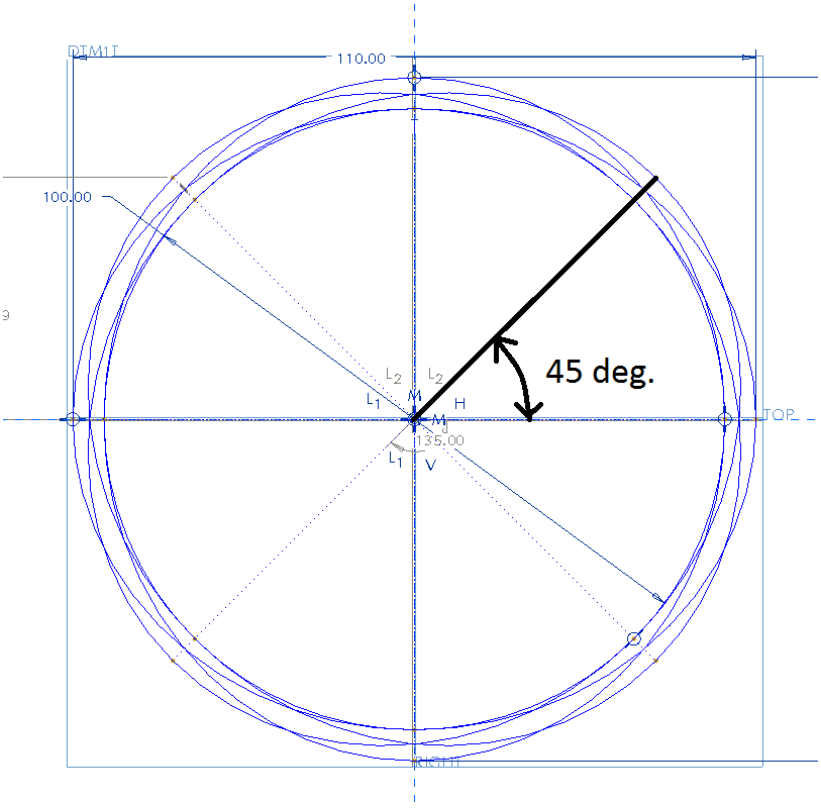

Les images ci-après montrent dans un mouvement amplifié l'ovalisation  le comportement du diamètre extérieur. Le même phénomène se produit à l'intérieur. On voit pour une position fixe, pour une position tournée à 90 degrés et à 45 degrés.




Trou creusé et ovalisé dans un sens.

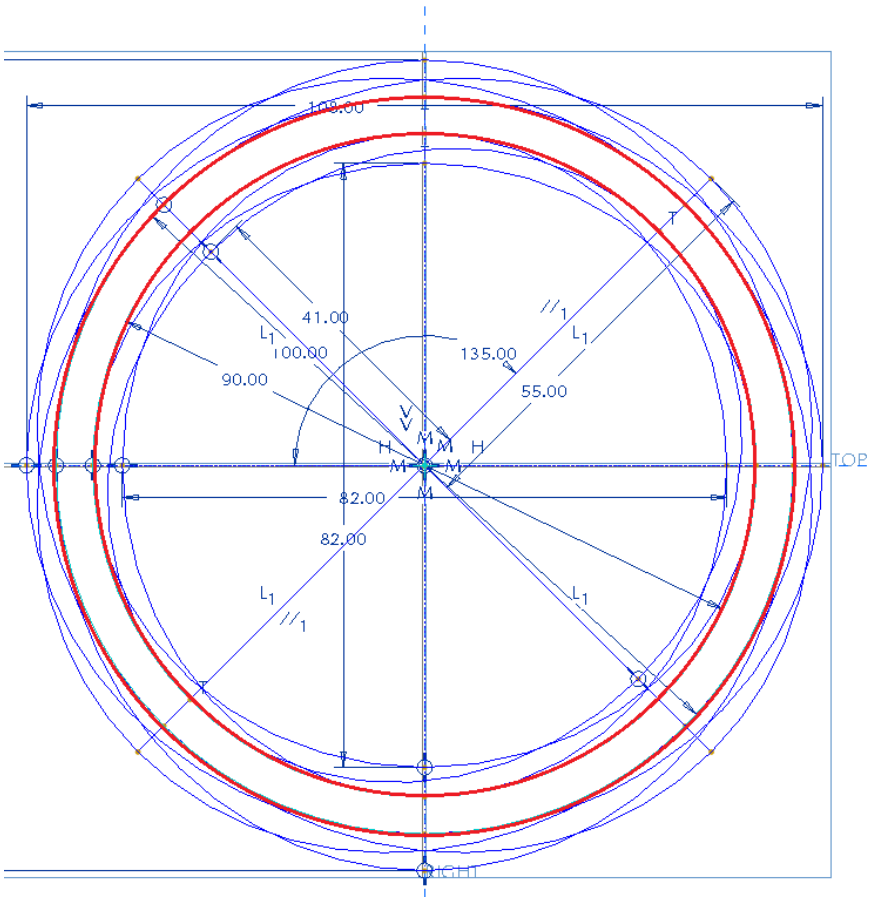


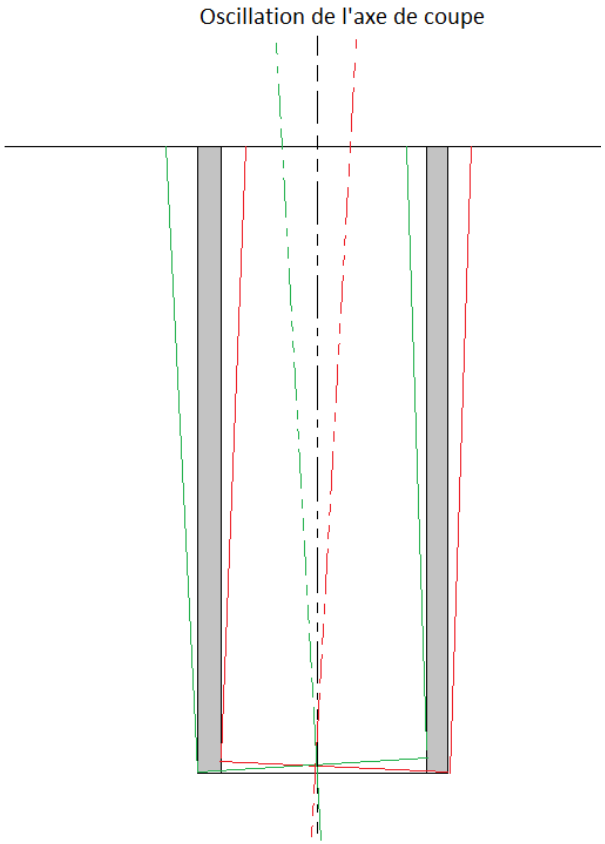

Trous creusé et ovalisé dans 2 sens (90 degrés)




Trou creusé dans 4 sens (45 degrés).

Si on s'attarde à la géométrie extérieure du trou, on peut voir une forme qui s'apparente à un cercle mais qui n'en n'est pas un! L'image précédente représente des changements de position de l'ouvrier de 45 degrés autour de la pièce à percer. On peut comprendre aussi que si l'ouvrier ne dispose pas de système de positionnement de l'outil et de repères angulaires, il est possible d'imaginer par exemple une dizaine de changements de position et plus. Cela ne garantit en rien la perfection de surface du l'outil de coupe. Mais comment obtenir une surface sans phénomène d'ovalisation sur la paroi extérieure? Le trou conique est-il réellement parfaitement conique? Peut-être pas!




L'image ci-haut est une démonstration prend en considération que l'outil oscille uniquement dans l'axe de va et vient de la corde d'entraînement, ce qui est peu probable car si l'outil est libre d'osciller de gauche à droite par exemple, ce dernier va assurément osciller aussi de haut en bas dans un mouvement de moins grande amplitude et avec une force de friction moindre si on se réfère à l'image précédente. Cela aurait pu avoir pour effet de créer un mouvement oscillatoire autour de l'Axe de coupe et qui avait pour effet d'adoucir le profil extérieur de la découpe du trou sans pour autant être parfait.

De nos jours, même avec les outils modernes d'usinage, il est assez difficile d'obtenir un trou parfait. Pour corriger par exemple la géométrie dans un cylindre de vérin hydraulique, nous utilisons un système de pierres rotatives qui permettent d'égaliser les surfaces et d'éliminer les surfaces ovalisées. Je ne crois pas que cela est la cause des rainures dans le trait de découpe car il aurait fallu que l'on insère un outil dans le trait de découpe et que l'on exerce de fortes forces sur ce dernier. Le fait que l'on retrouve de sillions sur la face intérieure et extérieure du trait de coupe élimine cette option!

Il faut d'abord que l'exactitude des  trous ait une importance pour les égyptiens! À voir l'amorce de coupe irrégulière à la surface de certaines pierres, il est pensable que non, mais cela peut dépendre de l'utilité du trou (esthétique ou mécanique ou autre).

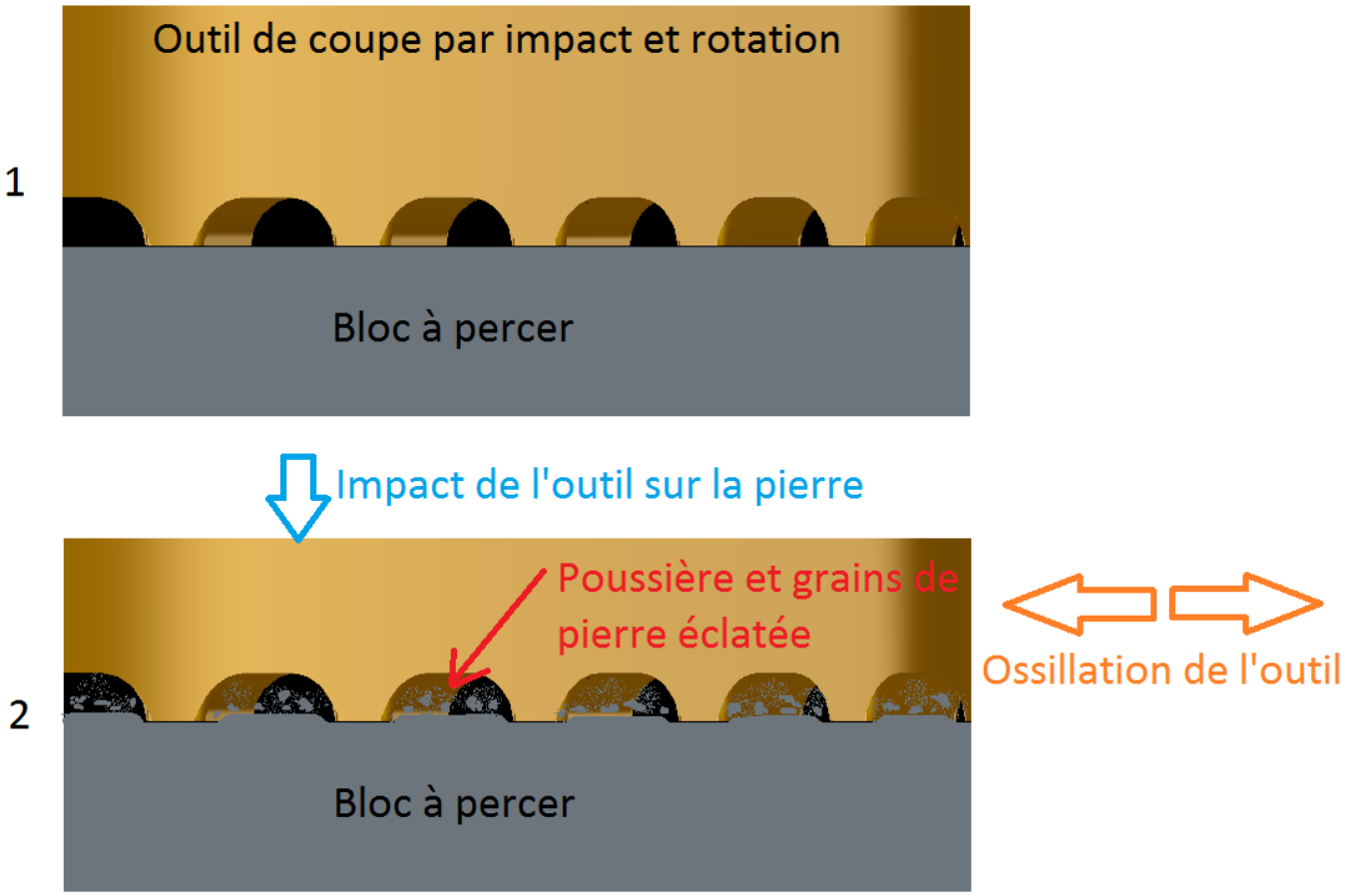
Encore une fois, je ne suis jamais allé en Égypte, donc je ne peux constater des trous pour une utilisation mécanique, religieuse ou autre. Cependant, j'ai remarqué sur des images qu'il y a différentes finitions de surface dans différents trous, ce qui implique différente méthode de découpe et différentes utilisations également à ces derniers.

D'un autre côté, si l'outil de découpe était soumis à une force de pression sur la pierre, il est possible que le bout de l'outil de coupe subisse de l'écrouissage et que ce dernier se déforme. Je n'exclue aucunement cette approche. Cet écrouissage a peut-être même été compensé (corrigé) naturellement par le frottement de l'outil de coupe sur la pierre.

<u>Mon approche pour résoudre l'énigme des sillions et de supposer une découpe qui mêle la découpe par percussion et pas friction rotative.</u> Prenez un forêt à béton et faites uniquement tourner en y appliquant une pression sur la pierre, le béton ou la céramique à découper, vous allez remarquer que l'outil ne creuse pas ou très peu et que l'outil se met rapidement à chauffer à cause de la vitesse de rotation et de la friction.  L'outil, surtout pour des matériaux comme la céramique, ne voudra tout simplement pas percer! On doit obligatoirement ajouter simultanément ou de manière alternative, de la percussion.

L'outil ci-haut présenté est un outil industriel très rependu en industrie. Bien qu'il et bidirectionnel, la forme hélicoïdale de l'outil permet  dans la rotation vers la droite d'évacuer la poussière et les petit grains de matière coupée. L'outil présenté montre bien le concept de matrice Mole pouvant prendre la vibration et l'ajout de parties à haute dureté, dans ce cas-ci du carbure.

Pour faire le parallèle, on peut imaginer que l'outil disposait de « dents » à son extrémité. Il est possible que l'outil ait été frappé de manière successive dans la pierre, couche par couche. Une fois que les dents sont entrées dans la pierre et ayant fait briser une mince couche de pierre, les ouvriers font tourner alternativement ou simultanément l'outil pour user la couche de pierre pénétrée. Les coups données à l'outil permettraient de justifier la déformation de l'outil pour ensuite créer des sillions, mais cela n'explique pas les sillions sur le long d'un forme conique!

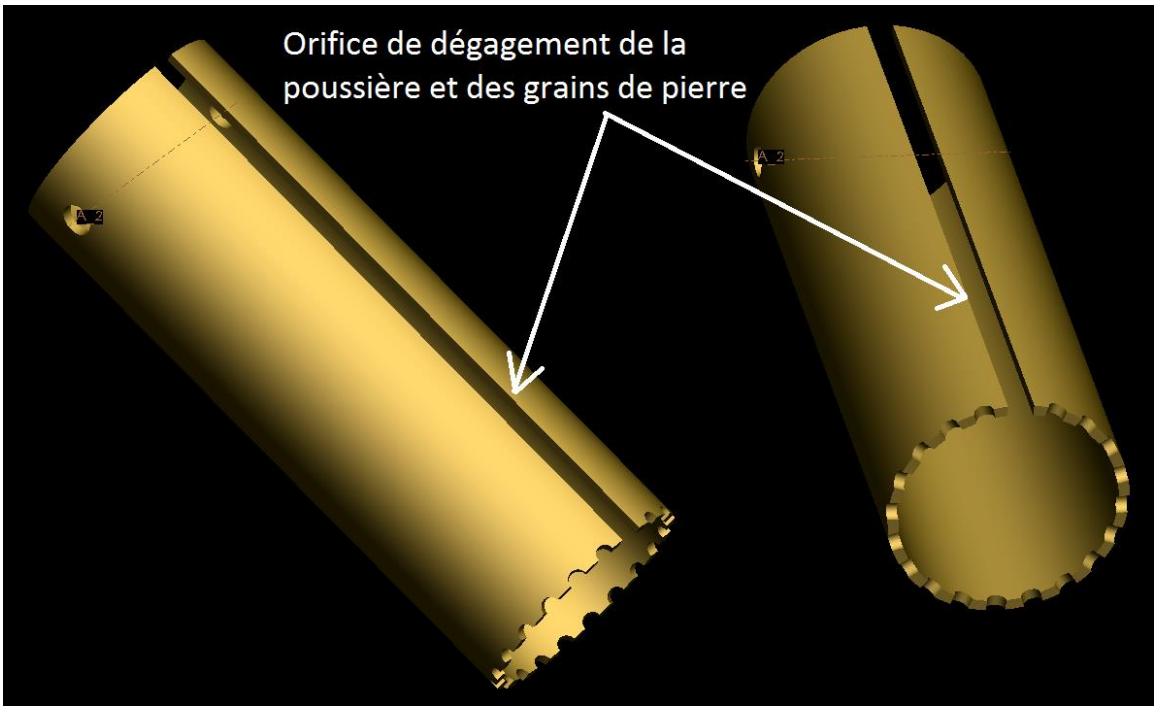



Les petits morceaux de pierre éclatés lors de la percussion de l'outil de la pierre cherchent à remonter à la surface avec la poussière de pierre produite par l'abrasion. Ces morceaux de pierre se retrouvent alors à l'intérieur et à l'extérieur de l'outil de coupe en rotation. Il est donc normal de voir des sillions dans le sens de rotation de l'outil mais tout en étant déphasé de l'axe de coupe. Mais analysons le tout plus en détail. Est-ce qu'un outil mou peut parvenir à percer une pierre dure? À première vue non, mais mon petit doigt d'ingénieur me dit que oui! :O)

Certaines pierres ne sont pas homogènes et seules les structures plus friables vont casser sous l'effet d'ondes de choc. Une fissuration dans un matériel cassant va toujours se faire

dans la zone de concentration de contraintes dans la ligne de résistance ayant la moindre force.  Petite parenthèse, la propagation de la fissure se fera toujours à la vitesse du son dans la matière en question. Dans un matériel comportant différents types de grains et de duretés différentes, généralement les grains les plus durs vont rester entier ou en morceaux plus gros. Ces derniers étant de dureté élevée, sont en mesure à leur tour d'user la pierre plus molle le long de l'outil de coupe en rotation. Ce sont aussi ce grains qui son susceptibles de s'incruster dans l'outil sur la surface de découpe principale, mais aussi latéralement pouvant créer des sillions jusqu'à décrocher ou éclater!

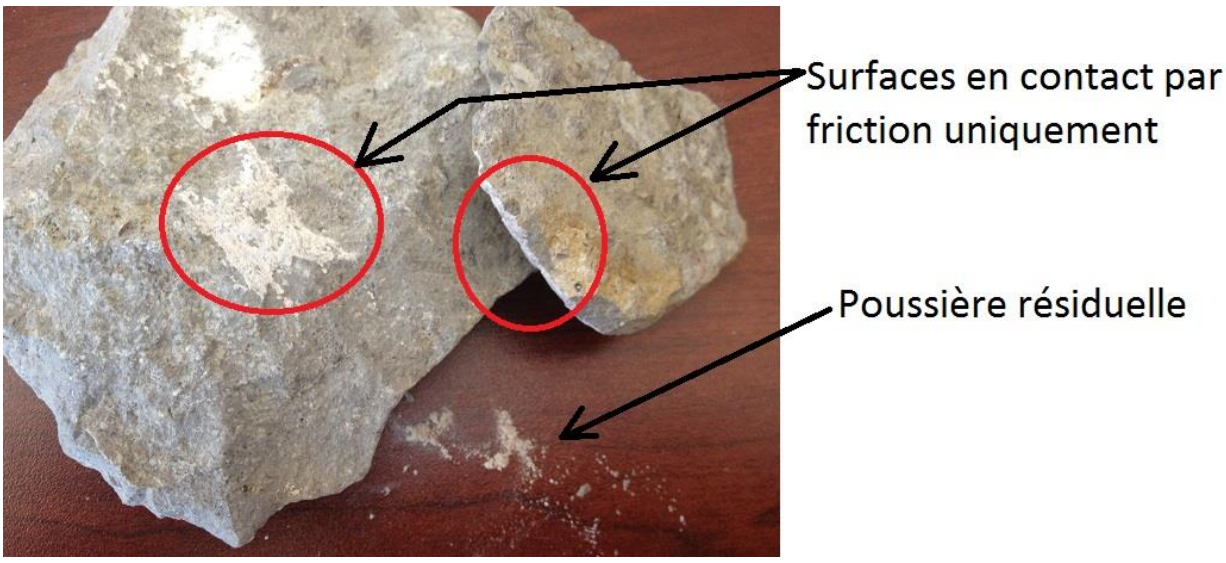
D'un côté il et simple de laisser un espace dans l'outil de coupe cylindrique afin de laisser passer la poussière et les petits morceaux de pierre. Lors de la rotation, ces débris peuvent circuler des deux côtés de l'outil.




Tout comme on coupe ou poli du diamant avec de la poussière de diamant car il n'y a rien de plus dur, je ne vois pas pourquoi il ne serait pas possible d'en faire autant avec une pierre dure avec de la poussière de cette même pierre ou d'une pierre plus dure.

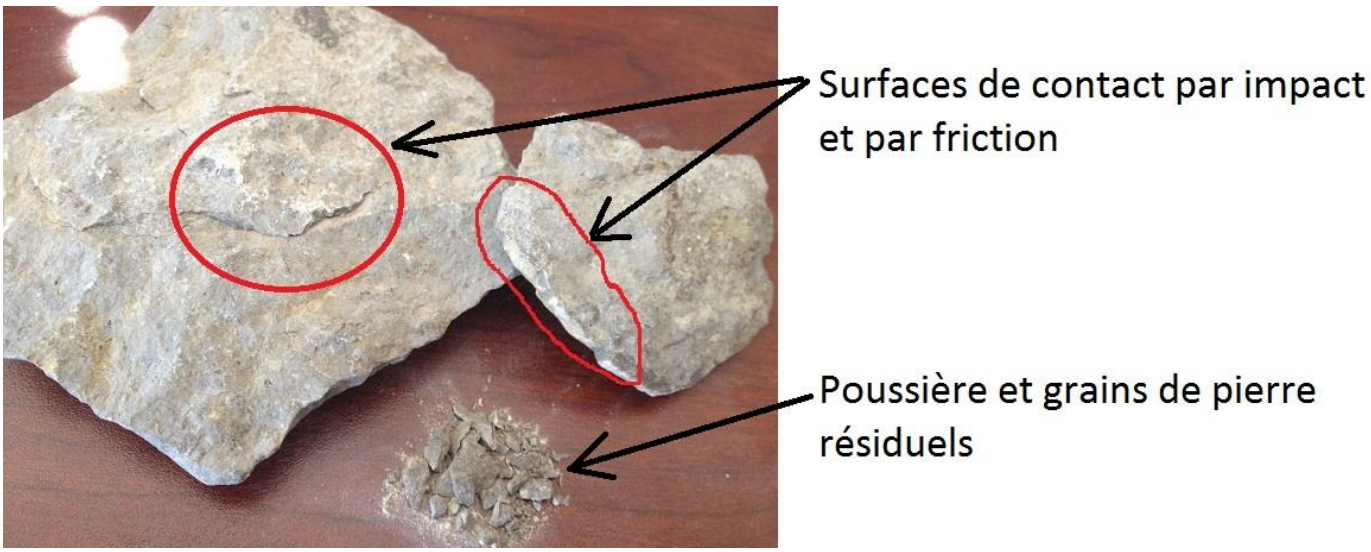
Deuxième parenthèse, la poussière fine qui résulte de la découpe peut être utilisée pour le polissage de pierres et des sculptures. L'utilisation de chiffons humides et de fines poussières de pierre dure peuvent être le moyen utilisé pour le polissage des pierres moles et dures.

J’habite la Minganie, sur la Côte-Nord (Québec, Canada) où on retrouve des formations géologiques en calcaire et lorsque je prends par exemple deux morceaux de calcaire et que je les frotte ensemble, il y a de l’usure qui se fait. Ce sont deux pierres de même nature mais de surface de contact irrégulières.




La friction de surfaces irrégulières entre elles génère des concentrations des contraintes suffisantes pour créer l’arrachement  des pointes de calcaire dans ce cas-ci, créant de la poussière de pierre et adoucissant les surfaces en contact.

Maintenant, si on crée des impacts entre les pierres et on les frotte ensemble, on crée des fissurations et de l’arrachement de morceaux plus ou moins gros.




Idéalement, il faut que les surfaces à frotter ensemble soient irrégulières, ce qui concentre les contraintes sur des surfaces (points) plus petits. Il est de même avec les pierres dures et

très dures. Donc le fait de percuter la surface à découper et faire éclater de petites particules telles que montrées dans les images précédentes, l'ouvrier créait donc des surfaces irrégulières sur la surface à percer. Les particules comprises entre la surface à découper et l'outil de coupe plus mou dans lesquelles les grains venaient s'y incruster servaient alors à user le surfaces irrégulières. Donc couches par couches, on éclate la surface à découper et ensuite on l'use jusqu'à ce que l'outil ne coupe presque plus et on recommence le cycle.

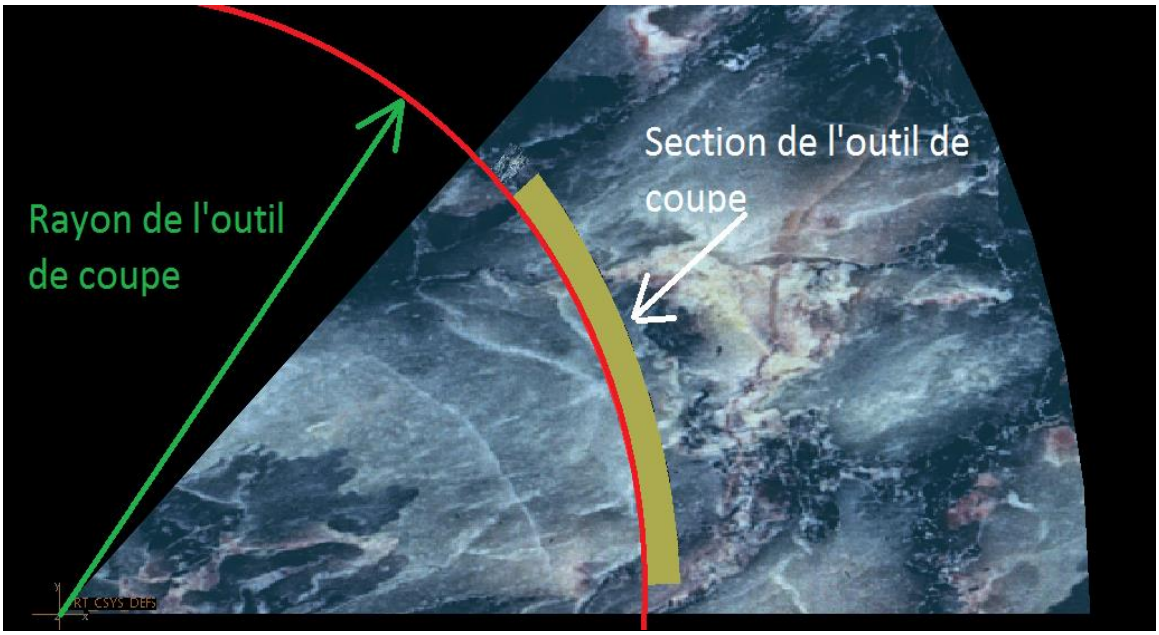
**Donc rendu à une certaine grosseur, les grains sous forme de poussière et de grains comparables à des grains de sable (ou un peu plus gros) remontent de part et l'autre de l'outil (intérieur et extérieur) et par le trou d'évacuation tel que montré précédemment et usent les surfaces coniques à leur tour. Cela peut expliquer, selon moi la formation des sillions de petite taille dans une trajectoire non nécessairement constante et hélicoïdale. L'outil étant moue aussi sur les surfaces intérieures et extérieures, il est possible que penser que des grains durs ont pu s'incruster aussi dans ce surfaces et creuser des sillions dans la pierre plus ou moins profonds avant de s'user et de se réduire aussi en poussière de pierre.**

**Si un grain demeure en place dans une des surfaces latérale de l'outil de coupe, il est fort à penser que chaque strie représente fort probablement la profondeur de pénétration de l'outil à chaque période d'impact de l'outil sur le bloc à découper. La découpe quasi hélicoïdale se répète alors couche par couche de pénétration. Cela permet aussi d'expliquer l'apparence quasi constante des sillions qui je crois ne sont pas nécessairement concentriques, mais qui suivent possiblement l'inclinaison de l'outil dans son trou ovalisé, ce qui a suffit à mystifier bien du monde jusqu'à aujourd'hui, environ 4000 ans plus tard!** :O)

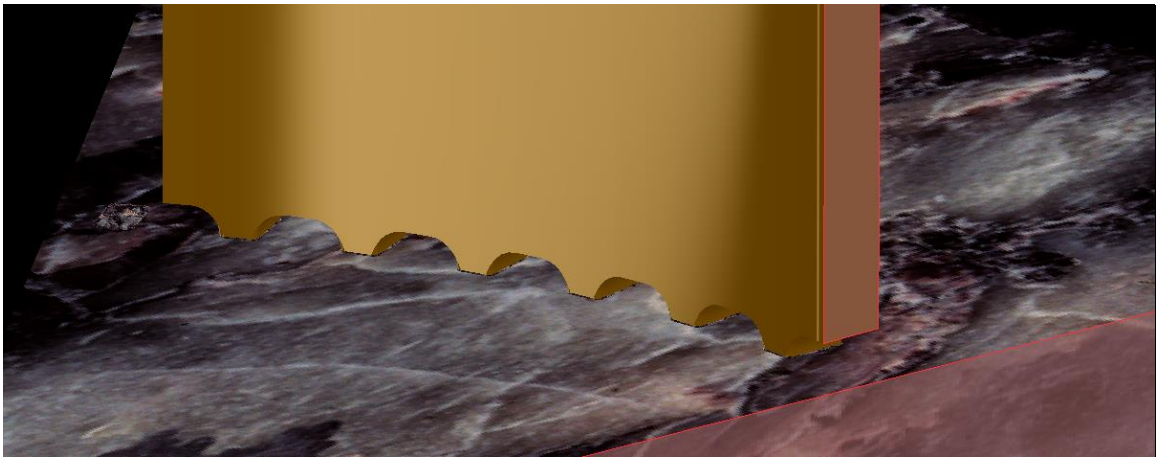
Si on fonctionne par percussion et rotation, il est aussi pensable que la courbure due à l'amorce de découpe par vibration tel que présenté quelques pages précédentes, il est aussi envisageable de penser que l'amorce a pu être aussi réalisée avec percussion en plus de la rotation directement en surface. Puisque la masse en surface n'est pas la même que celle à l'intérieur d'un bloc lors de la découpe, il est pensable que la zone d'éclatement soit plus grande, ce qui explique comme la taille de bloc par percussion.

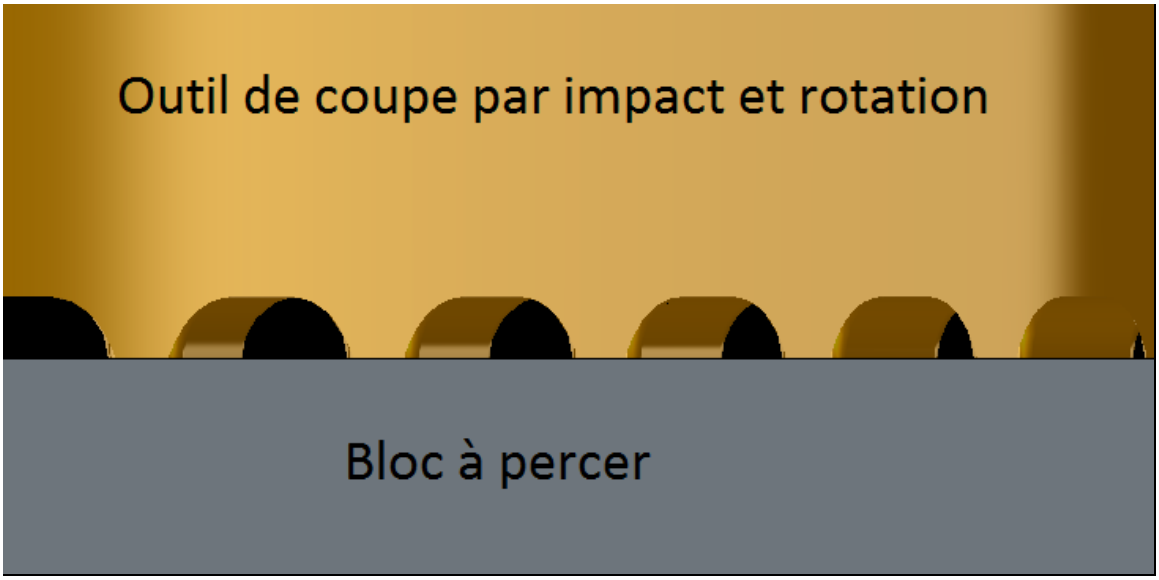
On retrouve l'éclatement de surface en perçant aussi de la matière dure comme la céramique ou du béton à haute résistance en particulier avec un outil électrique par impact ou par impact/rotation.

Analysons le tout autre que par de suppositions et revenons à l'outil et la pierre. Afin de simplifier les analyses par éléments finis de l'outil et de la pierre, j'ai simplement dessiné une pointe de ceux-ci en prenant soin d'appliquer des symétries lors des analyses.

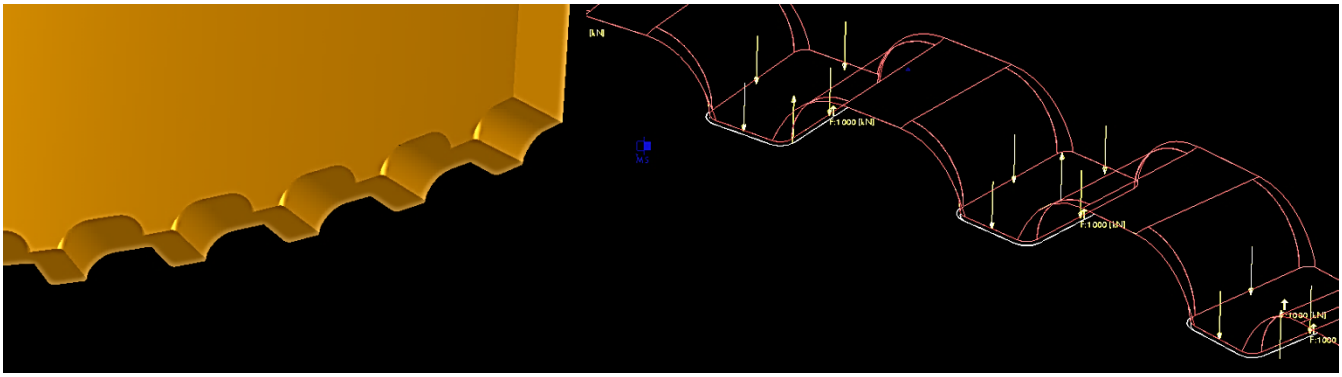



Ci-haut, une vue en élévation de l'outil sur la pierre à percer. L'arbre de l'outil et le mécanisme ne sont pas montrés pour simplifier la vue.

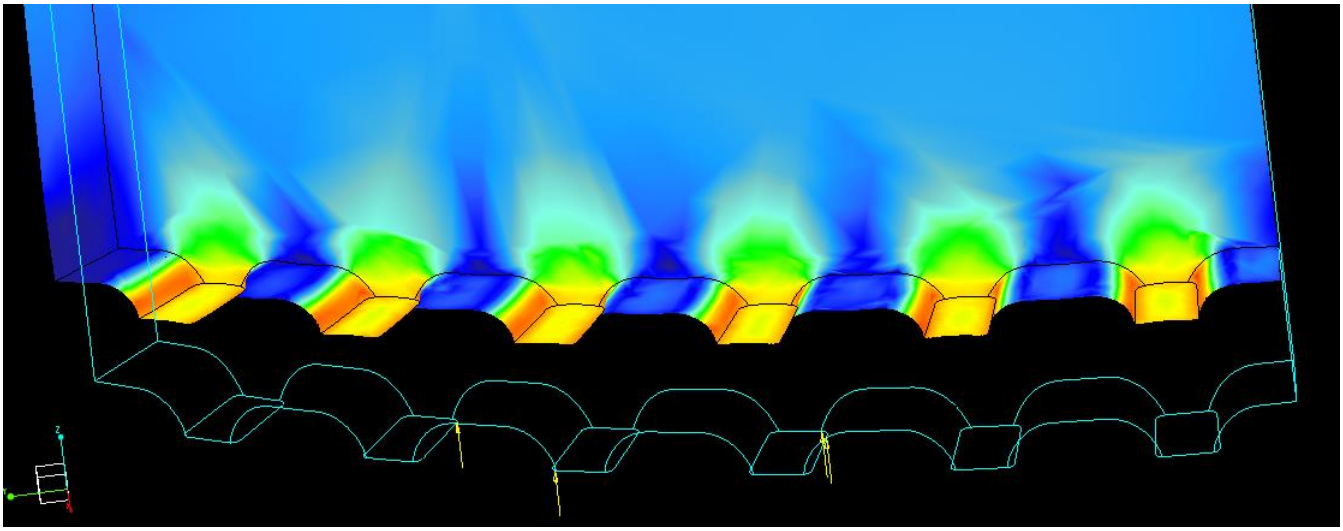


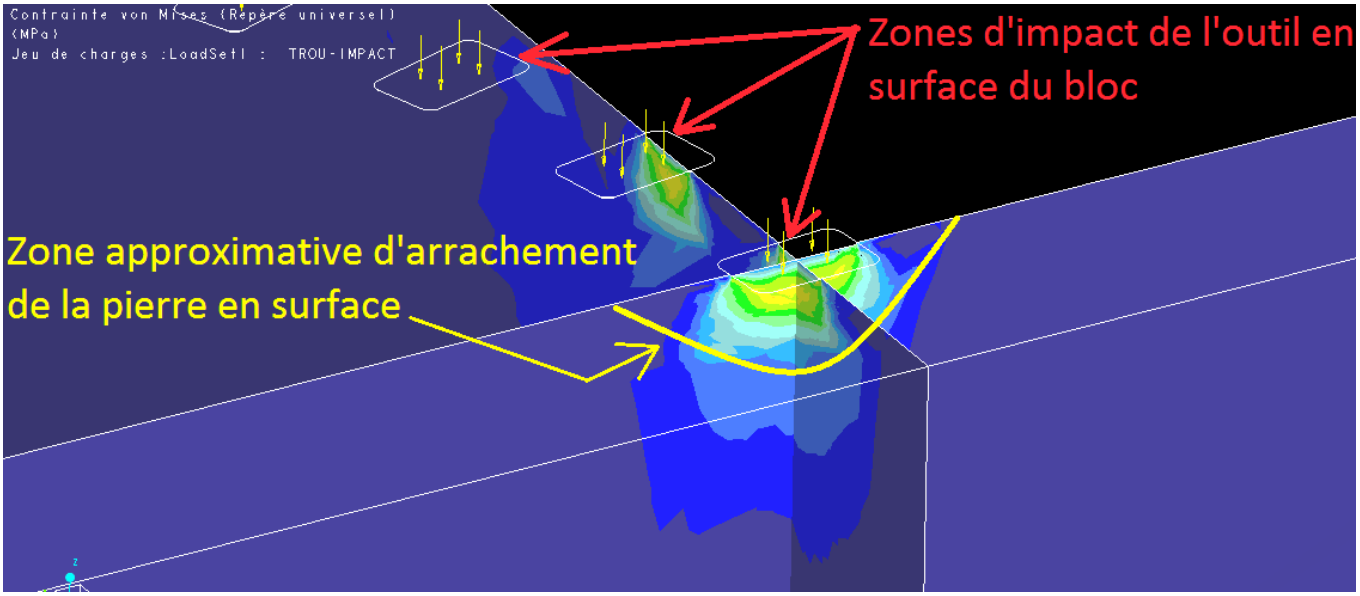


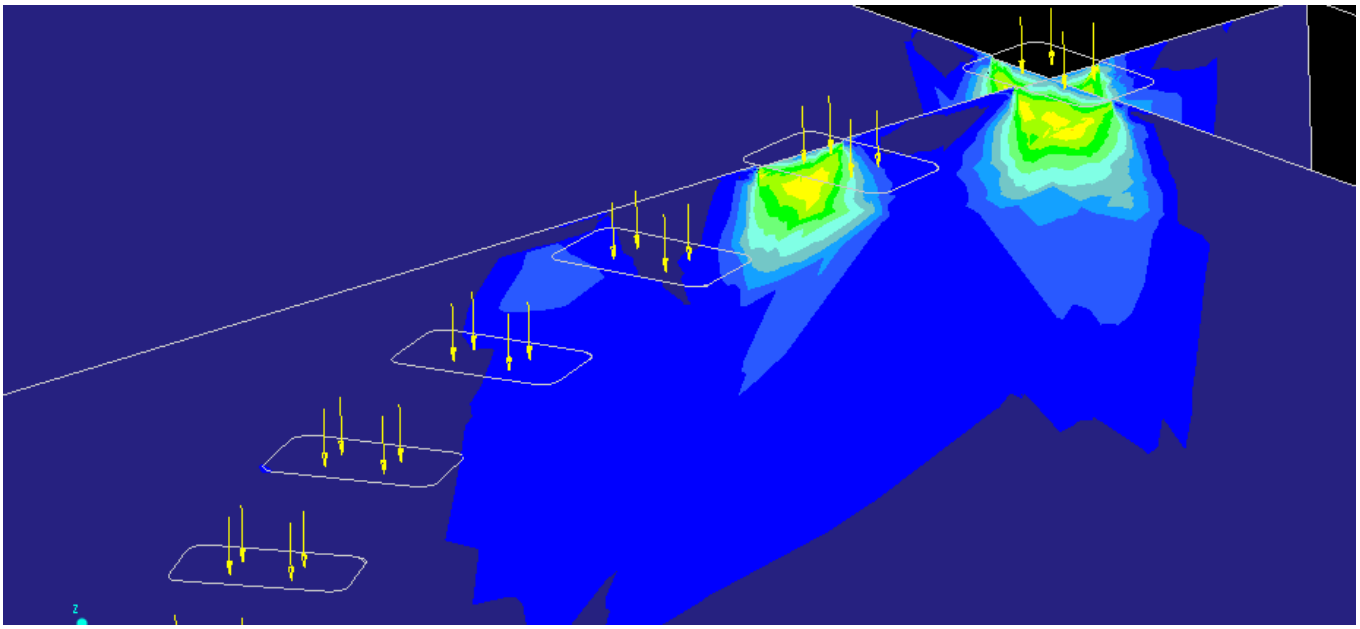

La forme des dents est arbitraire et ne représente peut-être pas la réalité puisqu'on n'a jamais retrouvé de telles reliques. L'important n'est pas là dans cette démonstration! Il ne fut pas oublier que le cuivre est réutilisable et avait certainement une valeur de revente ou de recyclage!



Ci-après, j'ai représenté une force équivalente à une tonne sur l'outil et sur la pierre en surface. Ce n'est pas une analyse vibratoire mais de contraintes.



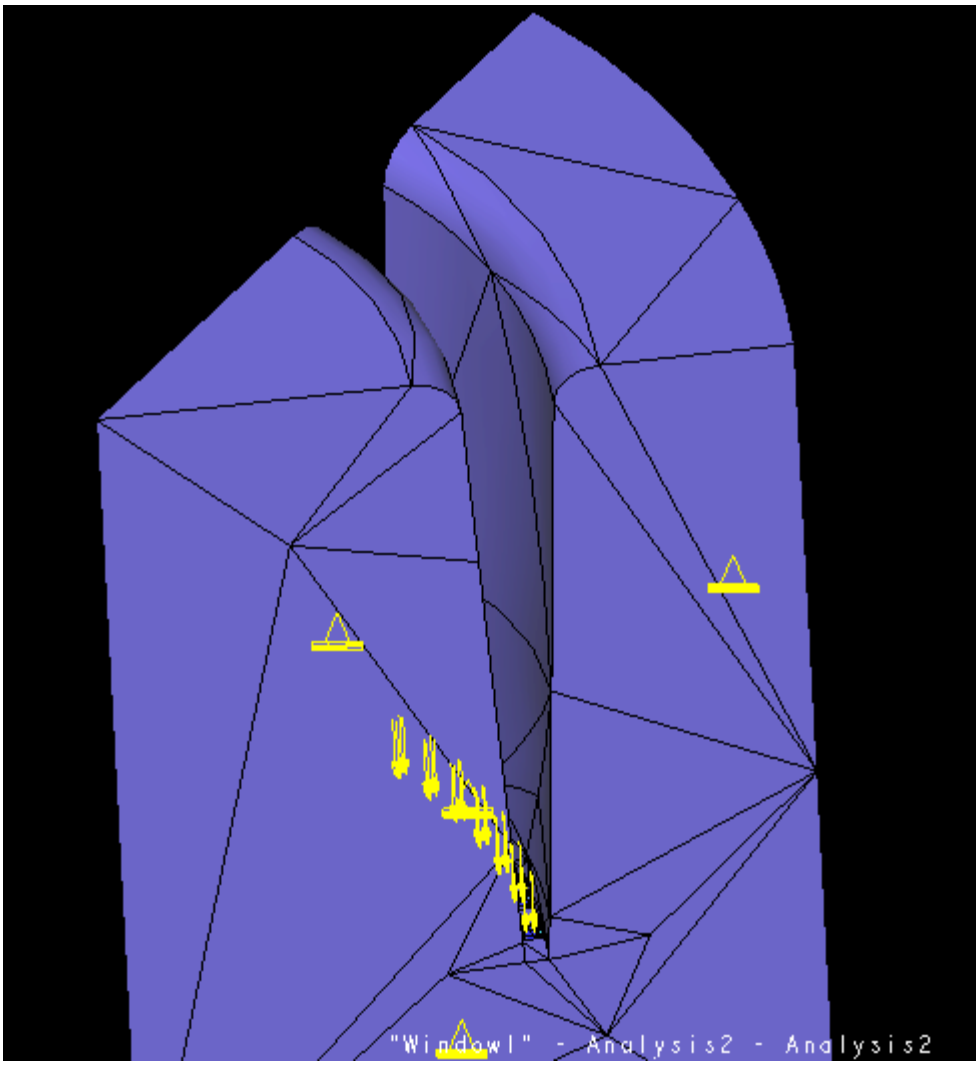


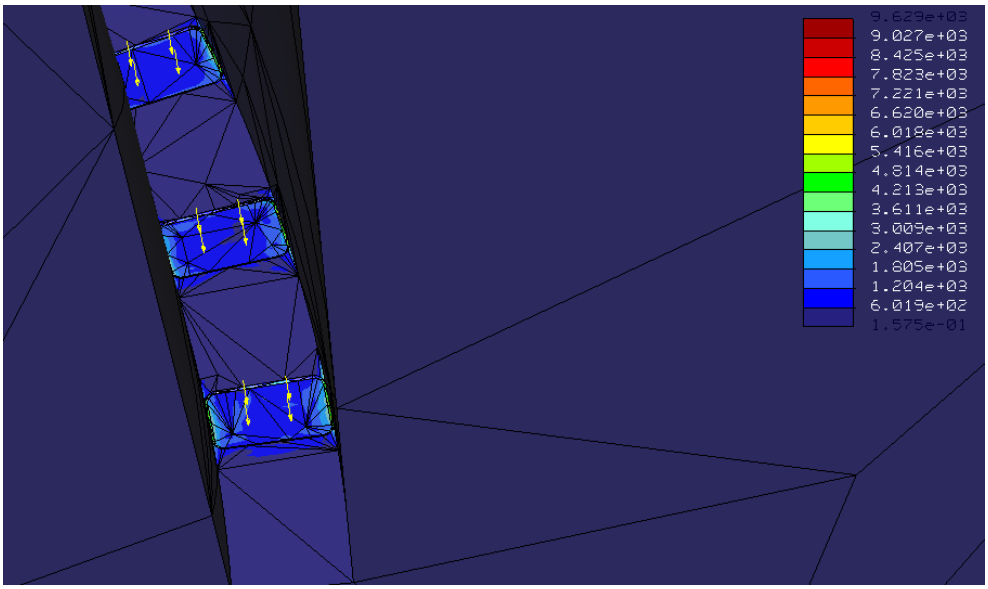


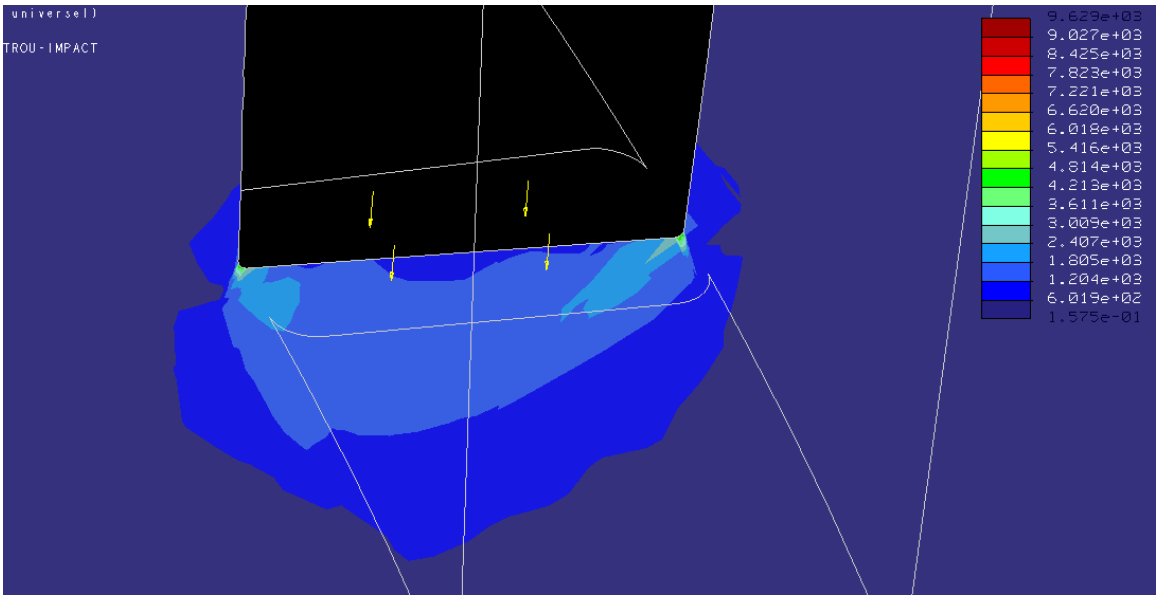
On voit en surface de la pierre  que l'application de la force crée une zone de contraintes environ trois fois la largeur de l'outil. Cela permettrait d'expliquer l'éclatement en surface dans la zone d'amorce de perçage.  Plus que l'outil pénètre la pierre, plus on se retrouve avec une pénétration de l'outil plu faible  jusqu'à ce que la masse autour de l'outil soit assez importante pour reprendre les contraintes de surface (voir images suivantes).

Il est certain que les contraintes les pressions et de tension qui découpe des impacts sont importants, mais **le mode vibratoire de la matière à découper localement où l'outil découpe est très important**. Les ondes mécaniques de propagation des ondes se font dans la matière par compression et par cisaillement. Ces ondes peuvent à certains endroits s'annuler presque ou totalement mais aussi s'amplifier en s'additionnant lorsque les ondes sont en phase les unes avec les autres. Cela permet à moindre effort de casser en surface de petites sections dans la pierre dure entre autre.

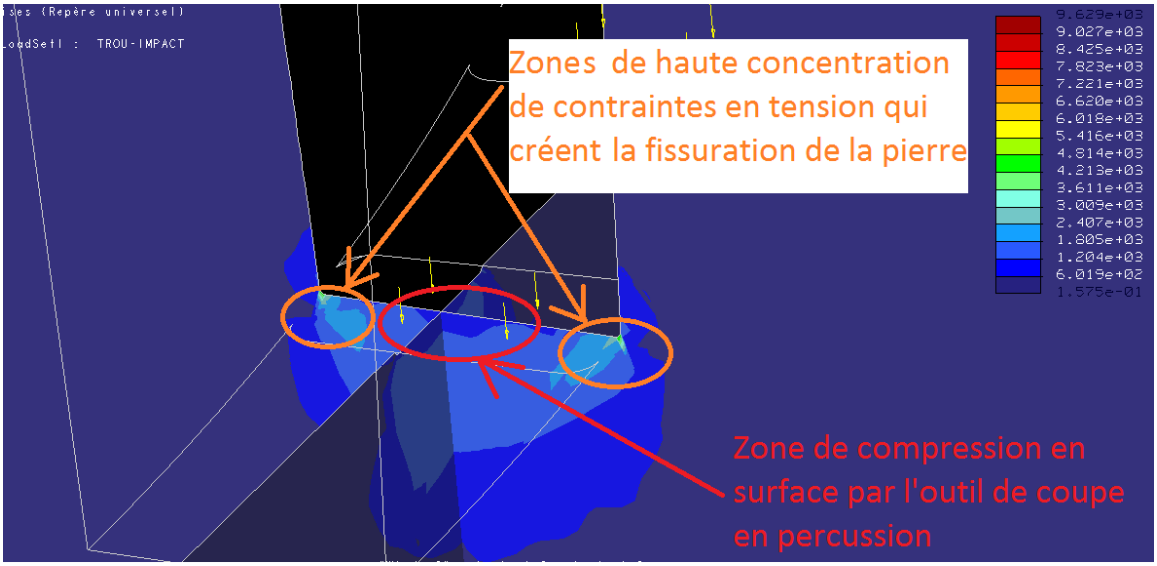
Sur les images suivantes, nous retrouvons une situation de découpe à vitesse constante de pénétration par impact/rotation.

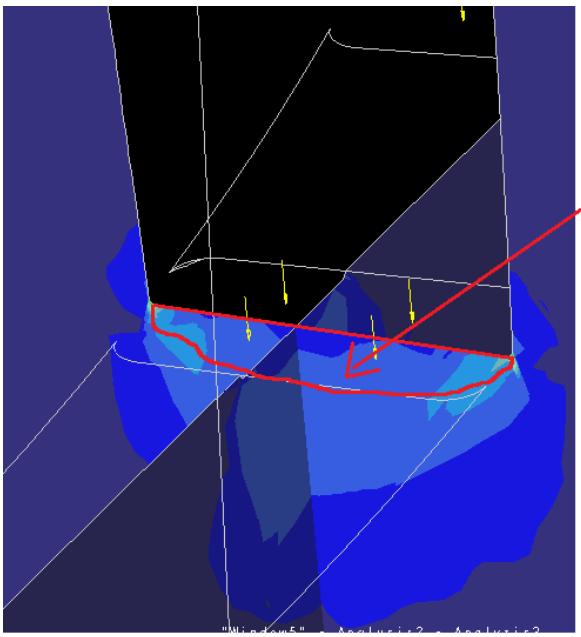

"Window1" - Analysis2 - Analysis2


9.629e+03
9.027e+03
8.425e+03
7.823e+03
7.221e+03
6.620e+03
6.018e+03
5.416e+03
4.814e+03
4.213e+03
3.611e+03
3.009e+03
2.407e+03
1.805e+03
1.204e+03
6.019e+02
1.575e-01



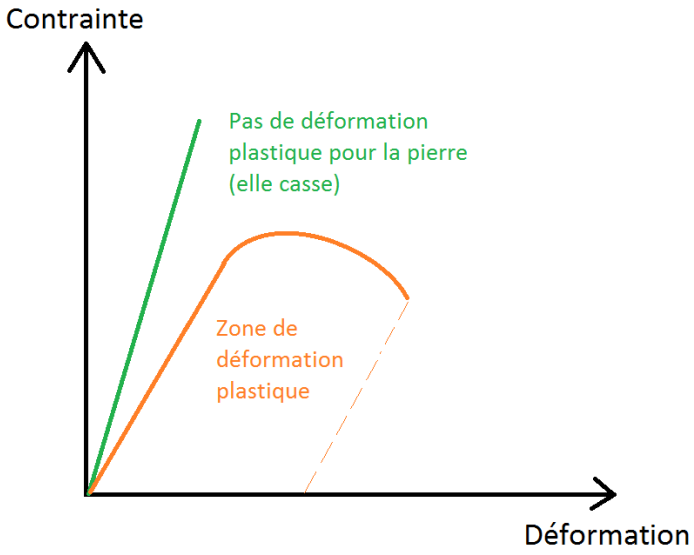

On voit que les concentrations de contraintes sont plus localisées sous l'outil dans la pierre en découpe sous la surface de la pierre. L'avantage de cette propriété est que cela permet une découpe beaucoup plus propre qu'en surface.

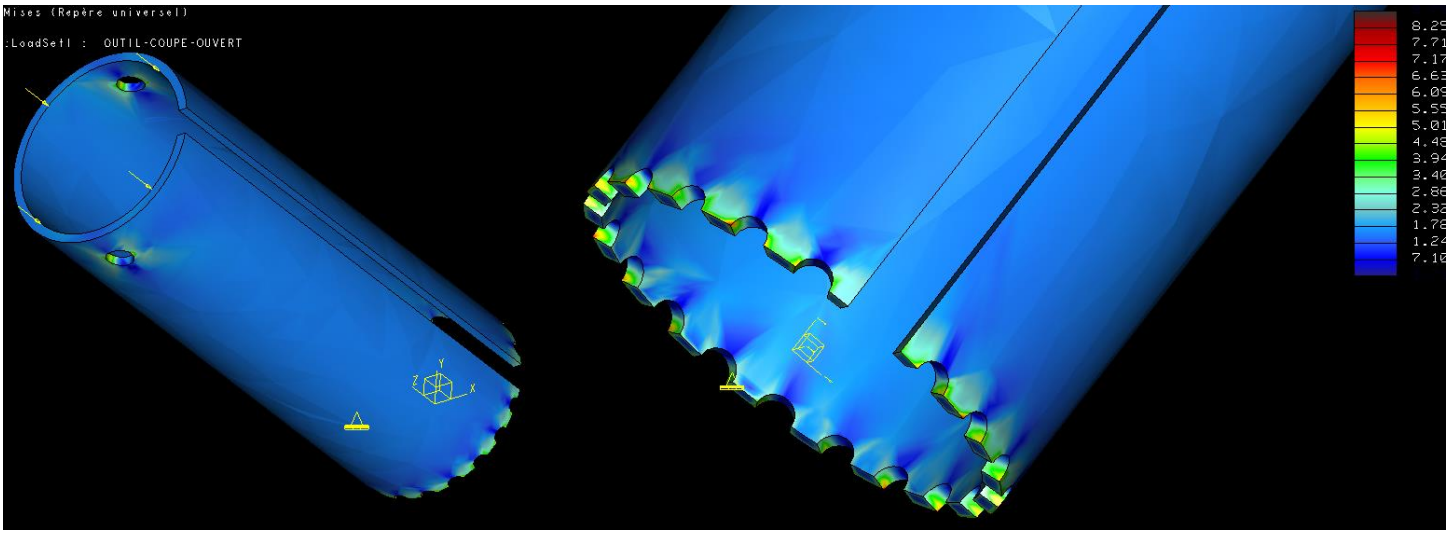




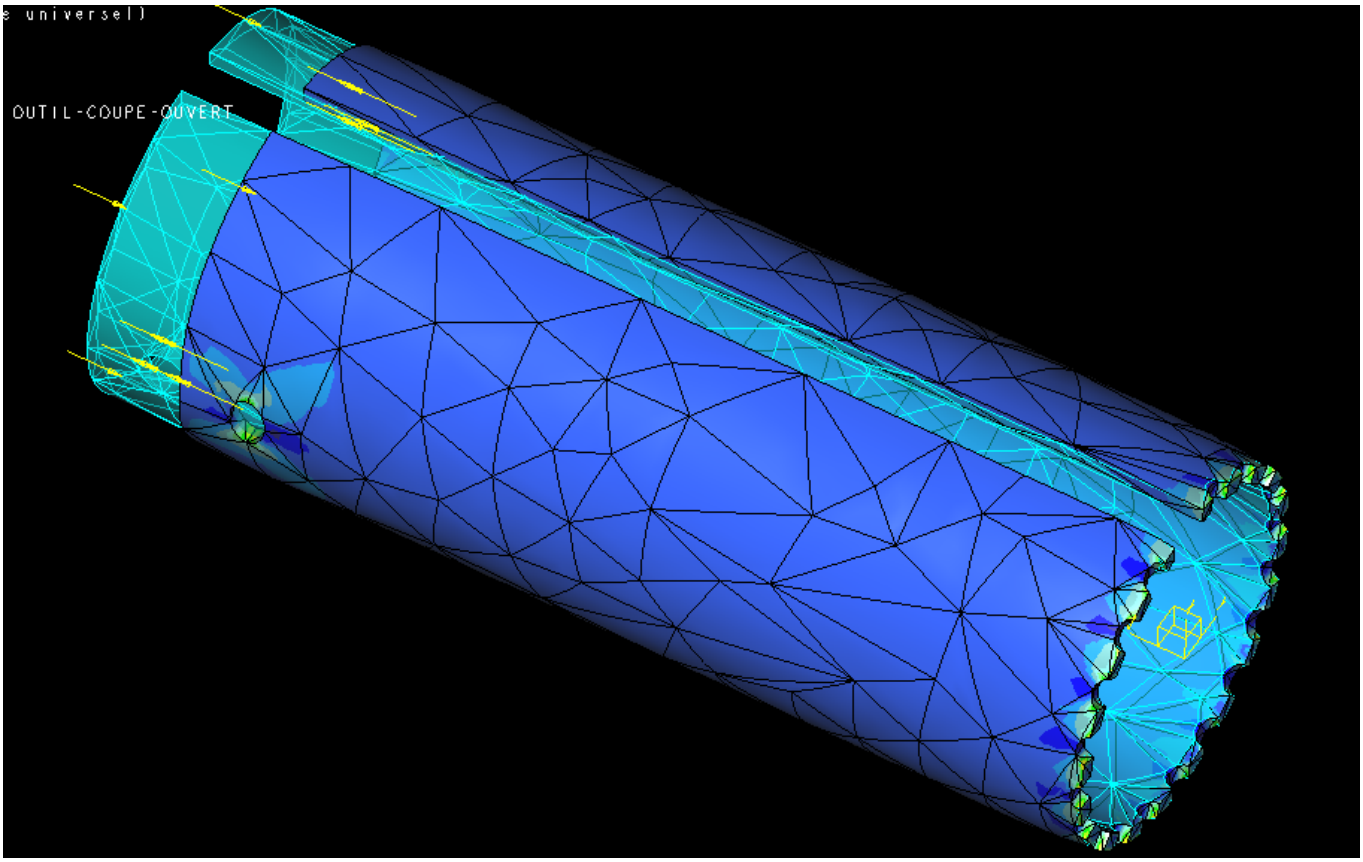
Zone de pierre en arrachement lors de l'impact et du dépassement de la résistance mécanique en tension qui crée l'amorce de fissuration et l'arrachement d'une fine couche de pierre.

Pour faire casser de la pierre à haute résistance, il n'est donc pas nécessaire d'appliquer de grandes forces de pression. L'impact de la force de pression sur la surface à couper et par conséquent, la propagation des ondes mécaniques peut se faire avec un outil de résistance mécanique plus faible. La pierre à l'état brut se comporte comme une céramique, elle ne possède, contrairement aux métaux comme le cuivre, la propriété de déformation plastique qui permet entre autres, l'écrouissage du matériel malléable sans casser. Cela octroi à l'outil de cuivre (ou autre) une excellente résistance à l'écrasement et donc à la déformation élastique et plastique mais aussi une très grande résistance à la vibration et aux chocs vibratoires.  Donc contrairement à la pierre, un outil fait en cuivre par exemple, peut mieux résister aux chocs et aux vibrations de la pierre plus dure.

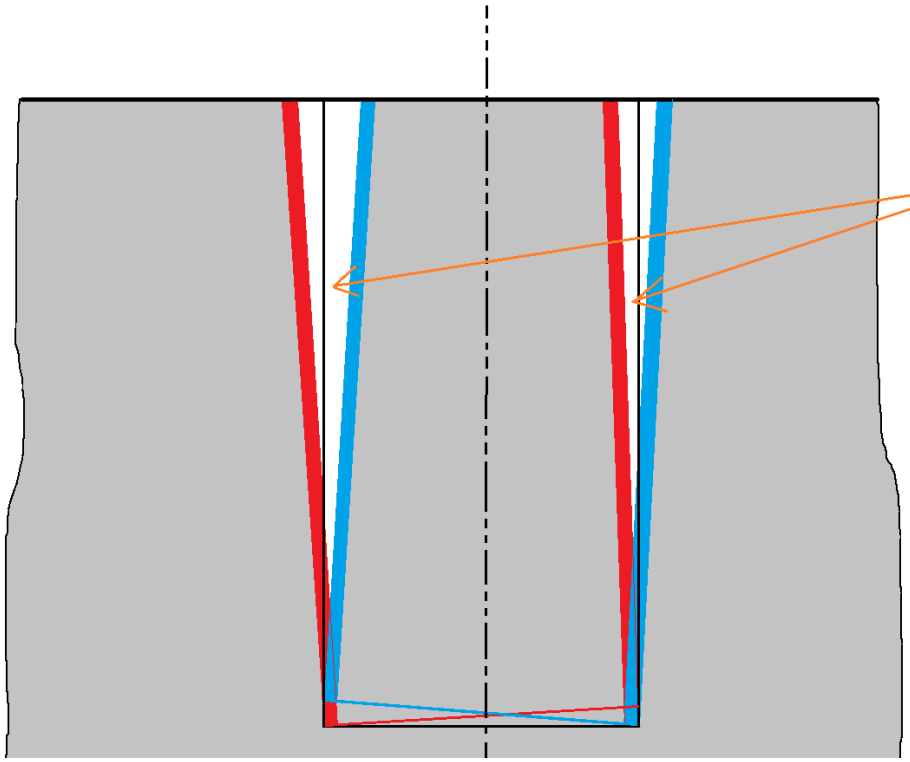




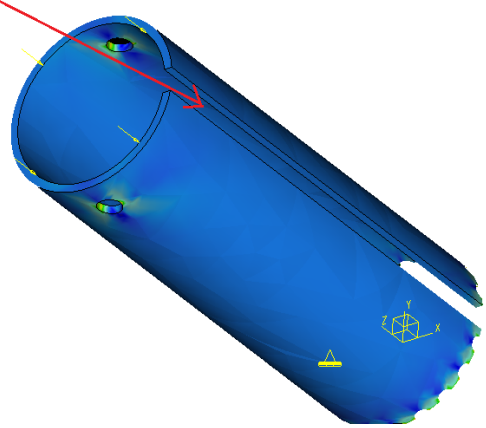

On voit que même avec une ouverture l'outil transmet très bien l'énergie et pression aux dents. L'image suivante comprend une force de pression d'une tonne et une torsion angulaire sur l'axe de coupe de 100 lbf-pi.




Donc selon moi, la présence de cavités entre les dents permet de garder la poussière et aussi les morceaux de pierre qui permettent d'user le massif de surface irrégulière suite à chaque impacts.



Zone intérieure et extérieure de l'outil de coupe où les grains de pierre et la poussière remontent principalement le long de l'orifice de dégagement de l'outil et où ils peuvent s'insérer dans l'outil mou.



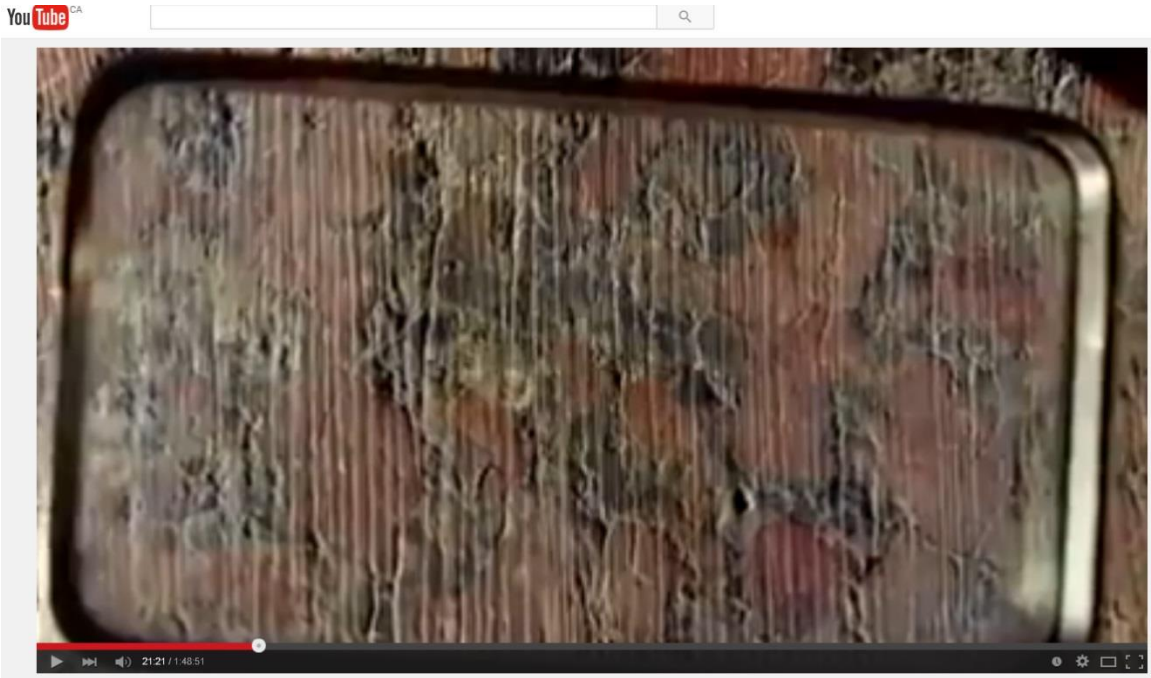
Découpe du coffre à angle 90 degrés!?

Précision = prisme + lumière = lumière monophase et  mesure de nuit

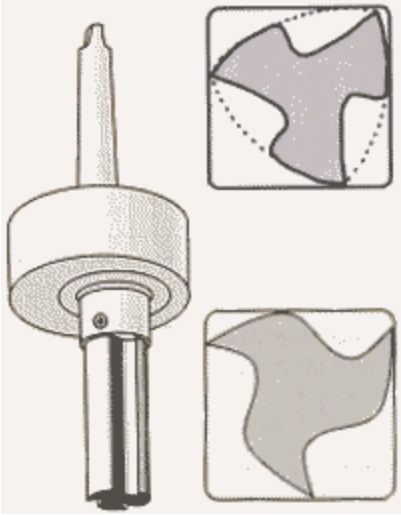
Table de rotation d'une pièce pour la prise de mesure de symétrie

## Méthode de découpe par vibration :

Lors du visionnement de La Révélation des Pyramides, j'ai vu pour la première fois un trou de forme carré aux coins arrondis. Cela m'a immédiatement intrigué et avec raison. J'ai cherché sur Internet pour trouver de l'information à ce sujet ou d'autres photos et je n'ai rien trouvé honnêtement! On remarque cinq choses entre autres. La surface de découpé est plane, les parois semblent contrairement à la méthode par abrasion (rotative) ne pas posséder de sillons, le fini de découpe semble miroir. L'espace entre la paroi intérieure et extérieure semble semblable égal partout! Il ne semble pas avoir de zone d'amorce comme on le voit sur la technique de découpe rotative par abrasion. Je rajouterai que sur la photo suivante, les sections droites, ne semblent pas être parfaitement droites non plus, mais un peu courbées vers l'extérieur.



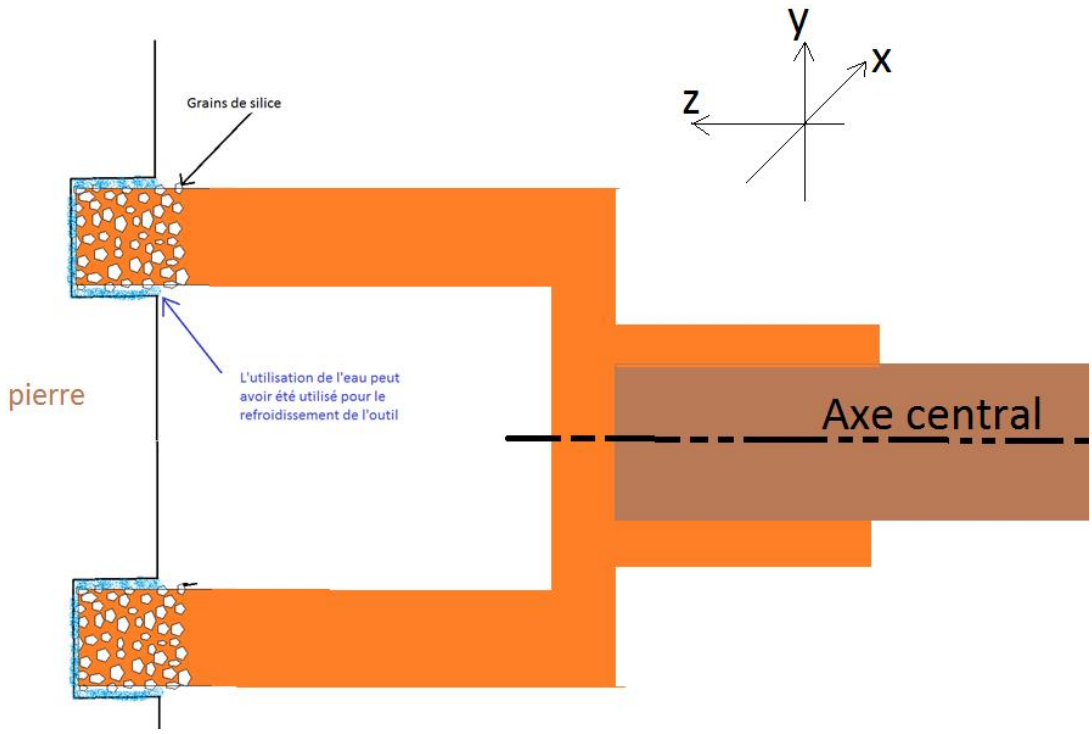

De nos jours on retrouve certains types d'outils pour effectuer des trous carrés parfaits, ou presque parfaits, avec des coins ronds. Ces dernier fonctionnement sous un principe linéaire (broches dentelées) ou encore sous la forme d'un couteau rotatif avec un système d'engrenages qui produit un mouvement de style spirographe.



Ces deux techniques ont une particularité spécifique, elles ne laissent pas de masse au centre du trou. Le système de broches pour ne parler que de cette technique nécessite un trou initialement percé.

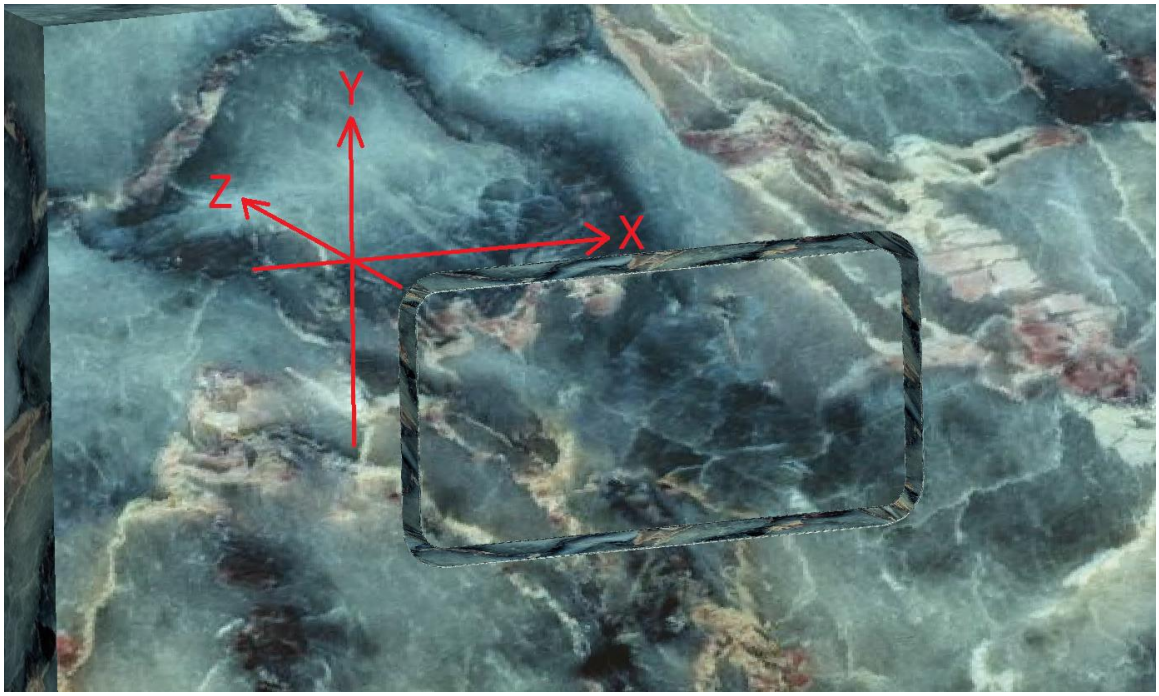
Nous pourrions penser à une sorte de machine CNC (commande numérique) avec un outil de découpe en rotation muni d'un système de guidage. Ce système est trop complexe et même avec un système de guidage primitif, ce genre de précision ne serait pas possible ou du moins extrêmement complexe à réaliser! Il et donc exclu! Mais comment percer un tel trou.

Avec un recul, il est évident que ce n'est pas rotatif! Il ne reste que selon moi la méthode par vibration. Tel que démontré précédemment, un grain de silice compris dans une matrice de cuivre peut percer dans un sens de rotation comme de l'autre.




Mais dans un mode vibratoire, un outil peut être amené à osciller sur un plan en X et en Y et effectuer un mouvement rotatif plus ou moins précis le long d'un axe de coupe Z. Ce phénomène s'apparente un peu à l'amorce de perçage de la technique rotative de coupe par abrasion mais sans rotation de l 'axe de coupe.

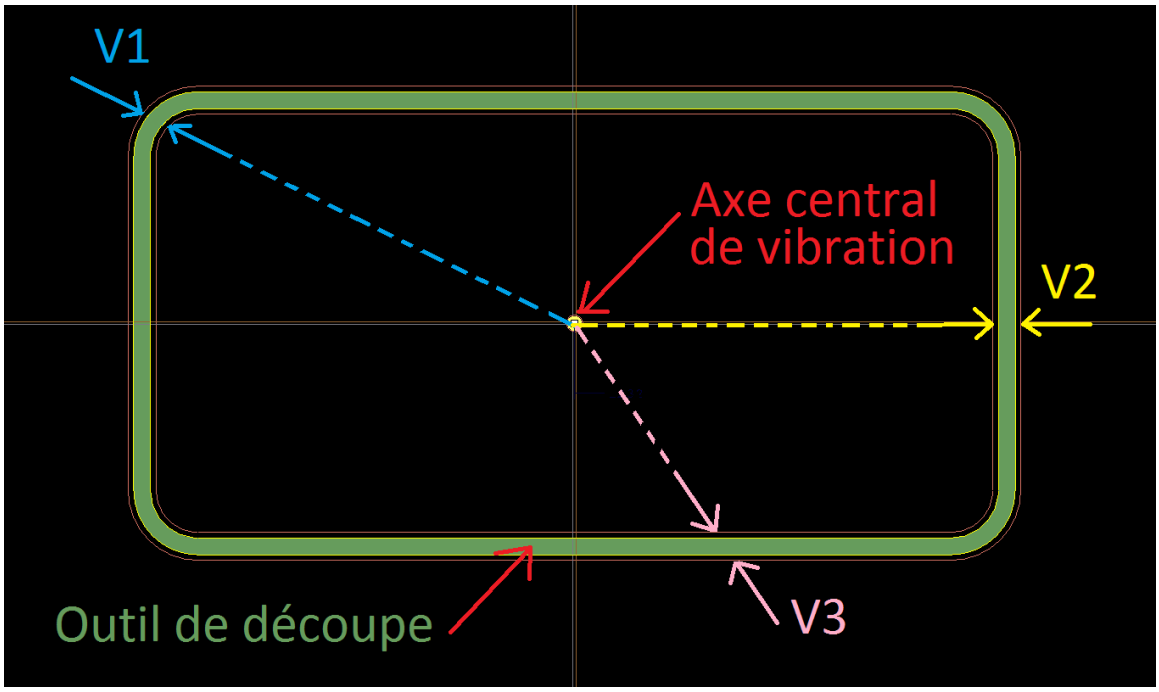
Ma méthode est d'utiliser un outil de coupe de la forme du trou dont l'outil est plus mince que l'épaisseur du trait de coupe lui-même! Par exemple, si le trait de coupe est e 6mm par exemple, l'outil de coupe peut avoir 4mm d'épaisseur et vibrer sur une plage de + et – mm sur les deux axes X et Y.

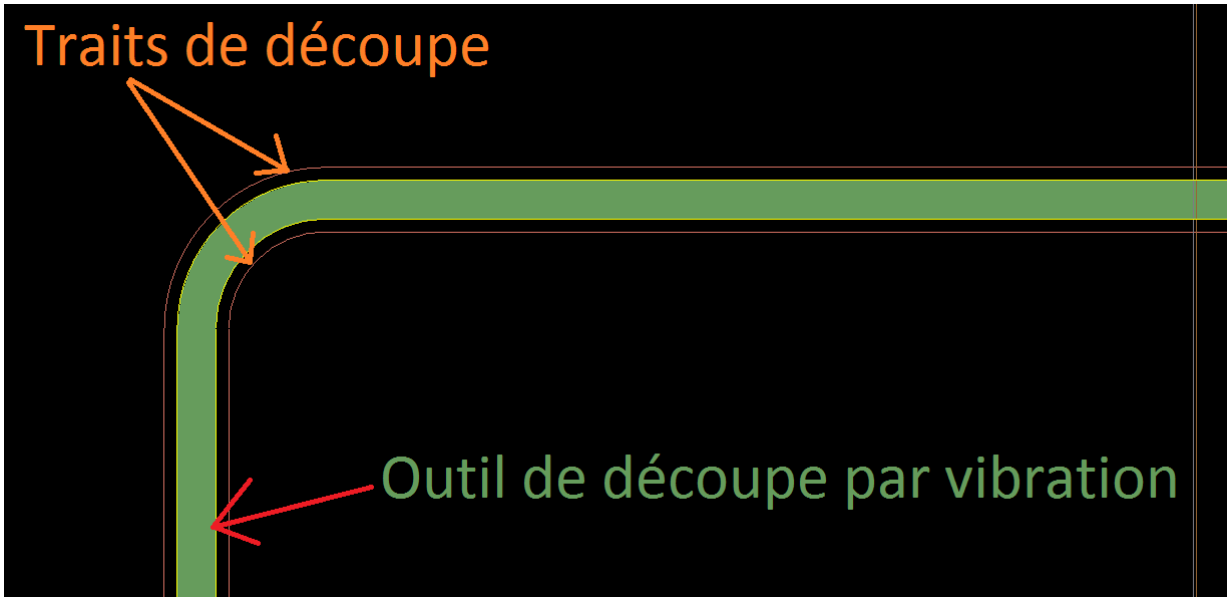



Pour effectuer une découpe comme montré ci-haut, on doit absolument amener l'outil de découpe à osciller sur le plan de découpe XY. On peut penser utiliser un mécanisme de vibration sur l'axe X jumelé à un autre mécanisme semblable pour l'axe Y, mais cela devient complexe pour rien.

Afin de découper avec précision une forme carrée arrondie ou autre forme, on doit s'assurer le mouvement d'oscillation autour d'un axe central de sorte que lorsque cet arbre oscille de gauche à droite ou de haut en bas, le vecteur de déplacement, c'est-à-dire la combinaison des mouvements en X et en Y ajouté à une force selon l'axe Z pour la friction soit toujours le même. Donc en tout temps, V1, V2 et V3, tels que représentés sur l'image suivante sont toujours les mêmes, ou idéalement le plus souvent possible.

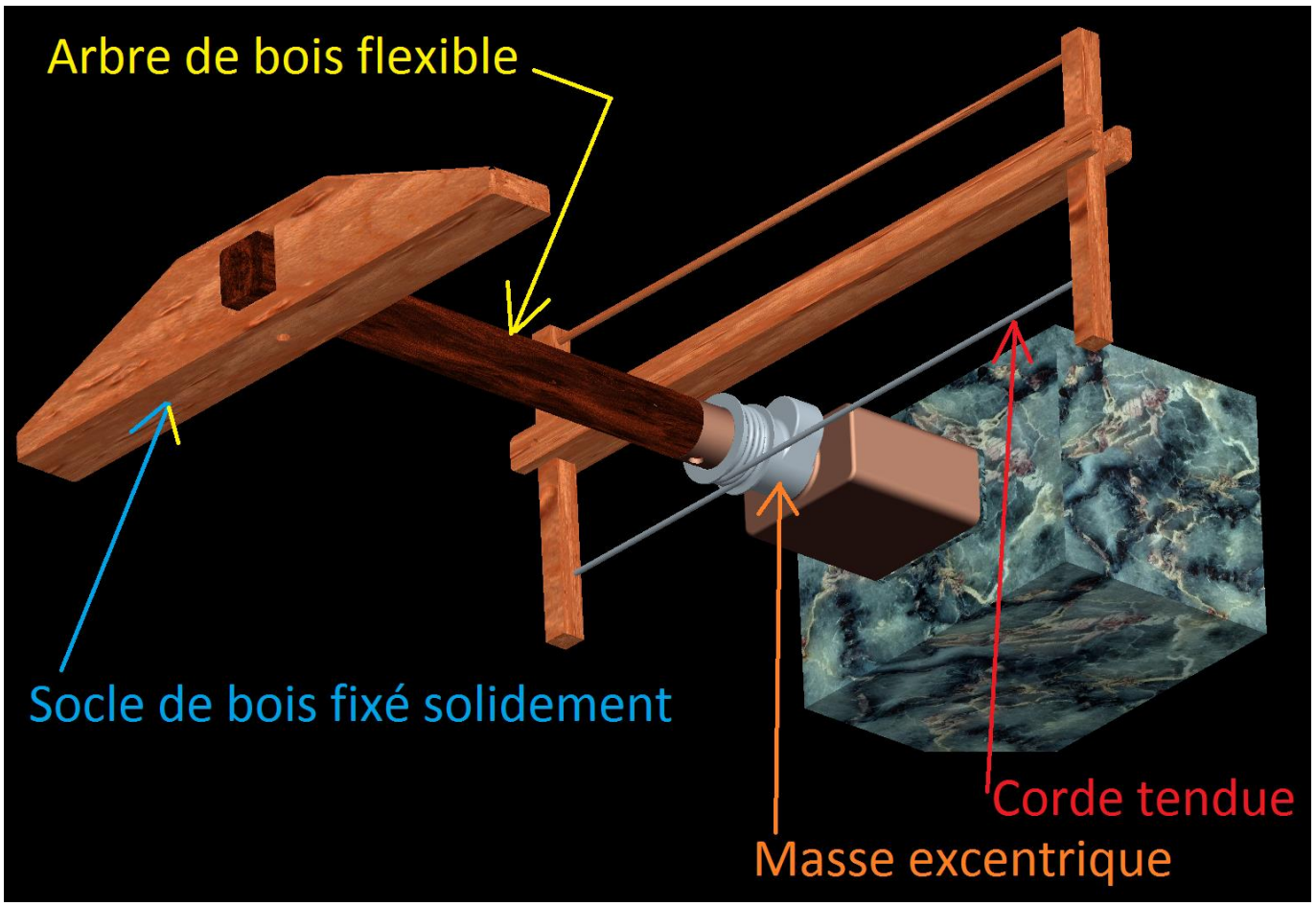
Le type d'outil avec ou sans silice incorporé dans l'outil de coupe peut avoir été utilisé. L'ajout de sable peut avoir été fait surtout si la coupe se faisait à la verticale.



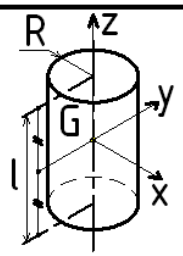
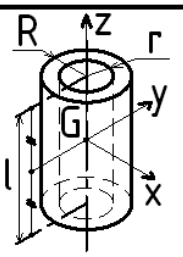
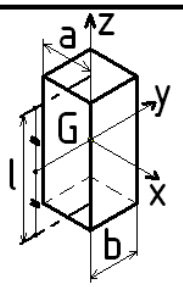
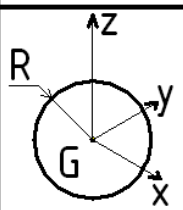
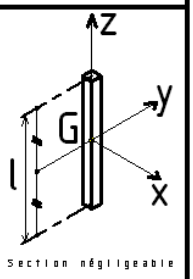

Selon moi la méthode la plus simple consiste à monter l'outil de découpe sur un arbre central relativement flexible et qui résiste aux vibrations. Le bois dans ce cas-ci est tout désigné! Mais cela pourrait être aussi un arbre en cuivre par exemple! L'arbre maintenant l'outil est montré d'une simple bague de pierre ou idéalement qui se monte sur l'arbre en question et qui possède une masse excentrique. Cette bague, entourée d'une corde tendue sur une arche de bois permet dans un mouvement de va-et-vient de créer un mouvement créant des vecteurs égaux et uniformes de déplacement de l'outil tout autour de l'axe de vibration. Plusieurs configurations du mécanisme peuvent être

amenées. Les croquis ci-après n'est aucunement un design exhaustif et laisse place à différentes configurations possibles selon l'espace disponible, la taille du bloc et l'angle de la coupe à faire.  L'utilisation d'une table d'usinage telle que montrée précédemment a très bien pu être utilisé.




Afin d'assurer un déplacement le plus uniforme possible sur 360 degrés, l'arbre flexible en bois se doit idéalement d'être circulaire de sorte à avoir un Moment d'inertie égal non seulement sur l'axe X et Y mais aussi à tous les angles composés de ces deux axes.

**III-2.e.2°) Expressions du moment d'inertie dans les cas usuels :**

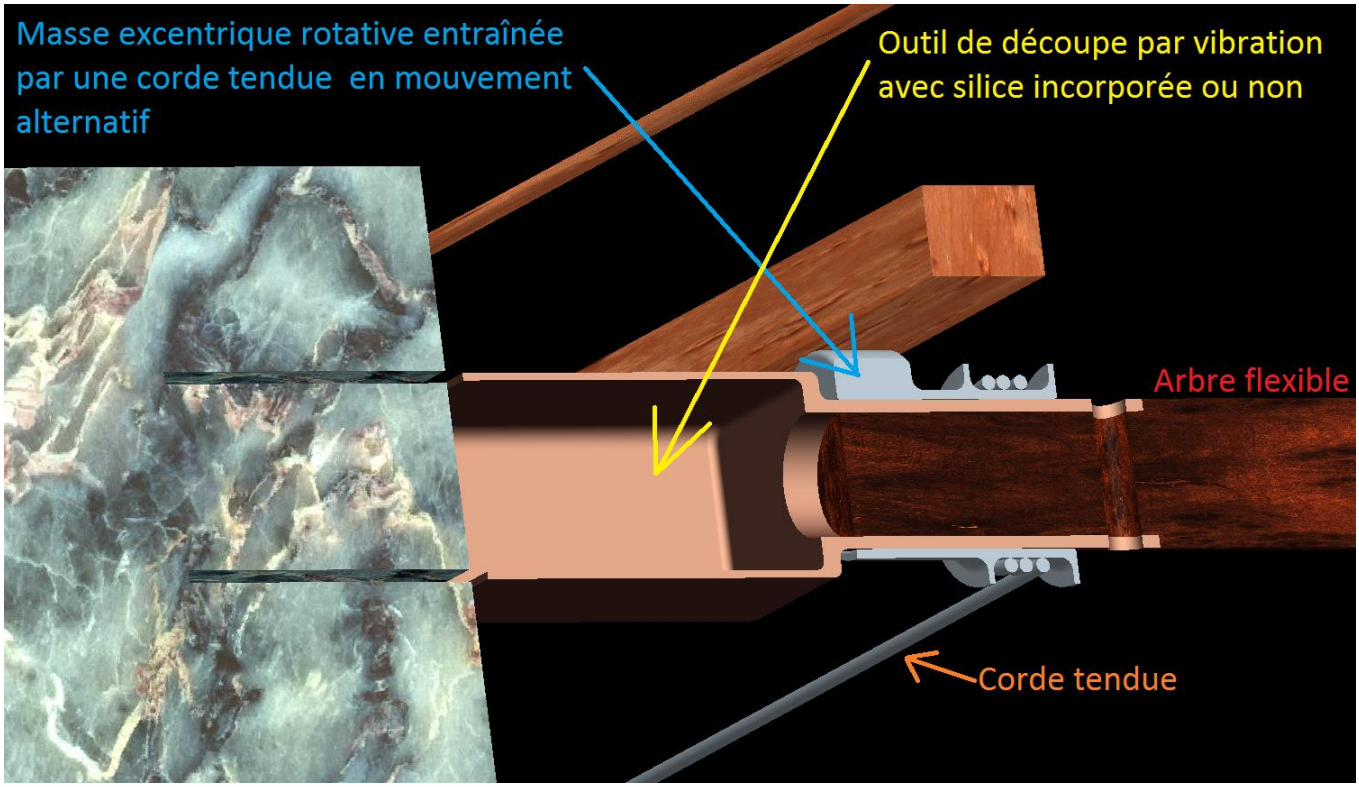
| SOLIDES | CYLINDRE | TUBE | PARALLELEPIPEDE RECTANGLE | SPHERE | TIGE |
|---|---|---|---|---|---|
| |  |  |  |  |  Section négligeable |
| INERTIE | $Igx=\frac{m.R^2}{4}+\frac{m.l^2}{12}$<br>$Igy=\frac{m.R^2}{4}+\frac{m.l^2}{12}$<br>$Igz=\frac{m.R^2}{2}$ | $Igx=\frac{m.(R^2+r^2)}{4}+\frac{m.l^2}{12}$<br>$Igy=\frac{m.(R^2+r^2)}{4}+\frac{m.l^2}{12}$<br>$Igz=\frac{m.(R^2+r^2)}{2}$ | $Igx=\frac{m.(b^2+l^2)}{12}$<br>$Igy=\frac{m.(a^2+l^2)}{12}$<br>$Igz=\frac{m.(a^2+b^2)}{12}$ | $Igx=\frac{2}{5}.m.R^2$<br>$Igy=\frac{2}{5}.m.R^2$<br>$Igz=\frac{2}{5}.m.R^2$ | $Igx=\frac{m.l^2}{12}$<br>$Igy=\frac{m.l^2}{12}$<br>$Igz\approx 0$ |
| Unités | I=Inertie (en $kg.m^2$) | m=masse(en kg) | Dimensions (en m) | | |

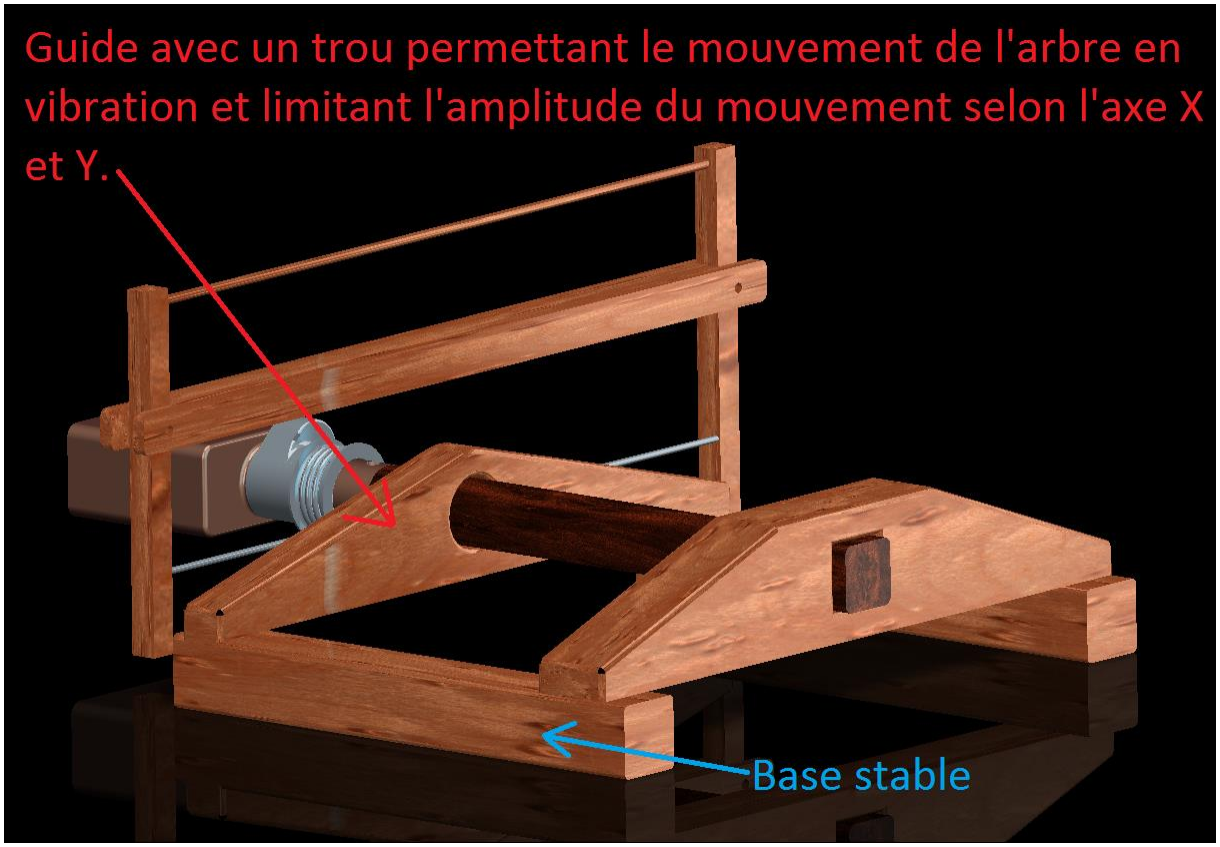
http://www.bing.com/images/search?q=moment+d%27inertie&view=detailv2&&id=5B8E18B26249F9B609B2A8695F69335E4A004FD0&selectedIndex=0&ccid=Sr1hPS1b&simid=608015500009147893&thid=OIP.M4abd613d2d5b50da11741c9fd2e514c9o0&ajaxhist=0

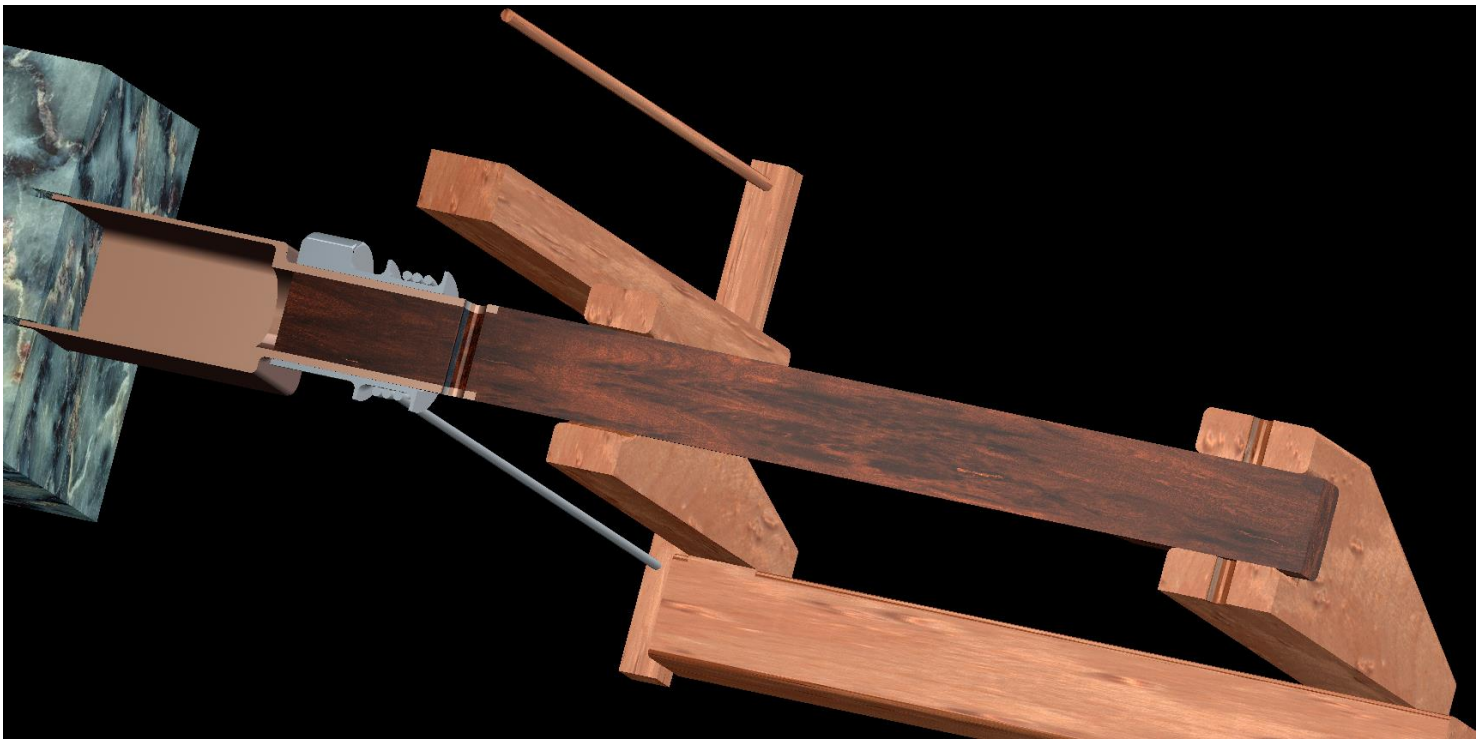
Les mouvements de rotation de l'axe et de l'outil se doivent d'être le plus possible éliminé de sorte à avoir uniquement une liberté du bout de l'outil selon les plans X et Y. Cependant, on devait être en mesure d'appliquer une force de pression de l'outil sur la pierre à couper, suffisant pour obtenir un frottement entre l'outil et la pierre et nos empêcher l'outil de vibrer.

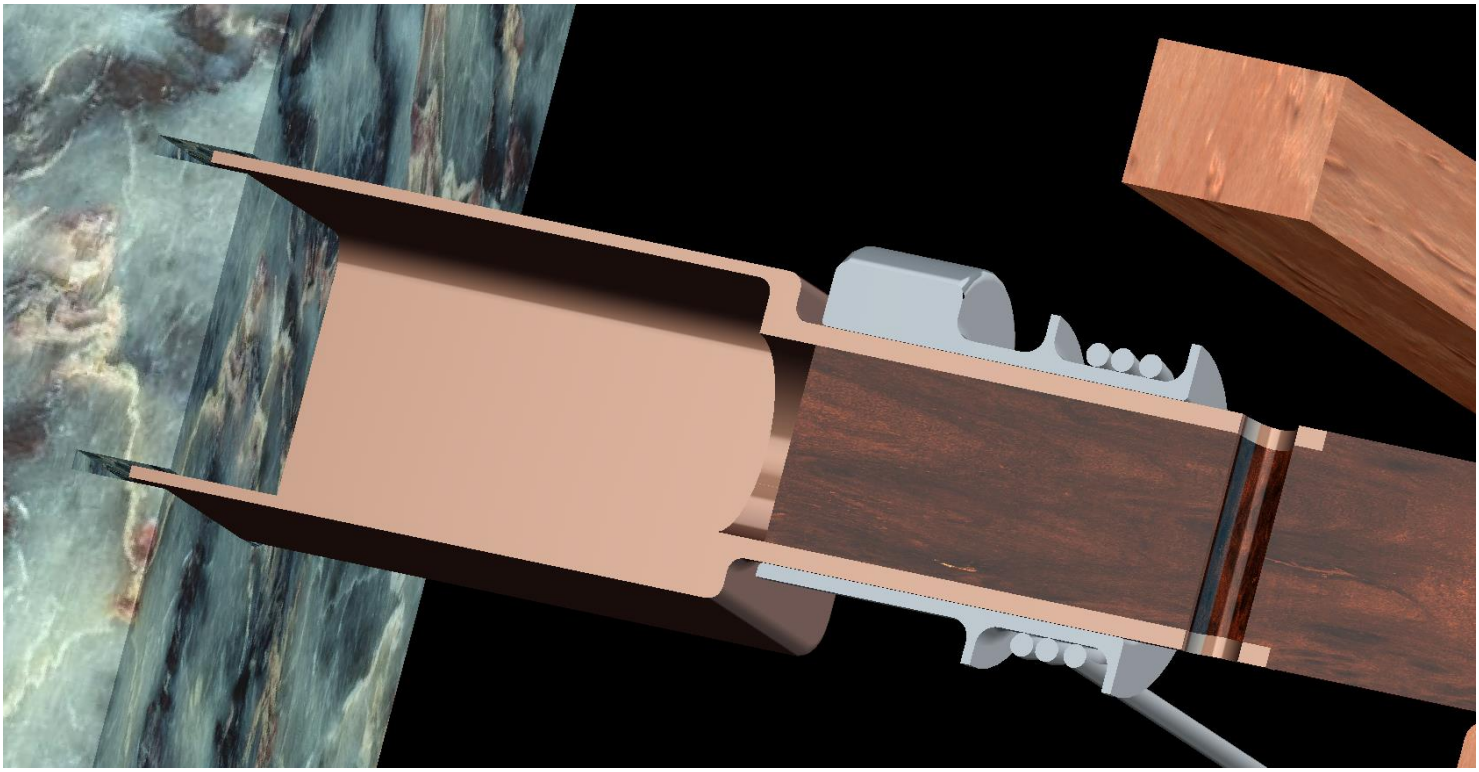
Les dessins présentés sont uniquement à titre représentatifs. Un arbre flexible plus petit en diamètre permettrait une masse excentrique plus petite de même que le diamètre d'enroulement de la corde autour de cette masse. Cela permettrait d'avoir une fréquence de coupe plus grande pour la même énergie dépensée.

Le tendeur de corde peut être simplement une branche en arc qui a pour effet de tendre la corde naturellement par sa volonté à vouloir reprendre sa forme d'origine.


Masse excentrique rotative entraînée par une corde tendue en mouvement alternatif
Outil de découpe par vibration avec silice incorporée ou non
Arbre flexible
Corde tendue


Guide avec un trou permettant le mouvement de l'arbre en vibration et limitant l'amplitude du mouvement selon l'axe X et Y.
Base stable





Le grand nombre de vibrations nécessaires à découper cette forme dans la pierre explique également le fini de surface poli, voire même miroir, que l'on voit sur cette photo. Il est normal de ne pas voir de sillions de découpe puisque la pénétration a été assurément très lente.

L'outil égyptien présenté précédemment ressemble énormément à un outil moderne de découpe saut qu'il travaille  dans un mouvement oscillatoire sur deux plans (X et y) et non seulement sur un plan. Le principe demeure à peut-près le même, mais ça fonctionne très bien!

http://www.bing.com/images/search?q=outil+d%c3%a9coupe+par+vibration&view=detailv2&&id=34583F2388E8A1FA99E945CD6B3E70EFC76C9361&selectedIndex=10&ccid=hoJyvb9G&simid=608030429318156237&thid=OIP.M868272bdbf467cafeab5acd737aebbe3o0&ajaxhist=0

## Méthode pour percer de petites pièces :

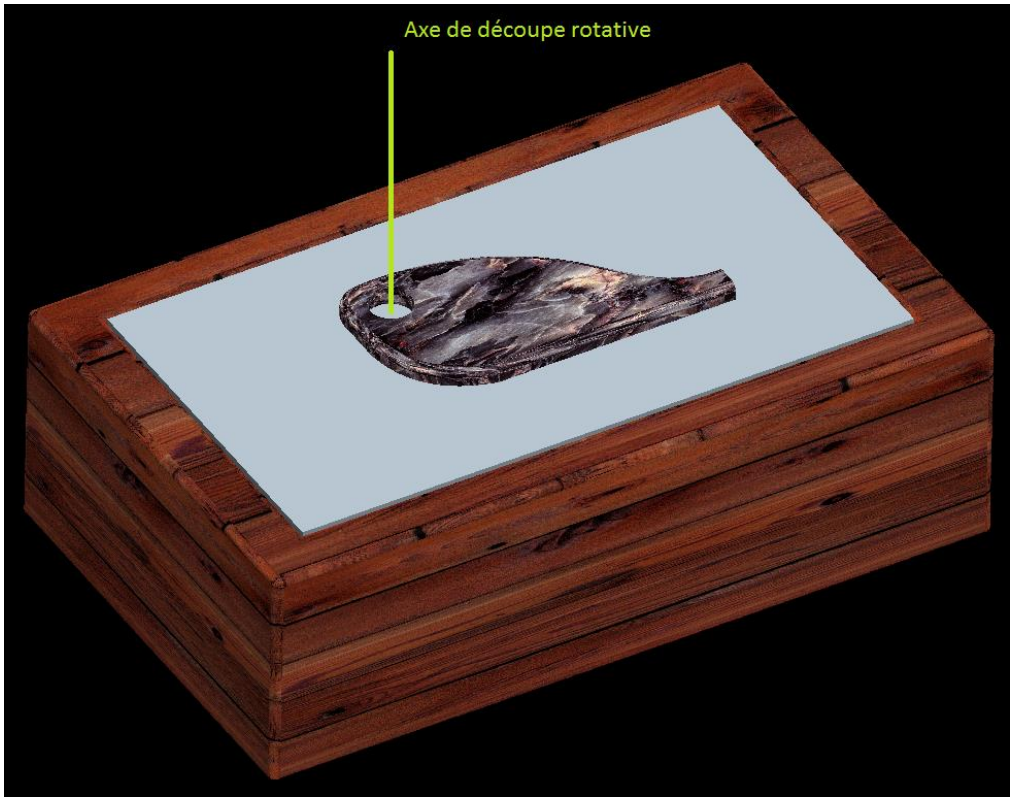
Si le principe précédemment montré est valide, on peut aussi penser à un principe vertical équivalent, mais encore une fois il faut s'assurer que l'axe  et l'outil de coupe ainsi que la petite pièce ne bouge pas. Alors comment faire?

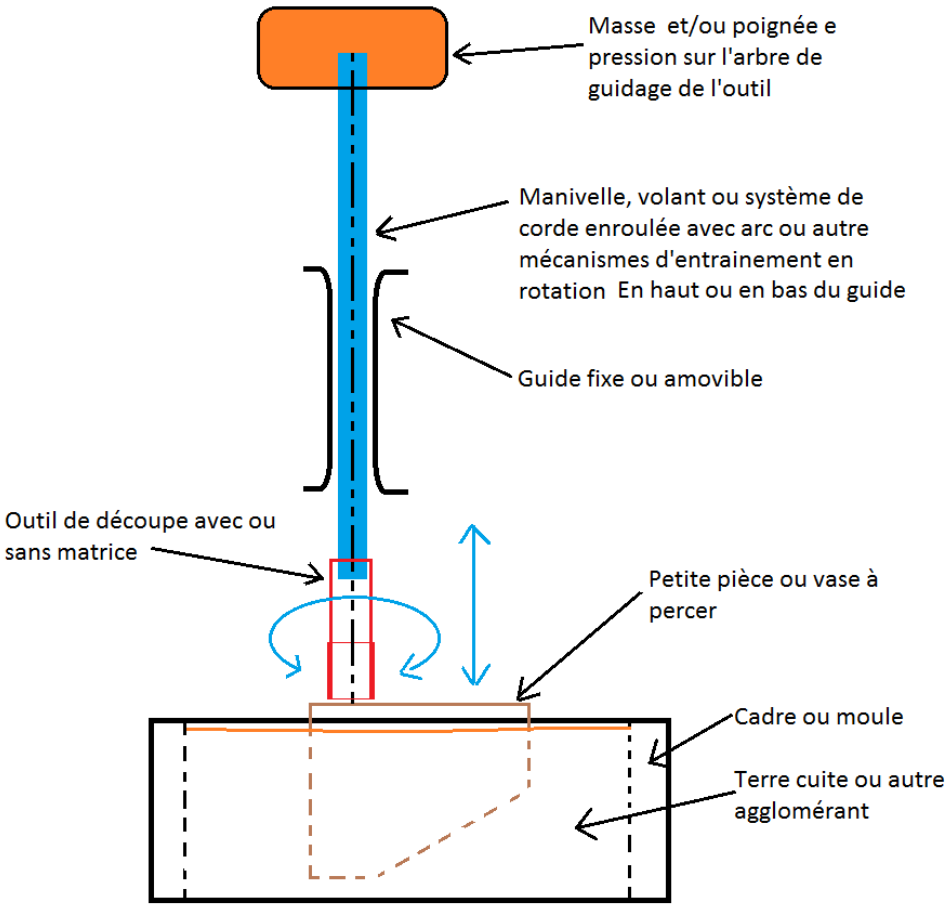
On remarque premièrement que sur la pièce ci-haut que le trou a été percé suite à la taille de la pièce. Le contraire aurait eu pour cause de créer de de l'éclatement de pierre sur l'arrête vive de la pièce, ce qui n'est pas le cas! Mais pour ce faire, l'ouvrier se devait de maintenir la pièce précisément et être en mesure d'appliquer une pression avec l'outil de découpe afin de percer la pièce. La pièce étant petite et irrégulière dans sa forme, une technique s'impose à son tour!

Pour les pièces petites, je crois qu'il était possible de placer les petits morceaux de pierre ou de poterie dans un moule de terre cuite ou d'argile peut-être aussi mélangé avec de la paille, de la cire ou autre. Cette méthode de fabrication de briques à partir de boue et de paille est  utilisée depuis des millénaires en Afrique pour construire des temples et des maisons. Les fibres de paille ont pour effet de maintenir le tout en un pain pouvant aussi prendre un niveau acceptable de vibrations. L'avantage, c'est que l'on peut protéger les pièces à tailler, les maintenir dans une forme qui facilite la préhension avec les mains et des outils de fixation. On diminue également

considérablement les problèmes de vibration qui peuvent être engendré par l'outil de coupe, ce qui peuvent causer la fissuration de pièces fragiles.

Une manière simple et efficace serait d'utiliser un moule de bois par exemple et de positionner la pièce à la vertical ou selon l'angle désiré pour la découpe dans un aggloméra de boue et de paille ou encore d'argile ou encore de cire. Une fois durci, l'aggloméra constitue une masse plus important et stable à percer. On minimise ainsi les problèmes de vibration qui peuvent causer la fissuration des pièces. Il en est de même pour la taille intérieure et extérieure de pots ou vases.


Axe de découpe rotative




Remarquez la très grande corrélation entre cet outil et celui moderne.

L'axe de coupe demeure là et la rotation aussi. Le moteur est remplacé par un dispositif manuel. Et la pression est remplacé par une masse à son extrémité à ou à la base. L'eau peut aussi être utilisé comme aujourd'hui pour refroidir l'outil et la pièce.

## Pourquoi entasser les blocs de manière aussi précise entre eux?

Selon moi, ce n'est pas simplement pour une question d'esthétique, mais surtout et avant tout pour une question structurale pour la stabilité du bâtiment, mais aussi pour une question de résistance des matériaux.

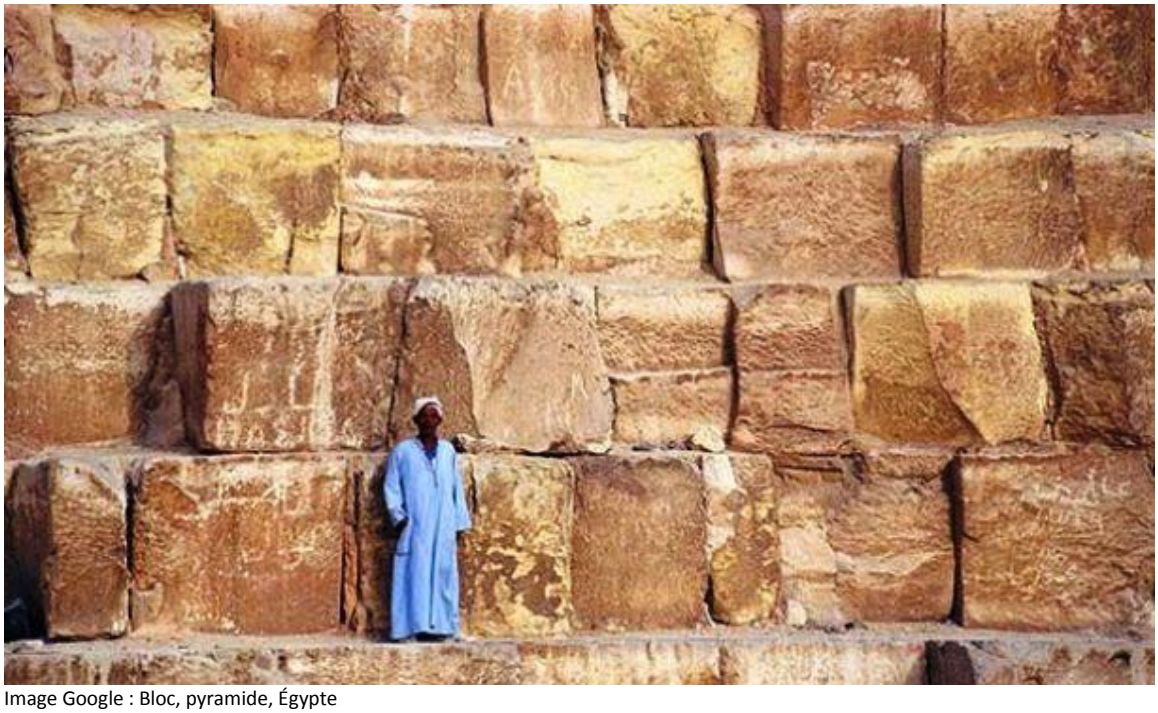
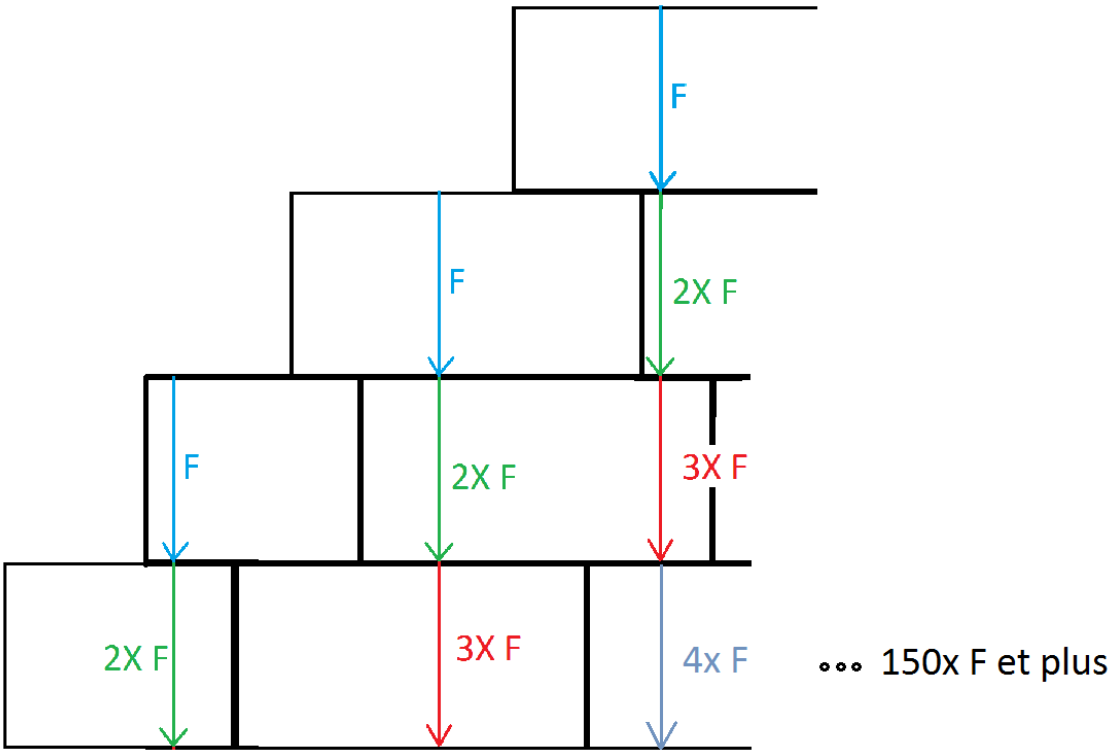


Image Google : Bloc, pyramide, Égypte

L'empilement de blocs les uns par-dessus les autres peut aisément se traduire pour les blocs inférieurs par l'équivalent d'une presse qui écrase les blocs de plus en plus fort plus on se retrouve à la base de la pyramide. Reprendre des charges très importantes sur un bloc en ne répartissant pas les charges de manière uniforme aurait sans aucun doute l'effet d'un clou dans un bloc de céramique par exemple, ça casserait tout simplement car les contraintes locales serait trop élevées, plus que celle de rupture en tension du matériel utilisé.

Dans une montagne de roc massif, les charges sont réparties de manière homogène dans tous les sens et les contraintes généralement uniformément réparties aussi, ce qui ne peut être le cas de structures artificielle. Les charges doivent être reprises et réparties de manière le plus homogène possible à partir de la base en montant car sinon des mouvements dû à des déformations et des affaissements de blocs à l'intérieur de la pyramide aurait causé assurément des fissures ou de l'éclatement de blocs. Cela aurait des effets néfastes et irréparables sur la structure extérieure comme pour les structures des corridors et chambres intérieures aussi.

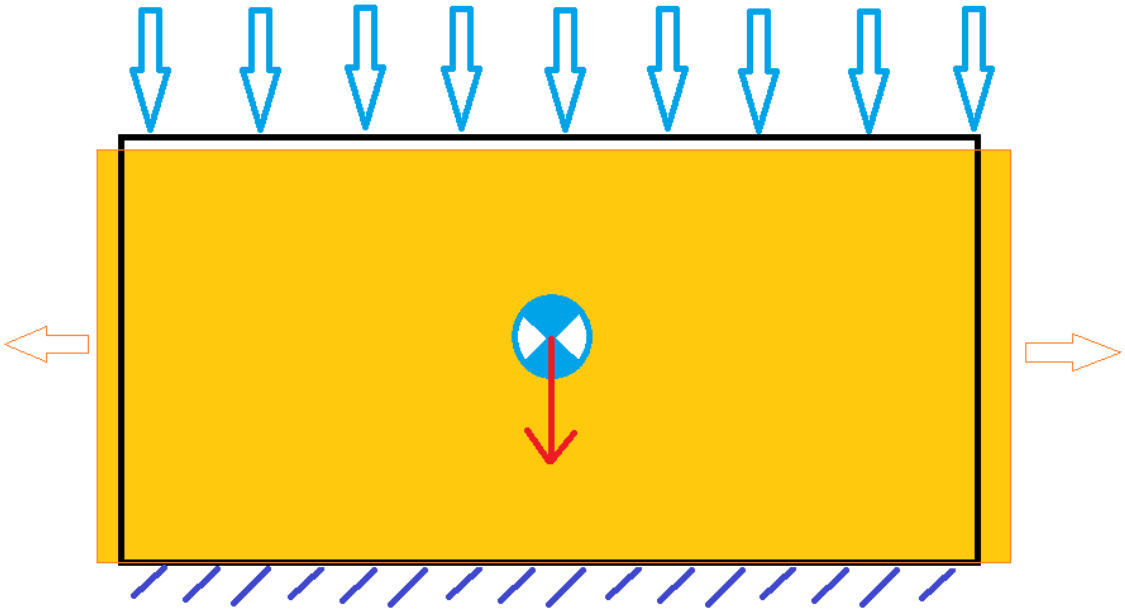



Pour faire simple, on doit savoir qu'il n'y a rien de parfaitement rigide dans notre monde, tout doit être vu comme un élastique plus ou moins résistant et qui se casse ou s'étire selon les propriétés mécaniques de chaque matériau. Un bloc soumis à de grandes charges aura pour effet de se comprimer et de se comporter comme une guimauve mis à une échelle de mouvement beaucoup moins amplifié. Même la roche (selon les types) avec le temps et la pression se déforme, c'est ce que l'on appelle la fatigue des matériaux. Ce phénomène est aussi accentué par la chaleur intense, ce qui n'est pas le cas ici. C'est aussi le même phénomène qui fait en sorte qu'une tablette de bibliothèque s'affaisse avec le temps. C'est de la dislocation moléculaire due à des contraintes soutenues.

Il faut savoir que de la roche peut être soumise à de très grandes pressions sans aucun problème, mais si on prend l'exemple de la pierre à de grandes profondeurs de la Terre, la pression est très grande, mais appliquée uniformément dans toutes les directions, ce qui doit être le plus que possible reproduit en reproduisant un assemblage le plus parfait que possible entre les blocs et je vais vous démontrer pourquoi!

Pour reprendre le cas de blocs ayant servi à la construction de la pyramide. Les surfaces de contact entre les blocs adjacents se doivent d'être les plus ajustées possibles afin de dissiper uniformément les contraintes à l'intérieur de ces blocs et éviter les éclatements

et les bris de structure. On verra tout cela un peu plus loin. Chaque blocs soumis à de grandes pressions doit aussi être repris en charges latérales afin d'éviter le gonflement.



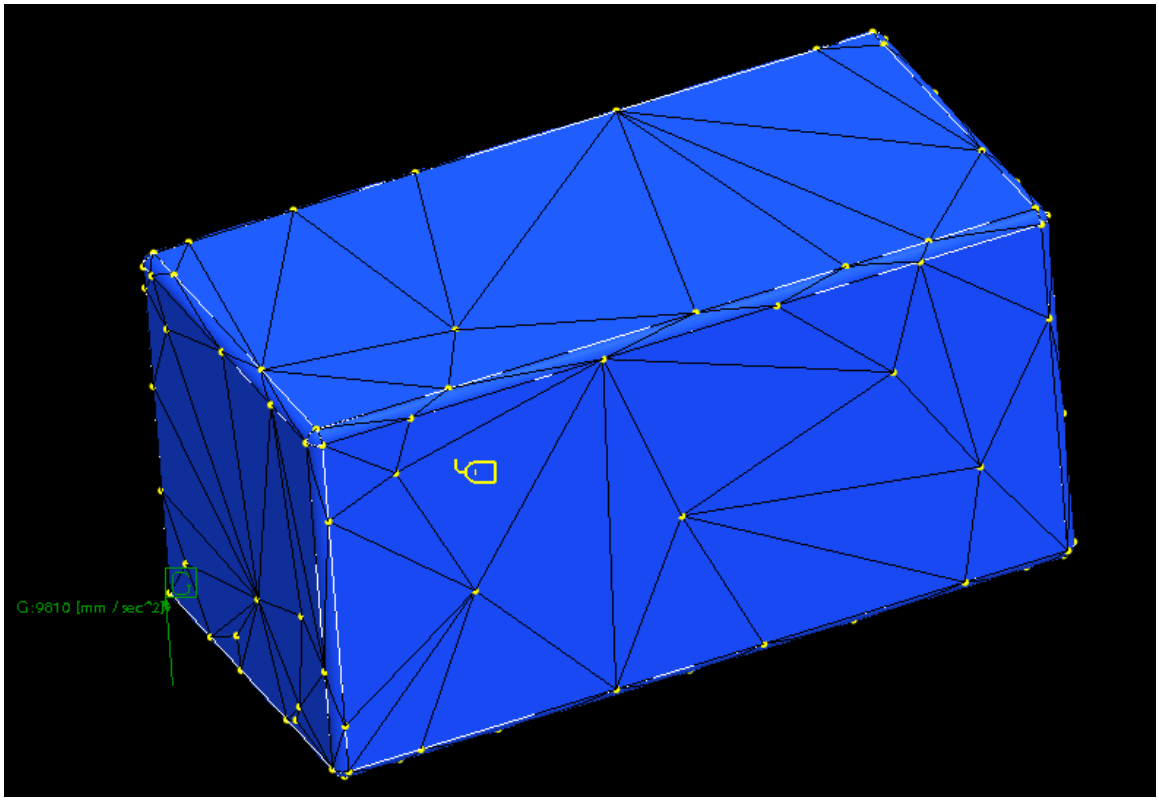
Plus on se rapproche de la surface extérieure, moins la pression latérale ressentie sur les blocs est importante puisque la masse et par conséquent la charge par-dessus ces blocs est moindre. La forme pyramidale est une bonne géométrie qui permet également de permettre une reprises des charges au centre sans avoir à utiliser de liens mécaniques autres que la friction entre les blocs. Une structure plus haute et plus étroite aurait de sérieux problèmes de stabilité et d'intégrité structurale.

À titre d'exemple, certaines colonnes de grands édifices comme des cathédrales ont une déformation qui à travers le temps a pour effet de faire gonfler les colonnes de pierre. À même titre, il est fort possible que le jeu mécanique entre certains blocs qui aujourd'hui est nul aurait été légèrement plus grand pendant la construction. La déformation de blocs causés par la pression et la fatigue explique certainement en partie la précision d'assemblage époustouflante montrée dans la Révélation des Pyramides. Donc la bonne méthode de découpe et d'assemblage jumelé à a pression et au temps a eu raison selon moi d'assoir parfaitement nombre de blocs constituants la Grande pyramide.

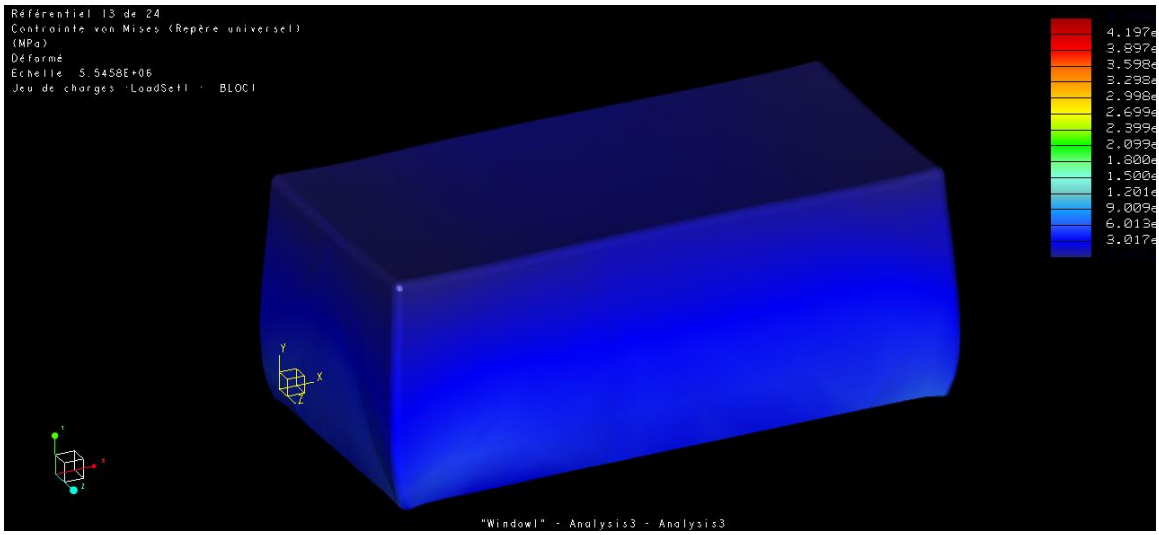
La forme des pyramides que l'on retrouve ailleurs dans le monde doivent se baser sur ces principes. Donc où les pyramides sont construites avec des matériaux plus friables, plus l'angle de construction se doit logiquement d'être affaissé. Pour une masse donnée, il y a donc théoriquement  une limitation à construire en hauteur avec de

simples entassements de blocs tout en demeurant stable et résistants aux affaissements et aux séismes.

Mais avant tout, voyons comment un bloc de pierre se comporte naturellement pour comprendre le fonctionnement et la dynamique de la pyramide. J'ai modélisé (ci-après) un bloc de grandeur unitaire 100X50X50. Je lui ai donné une propriété de masse et de gravité terrestre (9.81m/s2) et procédé à des analyses par éléments finis. Découvrons l'invisible! :O)

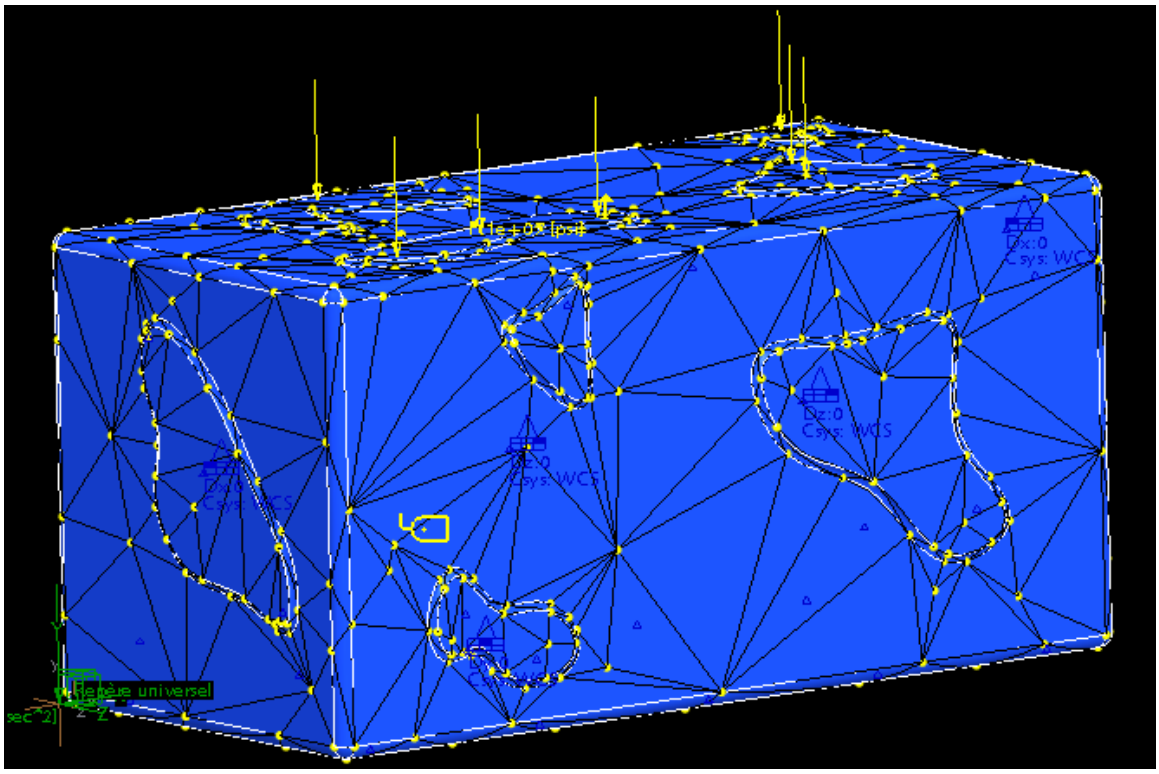



Dans un mouvement amplifié pour une cause de visualisation du comportement, on remarque une déformation du bloc due à la gravité qui s'apparente à une livre de beurre qui s'affaisse sous la chaleur et le temps. Le bloc s'écrase sur lui-même à la verticale pour ensuite déborder vers le bas. En prenant par exemple les 3 axes (x, y et Z) et que Y est l'axe vertical, on remarque un gonflement selon les axes X et Z.

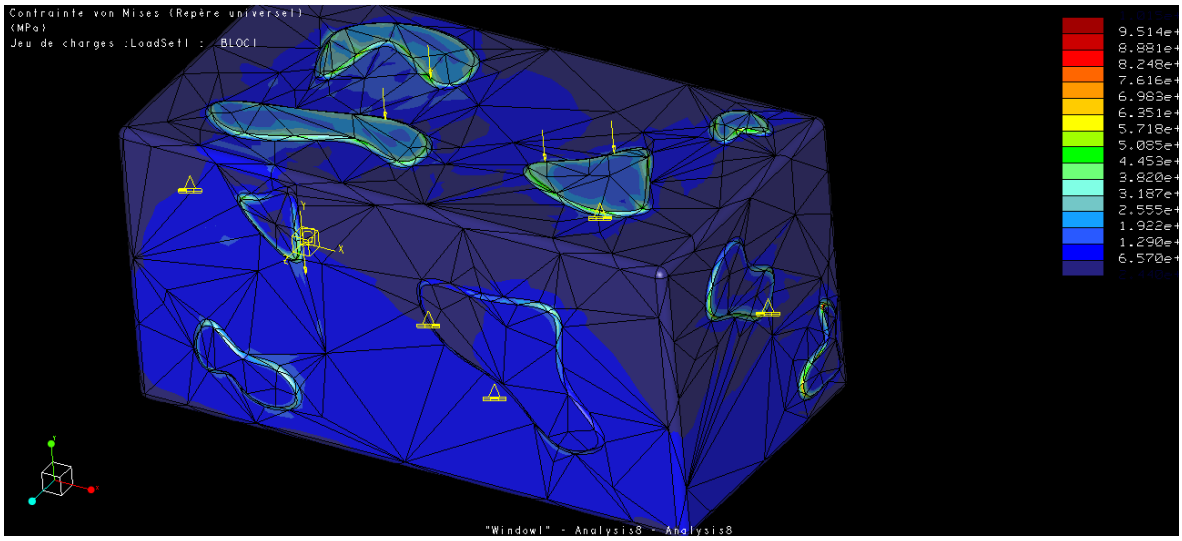


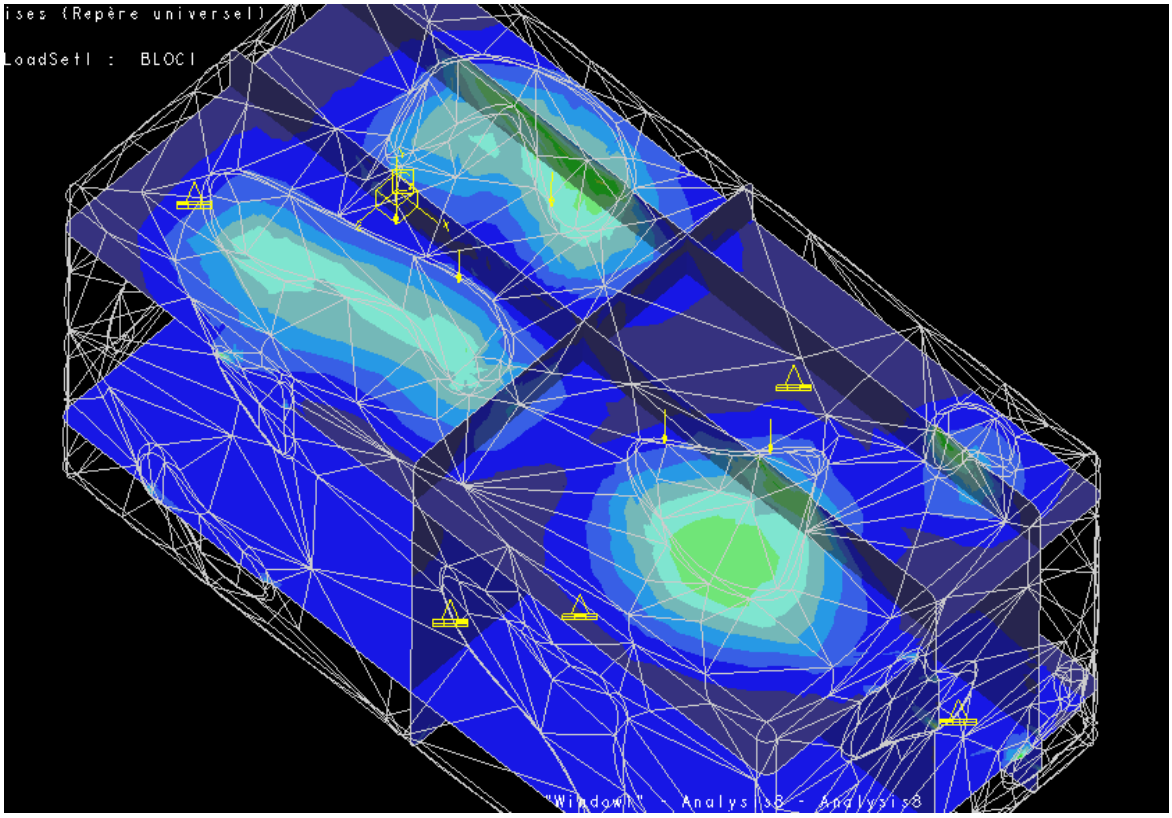

Ces déplacements sont pour un seul bloc relativement minimes pour son propre poids, mais lorsque ce dernier et soumis à des charges selon l'axe Y équivalentes à 100 ou encore 200 fois sa masse, nous comprenons qu'il est plus qu'important que les blocs soient taillés et assemblé à la perfection! Si les déplacements dus aux déformations des blocs ne peuvent être repris dans tous les axes de sorte à reproduire le plus fidèlement les conditions naturelles d'un massif de pierre, des bris et de déplacements majeurs sont à prévoir dû aux vides mécaniques compris entre les blocs. Il aurait été logique aussi de remplir tous les trous possibles entre les blocs avec une sorte de ciment, idéalement ayant des propriétés équivalentes au matériel utilisé pour faire les blocs.

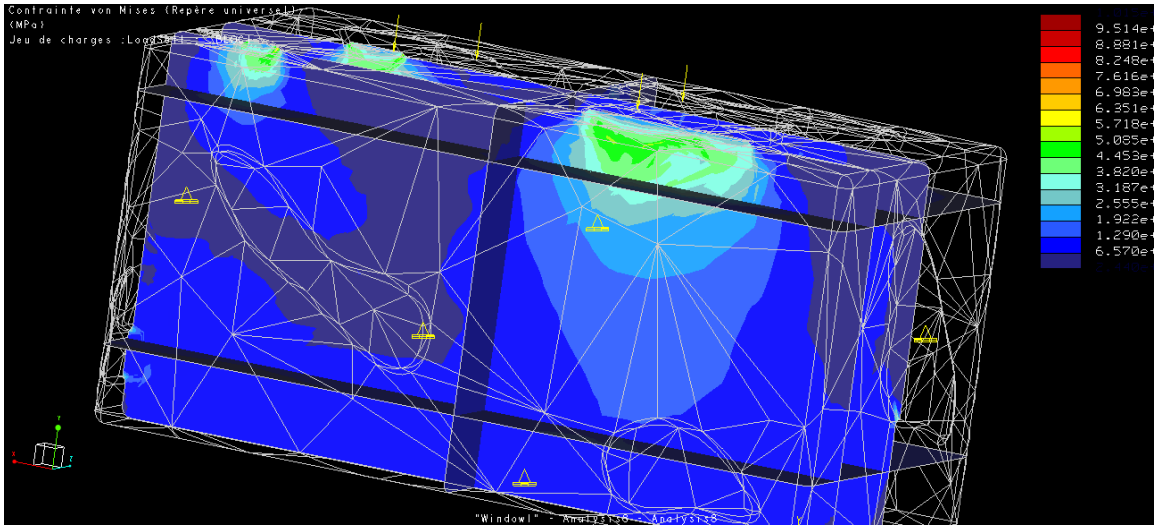
Prenons par exemple un bloc non parfaitement taillé et assemblé. J'ai représenté en surépaisseur aléatoirement des surfaces de contacts avec les blocs entourant ce dernier. (Image suivante).




Des contraintes de déplacement ont été appliquées sur tous les points de contacts selon le sens normal à la surface pour simuler l'appui de ce bloc à d'autres blocs tout autour de ce dernier. J'ai ensuite appliqué une force verticale équivalente à environ 50 blocs superposés.

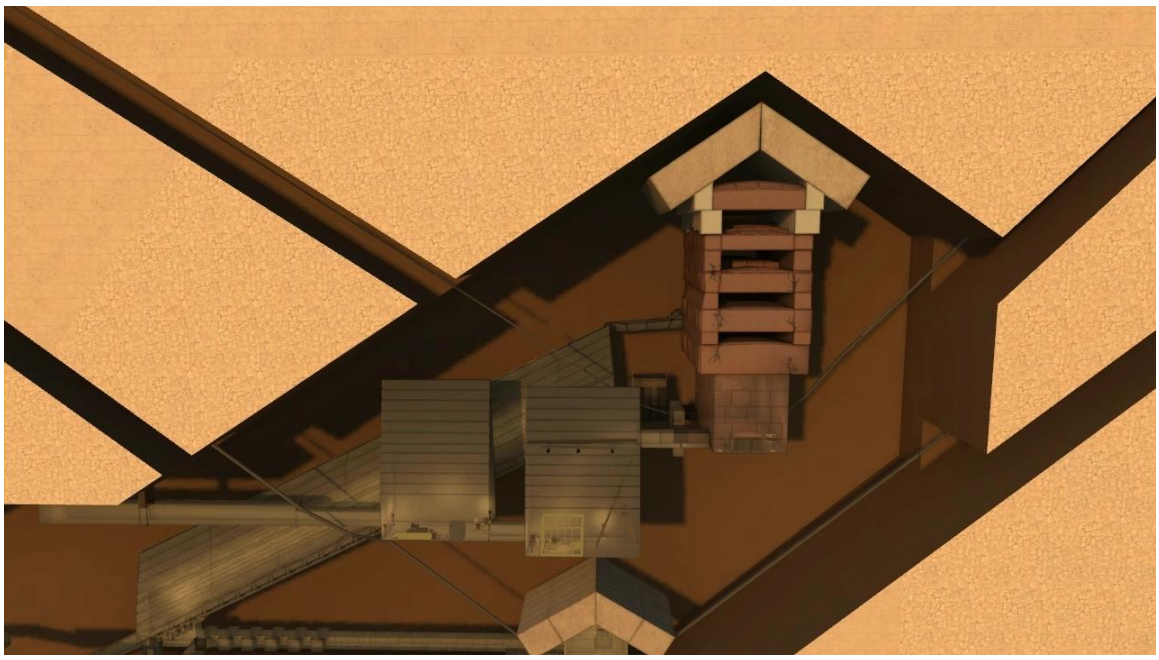





Ce qui ressort des images précédentes est que l'on est mesure de voir les concentrations de contraintes en surface et au cœur de ce bloc. Et puisque la pierre est facilement cassante sous les impacts (ondes de choc avec outil de coupe) et sous les contraintes trop élevées, on peut comprendre alors la nécessité d'avoir des pierres taillées la perfection à certains endroits spécifiques de la Grande Pyramide afin de bien

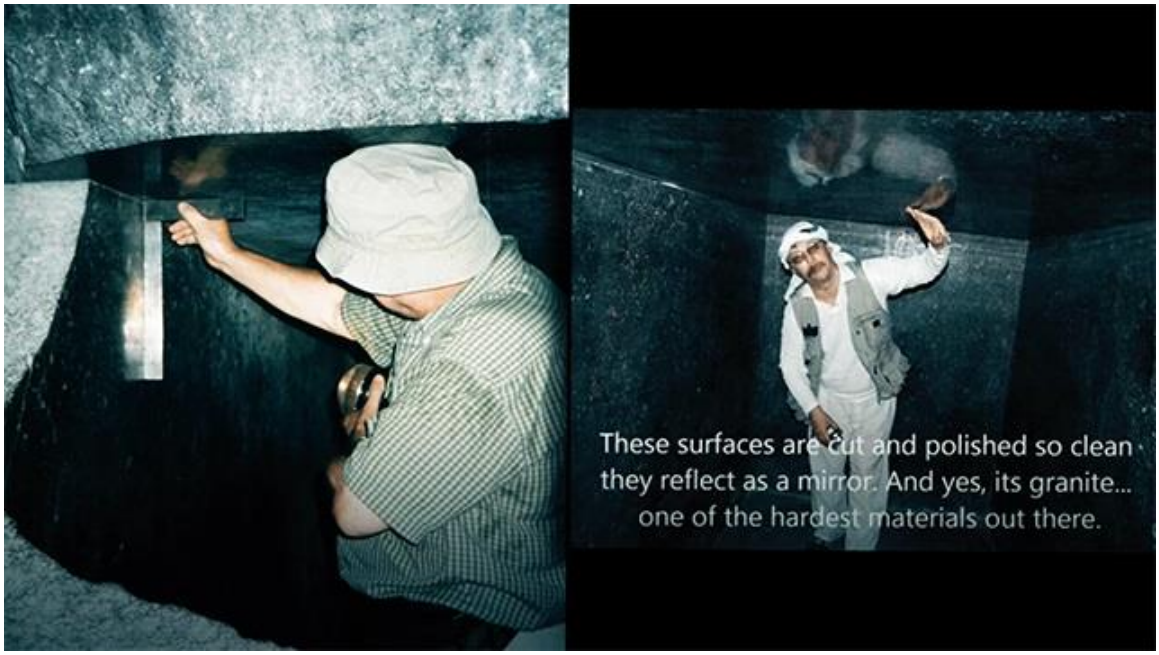
reprendre les charges de manière homogène, surtout dans les chambres et les corridors. On peut également penser à l'utilisation de couches mince de sable ou idéalement de ciment ayant servi à boucher des vides mécaniques entre les surface. Il est aussi normal de penser, dans certains cas, de prendre des pierres de très haute résistance mécanique afin de reprendre et répartir le contraintes de charge, même si ces pierres proviennent de très loin, propriétés mécaniques oblige! On n'a qu'à penser à la forme des pierres massives à angle au-dessus de chaque chambre, il est clair que cela est pour déplacer les contraintes de charge vers l'extérieur de la pyramide de sorte à éviter un écrasement des murs verticaux des chambres et des plafonds plats. Ce n'est pas pour rien non plus que ces pierres utilisées pour les murs des corridors et des plafonds soient à haute résistance mécanique. Mais est-ce que cela a déjà été simulé? Je ne le sais pas! Je vais alors le faire! :O)



https://www.google.ca/search?q=chambre+de+pyramide&biw=1920&bih=994&tbm=isch&imgil=EJDBa3YN3qR4UM%253A%253BJNQb4ck8yls9UM%253Bhttp%25253A%25252F%25252Fwww.3dvf.com%25252Flittle_5485.html%25252F57009%25252F&source=iu&pf=m&fir=EJDBa3YN3qR4UM%253A%252CJNQb4ck8yls9UM%252C_&usg=__U33wEtD_MnVsWQ7wk0F7BFjPE6U%3D&ved=0ahUKEwjk-cv1tOjLAhWiuIMKHcAYDoMQyjcIKw&ei=1cb7VqS7DaLxjgTAsbiYCA#imgrc=2K6vUvuRT9LCvM%3A

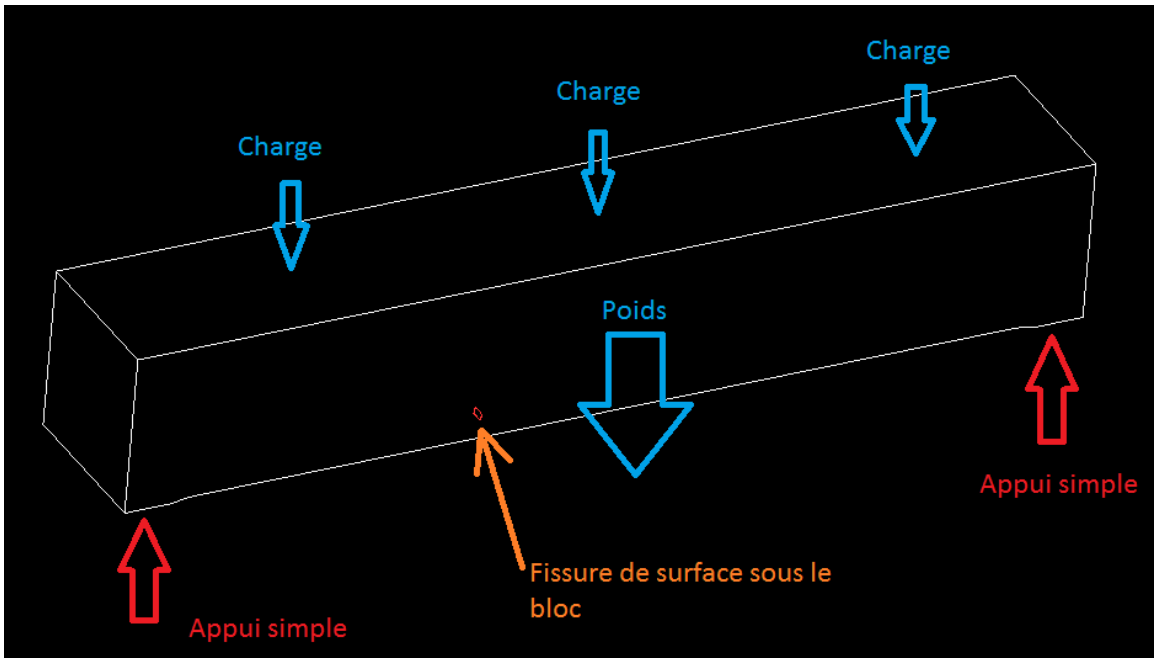
Le type de découpe des pierres pour les chambres et corridors peut aussi avoir une influence puisque les blocs découpés par abrasion représentent assurément la caractéristique de ne pas être fissurés en surface comme les blocs découpés par la méthode par percussion. Lorsque toutes les blocs sont biens assemblés avec le minimum de jeux possible, les risques d'éclatement due à la tension à la surface des blocs est moindre. Donc une découpe par abrasion est assurément plus douce pour la pierre à la surface et juste sous la surface de celle-ci (quelques mm).

Donc il n'est pas étonnant aussi pour les pierres de plafond, si cela est le cas d'avoir un fini de surface poli, simplement pour éviter ou enlever les amorces de fissures.

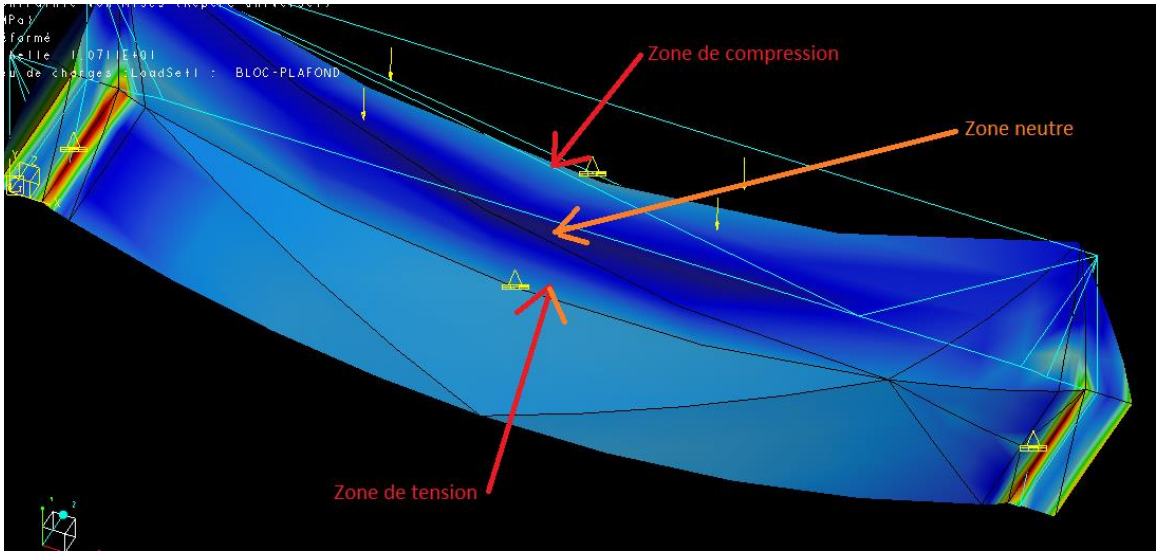


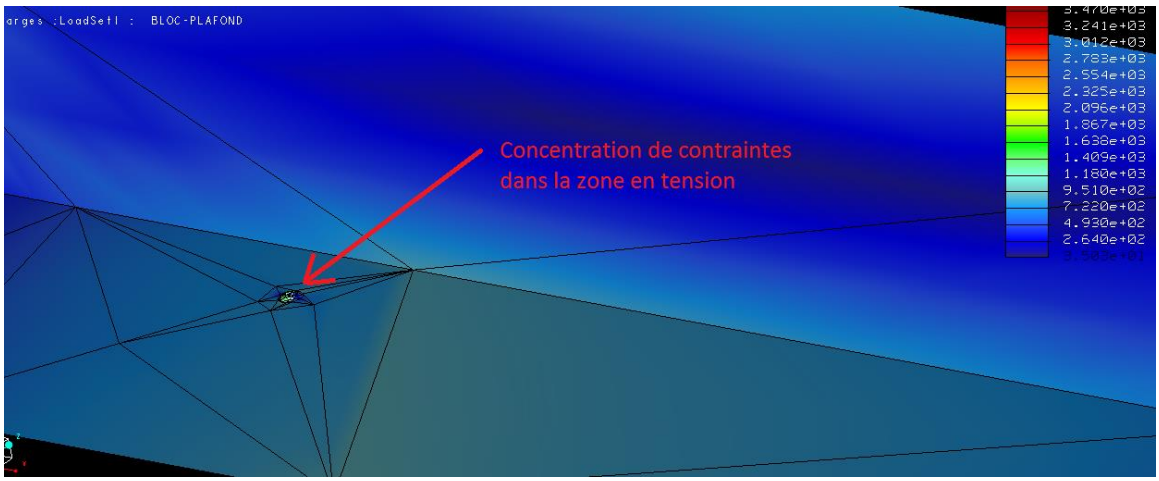

http://www.bing.com/images/search?q=%c3%a9quateur+pench%c3%a9&view=detailv2&&id=0F33E6F9FC4491F0E61F46A85A040FEF22A67D1A&selectedIndex=180&ccid=CL%2flEhRb&simid=607995459686631292&thid=OIP.M08bfe512145b6eb97df9f939f9036f2co0&ajaxhist=0

Prenons le cas simple d'un bloc de plafond appuyé à ses deux extrémités par des appuis simples si simulons une fissure ou une irrégularité de surface sous le bloc.

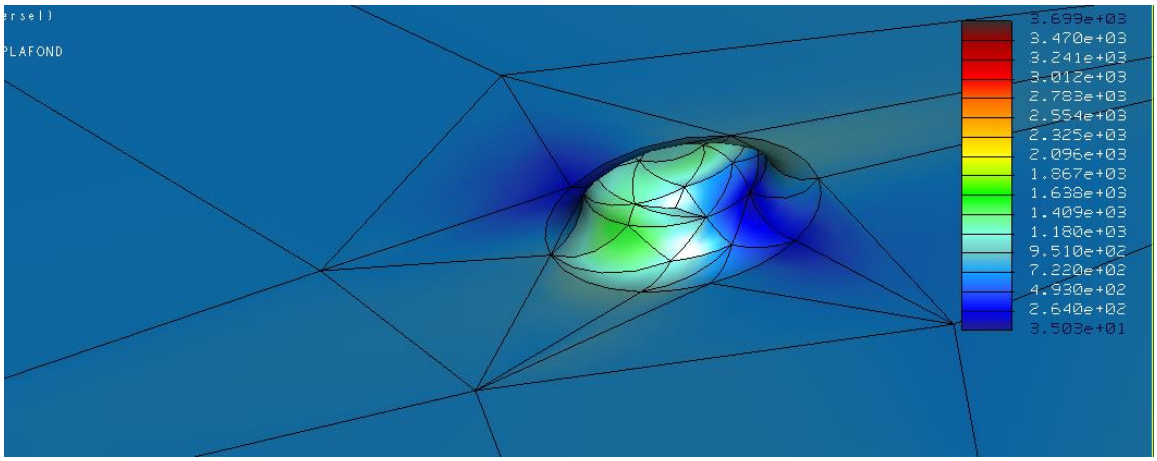


On remarque que les contraintes au-dessus du bloc  sont en compression et en dessous en tension, ce qui est critique pour la propagation des fissures. Il faut absolument que la finition soit la plus belle et régulière possible. Une fissure se propage toujours en tension et non en compression! La compression ferme les amorces de fissures et la tension les ouvre!




Cet exemple avec un orifice poli donne une concentration de contraintes plus de 5 fois supérieure à la moyenne de la surface. Une fissure ou une arrête vives qui découle d'une fissure provoquée par l'outil de coupe  ou encore par un choc ou une imperfection peut causer des contraintes de l'ordre e 10 à 20 fois plus grandes que la moyenne de la surface. Si ces contraintes dépassent la résistance mécanique de la pierre à la rupture en tension, c'est le désastre!



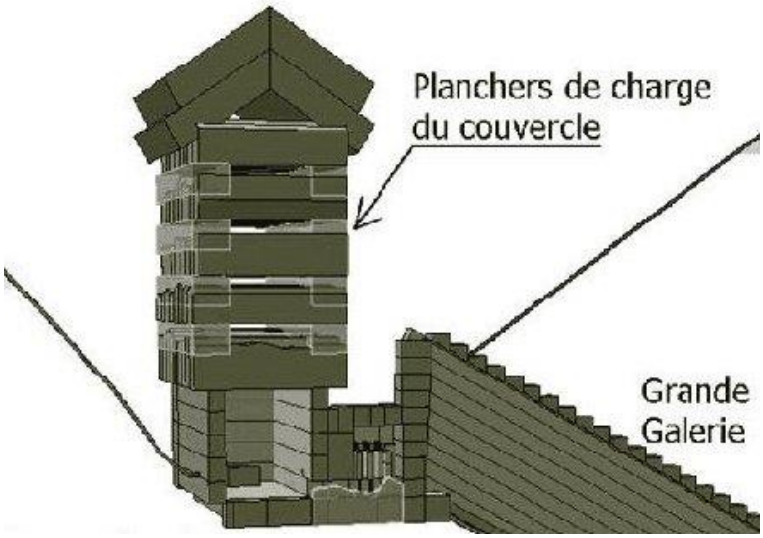

Il est envisageable de penser que le type de pierre et le mode de découpe, c'est-à-dire, la précision de découpe  et la finition de surface entre les blocs est aussi importante, sinon beaucoup plus que l'esthétique. La structure et l'intégrité à long terme prime sur tout le fini de surface selon moi prime sur la mesure mais sans exclure la précision de fabrication pour autant!

Avec un recul, il est étonnant que ce savoir puisse venir intuitivement pour la construction d'un tel ouvrage! On ne peut s'improviser dans ce genre d'ouvrage! Mais où cette connaissance et savoir-faire provient-il à une époque aussi reculée?

## Le pourquoi de la géométrie des chambres :

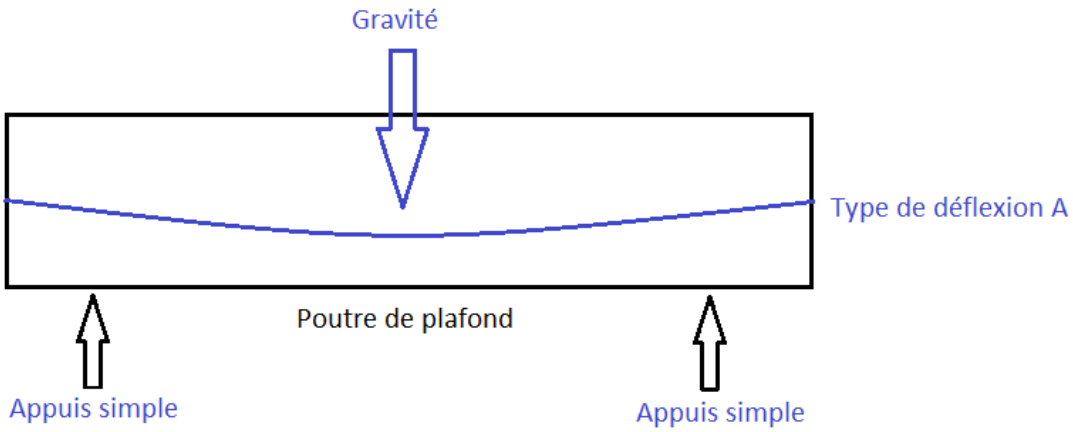
http://www.bing.com/images/search?q=pierre+pyramide+pr%c3%a9cision&view=detailv2&&id=B84D10222C032677F56AC0536304586454159F48&selectedIndex=350&ccid=3J2vkZup&simid=608026641160472982&thid=OIP.Mdc9daf919ba9471520fdee8a4cc88c78o0&ajaxhist=0

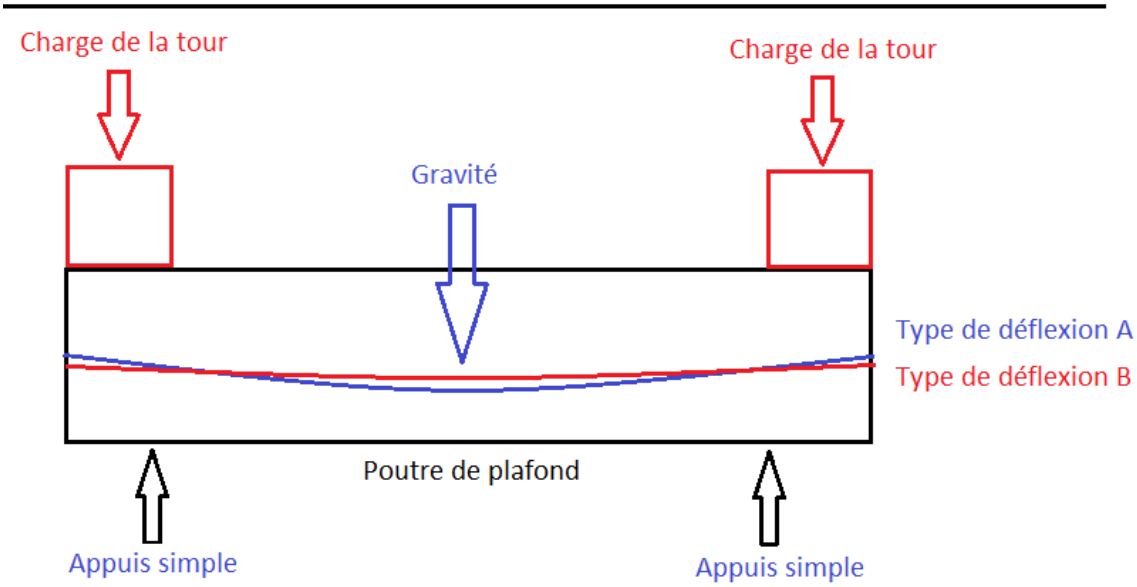
On sait que même le granite soumis à de grandes forces de pression pendant une période prolongée a pour effet de s'affaisser, ce type de matériel ne se déforme pas naturellement s'il n'est pas soumis à de grand stress, c'est pourquoi on l'utilise en métronomie car il est dur, stable et ne se déforme pas (à petite échelle). Tout se déforme dans la nature mais certaines matières plus difficilement que d'autres!




http://autospeed.celeonet.fr/khufu/local/cache-vignettes/L440xH589/couvercle-4df6a.jpg

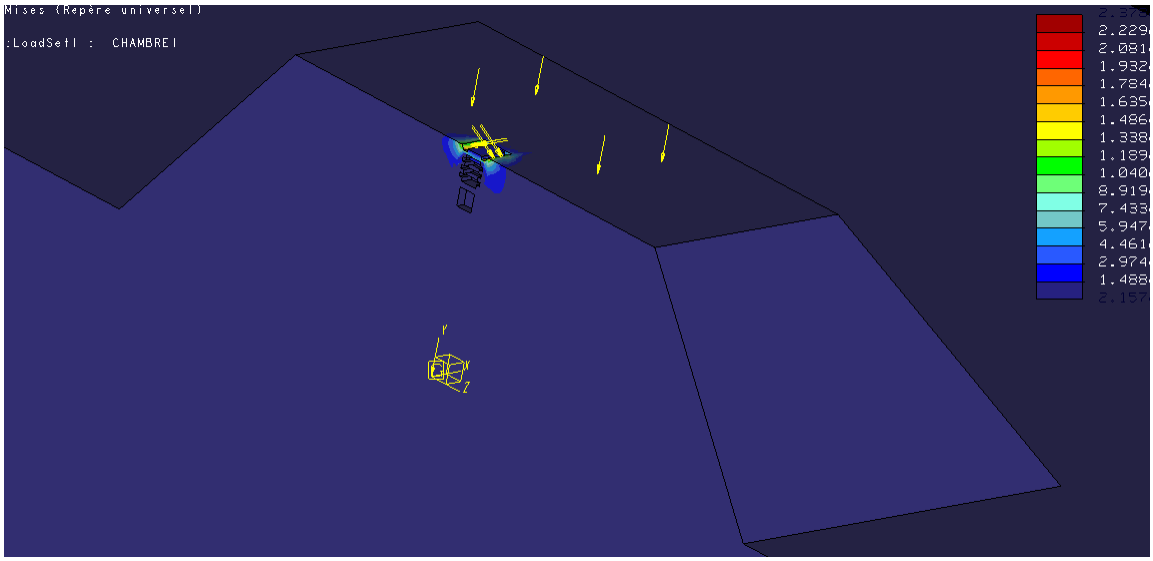
Il est évident que la coiffe  en V inversé de blocs massifs sert à répartir les contraintes latéralement  provenant de la construction en haut de cette coiffe afin de protéger les sous-bassements. Cela permet d'éviter de mettre de la pression élevée sur les mur et le toit de la chambre haute (plus bas). De plus les premiers appuis situés juste au-dessus du plafond de la chambre permettent de diminuer considérablement la déformation vers le bas par la gravité tel que vu précédemment.



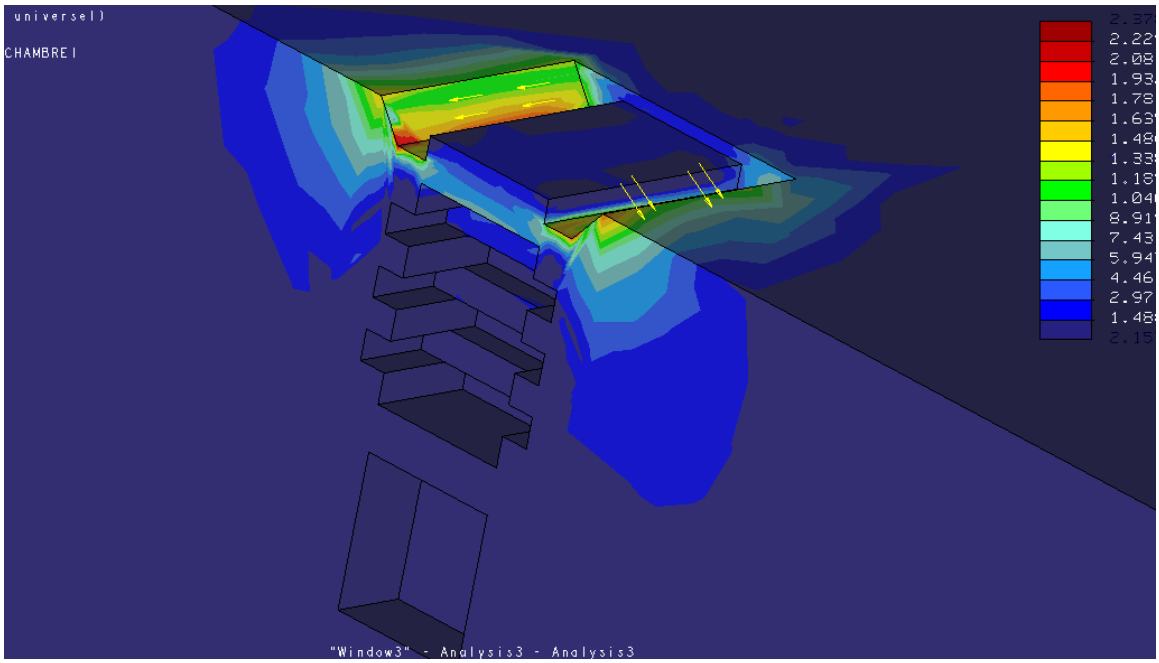



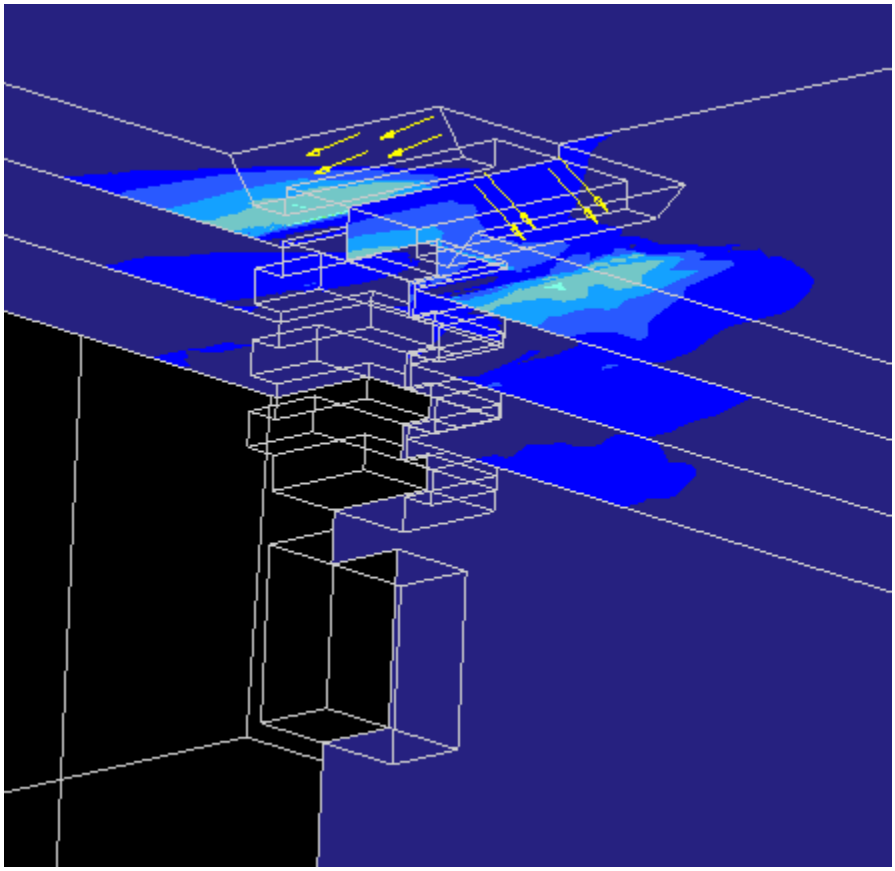

Si le but de la Grande chambre est de conserver dans le temps les dimensions qui donnent le nombre PI et le Nombre d'Or, les murs, le plafond et le plancher se doivent de ne pas être affectés par les charges. Donc en plus d'être hyper massif et avec un moment d'inertie immense, le plafond bénéficie du poids de la tour au-dessus de lui en minimisant sa déformation vers le bas.

Mais tout cela reste des spéculations d'un ingénieur, mais j'ai fait aussi quelques petites analyses par élément finis encore une fois. Celles-ci ne sont pas aux dimensions réelles puisque je ne les ai tout simplement pas! Cependant, j'ai modélisé avec la vraie proportion la pyramide et en me basant sur différentes images et photo sur Internet afin de modéliser une chambre. J'ai procédé par symétrie afin de voir ce qu'il en était. Sur le plan de symétrie donc seuls les mouvements angulaires sont bloqués dans le plan central de la chambre. Dans ce cas-ci, le but n'est pas de savoir exactement les charges, mais plutôt comment les contraintes et les déplacements se font au cœur de la mégastructure!




J'ai simulé les appuis du chapiteau de pierres sur le massif sur lequel il prenait place et j'ai alors simulé des forces afin de voir comment les contraintes se reprenaient dans la masse de la pyramide.



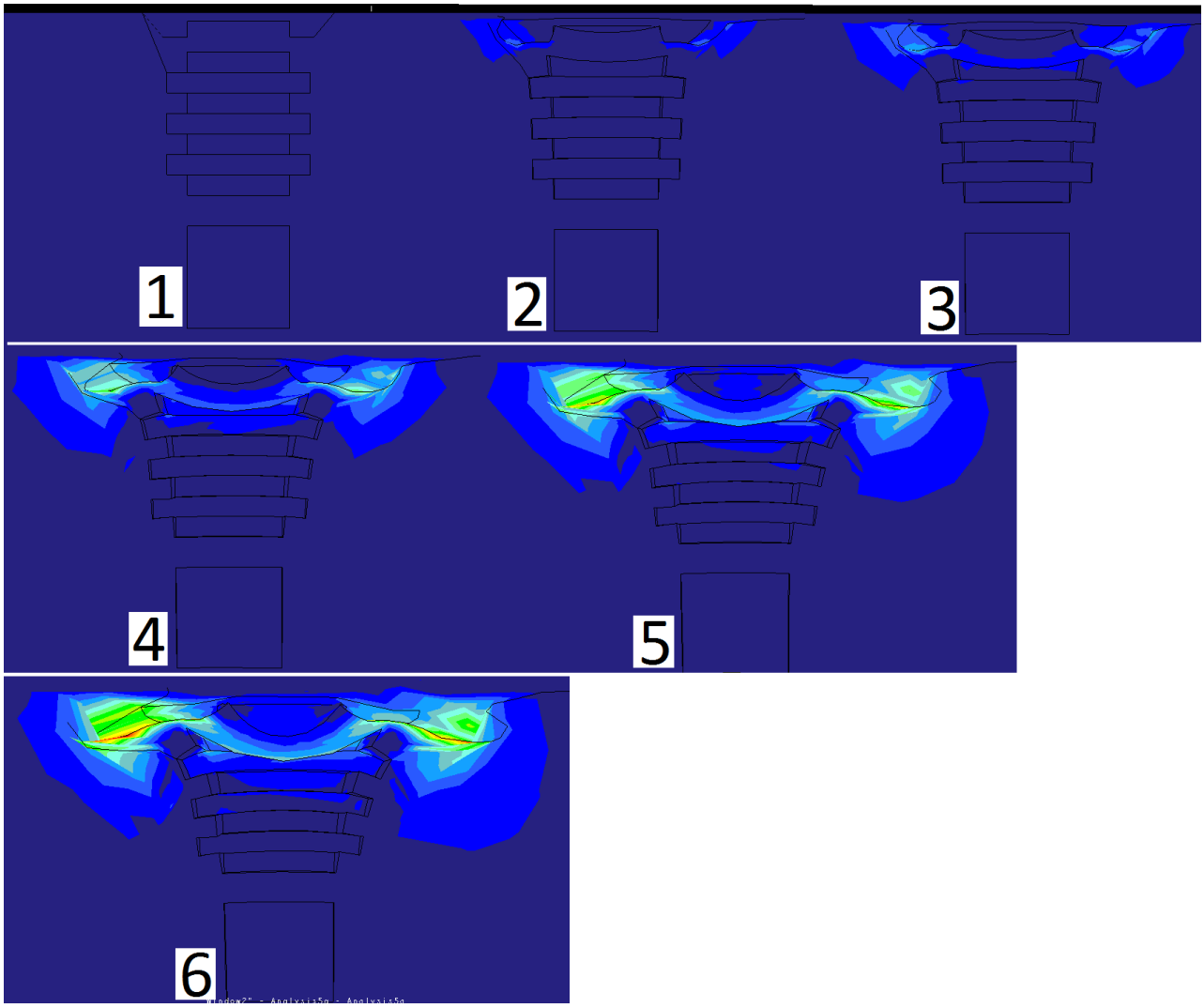



Tout cela est impensable à faire si les blocs principalement autour de la Grande chambre étaient mal assemblés et présentaient des signes de jeu mécanique. L'ajout de ciment le cas échéant pour combler le vide prend tout son sens! Si du vide était présent,

les contraintes seraient reprises par les masses en contact les unes avec les autres et les déplacements seraient plus importants et aléatoires ce qui serait à l'inverse de cette démarche.

Bien que j'ai dessiné la chambre au cœur de la pyramide pour l'analyse, on remarque que celle-ci aurait pu être déphasée d'un côté sans avoir d'impact sur le reste de la structure, ce qui est le cas! Les contraintes réparties sont dans un rayon environ équivalent à la distance du plafond de la chambre et le dessous du chapiteau de pierre.

Garder au cœur d'une pyramide, qui traverse les millénaires, une chambre aux mesures parfaites et stables dans le temps est un message très puissant des Bâtisseurs. Avec toute l'ingénierie et le savoir-faire que cela exige, ce ne sont pas de simples maçons.

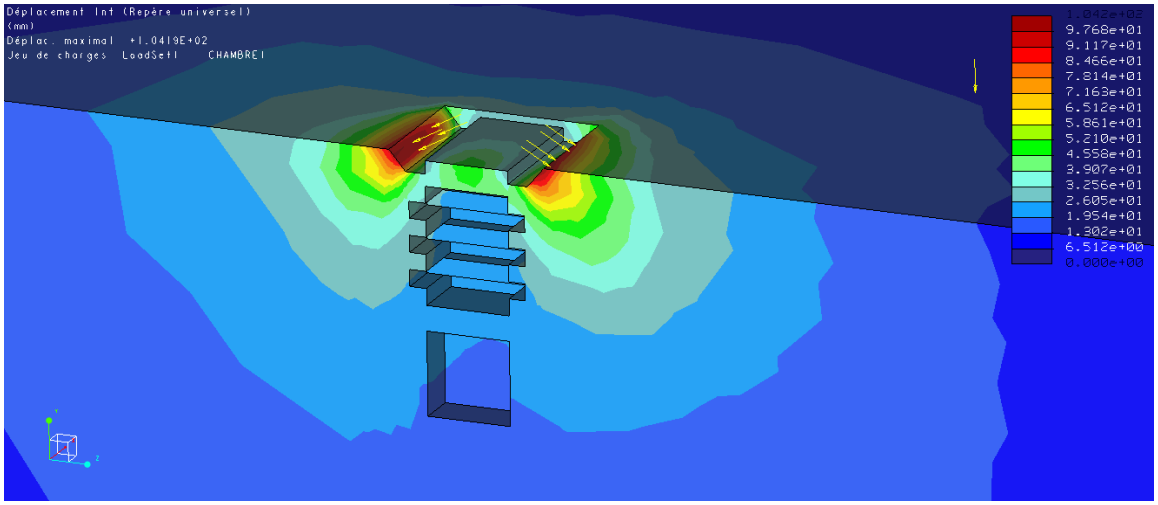



L'image précédente montre une représentation « arbitraire» mais représentative de la réparation des contraintes au-dessus de la Grande chambre suite à une de mes

simulations. On voit très bien les contraintes s'éloigner vers le bas et vers l'extérieur de la Grande chambre afin de se dissiper dans la masse autour. On remarque aussi une tendance aux blocs horizontaux au-dessus de la chambre à vouloir se courber vers le haut, si les contraintes sont biens reprises partout. Il en est de même pour le massif du plafond, ce qui peut certainement avoir un effet de contrebalancer en bonne partie sur l'effet de courbure due à la gravité de poutres du plafond de la grande chambre. Je devrai pousser les analyses, mais cela est du prodige en ingénierie selon moi. Je ne parle pas pour moi, mais plutôt pour des personnes d'une autre époque qui ne possédaient pas toute ma connaissance et les outils modernes de conception et se calcul! Ce que je connais comme ingénieur découle de milliers et de milliers de personnes de haute expertises ayant œuvré dans différents domaines connexes à l'ingénierie depuis de siècles principalement depuis la fin du moyen-âge jusqu'à aujourd'hui en passant par l'industrialisation! Bref, avoir ce savoir-faire ne venait pas d'un seul Homme qui en jour en se réveillant s'est dit ok, on va faire cela et de telle manière! Une société très évoluée et structurée peut parvenir à développer autant de connaissance à mon avis. C'est vrai que des génies, il y  en a toujours eu, mais bon!

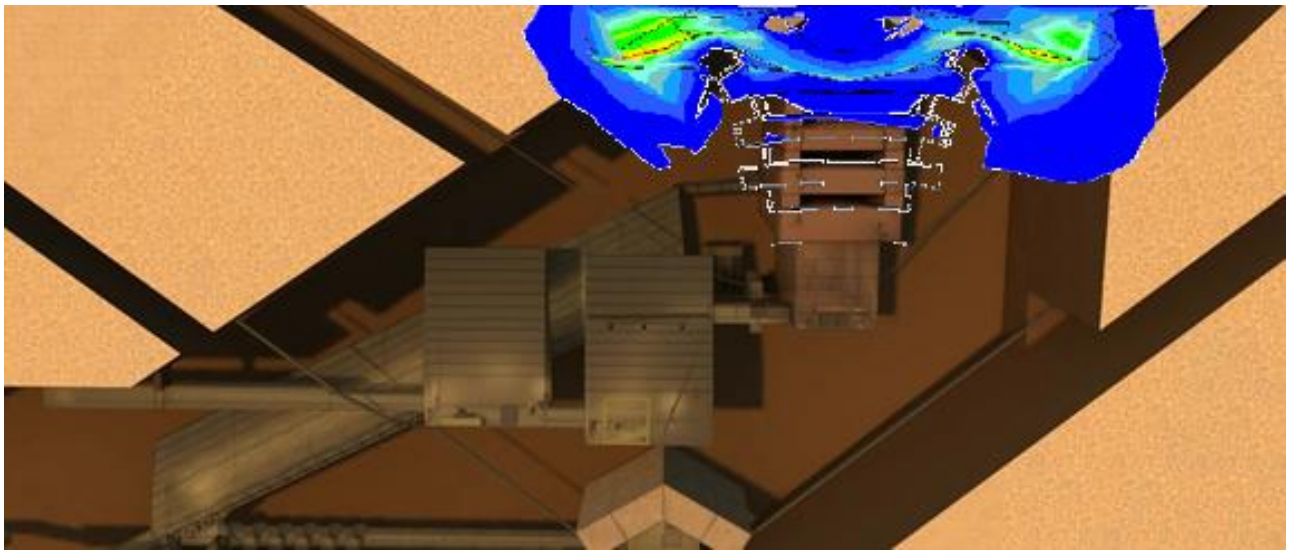
<u>Ce qui est compliqué en ingénierie c'est de rendre une solution à un problème complexe Simple! Une fois la solution simple trouvée, … et bien tout le monde nous dit que c'était évident! Il en va de même pour les pyramides et ce qui en découle!</u>

L'image suivante découle de la même analyse présenté plus haut, mais montre l'ordre de grandeur des déplacements et non de contraintes combinées au déplacement. Dans le secteur en bleu versus celui en rouge, on remarque des déplacements inférieurs à 12 fois environ. Cela permet d'avoir au cœur de la pyramide, là où les pressions sont immenses, une salle très stable dans le temps, surtout si elle est faite de marbre ou de granite! Ces images valent mille mots à mes yeux!



Sans ce savoir, cette connaissance aigue des masses et de la répartition des contraintes et de la résistance des matériaux il aurait été impossible d'avoir des murs aussi droits avec le temps sous l'effet des charges importantes.  Nous aurions certainement observé des déformations dues à la fatigue des matériaux comme on le voit à la base de colonnes de marbre dans des cathédrales contemporaines 15 à 20 fois plus jeunes environ et avec des charges plus légères.

Il est donc clair que la tour, soit l'espace entre le chapiteau de pierre et la chambre, sert de zone tampon lors du mouvement de masse de sorte à ce que les contraintes induites par le haut de la pyramide ne se retrouvent jamais sur les murs et les plafonds des chambres. S'il n'y a pas de fissures dans la grande chambre c'est grâce à cette ingénierie de pointe qui date de plus de 4000 ans!



Ce qui est intéressant aussi c'est que le cône de pression induit par le chapiteau de pierres au-dessus de la chambre supérieure ne semble pas propager pas jusqu'aux autres chapiteaux plus bas, ce qui donne un sens à cette configuration. Les charges reprises par les chapiteaux des chambres inférieures devrait somme toutes êtres assez uniforme ce qui aide à la stabilité et à la reprises homogène des charges. On comprend encore la raison de l'importance de la bonne taille des pierres et de leur installation quasi chirurgicale et de la hauteur de la tour qui a forcément été calculée!

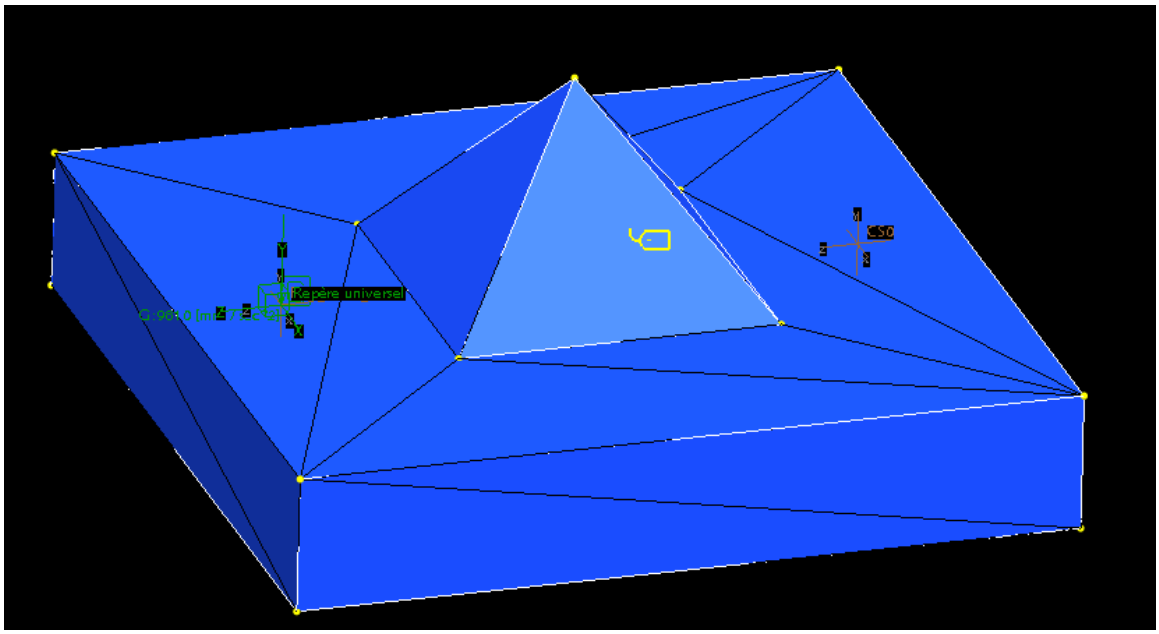
Tel qu'expliqué précédemment, lors de ma modélisation en 3D, je ne disposais pas des mesures exactes pour le positionnement des chambre ou encore les tailles réelles, mais

mes analyses sont à titre indicatifs et prennent en considération un assemblage homogène des blocs ainsi qu'une reprise des charges parfaite comme dans un bloc massif. Mais ces dernières permettent tout de même d'en tirer une conclusion claire et précise : Les bâtisseurs avaient un très haut savoir mathématique, de la compréhension des matériaux et du calcul des contraintes mécaniques de structures complexes!

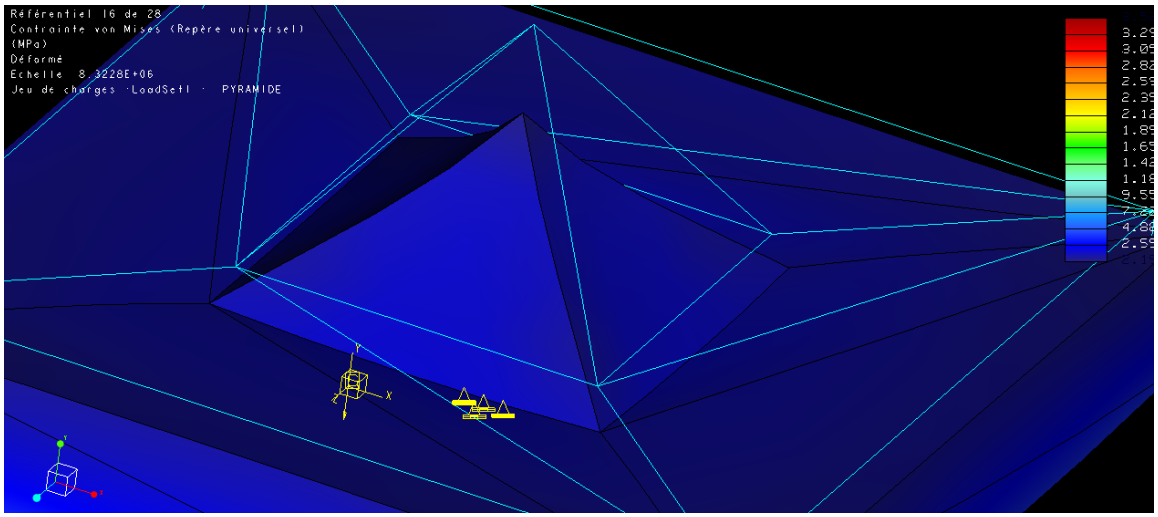
**Si le but était d'avoir une chambre stable et précise à travers le temps, les concepteurs n'ont pas manqué leur coup! Cela est d'une grande importance et laisse un message clair et indéniable sur l'importance mathématique de cette réalisation et par conséquent sur le nombre Pi et le nombre d'Or. C'est assurément l'étalon de mesure à considérer dans l'ensemble de la construction qui au cœur de la pyramide est stable en terme de température, de pression et donc de déformation. La précision d'assemblage, la verticalité parfaite ainsi que la finition de surface tel que montré dans LRDP en sont l'explication primaire selon moi! On peut considérer que la chambre supérieure constitue l'environnement contrôlé d'un étalon de mesure le plus adapté et le plus performant jamais construit par l'Homme.** Nous faisons de même aujourd'hui avec nos étalons de mesures et les bâtiments ne dureront assurément pas près de 5000 ans! Cela constitue à mon avis un bâtiment de réemploi si jamais cela a été considéré comme étant un tombeau!

## Perspective générale de la Grande Pyramide :

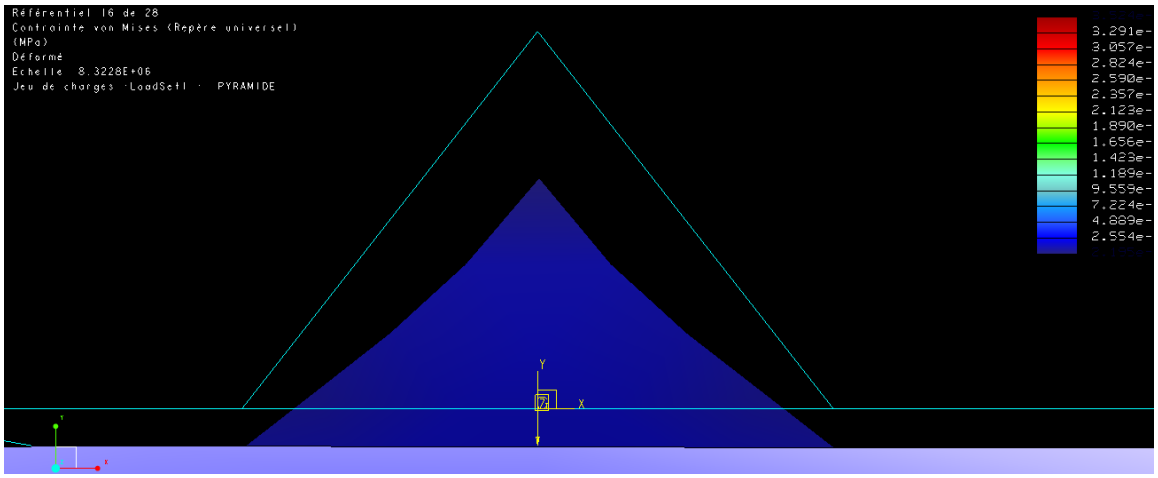
Mais si on regarde dans une perspective générale. En prenant en considération de le socle sur lequel est posé la Grande pyramide est faite de même matériel que la majorité de blocs utilisés pour la construction, nous pouvons modéliser un modèle simplifié de l'ensemble dans le but de l'étudier.




La dimension de la pyramide dans ce modèle est respectée. Je lui ai appliqué des contraintes de mouvement afin de représenter les mouvements relatifs à la gravité et soumis la structure à une accélération gravitationnelle normale soir 9,81m/s2. Pour une cause de visualisation, j'ai exagéré de beaucoup le mouvement du sol et de la pyramide. On remarque sur l'image suivante que le déplacement est homogène tout le tour de la pyramide, mais que les quatre arrêtes de la pyramide  se déforment avec une forme qui courbe et est accentuée vers le 2/3 de la hauteur.



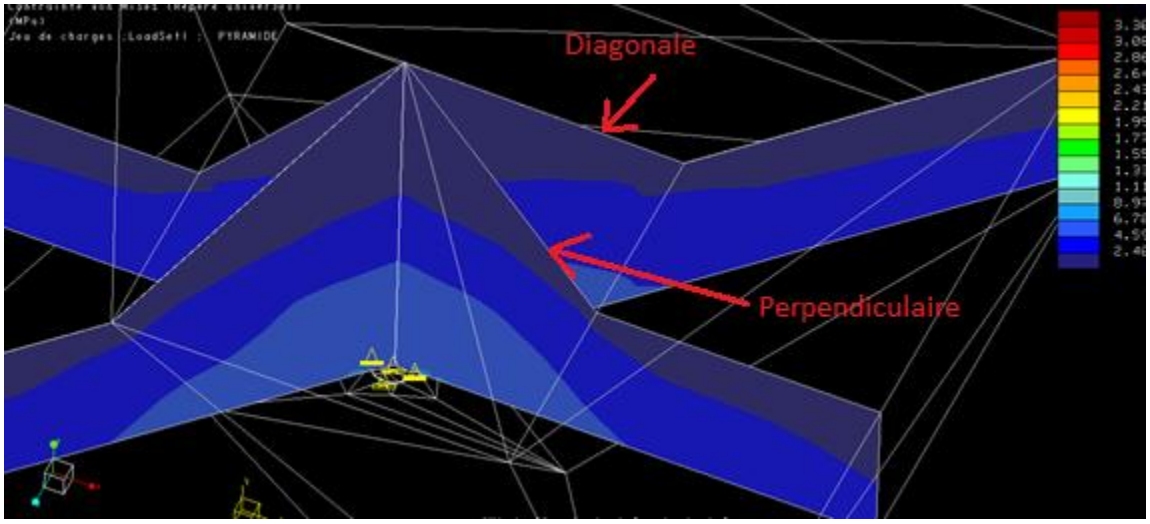

On remarque le profil très accentué due à la gravité qui a fort probablement été compensé lors de la construction. Bien que ce phénomène de déformation est très amplifié, il est fort possible que les bâtisseurs ne s'en sont jamais rendu compte et compensé les mesures sans se rendre compte lors de la construction.

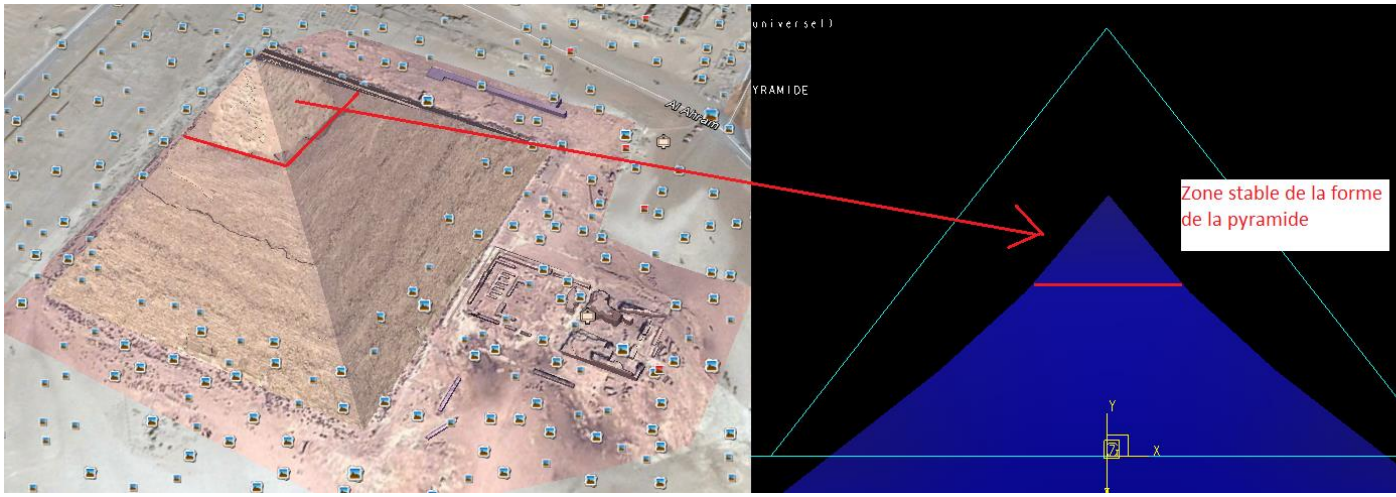



L'image suivante montre la répartition des contraintes principales si on considère que la pyramide est massive et que les charge reprises sont toutes en compression, ce qui est logique pour des blocs parfaitement assemblés. Nous remarquons que le charges en surface sont les plus faibles, ce qui est aussi logique.

Sur l'image suivante, nous remarquons que sur le plan diagonal contrairement à celui perpendiculaire que les contraintes sont moins importantes sous la surface ce qui en fait met à mal les commentaires de ceux qui pensent que les 8 surfaces sont le résultat d'un affaissement naturel. C'est en fait le contraire qui aurait pu de passer. (Voir image

suivante).




On remarque tout de même une similitude sur la crête de l'analyse versus la section lisse demeurant sur la pyramide de Khephren, mais les grandes pyramides ne sont pas des châteaux de carte.  Après tout le génie qui se cache à l'intérieur, je ne crois pas que l'extérieur ai été raté côté ingénierie. C'est ce que je vais vous démontrer!

## Et si les revêtements ne se sont pas effondrés?

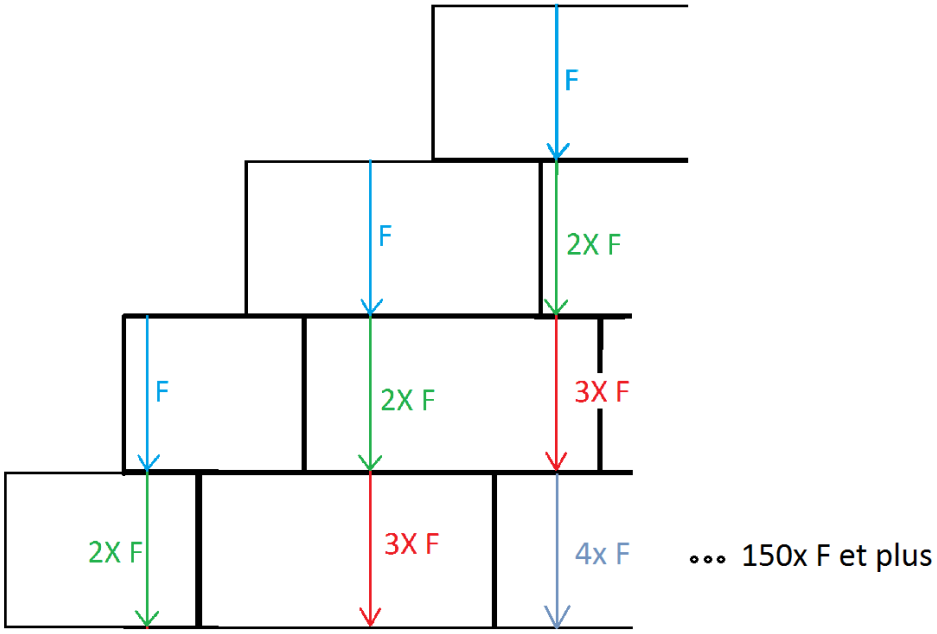
On peut penser que la répartition des charges en surface et la pyramide  de même qu'en son centre peut être la cause du non effondrement de la crête de cette pyramide. Cette crête ressemble étrangement à la zone stable démontrée par analyse par éléments finis et les proportions sont aussi similaires.  On peut penser que la crête étant stable, ce qui se retrouvait en dessous lors de tremblements de terre ou autre a provoqué un phénomène en cascade et que peut-être ces blocs ont pu être utilisés pour la construction de d'autres pyramides. Si cela est le cas, il est impensable que l'agencement de blocs puisse se faire aussi bien qu'avec la méthode démontrée précédemment. Mais si les constructions de ré-usage de ces blocs n'étaient pas aussi hautes et imposantes, la précision d'assemblage est beaucoup moindre puisque les contraintes induites par les charges moins hautes sont assurément plus faibles. L'utilisation de produit de colmatage des trous entre les blocs non taillés pour être assemblés ensemble est fort possible.

En sachant que l'emplacement où a été construit la grande pyramide était une colline, cela sous-entend que le socle ou la fondation allait assurément être massif (d'un seul morceau) et en mesure de reprendre les charges colossales induites par la pyramide et de le faire de manière homogène. Cela semble être le cas puisqu'on ne note pas de déformations anormales dans et sur la pyramide. Tout est homogène et répétitif sur les quatre côtés.

http://upload.questmachine.org/picture/kheops-geant-299863_1303000402.jpg

On remarque sur la photo précédente que très peu de blocs sont libres, c'est-à-dire que peu de blocs ne sont pas appuyés de côté et surtout sur le dessus par d'autres blocs, ce qui les rend très difficiles voire presque impossibles pour certains à être délogés de leur emplacement.

Tel que montré sur le croquis ci-après, seuls les blocs de surface sont ceux qui subissent le moins de pressions puisqu'ils sont déposés l'es uns sur les autres. Comme un jeu de construction, si on enlève les blocs du dessus, on peut enlever ceux inférieurs tant et aussi longtemps qu'ils sont libres et qu'ils ne sont pas retenus par des blocs en direction de l'intérieur de la pyramide! Mais puisque les blocs n'ont pas tous la même géométrie et dimension, il est possible,même si nous ne sommes pas à l'extrémité supérieure de dégager des blocs et ainsi d'autres et d'autres comme on verra plus loin!




La photo suivante est celle qui m'a fait réaliser ce que j'avance comme idée dans le texte qui suit. Pas besoin d'être ingénieur pour affirmer que même si des tremblements de Terre de grandes magnitudes avaient frappé la région des pyramides, il est clair que le sommet de cette pyramide aurait beaucoup plus de blocs en place encore de nos jours. La forme de ce plancher est à différents niveaux, c'est-à-dire, non uniformément plat et il est extrêmement difficile de sortir de leurs emplacements des blocs placés avec précision surtout au cœur d'un plancher qui représente autant d'obstacles physiques sur le plan X et Y. Le cas échéant, les blocs sous les flèches noires auraient due tomber bien avant ceux du centre. Le sommet a assurément été enlevé à mains d'Hommes, tout comme le reste, pour moi il n'y a aucun doute et je vais l'expliquer!

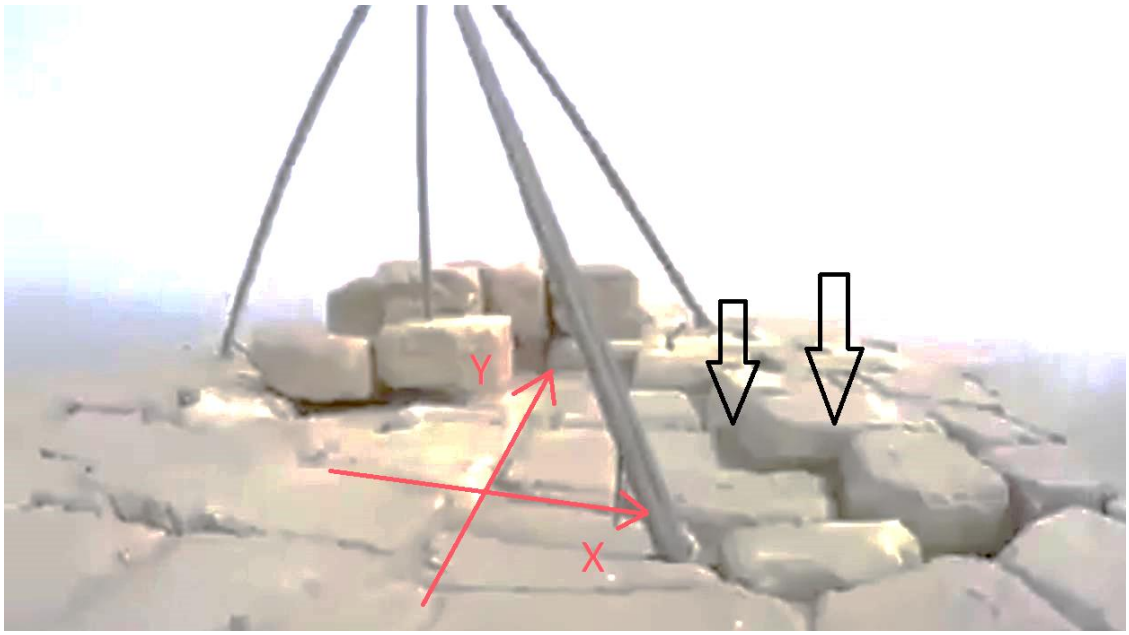


Image Google (mots clef : blocs, pyramides)

http://www.bing.com/images/search?q=blocs+pyramides&view=detailv2&qpvt=blocs+pyramides&id=A4FA8D4C4813BF20F52BCFCDF27AFA0182F1974C&selectedIndex=16&ccid=k9%2f%2bAGoD&simid=608036081490529642&thid=OIP.M93dffe006a03888c11644d47b0960989H0&ajaxhist=0

Pour moi il et très peu probable que le revêtement des pyramides est tout simplement tombé lors de séismes pour différentes raisons. Premièrement, la structure en forme

pyramidale est extrêmement stable et du fait que les blocs ne sont pas tous imbriquées sur les mêmes plans à chaque niveau de pierre cela confère une stabilité quasi indestructible lors de secousses sismiques. C'est-à-dire que ce type de structure ne bouge pas comme une tour à bureau ou encore comme un mat de drapeau dans tous les sens, elle demeure stable et de par la précision d'assemblage des blocs, l'énergie induite par un tremblement de terre est bien transmise de manières uniformes dans toute la structure presque comme une pyramide massive d'un bloc!

Il y a eu certainement une transmission de fréquences lors de tremblement de terre, mais à mon avis simplement pour les basses fréquences et doc de grandes amplitudes. Si le serrage des pierres n'avait pas été bien fait partout, surtout au centre de la pyramide, des fissures auraient forcément apparues dans la maçonnerie intérieure, mais rien ne semble avoir bougé!

Je pense que les pyramides ont été construites entièrement pour ensuite, peut-être quelques années ou centaines d'années après, on ne se saura peut-être jamais le temps, celles-ci ont été forcément utilisée comme source de blocs un peu comme une carrière très accessible et bon marché, mais encore faut-il descendre les blocs un à un pour ne pas les abîmer ou du moins le moins possible! Je ne sais pas à quand date les petites pyramides ou les sites en périphérie ont été tous construits, ni personne je crois, mais il est fort à parier que les pierres des Grandes pyramides ne sont pas allé loin et ont servi à la construction de bâtiments ou d'infrastructure autres.

Si les pierres s'étaient effondrées suite à un tremblement de terre, il y aurait eu forcément un entassement de blocs sur des dizaines de mètres au sol sur chacun des quatre côtés des pyramides. Sur le pavé à la base des pyramides, il y aurait des traces d'impacts majeurs sur le terrain de pierre et de bocs de pierres tout autour des pyramides et sur de bonnes distances. Des milliers de blocs pesant plusieurs tonnes chacun qui tombent ou dégringolent de d'aussi haut que de 140 mètres peuvent aussi non seulement laisser des marques au sol mais aussi casser en « miettes» des blocs suite aux ondes de chocs. Pour faire une parenthèse, dans le domaine minier on casse et concasse du minerai entre autres, en produisant des impacts par des systèmes rotatifs de quelques mètres de haut seulement ou encore par de mâchoires qui induisent des ondes mécaniques de pression qui se propagent dans le minerai et le fait exploser en pierres de différentes tailles. Des pierres de plus d'un mètre sont alors réduites en gravier en un rien de temps!

Suite cet effondrement, si cela a été réellement le cas, un nettoyage colossal a forcément dû avoir lieu pour mettre le site en état. Une question m'intrigue, si cette idée est acceptée, pourquoi un pharaon ou une personne de pouvoir aurait ordonné le

nettoyage de tombeaux d'un autre pharaon si réellement ces pyramides étaient réellement des tombeaux!? Et si le nettoyage  a eu lieu, où sont les milliers de blocs en bon état et ceux cassés? Cela demande une quantité d'énergie colossale encore une fois qui aurait pu être mis à la construction de d'autres bâtiments! Où sont les traces d'un tel effondrement? Je crois, même sans y avoir été que nous devrions chercher longtemps ces preuve sans rien trouver de convainquant!

Images Google Earth modifiée

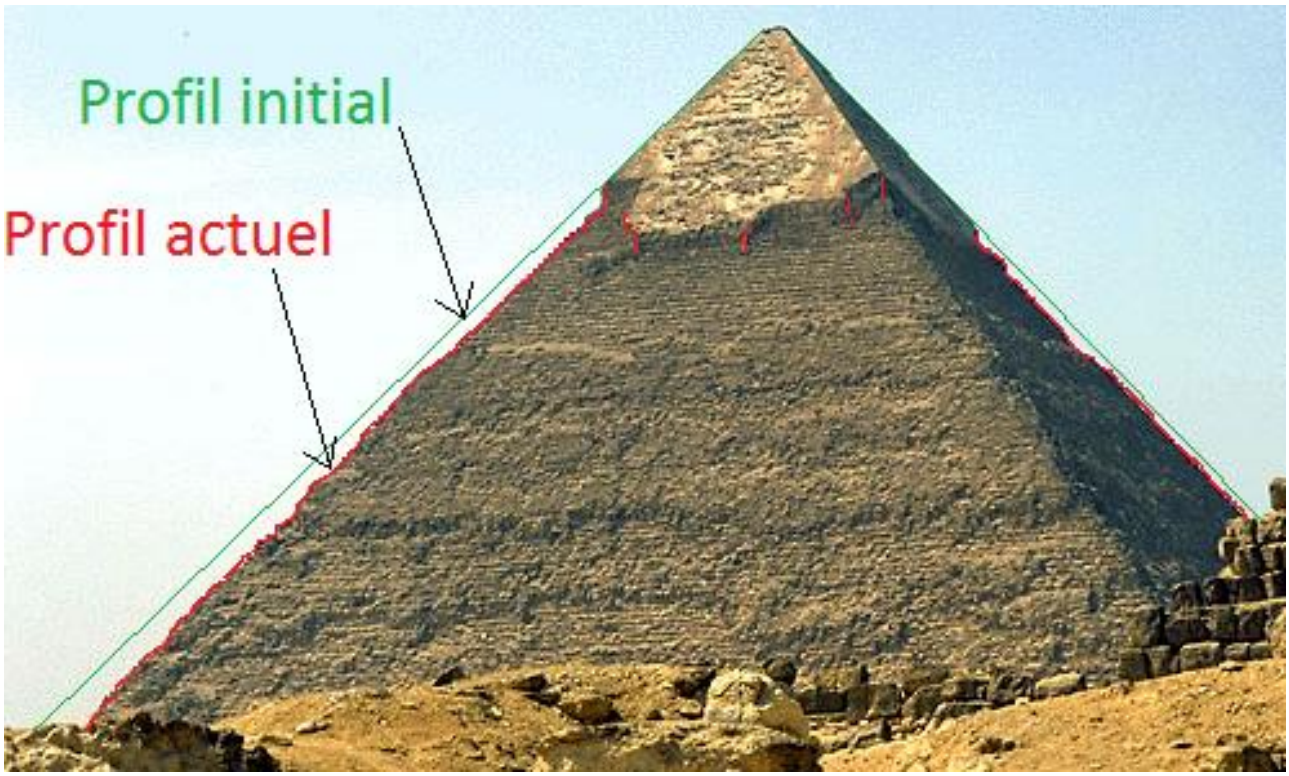
Mais si dans un cas contraire on prenait l'option où les pyramides ont été utilisées comme carrière bon marché, comment a–t'ont pu récupérer ces blocs en minimisant les pertes? Car si on dépense de l'énergie pour aller chercher ces blocs en hauteur et les déplacer, ce n'est pas pour les voir éclater en déboulant! Il doit bien y avoir une méthode derrière tout cela.

http://www.bing.com/images/search?q=nom+des+grandes+pyramides&view=detailv2&qpvt=nom+des+grandes+pyramides&id=3E9CE7419B5D544EA794604D682FEA062D61AF3A&selectedIndex=8&ccid=wQb6LFXt&simid=607989515452746425&thid=OIP.Mc106fa2c55edc4c6bccdc6e6a5dc2541o0&ajaxhist=0

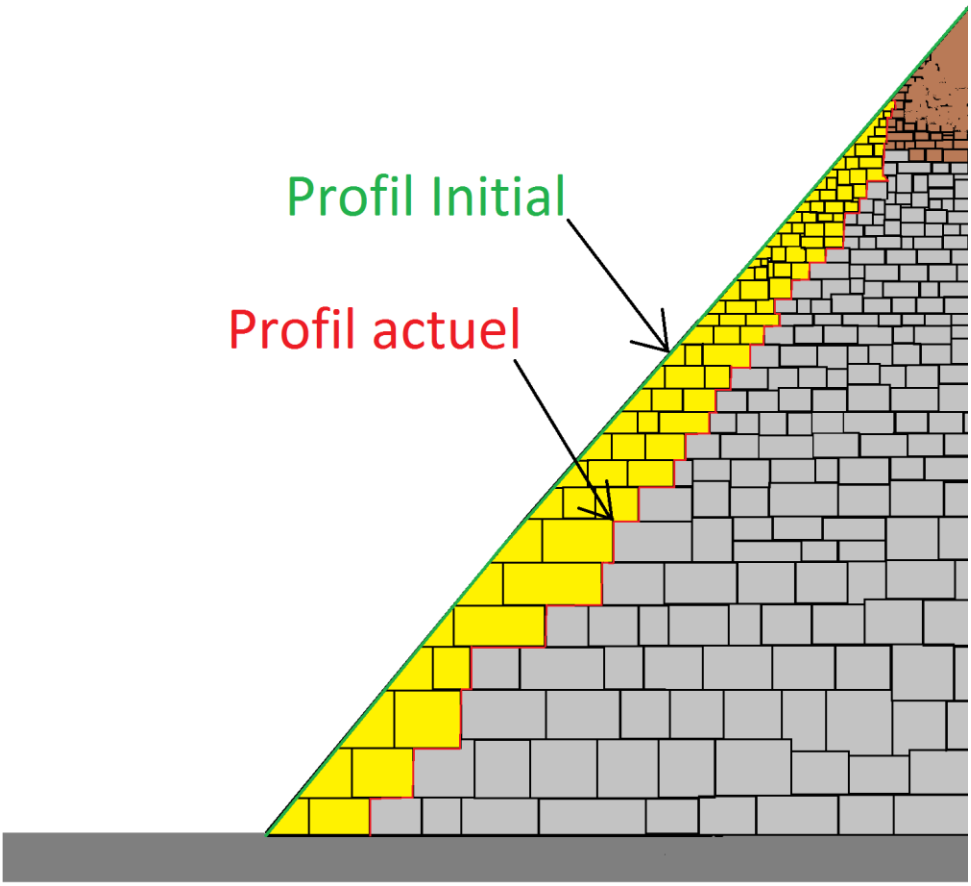
Si sur la pyramide de Khephren tel que montré ici, une couche de blocs quasi égale s'était naturellement arrachée entièrement à partir d'environ 100m de hauteur sur les quatre faces, ce qui est peu probable, je crois tout de même qu'une bonne partie du revêtement à la base aurait demeuré en place et resté intact.

On remarque plutôt dans la partie lisse de cette pyramide des endroits où des blocs qui sont absents. Et si ces blocs avaient été enlevés de la main de l'Homme et qu'ils n'avaient pas tombé avec le temps avec des séismes. Donc, de mémoire d'Homme et

aussi loin que l'on représente cette pyramide dans les livres, elle a toujours été représenté de la sorte, mais de mémoire d'Homme, des séismes a eu lieu et ont secoué cet endroit. Et si je ne me trompe pas, combien de pierres sont tombées de cette pyramide qui, contrairement à sa construction possède des arrêtes beaucoup plus instables que celle prévue par les bâtisseurs? Très peu ou pas du tout à mon avis mais je peux me tromper! :O)



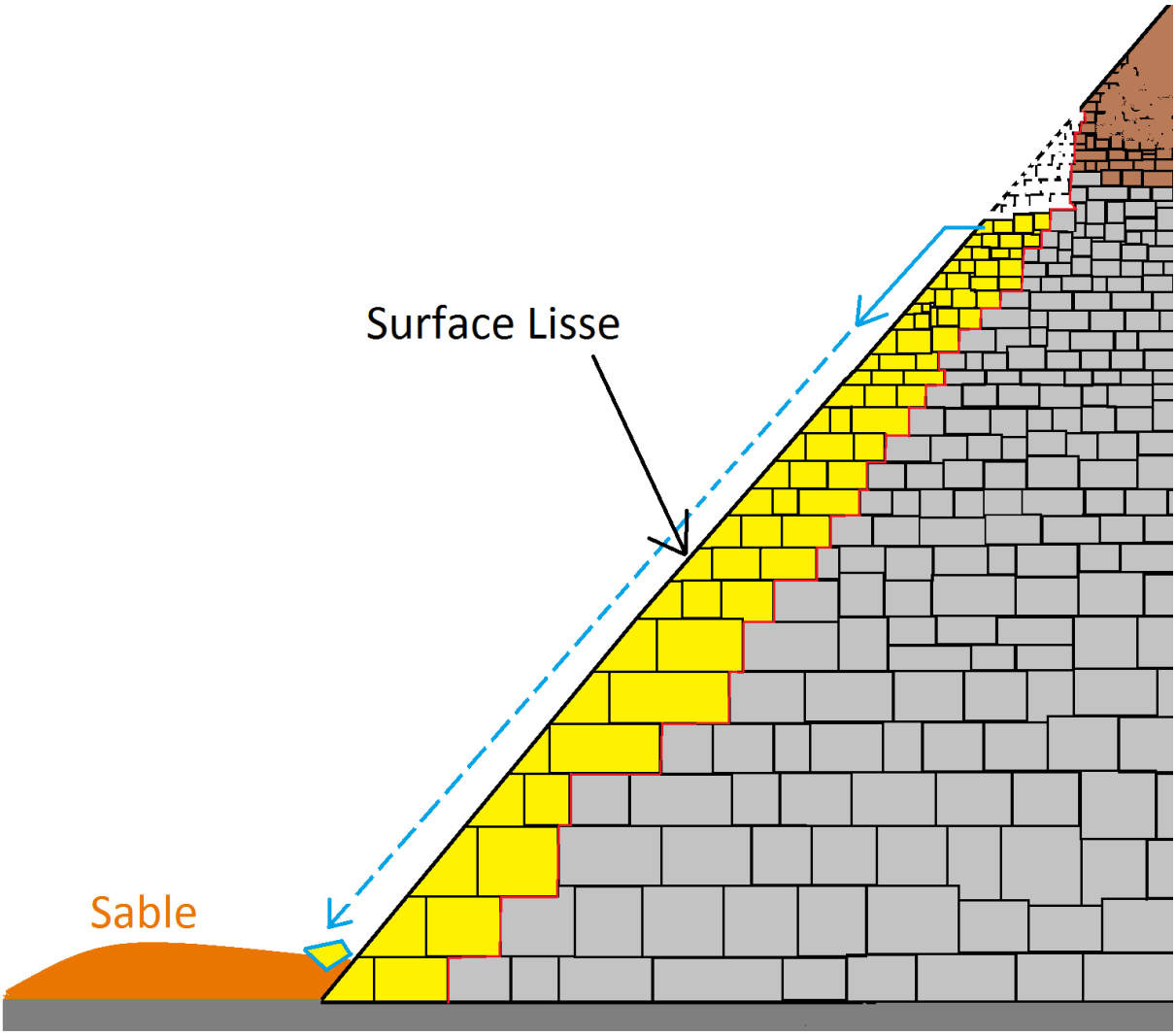

Ci-après une représentation grossière de la configuration de la pyramide de Khephren.
Il n'y aucune raison que les couches inférieures à la surface s'effondrent et non la surface de la crête encore en place même si quelque centaines de bloc sont manquants.

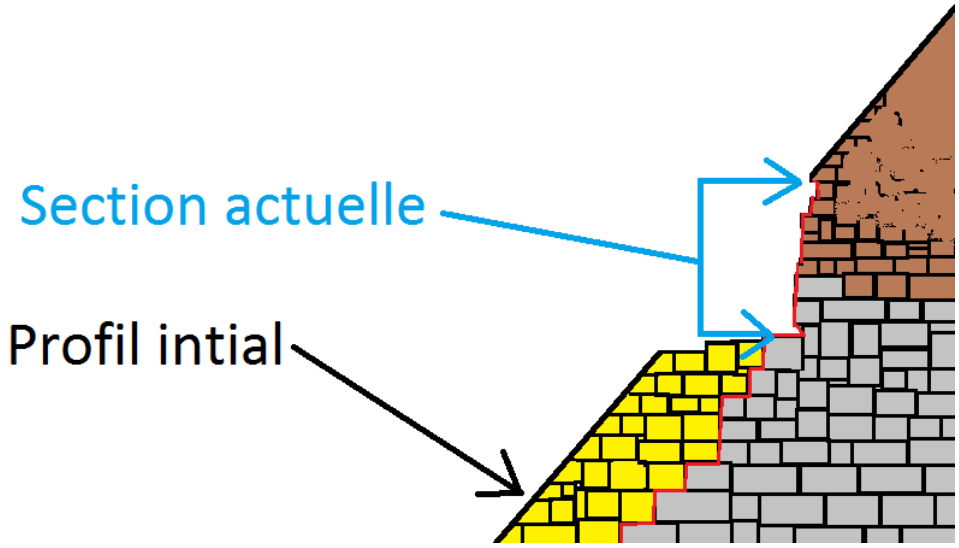



Si j'étais un Débâtisseur de pyramides et que je me donnais la peine d'enlever non seulement la première couche superficielle d'une pyramide mais plusieurs épaisseurs de blocs et que je voulais les réutiliser, je m'organiserai pour minimiser l'effort nécessaire pour descendre ces derniers un à la fois ici et là de sorte à ne pas les abîmer. Pour débuter, la configuration des pyramides à comme avantages d'être entouré de sable en très grande quantité autour et de posséder des surfaces lisses. Donc j'aurai pour réflex d'amener  une bonne quantité de sable à la base et tout le tour de la base de la pyramide en une épaisseur acceptable. Ensuite j'irai à la recherche d'un point faible d'un ou de quelques blocs de surface au sommet ou près de celui-ci. Je commencerai par déplacer un bloc et un autre, et un autre, de sorte à faire glisser les blocs sur la surface lisse de la pyramide. C'est ce que j'appellerai la **Méthode du toboggan**, qui et de loin la moins énergivore et de loin la plus rapide!

Mais encore, il est fort à croire qu'à l'époque des Débâtisseurs, le savoir-faire des pyramides était déjà perdu puisque le phénomène inverse de la construction est à mon avis réversible! Donc il est fort probable que simplement par cet exemple, cela indique au moins deux époques de construction différentes, assez distantes pour perdre un savoir-faire!? Peut-être!?

Le sable disposé stratégiquement au bas de la pyramide absorbe l'énergie des blocs en glissade en dissipant l'énergie dans le sable et le sol de manière beaucoup moins brutale que sur le roc directement!  Ainsi, bloc a près blocs il est possible de libérer quelques couches sur toute la surface de la pyramide. À certains endroits il est plus facile d'en retirer plus qu'à d'autres pour une question de taille et de serrage principalement. Ces blocs sont récupérés à la base et transportés pour être taillés ou directement utilisés dans une autre construction.






Si les tremblements de terre avaient causés l'effondrement du revêtement de surface des pyramides et d'une couche de pierre en dessous tel que présenté dans les croquis précédents, la section actuelle aurait dû s'effondrer à travers le temps aussi puisque sa configuration est de loin beaucoup plus instable que le profil initial.

Le profil irrégulier de la crête lisse de la pyramide de Khephren peut s'expliquer par la poursuite de points faibles (blocs libres) tout autour de la pyramide.

L'autre option au déplacement du revêtement est de supposer une époque au climat nordique qui avec l'eau, le gel et le dégel, les blocs se sont déplacés,… mais il en resterait certainement en place. Ce phénomène se retrouve chez moi dans le Parc National de l'Archipel de Mingan où des pierres de calcaire très massives se déplacent sous l'effet du gel et du dégel. Nous pouvons parler de déplacements de l'ordre du mm ou de quelques mm par années tout au plus! Bref, je ne crois pas à cette possibilité,

mais n'empêche que si c'était le cas, des milliers de blocs se seraient retrouvés au sol en bien mauvais état et un ménage se serait imposé! Mais il est clair que ce ne sont pas tous les blocs qui seraient tombés. Nombre de bloc lisses sur tout le pourtour de la pyramide seraient demeurés en place. Donc cette hypothèse est exclue totalement!

Et si les grandes pyramides à leur construction n'étaient pas prévues pour être des tombeaux, ce qui totalement logique vue l'ampleur du chantier qui  a du durer très très longtemps. Si un jour de rois ou des pharaons ont décidés de donner une signification autre à ces bâtiments et les utiliser comme tombeaux.  Les successeurs de ces pharaons ont certainement désiré obtenir des tombeaux aussi beaux et grandioses eux aussi pour se rendre compte que de leur vivant c'était impossible! C'est fort possible! Mais lorsque la pierre pour construire le pyramides se faisait rare et loin du site et que la logistique de transport et de découpe des blocs nécessitaient trop de temps et d'énergie, il est fort possible qu'ils se sont tournée vers les Grandes Pyramide comme source d'approvisionnement rapide et « bon marché »!  Cela expliquerait fort possiblement le fait que de petites pyramides se sont construites très très près des grandes pyramides afin de minimiser la dépense énergétique nécessaires afin de construire dans une durée de vie d'environ 15 à 30 ans ou encore de la durée de vie de règne d'un pharaon.

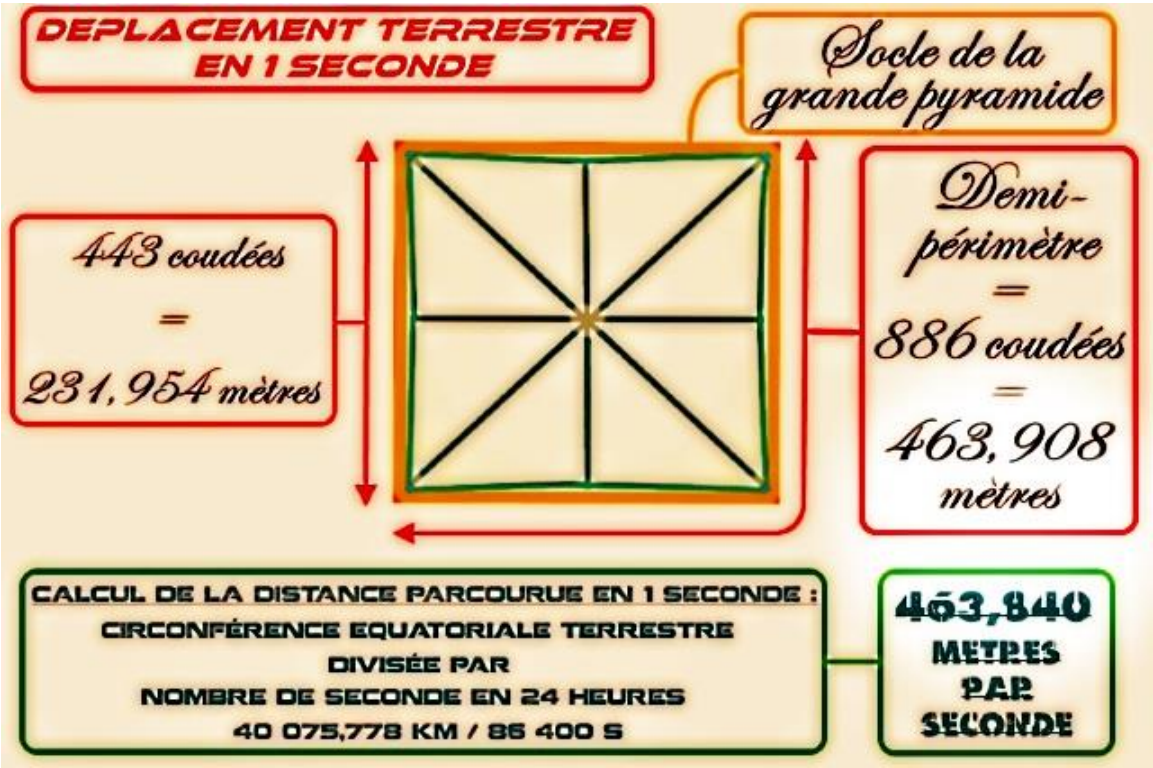
Pourquoi les petites pyramides ont-elles l'air d'être construites avec des matériaux de second usage? Peut-être la réponse est que c'est tout simplement le cas!?

https://www.google.ca/search?q=vue+a%C3%A9rienne+pyramides&biw=1920&bih=994&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiZpYOyie_LAhXKtoMKHaxKBN8Q_AUIBigB#imgrc=XT9JKgNEL0Y5FM%3A

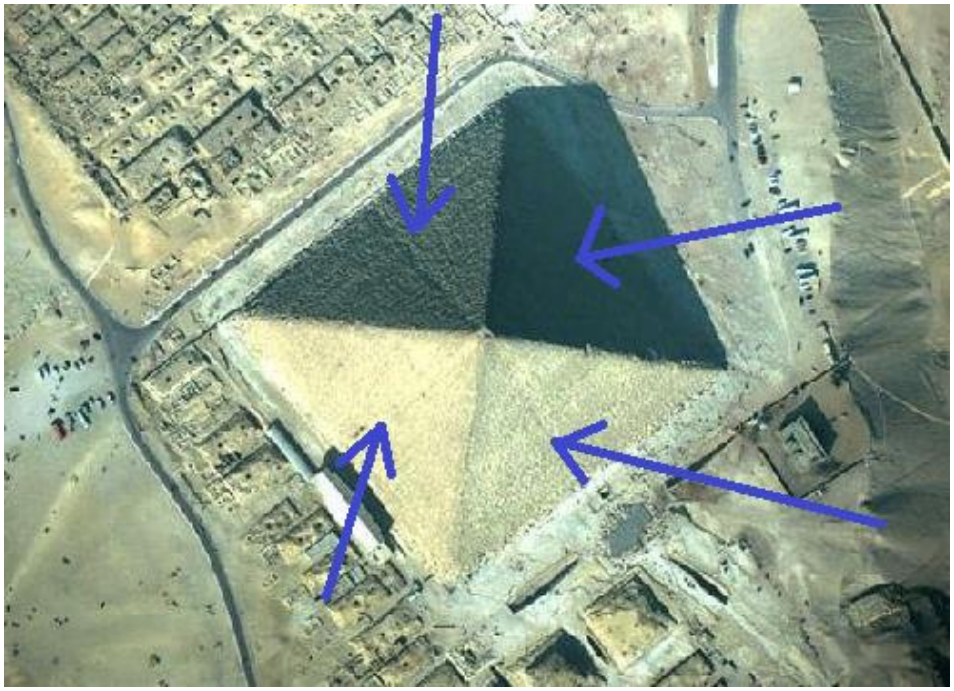
## Qu'en est-il réellement de la forme à 8 côtés de la pyramide?

Le recourbement vers l'intérieur de chaque côté comme montré sur le croquis ci-après ne peut être à cause d'un effondrement sur sa propre structure puisque le phénomène ne se verrait pas à la base de la pyramide mais uniquement à partir d'une certaine hauteur. La base serait, même après effondrement carré et non à huit arrêtes! Ce phénomène est assurément volontaire de la part de l'architecte, il n'y a aucun doute à cet effet selon moi! Les blocs étant simplement déposés les uns avec les autres, seuls les forces de pression ou de poussée font effet sur ces derniers. Un effet de rétraction due au propre poids de la pyramide aurait eu pour effet de laisser le carré parfait à la base de la pyramide. Dans le cas présent, on ne parle pas de quelques centimètres, ce qui met à mal cette théorie.

Comme démontré précédemment, les blocs en périphérie subissent le moins de pression. Si un tel mouvement vers l'intérieur au centre de chaque face avait eu lieu, d'autres désordres et anomalies de structure auraient eu lieu à l'extérieur comme à l'intérieur de la pyramide.

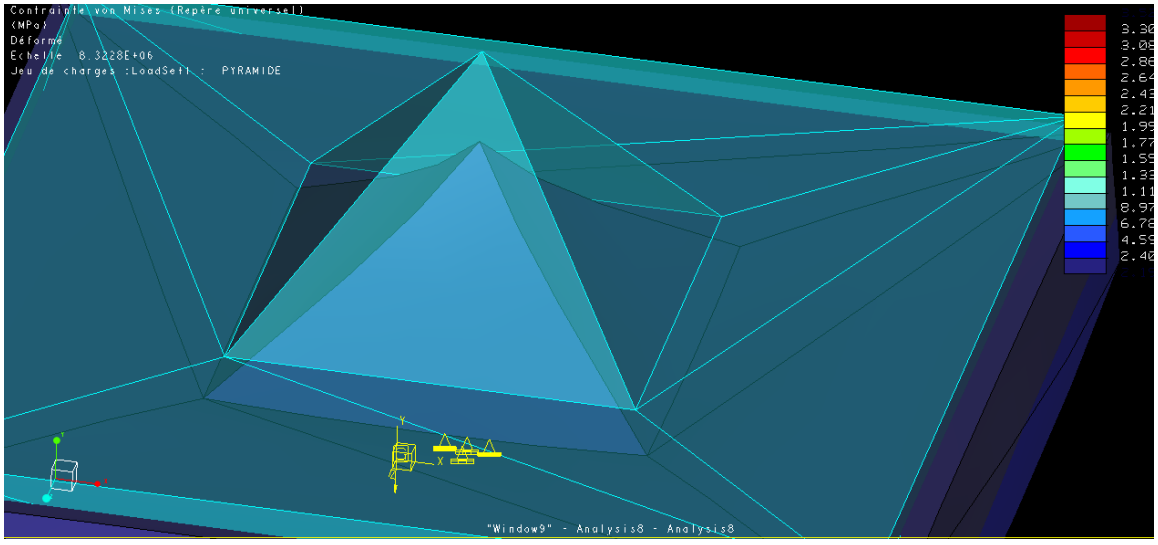



http://www.larevelationdespyramides-leforum.com/viewtopic.php?f=44&t=2366 Images de ***Patrice Pooyard***, d'après "***La révélation des pyramides***" de ***Jacques Grimault***

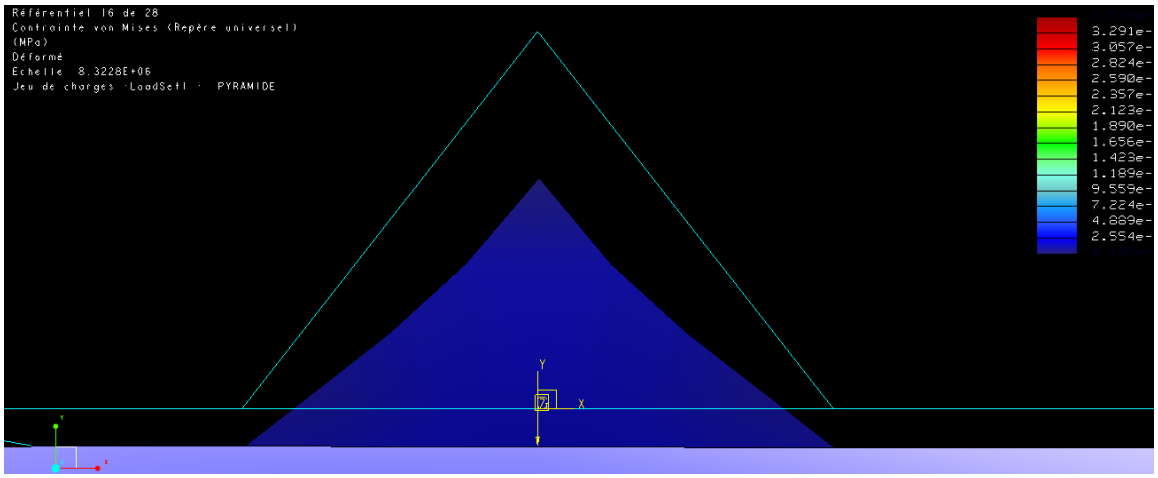


https://www.google.ca/search?q=pyramide+%C3%A9quinox&tbm=isch&imgil=OECg_71EoQGF-M%253A%253BTZ2d0MIq9tPltM%253Bhttps%25253A%25252F%25252Fzegatt.wordpress.com%25252F2013%25252F03%25252F05%25252Fla-revelation-des-pyramides-2-faites-entrer-les-clowns%25252F&source=iu&pf=m&fir=OECg_71EoQGF-M%253A%252CTZ2d0MIq9tPltM%252C_&usg=__kCJdUy8TBBYojl8MD3WWageWdRM%3D&biw=1920&bih=994&ved=0ahUKEwig0dO94eTLAhUImBoKHemwAZ0QyjcIJQ&ei=sNz5VqC5IYiwaunhhugJ#imgrc=A2NIIEbcccZQWM%3A

Les 8 faces visibles de la pyramide est donc une volonté de l'architecte, pour moi cela ne fait aucun doute! Pour ce qui est de la forme du profil de la pyramide il dû être compensé lors de la construction tout simplement. De plus l'analyse ne montre aucune déformation à la base envisageable.

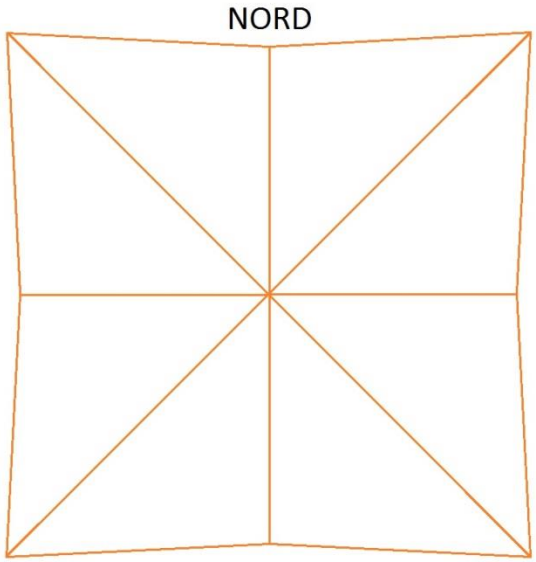


Il est tout de même étrange que personne ne semble porter une attention aux 4 arrêtes au centre des 4 surfaces apparentes de la pyramide. Même si le sous-bassement de la pyramide s'était affaissé l'analyse suivante montre que la déformation n'est pas uniforme sur toute la hauteur et que par conséquent, on ne pourrait voir apparaître un affaissement constant du bas vers le sommet de chaque face, c'est impensable!

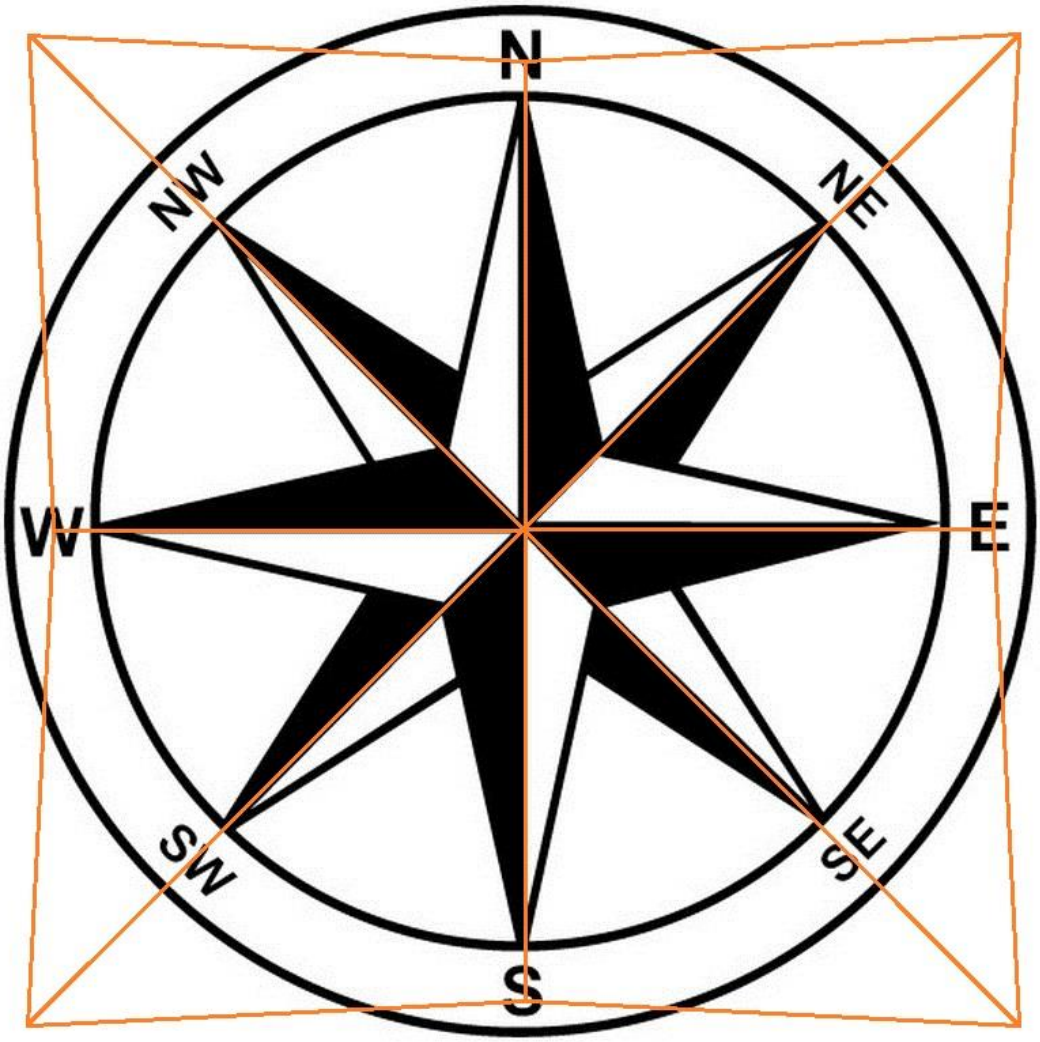



Cette caractéristique d'être exactement au centre de chaque face à une particularité saisissante!

En effet, puisque la pyramide est orientée « parfaitement » avec le Nord à moins de 0.05 degré, la disposition et la forme de la pyramide montre tous les points cardinaux, c'est logique!




Pyramide vue de haut

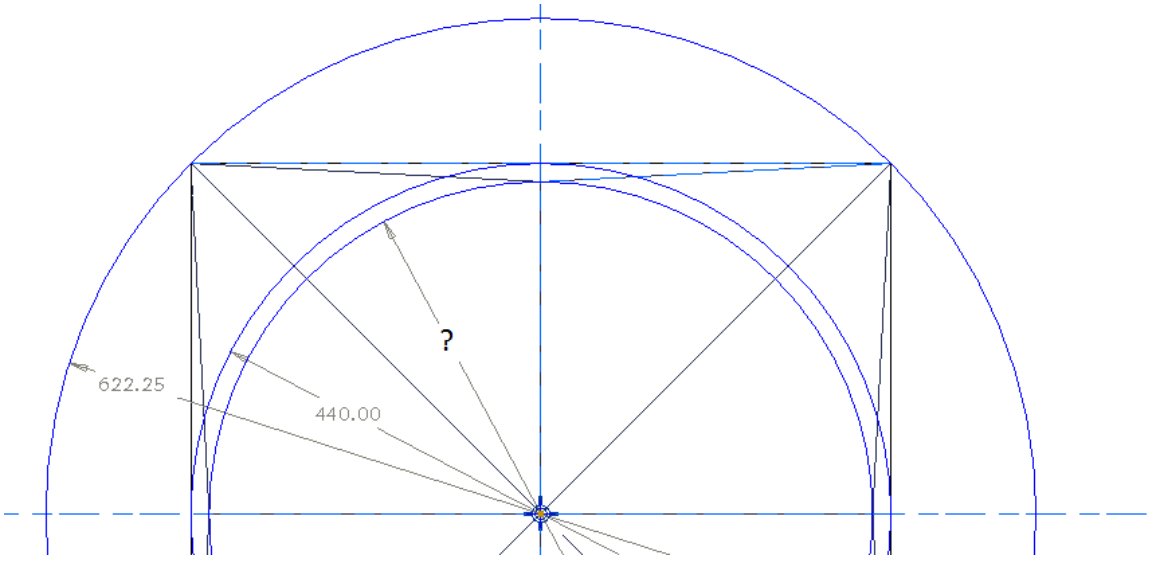


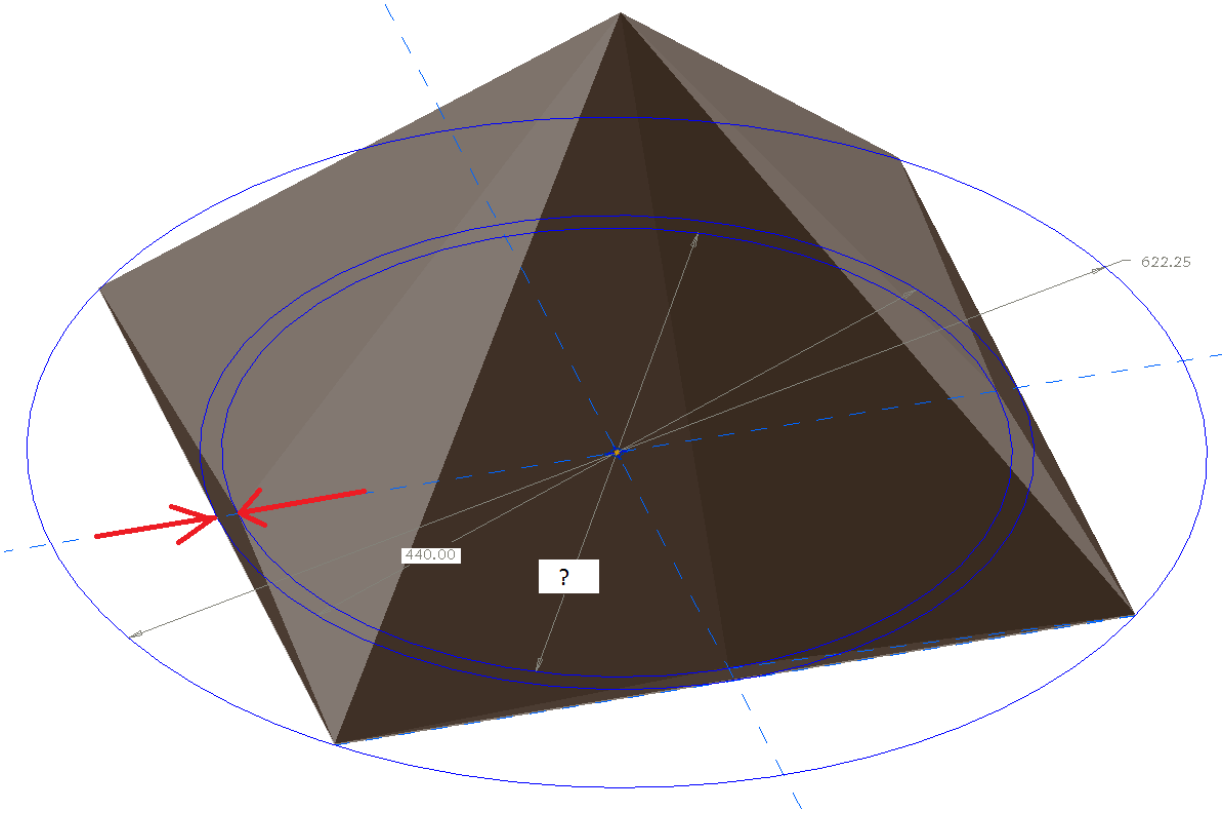

Quoi de plus naturel pour une structure qui a comme vocation de référer aux astres et aux Zodiacs et possédant 8 arrêtes que de donner les points cardinaux! On parle de 5 centièmes de degrés, mais qui dit que le bâtiment n'était pas à ses construction parfaitement enligné? L'univers est en expansion et les étoiles sur lesquelles on se base pour nous référencer cet univers sont aussi en mouvement à des vitesses et des vecteurs assurément différents de celle de notre planète ou de notre système solaire!

En ce sens, j'aimerai bien que quelqu'un spécialisé en astronomie puisse être en mesure si ce déphasage angulaire par rapport au Nord est une cause du temps. À quand remonte l'époque où théoriquement l'enlignement de la pyramide était parfait!? Mais je doute que les logiciels même modern soient en mesure de valider ce fait. Cette

méthode aurait pu être en quelque sorte un marqueur dans le temps de sorte à donner une valeur de référence à l'Horloge stellaire tel qu'il est décrit en détail dans le film La révélation de Pyramides. Alors même si d'un coup, nous avions la connaissance et la technologie pour le faire, il serait alors très difficile, voire aléatoire de déterminer la trajectoire de l'étoile polaire dans le temps à partir de notre position. En référence aux travaux de mon ami Claude Mercier (http://www.pragtec.com/physique/), qui à mon avis et le meilleur astrophysicien des temps modernes, nous devons voir l'univers comme en optique, c'est ce que j'en déduis et il a raison! L'univers n'est pas vide, il a de densités variables, de très faibles à très denses et à travers lesquelles la seulement chose visible que l'on perçoit est de la lumière qui voyage à la vitesse de la lumière selon la densité de l'univers où elle passe.

Bien que la Grande pyramide est en mesure de donner nombre d'informations de par sa géométrie externe et interne, il demeure une chose, c'est qu'il existe une variation de rayon et par conséquent entre le cercle interne au carré de la base de la pyramide et celui réel. **Mais que donnent les autres pyramides comme information?** En effet, les 4 faces étant orientées vers l'intérieur de la pyramide d'une valeur que je ne dispose pas, on a également en second cercle interne. Il va de soi que la différence telle que montrée sur l'image suivante ai pu être ajustée afin de donner un ratio ou une mesure autre et précise. Cette distance ayant été le double de la valeur n'aurait rien changé aux 8 faces du bâtiment et aurait aussi indiqué les équinoxes. Donc si tout a une signification, celle de su cercle à la base ou encore la longueur ou le ratio de longueurs ou encore de surface peut être en cause pour révérer d'autre chose.






Pi et le Nombre d'Or sont des constantes de l'univers, il 'y a pas de doute, mais il et fort à parier qu'il sera possible de faire le lien avec le Grand nombre N qui se retrouve partout en astrophysique et dont Claude Mercier le calcul précisément de plus de 100 manière différentes. Nous parlons ici d'une valeur de l'ordre de (6 X10 exposant 121). www.pragtec.com/physique/

La vitesse de la lumière n'étant pas une constante, mais bel et bien un variable dans le temps qui en somme est fonction de notre position dans l'univers. J'en parle plus loin dans le document. Cette caractéristique permet de dater précisément dans le temps une époque. On peut penser aussi à la variation de l'axe de rotation terrestres, mais ce n'est pas très précis comparativement à la lumière!

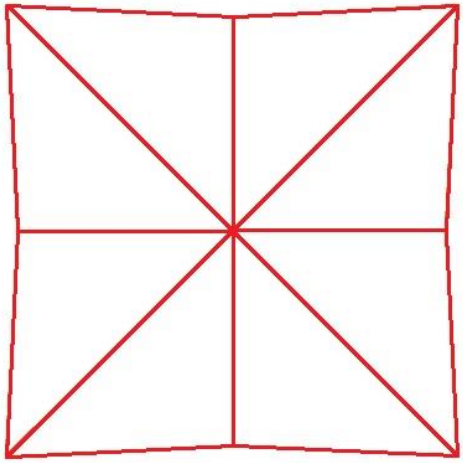
Personnellement, lorsque que regarde l'image précédente, je peux facilement imaginer la Terre protégé par des êtres venus du ciel (avec des ailes) qui supportent la Terre où des peuples se retrouvent tout autour de celle-ci, un peu comme des Dieux ou encore des Anges-gardiens! On y voit différents peuples selon l'angle autour du point central qui peut représenter des directions comme l'équateur penché! C'est ma perception!

L'œil au bas ne représente-t-il pas la vue de l'observateur vu du Ciel!? Peut-être! Le regard du Sphinx peut-être ou tout simplement la référence au pharaon ou aux dieux responsable de ce monde? Un égyptologue pourrait en dire beaucoup plus et de manière précise à ce sujet! :O)

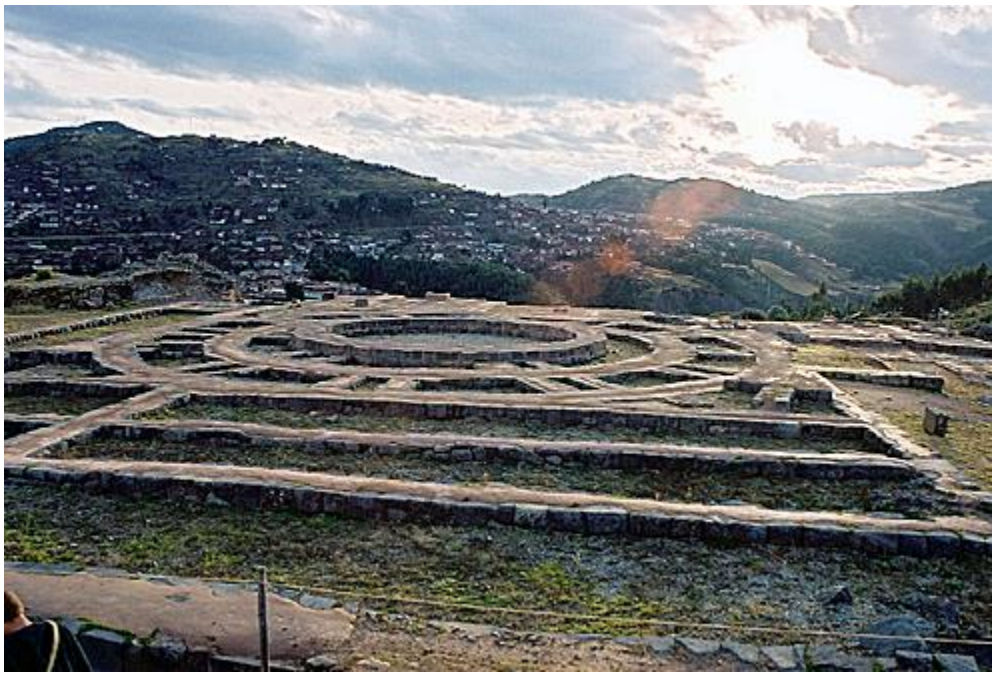
D’un point de vue de l’Égypte, cette image montre la pyramide au cœur de la terre ou de terres émergées et donc au centre. C’est une idée que je lance!

Mais cela ne s’arrête pas là! Et si on fait le parallèle avec les autres cultures autour du globe! J’ai analysé un « calendrier » Maya et la similitude est frappante à certains points. En son centre on peut voir une représentation sphérique qui peut être interprété par la Terre également. On y remarque des symboles qui s’apparentent à des pyramides et d’autres à de représentation de divinités ou autres. Pour être franc, ce n’est du tout mon domaine d’expertise, loin de là!  Mais si on prend en considération que la Grande

Pyramide est le centre de Masse des terres émergées, ce qui est un fait scientifique et mesurable, on peut penser qu'un site en lien avec les mêmes bâtisseurs représenteraient sûrement une carte toujours avec les points cardinaux, mais avec fort possiblement avec des directions de d'autres sites par exemple et sans oublier le Centre (Égypte)! C'est simplement une idée et je n'affirme rien car cela sort de mes compétences relatives à l'ingénierie.



Je ne connais pas l'orientation précise de sites, peut-être que la représentation superposée de la pyramide doit être inclinée selon le cas. Je laisse le détails aux spécialistes.



http://www.panoramio.com/photo/279792?source=wapi&referrer=kh.google.com

## Et si on parlait un peu de mathématique et d'astrophysique :

**https://www.google.ca/search?q=chambre+de+pyramide&biw=1920&bih=994&tbm=isch&imgil=EJDBa3YN3qR4UM%253A%253**

**BJNQb4ck8yls9UM%253Bhttp%25253A%25252F%25252Fwww.3dvf.com%25252Flittle_5485.html%25252F57009%25252F&source=iu&pf=m&fir=EJDBa3YN3qR4UM%253A%252CJNQb4ck8yls9UM%252C_&usg=__U33wEtD_MnVsWQ7wk0F7BFjPE6U%3D&ved=0ahUKEwjk-cv1tOjLAhWiuIMKHcAYDoMQyjcIKw&ei=1cb7VqS7DaLxjgTAsbiYCA#imgrc=IyouIEHUh_rKJM%3A**

Toujours en lien avec l'extraordinaire reportage La révélation des Pyramides, j'ai effectué quelques petites analyses personnelles en tentant de faire un lien avec les différentes cultures et calendriers connus.

Chacun a sa perception des pyramides, du Sphinx et de tous ce qui entoure l'égyptologie. J'ai personnellement été témoins de plus de dix phénomènes d'apparition d'ovnis dont deux en particulier m'ont survolé avec des caractéristiques de vol qui dépassent de loin la physique moderne. Je suis ingénieur en mécanique et j'ai une basse assez solide en astrophysique pour découler les calculs qui suivent.

De mon point de vu, le fait que la Terre a déjà été visitée par des vies extraterrestres, ne fait aucun doute, et c'est aussi ce qui explique bien des choses au niveau du développement des différents sites autour du monde. Nombre de faits ne peuvent être attribuables qu'à des technologies de vol et de savoir avancées. De mon point de vue, nous ne saurons probablement jamais toute la vérité, mais il nous est possible de nous en rapprocher.

Je crois que si une civilisation venue de loin est venue explorée la Terre et qu'elle a influencée le développement du genre humain, ce peuple a peut-être voulu aussi laisser un message aux générations futures qui une fois assez développée socialement, mathématiquement et technologiquement, serait apte à découvrir la réponse à ce qui est possiblement la plus grande énigme de tous les temps à savoir le secret des pyramides.

Bien que le côté spirituel puisse être développé, cela demeure une question personnelle pour chacun et je ne désire aucunement entrer dans ce débat. Je désire simplement me baser sur des faits réels basés sur des observations réelles, vérifiables et scientifiques.

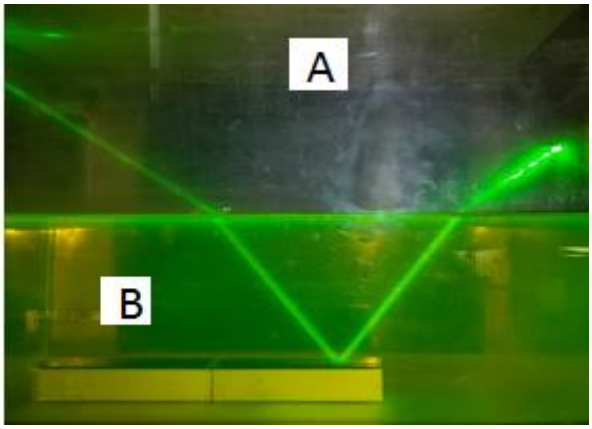
Je suis également d'avis que les pyramides sont des monuments de réemploi et que cela ne constitue pas le tombeau d'une personne. Il est impensable de réaliser de telles structures en moins de 20 ans avec autant de précisions telles qu'exposé dans ce document. À croire qu'un roi à la naissance aurait ordonné la création d'un tel bâtiment! Alors peut-être enterrer ce roi pendant la construction et de cette pyramide pendant que deux ou trois autres rois lui succédèrent le temps de terminer la construction! Cela n'a pas de sens! Possiblement que les petites pyramides autour de la Grande sont d'un ordre de grandeur de la vie d'un pharaon de l'époque! Mais bon, ce ne sont que des hypothèses.

Revenons au sujet. Nous remarquons dans le reportage La révélation des Pyramides qu'il est mention de différentes corrélations entre le nombre Pi et le Nombre d'Or.

Rien ne peut être au hasard dans cette construction, l'inverse est insensé! Tout ce qui est montré dans le reportage de La révélation des Pyramides sont des évidences une fois relatés, mais qu'en est-il de la valeur qui s'apparente à celle de la lumière? Je me suis posé la question! Mais aussi dans ce reportage on fait allusion aux 12 cadrans du Zodac qui eut font référence à différents regroupement d'astres dans différentes constellations. Plusieurs reportages font allusion à une sortes de cartes céleste ou à un calendrier céleste. Tout comme une horloge, un calendrier n'a de sens que si on a la bonne date de référence ou heure de référence selon le point de vue! Mais comment si, à travers un monument de la taille de la grande pyramide on peut en déduire indiscutablement des constantes de l'univers tout en faisant référence, tout comme la culture Maya à une sorte de calendrier céleste.

<u>La question est pourquoi donc construire tout cela sans nous donner l'heure juste ou la date (époque) de référence. Une des énigmes les plus grandes de l'époque de pyramides débute par-là à mon avis!</u>

Il serait pensable de calculer l'âge des pyramides à partir des étoiles et de leur position par exemple par rapport à la précision d'enlignement d'une pyramide par rapport à une étoile en prenant en considération que l'enlignement en question ai été parfait à la base! On peut dire aussi que l'échelle de temps n'est pas la même entre des milliers d'années et des millions voire des milliards d'années pour de la lumière qui vient de très loin. Mais assurément je peux dire que plus la lumière vient de loin, plus on peut affirmer que cette lumière n'a jamais suivit une trajectoire droite et que par conséquent la position que l'on devrait déduire d'une étoile voilà X milliers ou millions d'années n'a jamais été celle que l'on perçoit de le Terre. La position réelle est impossible à savoir, mais pour vous expliquer le pourquoi, prenons l'exemple un fiscaux lumineux monophasé directionnel (Laser) qui passe à travers un bassin d'eau (ou un prisme).



Comme on sait, la lumière va changer d'angle dès qu'il changera de densité de matière donc en passant de l'air (A) à l'eau (B). C'est ce que l'on appelle l'indice de réfraction qui est fonction de la densité de l'environnement. La vitesse de la lumière dans l'espace n'est pas la même que dans l'air à 14,7 PSI (de pression atmosphérique) que dans l'eau qui est environ 832 fois plus dense. Le temps se comporte de la même manière! La vitesse de la lumière en bordure de l'univers est près de deux fois la vitesse de la lumière actuelle sur Terre car nous sommes à une distance de 76% du rayon de l'univers et que puisque ce dernier est en expansion à une échelle humaine très lente, les variations sont à peine perceptibles, mais pour ce faire il faut un mesurage sur unelongue période de temps! Je vais y revenir plus loin!

Donc en prenant en considération qu'un faisceaux lumineux voyage en ligne droite dans un espace de densité constante et que lorsque celui-ci passe à traver des zones plus denses et donc avec un indice de réfraction légèrement différent, il est normal de penser qu'une étoile était il y a X temps à un endroit, mais qu'en réalité ce n'est pas vraiment le cas! Le phénomène est amplifié de beaucoup à proximité de trous noirs!

Photo prise par Hubble

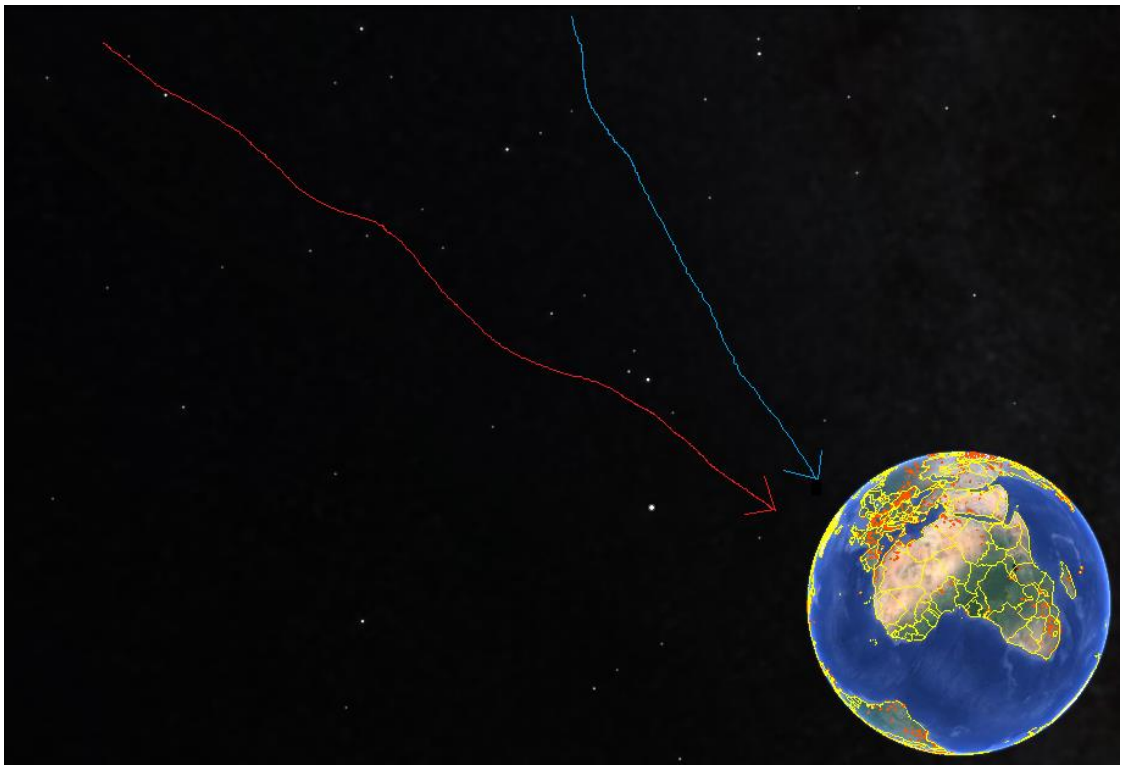
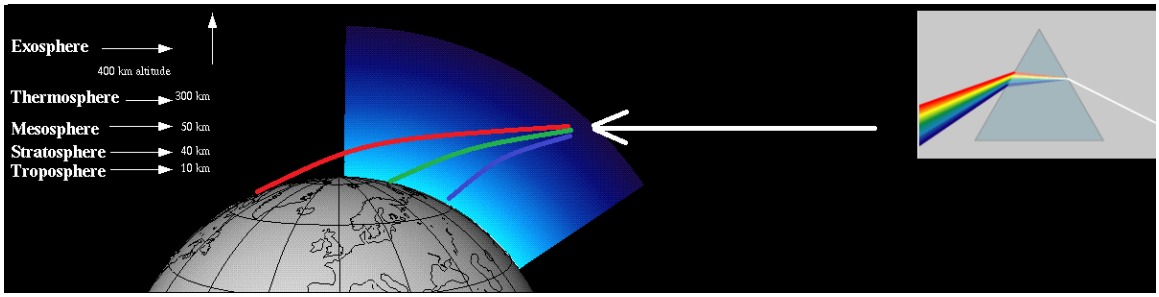


Image Google Earth

Mais encore plus près de nous, ce qui est la cause de des couchers de soleil c'est que la lumière qui entre dans l'atmosphère est très inclinée par rapport au sol et que la densité de l'atmosphère varie selon la hauteur, ce qui a pour effet se changer la densité de la matière dans laquelle la lumière passe. Donc notre vision de l'univers telle qu'on le voit est sans cesse influencée par la densité de l'environnement où on regarde. Dans l'image suivante on voit une représentation de la décomposition de la lumière en fonction de la densité de l'atmosphère. Les basses fréquences comme le bleu et le vert changent plus rapidement de direction que les hautes fréquences comme le rouge. C'est entre autre le pourquoi qu'un coucher de soleil passe du jaune (jour) à l'orange et ensuite virer au rouge. Pour terminer la parenthèse, lorsque la lumière est au rouge, en fait le soleil n'est plus visible en réalité, c'est une vision courbée de la lumière!



Donc à moins d'être au-dessus de notre tête, notre vision de notre environnement sera toujours influencée! Nous sommes à notre tour un poisson dans un bocal sphérique qui voir le monde déformée lorsque l'on ne regarde pas de manière perpendiculaire! :O)

Donc si on tente de dater la construction de la pyramide de cette manière en tentant de voir quand la pyramide a été parfaitement enlignée par rapport à des étoiles, si cela a déjà été le cas, il est plus qu'aléatoire de penser de pouvoir calculer la position de notre planète ou de dater quoi que ce soit de manière précise. Cette approche de datation de l'ordre centaines ou de quelques milliers d'années à partir des étoiles est alors exclue!

Mais si les pyramides et le Sphinx sont partie intégrale d'une horloge cosmique pour laquelle nous ne possédons pas l'heure, il existe à mon avis et celle de mon ami Claude Mercier (ingénieur et astrophysicien) deux autres manières de marquer le une époque avec précision pour de tels bâtiments, ce sont les méthodes basées sur la variation de la masse et de la vitesse de la lumière à travers le temps qui en fait son relatifs à l'expansion de l'univers. En sachant que notre position actuelle est à 76% du rayon de l'univers et que la vitesse de la lumière varie, à notre échelle de 1mètre/seconde à tous les 35,4 ans, on peut donc calculer avec précision une période de temps en se basant soit sur la variation de la masse ou de la vitesse de la lumière. Pour ce faire, on a besoins de valeur de références sur lesquelles se baser.

Le problème a avec la masse c'est qu'un objet (masse) à proximité de masses petites comme très grandes comme la Terre et le Soleil varient. Donc 1Kg sur Terre n'a pas la même valeur que lorsque très loin de la moindre étoile! C'est un fait indéniable, qui se calcul et qui est indéniable. Ceci dit, il est impossible de mesurer sur Terre de telles variations de masse puisque les instruments eux-mêmes sont influencés par les masses environnantes et aussi pour des questions mécaniques. Il ne reste que la vitesse de la lumière.

Ce qui est très intéressant c'est que la vitesse la lumière varie aussi comme la masse près de masses comme la Terre et le Soleil. On parle ici de l'ordre de 6m/sec en considérant la masse de la Terre et du Soleil. Mais l'avantage, c'est que l'on peut calculer avec précision la vitesse de la lumière contrairement à la masse puisqu'elle n'a pas de masse!

Si on fait le parallèle avec la «constante » trouvée présentée dans le film La révélation des pyramides (1h25 et 30 secondes) qui est proche de la vitesse de la lumière =299,79613X106m\sec, on notre une différence de 4328m/s avec la vitesse de la lumière moderne, calculée pour la dernière fois en 1983= (299,792458X106m/sec).

Cette variation de la vitesse de la lumière dans le temps est mesurée à 1m/sec à tous les 35.4ans. Voir sur Google : Claude Mercier, vitesse de la lumière. (http://www.pragtec.com/physique/) Cette information est validée et acceptée par l'Agence spatiale canadienne et par bien des sommités mondiales. Elle permet entre autres, de

Donc si on prend pour un fait que la valeur de la vitesse de la lumière était réellement la bonne vitesse lors de la construction ou du dimensionnement des pyramides ou encore étant la vitesse correspondant à l'époque voulant faire référence le calendrier égyptien, cela revient donc à multiplier 4328m/sec par 35.4ans/m + 32 ans (2015-1983), ce qui donne un une date inférieure a ce jour de 153 243 ans.

Tout cela sous-entend bien entendu qu'à la construction, ce bâtiment a été conçu pour tenir debout tout le temps que l'homme se développe et atteigne une maturité, un savoir-faire ainsi qu'une technologie qui permet de mesurer la vitesse de la lumière et aussi par conséquent de maîtriser l'atome! Petite parenthèses.

En passant, il est étrange aussi que le phénomène ovnis se soit accentué depuis la fin de la 2 e Guerre Mondiale avec la venue de la Bombe Atomique. Roswell et la Guerre Froide on dès lors débutés. Quel était-ce le réel fondement? C'était une course à l'armement ou était-ce plutôt une course à la rétro-ingénierie? Peut-être

les deux car le penchant de Roswell s'est aussi passé en URSS dans la même période, aux alentours de 1947. Tout cela pour dire que ce que l'on sait et que ce l'on nous dit n'est pas nécessairement la réalité.  Et si on n'a pas de trace ni d'archive de construction, c'est peut-être volontaire si le but est de créer une énigme! Bref, revenons à nos calculs! :O)

Puisque la dernière décimale n'est pas connue, on peut prendre la moitié de la dernière décimale soit 5m/sec X 35,4ans/m= 177ans (+ ou -) Voir à partir de 1h35 sur la vidéo.

Pour le cycle de précession d'un peu moins de 26 000 ans tel que décrit dans le vidéo tel que montré à 1h33 du vidéo, cela signifie une position actuelle autour de 153 243ans/(disons 25700 ans)= 5.9627 cycles environ. Ce qui pourrait être estimé à 6 facilement.

Pour faire un lien avec les cultures situées sur le même axe de 30degrés autour de l'équation, nous avons le calendrier Maya se terminant le 12 décembre 2012 était la fin d'un cycle tout simplement. Prenons-le par exemple, voyons si un parallèle peut être fait entre le deux cultures.

Si on prend la valeur fixe de 153 243 ans et que l'on se ramène au 12 décembre 2012 du calendrier Maya, cela nous donne 153 240 ans. De là, si on se dit que nous sommes près d'un cycle, possiblement le 6e cycle de 12 du cadran tel que décrit dans le vidéo, on peut donc estimer la durée des cycles à 153 240ans/6= 25540.5 ans/cycles qui est un peu moins de 26 000 ans (voir à 1h36)

Si on refait le calcul avec une marge d'erreur de 177 ans (+ou -) cela nous donne une durée de cycle comprise entre : 25 510.5 ans et 25 569.5 ans/ cycle!

Donc si on estime que le calendrier maya était réellement un renouvellement de cycle, et non la fin du monde comme certains le pensais, nous serions dans un tout nouveau cycle depuis environ un peu plus de 3 ans au 12/12/2012. La date antérieure de 153 240 ans représente quoi exactement, je ne sais pas, mais peut-être une sorte de marqueur dans le temps, une sorte de point zéro de l'horloge ou du calendrier stellaire, ou peut-être la direction d'une étoile précise à cette époque!? Quel endroit ou Zodiac regardait le sphinx à cette époque ou cette date? Quelqu'un peut me répondre!?

Il y a ici possiblement un lien entre la culture maya et celle Égyptienne!? :O) Qui

sait? Nous avons ainsi deux marqueurs dans le temps, ce qui est remarquable et avec un calcul et des structures architecturales qui sont à la base de construction de pyramide selon des mêmes méthodes de découpe, ce qui est remarquable!

Mais pour cela, il nous fallait être en mesure de comprendre l'univers et savoir comment il fonctionne. **Dans le fond à quoi sert une horloge si on n'a pas d'heure de référence!? Et si cette heure de référence n'était-elle pas dissimulée dans la pyramide elle-même?**

D'un autre côté, Wikipedia dit qu'un cycle du calendrier Maya est d'environ 5125 ans (1.87319E6 jours) Si on fait 153 243 ans/5125ans= approximativement 29.9005 cycles soit possiblement 30 cycles maya selon leur calendrier pour la même date! Et puisque les Mayas on différents calendriers pour la moisson, la lune et autres et que chacun varient de quelques jours entre eux, cela nous laisse une petite marge d'erreur ou place à interprétation.

La nature ne fait pas ces chiffres-là, Nous avons une date de conjoncture qui du côté Égyptien donne 6 cycles et du côté Maya 30. Ici il y a un facteur d'environ de 5 entre les deux valeurs qui est aussi égal tenez-vous bien à: Pi (3.1415926535898) X Nombre d'or (1.61803398875) = 5, avec la marge d'erreur!

Si comme à 1h48 sur le vidéo, l'horloge de la terre fonctionne si parfaitement, on doit se poser une question. À quoi donc sert une horloge sans référence de temps? À rien!!!! Il nous faut donc un point de référence universel dans le temps! Dans le fond a quoi bon avoir une montre si on a pas l'heure de référence.

**Donc si une société veut nous laisser une énigme mathématique pourquoi donc mettre des constantes (pi et nombre d'or) et utiliser la vitesse de la lumière comme variable et non comme une constante. La seule raison est que celle-ci est la seule référence du temps universelle avec laquelle on peut repositionner avec exactitude la position du regard su sphinx à cette époque et donc la position du cadran et autres informations relatives à l'époque et la construction.** On sait que la masse des objets varie aussi tout comme la vitesse de la lumière en fonction de notre position dans l'univers en considérant de l'univers est en expansion, les variations de masse de cet ordre de grandeur ne peuvent être mesuré sur Terre à cause de la gravité. Il reste alors la vitesse de la lumière qui n'est pas affectée

par la gravité. En fait oui elle et influencée, car en réalité la vitesse de la lumière dans le vide, loin des étoiles et des planètes et quelque mètres par seconde plus rapide. Mais puisque nous sommes sur Terre et que nous mesurons la variation de la vitesse de la lumière sur Terre, prenons cette référence. Ces calculs peuvent être refaits avec la vraie vitesse de C dans le vide, libre à vous!

Bref, si C (vitesse de la lumière) n'est pas une constante, mais le point de référence du cadran et par conséquent l'orientation de la vue du sphinx possiblement. Je ne parle pas ici du positionnement, mais de son orientation! Et si on reprend le calcul inverse pour le calendrier Maya et bien on refait 153 240 ans/30 cycles, cela donne une durée de 5108 ans/cycle du calendrier Maya approximativement selon le calendrier utilisé! Cela donne un chiffre entier d'années en plus et non avec des décimales! Ce qui donne un chiffre plus précis de 5108ans X 365,5jour/an = 1 866 974 jours au lieu d'approximativement 1 873 190 jours.

Et si on fait la multiplication de Pi X le nombre d'or = 3,1415926535898 X 1.61803398875 = 5,0832036 qui n'est pas loin de 5 qui est le ratio entre le temps du calendrier Égyptien sur celui Maya en prenant l vitesse de la lumière sur Terre comme référence! Et si on prend la valeur de 5,0832036 comme constante et que l'on tente de calculer d'une autre manière le temps du Calendrier Maya on obtient: 153240 ans/6cycles/5,0832036= 5024,39 ans

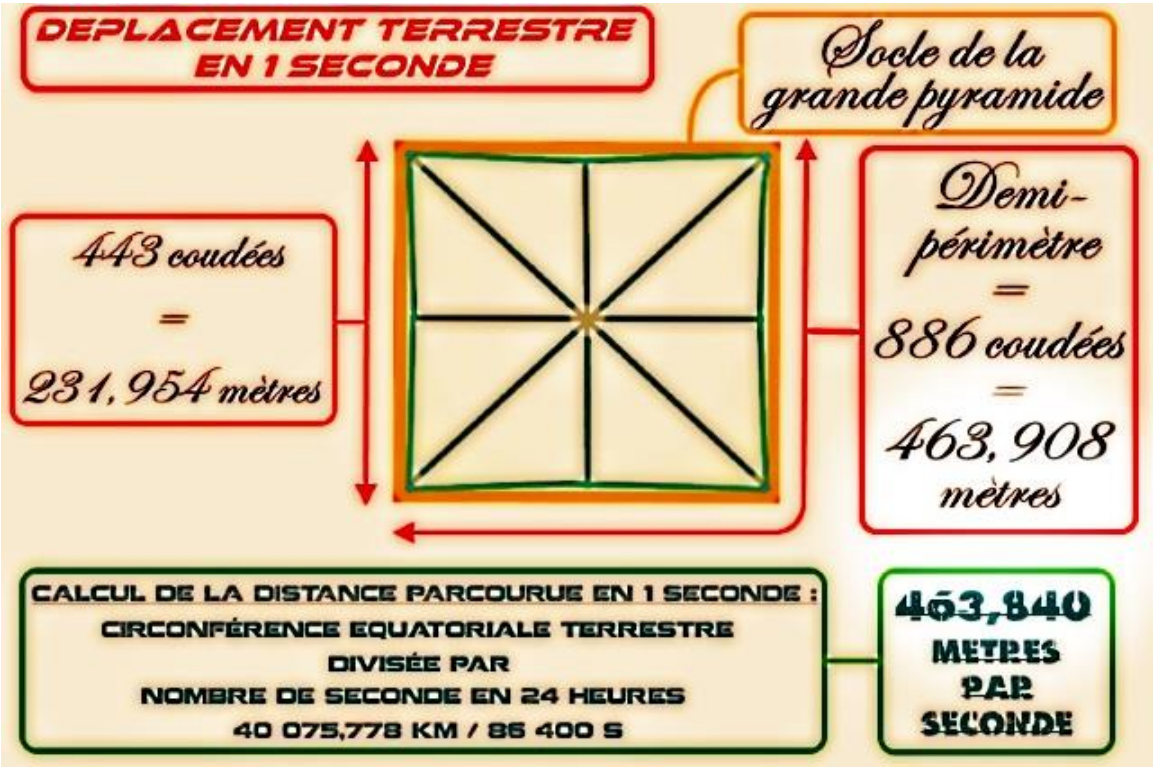
Et pourquoi ne pas repenser l'histoire, est-ce possible de penser qu'environ 153 000 ans, les anciens ont visités notre planète et ont amené leurs savoir? :O)

a partir de 1h30, Les mayas disent que (les dernières années) nous étions dans l'air du 5e soleil, ce qui rentre parfaitement avec mon calcul que nous sommes passé le 6e cycle autour du 12/12/2012! Donc après 5cycle (au 6e) qui dure près de 25 540ans.
Aussi la différence entre le calendrier Maya et Egyptien est de Pi+Le nombre d'or!

Il y a à parier que les constantes de Planck se retrouvent dans la pyramide car avec Pi et le nombre d'or c'est la seule constante que je connais qui permet de calculer la masse de l'univers, la plus courte longueur d'onde, et par conséquent la masse d'un photon, le diamètre de l'univers. On peut le calculer aujourd'hui au temps présent ou reculer dans le passé si on a un marqueur dans le temps on peut le calculer précisément et très facilement! JE dis cela car l'univers est en expansion mais que les constantes eux ne changement pas. IL y a peu de constantes que l'on croit fixes qui en réalité ne le sont pas! LA masse à travers le temps n'est pas un constante par exemple pas plus que la vitesse de la lumière, les deux varient uniformément en fonction de la densité de l'univers! Mais la seule chose que l'on peut mesurer avec précision

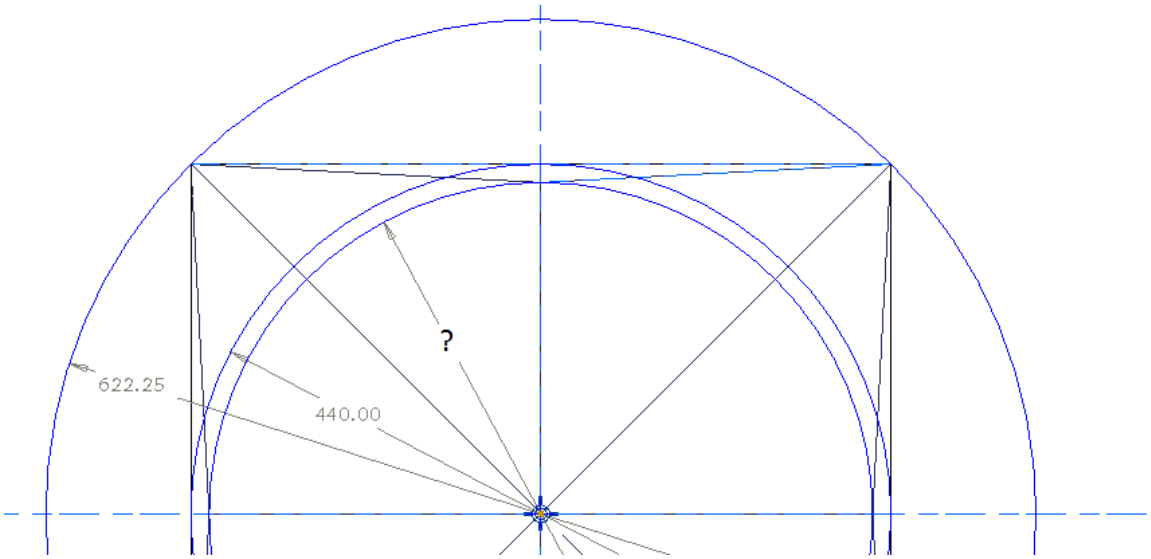
a travers le temps est la vitesse de la lumière et pas la masse puisque nous ne pouvons pas mesurer sur terre a cette précision! Donc Planck! est a analyser, je suis simplement curieux de prendre quelques heures et d'explorer le tout!

On peut se baser sur la variation dessangle de la Terre mais elle varie de manière cyclique, donc elle a deux fois la même valeur pour chaque cycle, ce qu'est pas précis dans le temps!




*********Quel est le diamètre interne le plus petit? À quoi cela correspond t'il?

Le petit cercle interne correspont dans cette logique peut-être aussi à une vitesse données qui une fois calculée donne une vitesse autre et peut-être une date antérieure donnée? Je n'ai pas cette valeur de rayon (?).




## Équateur penché (des hypothèses) :

http://www.bing.com/images/search?q=%c3%a9quateur+pench%c3%a9&view=detailv2&&id=40731734B60CB9C05CF367676CDABB5074F85763&selectedIndex=0&ccid=qFr7QRSI&simid=608007545727812412&thid=OIP.Ma85afb411488241199b9287bf8e899b9o0&ajaxhist=0

Pour ce qui est de l'Équateur penché de 30 degrés. Si on considère le diamètre de la Terre = 1, on peut dire que 30 degrés = Pi/6 et puisqu'un cercle=2XPi radian, donc 30 degrés = 1/12e de rotation tout comme le calendrier Égyptien où chaque cadran du Zodiac occupe 1/12 du cadran!

Mais encore, si on prend le fait que l'île de Pâques n'a pas bougé grandement depuis quelques années, et que l'équateur de la Terre n'a pas changé, l'obtention de d'un angle de 30 degrés revient à positionner le positionnement des pyramides en fonction de Pâques! Donc si tel que discuté, la grande pyramide et le centre de masse de la terre, ce que je ne comprends pas vraiment je dois dire car le centre de masse devrait être du centre de la Terre. Y a-t-il d'autres corrélations à faire entre d'autres sites sur Terre que l'équateur penché à 30 degrés (arrondi).

Je crois qu'il a beaucoup de liens à faire entre différents autre sites, mais encore là cela dépend de la précision des calculs.

Une chose est certaine cependant, c'est que le mètre était connu bien avant que l'on le pense et que pour le déterminer il fallait avoir une technologie précise et un point de vue de très haut de la Terre ce qui sous-entend une technologie non seulement de vol, mais aussi qui permet de sortir de l'atmosphère!

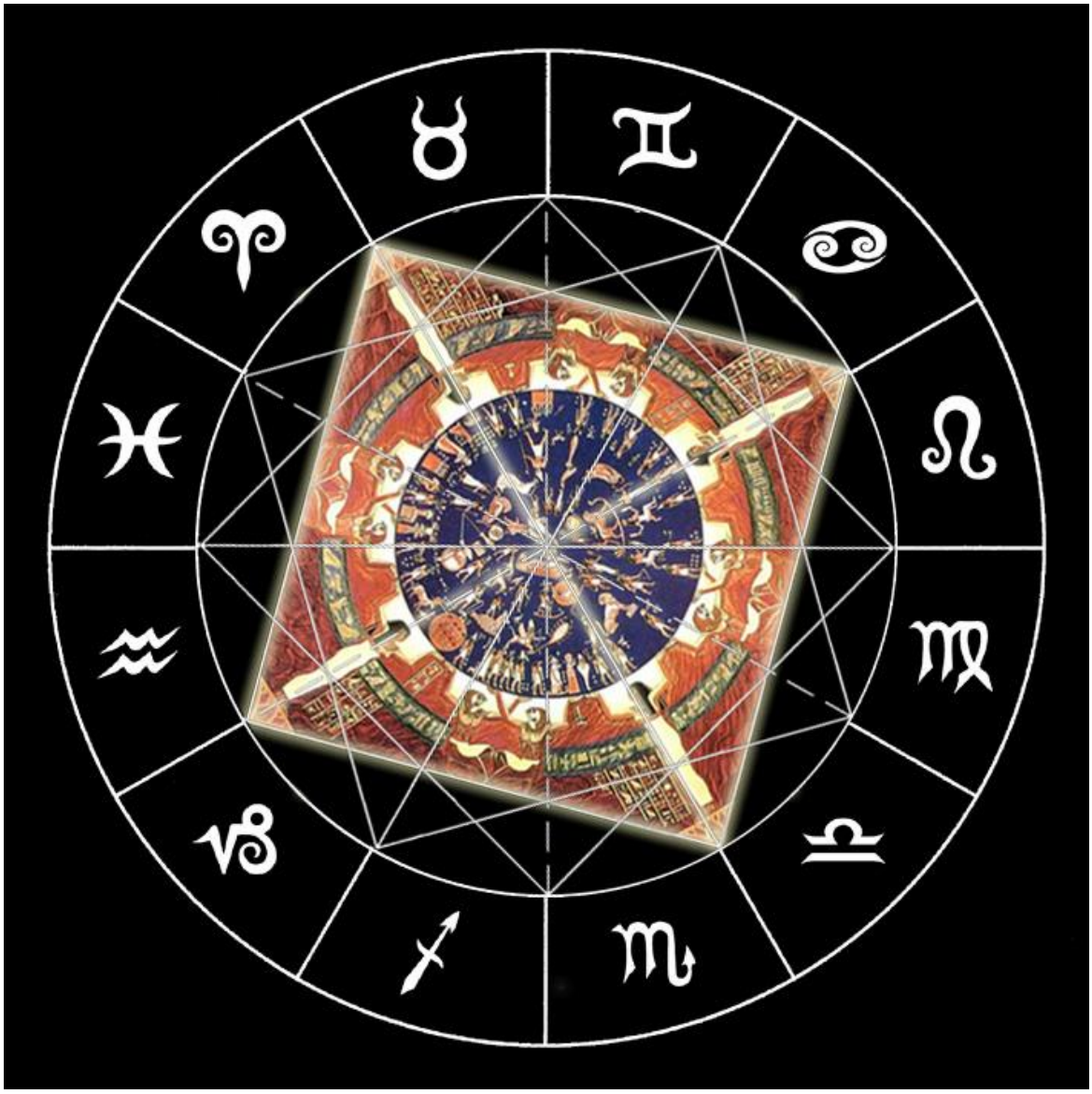
Pourquoi se donner tant de mal à orienter une structure pyramidale parfaitement au Nord si cela n'avait pas de signification. Si le Nord est assurément utilisé à très grande précisions cela sous-entend aussi que la pyramide indique aussi les points Cardinaux. Cela renforce la théorie d'une carte du monde ou d'un Royaume dont la Grande Pyramide était le Château du roi si je peux dire.

Si on a exactement 30 degrés entre l'île de Pâque par rapport avec l'équateur avec l'Égypte et que L'Égypte est considéré comme le centre du monde émergé et en prenant en considération que l'île de Pâque est un très petit point dans l'océan , je

La sculpture Maya ci-haut représente les mêmes caractéristiques circulaires comme la Terre et ses points cardinaux! Étrange similitude avec l'image ci-après qui est je crois est une fresque qui a été retrouvé sur le plafond d'une sale ou d'un corridor d'une pyramide.

http://pinterest.com/pin/307722587010323731/

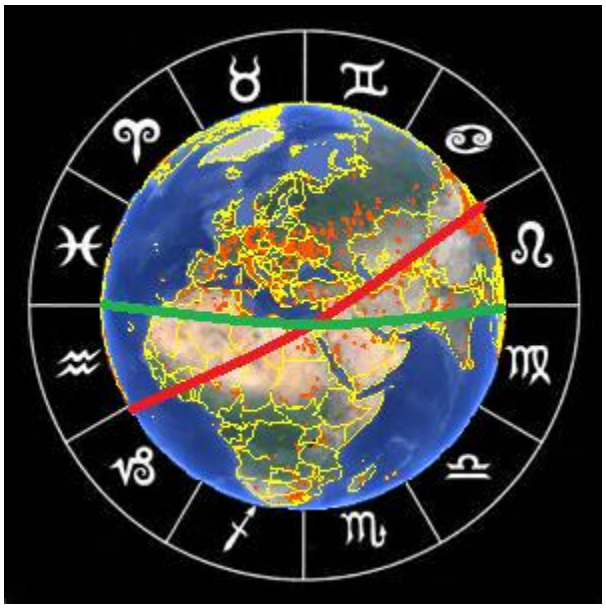
En bas à droite de la représentation on remarque une série de planètes et/ou d'étoiles. C'est un endroit où les personnages représentés ont l'air e dieux égyptiens. Serait-ce une constellation qui est représentée? Orion ou autre?



Il est tout de même étrange de que depuis l'Égypte, les représentations des Zodiacs soient fait autour d'un cercle. Et si la Grande Pyramide est réellement au centre de la masse, pourquoi ne serait-il pas possible d'envisager une représentation de la Terre où l'angle de 30 degrés de l'Équateur penché = Pi/6 = 1/12 de rotation. C'et aussi l'angle qui sépare chaque Zodiacs.

C'est une hypothèse bien entendu, mais le cas échéant, pouvons-nous retrouver d'autres sites archéologiques sur les autres cadrans représentés sur les images suivantes, car de site archéologiques, il y en a presque partout dans le monde?

http://www.bing.com/images/search?q=+zodiac+%c3%a9gypte&view=detailv2&&id=D1613542485FF6BC125980CF85CDC896F683F80F&selectedIndex=47&ccid=ncCz4hHd&simid=608027852339678823&thid=OIP.M9dc0b3e211dd1096d2fd89e5178fdd62o0&ajaxhi



## Conclusion :

Libre à chacun de tirer ses conclusions! Je sais  avant tout que du monde vont rejeter en bloc la majorité des méthodes, observations et suggestions présentés dans ce document, mais encore faut-il avoir des arguments scientifiquement vérifiables, quantifiables et justifiables pour se débattre. Cela n'est pas un concours, au contraire, simplement un partage de connaissances et d'observations faite par un ingénieur qui en cette date n'a jamais mis les pieds en Égypte mais qui aimerait bien y aller un jour afin d'aller valider ce qui est avancé dans ce document et découvrir aussi bien d'autres choses.

Somme toute, personnellement je vois ces constructions comme étant une énigme mathématique et astronomique dignes d'une civilisation venue de loin. Quoi de mieux pour traverser le temps qu'une telle architecture et des matériaux qui assurément passeraient les prochains millénaires et résisterait aux tremblements de terre.

En espérant cette, méthode, ébauche, croquis, modélisions et calcul mathématique, qui ont été réalisé en environ 30 heures de travail à temps perdu pourra  susciter de l'intérêt auprès du public et des chercheurs et contribuer à l'avancement de la science et de l'égyptologie.

Je répète que ce présent document est un point de vue personnel et objectif de différents aspects de qui entoure la fabrication des pyramides. Libre à vous de poursuivre ces recherches ou encore de les contester, mais d'après tout ce que j'ai lu ou visionné sur le sujet, il n'y a pas grande chose qui appuie ce que je viens d'énoncer.

Bonne recherche et svp faites-moi partager vos commentaires et avancements à bobby.boucher@gctda.com ou encore sur FaceBook : bobby boucher havre-saint-pierre (dans le moteur de recherche d'utilisateurs).

Au plaisir!

Amicalement!

PS : La science pour tous doit être partagée!

Toutes personnes est autorisée à utiliser ce contenu sous réserve de citer mon nom en références. Vous pouvez facilement me rejoindre via Facebook :

Bobby Boucher Havre-Saint-Pierre, Québec.

Je suis intéressé à voir et effectuer des essais de ces méthode de découpe et autres idées mathématiques.

Au plaisir et bonnes découvertes! :

Bobby :O)

bobby.boucher@gctda.com