



## Construction, orientation et géométrie des pyramides

lundi 15 mars 2021 (Date de rédaction antérieure : 16 juillet 2001).

En ce qui concerne la construction des [pyramides](#), deux thèses s'affrontèrent dès l'Antiquité. Selon l'une, rapportée par Hérodote (II, CXXV), on se serait servi de « machines faites de morceaux de bois courts », par lesquelles les blocs auraient été élevés de gradin en gradin. D'après une autre hypothèse exprimée par Diodore de Sicile (I, LXIII, 6-9), les Égyptiens n'ayant, au contraire, pas disposé de machines utilisèrent des levées de terre. C'est à cette seconde thèse qu'il convient de se ranger, aucun document n'ayant livré la moindre indication sur l'emploi de machines de bois, alors que les vestiges de rampes ont été souvent relevés dans les monuments égyptiens et que des scènes de bas-reliefs indiquent que les transports de blocs de pierre, même des plus gros monolithes, se faisaient toujours sur traîneaux. Ceux-ci étaient tirés par des hommes jusqu'au [Nil](#) où, chargés sur des chalands, ils étaient acheminés par des canaux jusqu'au débarcadère aménagé à proximité du chantier ; des pistes de terre argileuse permettaient alors de halier les traîneaux jusqu'au monument. Là, dans le cas des pyramides, où la masse de matériaux à mettre en œuvre décroît rapidement à chaque assise, au fur et à mesure de l'élévation, il dut être nécessaire d'employer des rampes à très large voie initiale ; tandis que celles-ci s'exhaussaient peu à peu en s'allongeant, leur largeur se réduisait proportionnellement. La rampe faite de brique crue et de terre argileuse pouvait être unique et, selon les dimensions de la pyramide, atteindre ou non, à la base, la totalité de la longueur d'un côté ; elle aurait été dirigée, en fonction de la topographie des lieux, perpendiculairement ou en oblique par rapport au côté de l'édifice. Enfin, tout autour de ce dernier, une plate-forme d'environ deux mètres de largeur devait être montée en même temps que chaque assise pour permettre les manœuvres de mise en place des blocs de parement. La pyramide en cours de construction devait ainsi se trouver entièrement revêtue de briques crues qui n'étaient enlevées qu'après la pose du pyramidion et au fur et à mesure du ravalement des faces, commencé à partir du sommet.



En ce qui concerne l'orientation, l'extrême précision de celle des grandes pyramides de la IV<sup>e</sup> dynastie constitue un fait particulièrement remarquable. Dès la rhomboïdale de [Snéfrou](#),

l'orientation moyenne des deux côtés est et ouest est de 9' 12" à l'ouest du nord. Le maximum d'exactitude sera atteint peu après, à la pyramide de [Khéops](#) où l'écart moyen se réduit à 4'. À [Khéphren](#), celui-ci n'est guère moindre : 5' 32", toujours vers l'ouest. À [Mykérinos](#), enfin, la déviation légèrement supérieure est de 14' 3", et cette fois vers l'est.

De pareils résultats n'ont pu être obtenus qu'astronomiquement. Il convient d'écarter l'emploi des ombres du Soleil, qui, selon l'astronome tchécoslovaque B. Polak, n'aurait pas été suffisamment précis, même au moment des équinoxes. Les méthodes les plus probablement utilisées seraient soit des visées directes sur la Polaire, soit le tracé de la bissectrice de l'angle formé par les visées sur les lever et coucher d'une étoile sur l'horizon naturel ou un horizon artificiel, ou encore sur les positions extrêmes d'une étoile circumpolaire. Cependant, à l'époque de la construction des grandes pyramides, entre 2620 et 2500 avant J.-C., les prêtres-astronomes durent bien remarquer l'étoile alpha du Dragon, qui était la seule à paraître immobile, étant alors entre un et deux degrés du pôle, et c'est donc vraisemblablement sur elle qu'ils effectuèrent leurs visées. Les faibles écarts d'orientation donnés ci-dessus trouveraient leur explication dans le fait que le très petit cercle décrit par cette polaire autour du pôle n'ayant sans doute pas encore été décelé, les visées tombaient sur elle à n'importe quel point de son parcours : plus alpha du Dragon était proche de l'une de ses culminations, plus l'orientation était précise. Le hasard pouvait ainsi jouer sur quelques minutes d'arc.



Vers 2300 avant notre ère, alpha du Dragon se trouvant déjà à quelque 5° du pôle, les visées effectuées sur elle donnèrent des directions de plus en plus divergentes, et l'on constate en effet que l'orientation des pyramides sous la VI<sup>e</sup> dynastie devient en général beaucoup moins précise. La nécessité de recourir à un autre procédé dut alors se faire sentir peu à peu, et c'est sans doute à partir du [Moyen Empire](#), lorsque le ciel boréal ne comporta plus de polaire, qu'on aurait eu recours à l'une des autres méthodes précitées.



Au point de vue de ses proportions géométriques, la Grande Pyramide présente certaines qualités également remarquables, souvent évoquées, telles les deux valeurs  $\pi$  et  $f$  (le nombre d'or). On trouve en particulier la première dans le rapport de la hauteur  $h$  au demi-périmètre de base  $p$ , soit  $h/p = 22/7 = 3,1428$ , nombre très voisin de  $\pi = 3,1416$ , et la seconde dans le rapport de l'apothème  $x$  à la demi-base  $b$ , soit  $x/b = 8,9023/5,5 = 1,618$ , qui est égal à  $(1 + \text{racine carré de } 5)/2$ , exactement le fameux nombre d'or.

Mais ces qualités, inhérentes à toute pyramide dont la pente  $h/b = 14/11$  correspond à un angle d'inclinaison de  $51^\circ 50' 35''$ , ne sont pas particulières à la seule pyramide de [Khéops](#), contrairement à ce qu'assurent certains « pyramidologues » : avant le règne de ce roi, elles se trouvaient déjà au revêtement final de la pyramide de Meïdoum initialement conçue comme une pyramide à degrés (fig. 3). Dans celle-ci, la pente des faces des gradins était de  $7/2$  et la proportion entre la hauteur d'un gradin et sa largeur, de  $2/1$ , c'est-à-dire  $7/3,5$ . La ligne joignant les sommets de deux de ces gradins successifs (fig. 9) aura la pente  $h/b = 7/(2 + 3,5) = 7/5,5$ , c'est-à-dire la pente  $14/11$ . Nous avons ainsi la preuve évidente que celle-ci a résulté directement de la proportion même du profil des grandes pyramides à degrés de la IIIe dynastie. Rien n'autorise par conséquent à prétendre que l'architecte de Khéops ait eu, plus que celui de la pyramide de Meïdoum, conscience des rapports  $\pi$  ou  $f$  recélés dans le profil adopté. Il s'agissait avant tout, pour la construction d'une pyramide, de choisir la pente qui allait déterminer sa forme et correspondre à l'hypoténuse  $x$  du triangle de la demi-section méridienne de l'édifice. Il convenait donc de fixer les proportions de ce triangle en cherchant à établir entre les deux côtés de l'angle droit  $h$  et  $b$  un rapport simple qui pût rendre aisée la confection des nombreuses équerres nécessaires au contrôle permanent de la pente. C'est ce que démontre clairement l'examen des angles de pente adoptés pour les principales autres pyramides, où l'on relèvera pour  $h/b$  les rapports  $7/5$ ,  $5/4$ ,  $4/3$  ou  $3/2$  et, aux petites pyramides satellites à pente beaucoup plus raide, celui de  $2/1$ .

Diverses autres particularités géométriques intéressantes peuvent être relevées dans la Grande Pyramide ; on citera les deux principales qui apparaissent, en revanche, comme intentionnelles. D'une part, la « chambre du roi » fut placée au niveau où la surface de la pyramide est la moitié de celle de sa base ; il s'agit là d'une application de la propriété de la diagonale d'un carré d'égaliser la longueur du côté du carré de surface double.

D'autre part, pour contrôler la parfaite verticalité des parois de cette salle sépulcrale, dont le plan est un double carré, tout en déterminant sa hauteur, il fut fait usage de triangles sacrés 3-4-5. Les côtés 4 correspondant aux bases des longues parois de la salle et les côtés 3 aux diagonales des petites parois dont ils fixèrent la hauteur ; les hypoténuses, c'est-à-dire les côtés 5, donnèrent les diagonales du parallépipède rectangle recherché comme volume pour cette salle

---

**P.-S.**

Source : Encyclopædia Universalis France