

- > Egypte,
- > Amérique,
- > Mésopotamie...

Un principe universel ?

# L'invention des pyramides

Mathématiques,  
architecture,  
physique...  
La science  
des bâtisseurs



Les ultimes secrets  
de leur construction



N° 1041 - 100 pages - 100% papier recyclé - 100% végétal - 100% sans chlore - 100% sans acide  
 Imprimé en France - 100% recyclé - 100% sans chlore - 100% sans acide  
 Les Cahiers Science & Vie - 100% papier recyclé - 100% végétal - 100% sans chlore - 100% sans acide



**Cours d'égyptien hiéroglyphique**  
 Pierre Grandet - Bernard Mathieu  
 Nouvelle édition en un volume  
 © Khéops 2003  
 59,50 €



**La langue des Ramsès**  
 Grammaire du Néo-égyptien  
 François Neveu  
 © Khéops 1998  
 43,70 €



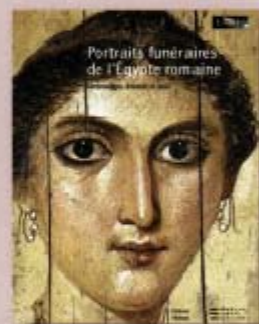
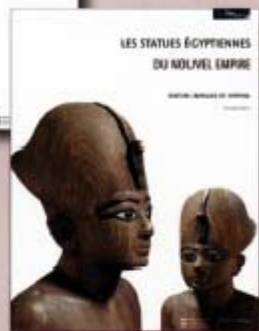
**Contes de l'Égypte ancienne**  
 traduits de l'égyptien ancien  
 Pierre Grandet  
 © Khéops 2008  
 22,00 €



**Akhénaton  
 et l'époque amarnienne**  
 Recueil d'articles  
 © Centre d'égyptologie  
 et Khéops 2005  
 24,00 €



**Les statues égyptiennes  
 du Nouvel Empire**  
 Statues royales et divines  
 Christophe Barbotin  
 © musée du Louvre  
 et éditions Khéops 2007  
 59,00 €



**à paraître en avril 2008 |**  
**Portraits funéraires de l'Égypte romaine**  
 Marie-France Aubert - Roberta Caropassi  
 © musée du Louvre  
 et éditions Khéops 2008  
 55,00 €

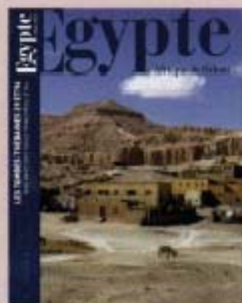


**La voix des hiéroglyphes**  
 Christophe Barbotin  
 © musée du Louvre  
 et éditions Khéops 2005  
 35,00 €

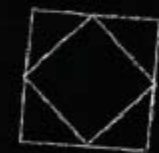
**Institut Khéops  
 Cours et Conférences**

Égypte et Orient anciens  
 42-44 rue du Fer à Moulin 75005 Paris  
 01 44 24 87 90 - 01 44 24 88 04  
[www.kheops-egyptologie.fr](http://www.kheops-egyptologie.fr)

Égypte Afrique & Orient  
 Revue égyptologique  
 de diffusion des connaissances  
 © Centre d'égyptologie  
 distribution éditions Khéops  
 les quatre numéros de  
 l'abonnement 2008 à 40,00 €  
 l'abonnement 2009 à 42,00 €







## Pointue en toutes choses

Chateaubriand voyait en elle « une espèce de porte éternelle bâtie sur les confins de l'éternité ». Et d'une certaine manière, la pyramide met en scène les rêves d'immortalité de l'homme, en tirant un trait entre lui et le divin. Et ce quelles que soient son origine, sa culture d'appartenance. N'est-il pas étonnant que les plus anciennes d'entre elles connues à ce jour, apparues sensiblement à la même époque en Egypte

et en Amérique du Sud voilà près de 5 000 ans, soient si différentes dans leur forme et si proches dans leur usage ? Sépultures ou temples, peu d'alternatives donc pour ces édifices censés faciliter la montée des âmes ou, dans un flux contraire, la descente des dieux.

Mais la pyramide, c'est aussi un carré qui s'étire en point. La manœuvre nécessite quelques connaissances. En mathématiques, tout d'abord, bien que la géométrie n'en soit qu'à ses premiers balbutiements. Celle-ci ne se développera que des siècles plus tard, sous l'impulsion des savants grecs. En physique, aussi. Et là, c'est un grand savant de notre époque, Adrian Bejan, qui le prouve en démontrant que la figure pyramidale fournit le moyen d'atteindre des hauteurs inégales au prix d'un effort colossal, certes, mais néanmoins minimisé. En architecture, ensuite, où elle constitue une forme idéalement stable et harmonieuse qui exige une excellente maîtrise de l'art de la proportion. En ingénierie enfin, où certaines des techniques employées pour la construction ne sont pas encore comprises. Le savoir de ces bâtisseurs inspirés fut plus intuitif que théorisé. Leur mérite n'en est pas moins grand...

I.B.

COUVERTURE: Photos Yann  
Arthus-Bertrand - Altitude /  
Steve Mc Curry - Magnum /  
K. Garrett - Danita Delmont  
- Alamy / DR / Dessin Jean-  
Benoît Héron.

N°106 AOÛT-SEPTEMBRE 2008

Recevez les Cahiers de Science &  
Vie chez vous, votre bulletin  
d'abonnement en mode ou page  
14. Vous pouvez aussi vous  
abonner par téléphone au  
01 30 48 47 00 ou par Internet  
sur <http://www.ladunet.com>.  
Un ecart exceptionnel est pré-  
vu entre deux cahiers sur les  
exemplaires de la vente au numé-  
ro. Diffusion France métropolitaine,  
Sud-Est, Belgique. Une lettre ACP  
est jointe en 4<sup>e</sup> de couverture sur la  
diffusion internationale. Les abon-  
nements en 4<sup>e</sup> de couverture ont  
été en 4<sup>e</sup> de couverture sur la diffusion  
internationale France métropolitaine.



# L'INVENTION DES PYRAMIDES





**6** > Et les pyramides vinrent au monde  
*Philippe Testard-Viallant*

**10** > La pyramide, c'est l'alliance du tas de sable et de l'angle droit  
*Interview de Jean-Pierre Adam par Jean-François Mondot*

### Pyramides d'Égypte

**16** > Ces pyramides qui peuplent le désert  
*Diana Semaska*

**22** > Des savoirs portés par le Nil  
*Connie Hancock*

**28** > Comment édifier une merveille  
• La rampe intérieure  
• Ont-ils découvert le béton ?  
*Eric Hamonou*  
*Jean-Philippe Noël*

**40** > En route vers les étoiles  
• Les Textes des Pyramides  
*Jean-Philippe Noël*

**46** > Nubie les pyramides des Pharaons noirs  
*Jean-François Mondot*

### Une forme inévitable ?

**52** > La pyramide ou la géométrie du moindre effort  
*Kabienne Lemarchand*

**62** > La pyramide un principe universel ?  
• La géométrie, une science grecque  
*Marie-Catherine Mérot*

**67** > L'art de la proportion  
*Philippe Testard-Viallant*

### Autres inventeurs

**72** > Mésopotamie des montagnes de briques  
• La Tour de Babel  
*Jean-François Mondot*

**80** > Caral 4000 ans avant les Incas  
*Laura Schultzh*

**88** > Méséo-Amérique la pyramide naît de l'offrande  
*Rafaële Brillard*

**94** > Amérique du Nord Quand les Indiens recréaient le monde  
*Laura Schultzh*

**98** > Yonaguni Engloutie dans les eaux japonaises  
*Lionel Crozier*

**102** > Les vraies-fausse pyramides bosniaques  
*Marion Sabourdy*

### Présent et futur

**106** > La pyramide du Louvre de la controverse à l'évidence  
*Marcelle Mayo*

**110** > Une pyramide pour votre dernière demeure  
*Marcelle Mayo*

**112** > La pyramide le défi de toujours  
*Interview de Philippe Prost par Maryanick Le Coq*

*Nos remerciements tout particuliers à MM. Jean-Pierre Adam et Patrice Lecoq pour leur contribution à la réalisation de ce numéro.*

L'idée d'une construction s'élançant vers le ciel est née en différents points du globe que séparent parfois des milliers de kilomètres. Elle a donné une floraison de formes: pyramides à degrés, monticules coniques...

La pyramide de Caius Cestius, au XI<sup>e</sup> s. av. J.-C., est inspirée du modèle égyptien.

# Et les pyramides vinrent au monde

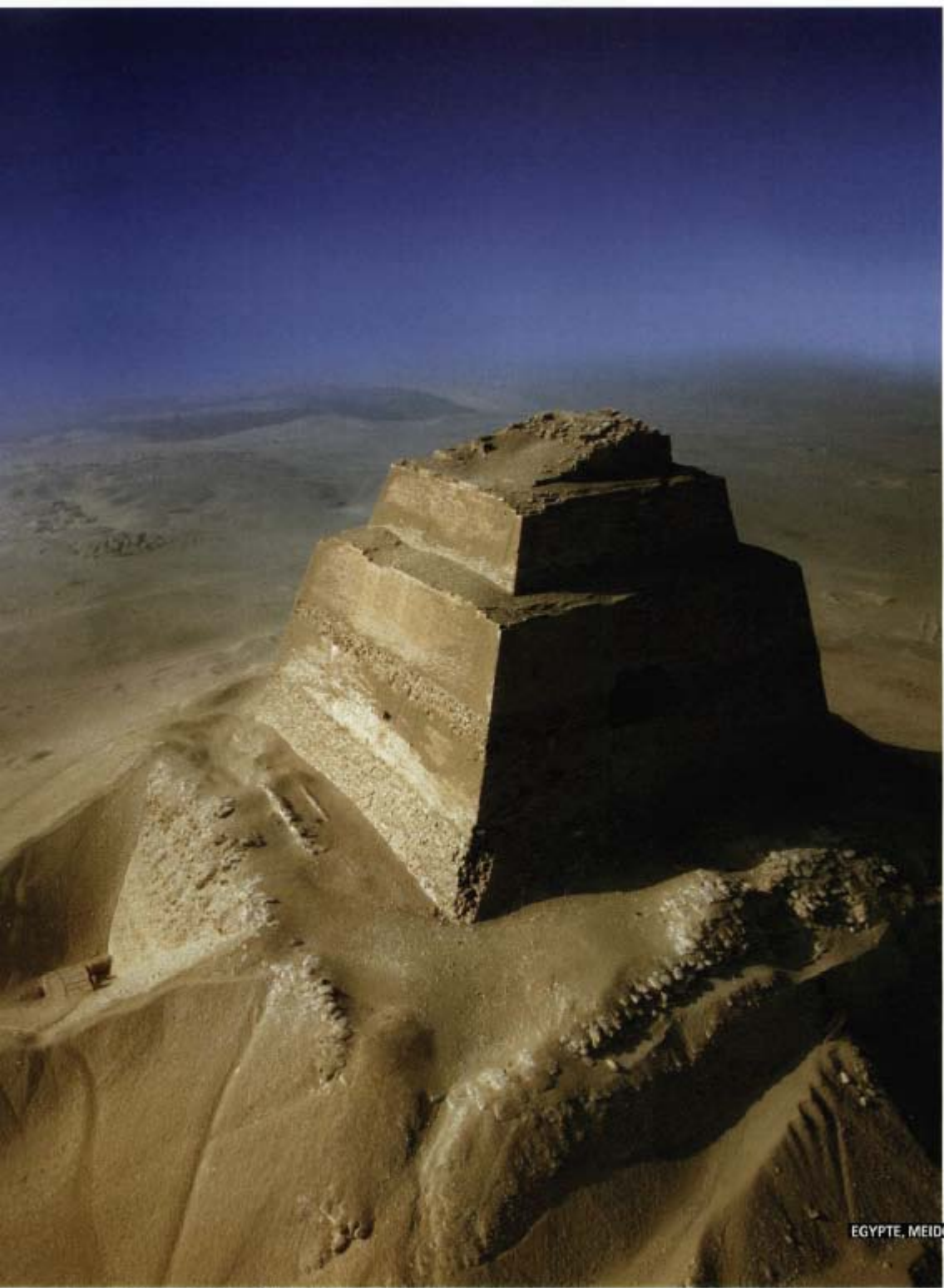
Qu'elles se donnent à la contemplation de millions de touristes dans un désert rôti de soleil ou qu'elles surplombent les cimes d'une jungle luxuriante, qu'elles aient traversé les siècles sans rien perdre de leur superbe ou qu'il n'en subsiste qu'un amoncellement de gravats, les premières pyramides jamais construites n'en finissent pas de nous fasciner. Tout architecte vous dira que, géométriquement parlant, une pyramide, quelles que soient ses mensurations et sa fonction, est une construction à base carrée et à quatre faces triangulaires qui se rejoignent à leur sommet, mais qu'il est d'usage d'assouplir cette définition et de qualifier de « constructions pyramidales » tous les édifices qui, à travers le monde, ont en commun de se présenter sous la forme d'éminences artificielles s'élançant vers l'infini du ciel, des pyramides à degrés égyptiennes ou mayas aux tumuli coniques d'Europe, de Chine, d'Amérique du Nord et du Sud... en passant par les *djedar* d'Algérie (derniers témoignages de la civilisation berbère dans l'Afrique antique) et les *stûpa* extrême-orientaux. Le philologue, lui, vous indiquera que le mot « pyramide » viendrait du

grec *pyramos* qui désignait un petit gâteau de miel et de farine de forme conique. L'archéologue, surtout, vous assurera que les plus âgés de ces géants ont vu le jour à l'aube du III<sup>e</sup> millénaire, tout à la fois en Egypte et sur la côte du Pérou, et qu'une telle coïncidence n'a rien de fortuit. L'égyptologue, à ce propos, vous expliquera comment le roi Djéser, premier souverain de la III<sup>e</sup> dynastie<sup>(1)</sup>, fit dresser voilà quarante-six siècles par son génial architecte Imhotep un gigantesque complexe funéraire exclusivement en pierre sur le plateau de Saqqâra, sur la rive gauche du Nil. « L'objectif de ce projet n'était autre que de donner au souverain une fois mort une capitale sur laquelle il régnerait pour l'éternité, et le choix unique de la pierre, plus dure et plus noble que la brique, constituait la garantie de cette éternité, commente l'architecte-archéologue Jean-Pierre Adam. Le tombeau lui-même, installé au fond d'un puits profond de 28 m, fut d'abord recouvert par un mastaba de pierre (une construction de la forme trapue d'une banquette, NDLR). Toutefois, cette structure étant moins élevée que le mur d'enceinte de la Nouvelle Memphis, l'idée d'Imhotep fut de surélever le tombeau par une pyramide formée, schématiquement, de l'empilement de quatre mastabas de dimen-

ITALIE, ROME







EGYPTE, MEIDOUIM

Snéfrou enveloppa la pyramide à degrés d'Houni de parois lisses

sions décroissantes puis, la hauteur étant jugée encore insuffisante, par la pyramide définitive comportant six degrés et s'élevant à une soixantaine de mètres.»

Ainsi naquit, imaginé par le « Léonard de Vinci de l'Antiquité » et habillé d'un calcaire étincelant, le premier des polyèdres monumentaux qui firent l'orgueil architectural de l'Égypte durant les trois millénaires de son histoire. Au total, une centaine de réalisations de ce type, marquées au fil des générations par des mutations tant dans leurs structures que dans leur silhouette et leur gabarit, auront jailli du sol égyptien. Pour autant, « l'idée pyramidale » n'est pas une exclusivité pharaonique. Chaque grande ville de Mésopotamie, entre le Tigre et l'Euphrate, possédait sa propre ziggourat dont la plus ancienne, celle d'Ur, fut érigée dans les dernières années du III<sup>e</sup> millénaire. Quant à sa fameuse collègue de Babylone, qui alimenta le mythe de la tour de Babel dans la Genèse, sa première mention remonte au règne d'Hammurabi (entre 1792 et 1750 av. J.-C.). Plusieurs fois détruite, reconstruite par Nabuchodonosor II au VI<sup>e</sup> siècle av. J.-C. avant d'être ruinée définitivement par les Perses deux siècles plus tard, cette tour pyramidale de base carrée et toute de briques d'argile comprenait sept étages en retrait les uns par rapport aux autres, mais reliés entre eux par un escalier central et deux escaliers latéraux. Et ladite ziggourat, que l'on disait haute de plus de 90 m, comportait en son sommet un temple orné d'une paire de cornes dorées qui étincelaient des lieues à la ronde sous le soleil de Mésopotamie (l'actuelle Irak). Contrairement à leurs cousines égyptiennes, « les ziggourats, jusqu'à preuve du contraire, n'hébergeaient aucun tombeau mais faisaient office de podium géant pour se rapprocher du dieu auquel elles étaient dédiées (Marduk, dans le cas de Babylone), dit Jean-Pierre Adam. Autrement dit, leur rôle consistait à établir un lien entre le monde surnaturel et le commun des mortels, à se rapprocher du ciel pour plaire aux dieux. »

Où l'on voit que les premières pyramides pouvaient tantôt servir de « tombeau-signal » que son illustre occupant utilisait comme une « rampe de lancement » pour se propulser vers l'univers divin, tantôt faciliter le mouvement descendant d'une divinité. Deux fonctions nettement distinctes que combineront occasionnellement les pyramides à degrés mayas (Copán, Tikal, Chichén Itza, Uxmal, Palenque où reposait la dépouille du roi Pacal...) apparues pour la plupart après le huitième siècle de notre ère et bâties sur des édifices plus anciens, par imbrication, à la manière des poupées russes.

Plus généralement, de 1000 avant notre ère à 1500 apr. J.-C., toutes les sociétés précolombiennes qui ont tenu la vedette entre le Pacifique et l'Atlantique, dans la zone occupée de nos jours par le Mexique, le Guatemala, le Honduras, Belize et le Pérou (Olmèques, Zapotèques, Mayas, Toltèques, Aztèques, Incas...), ont fait des pyramides les pièces maîtresses de leur architecture religieuse en dépit

de leurs différences politiques et culturelles. Les plus anciennes de toutes en Amérique ? Sans aucun doute celles, sans pointe, érigées 2 600 ans avant notre ère par les habitants de la cité sacrée de Caral, Sises sur la côte du Pérou, à 200 km au nord de Lima, ces six « vieilles de la vieille », de facture primitive et gravement mutilées, sont donc contemporaines de leurs lointaines consœurs égyptiennes...

« Cette synchronicité ne prouve en aucune manière qu'au troisième millénaire, l'Amérique andine ait été en relation avec l'Égypte, intervient Jean-Pierre Adam. Elle démontre seulement que deux sociétés naissantes, séparées par des milliers de kilomètres mais confrontées au même moment aux mêmes interrogations inscrites au cœur de l'histoire humaine (Comment honorer les dieux le plus efficacement possible ? Comment rejoindre le monde divin une fois mort?...), ont apporté les



MEXIQUE, CHICHEN ITZA



CHINE, NINGXIA



## Conçues pour accueillir dieu ou rejoindre les cieux



mêmes réponses à travers l'invention d'une même forme architecturale. »

Au fait, comment expliquer la quasi-absence de pyramides en Europe ? Rien que de très normal, tranche le même expert. Les Grecs, quoique friands de mausolées (un type de « monument funéraire-signal » construit sur une base surélevée sans atteindre toutefois à la forme pyramidale), « possédaient une mythologie différente des Égyptiens et puis, tout simplement, l'architecture ne s'exprime pas toujours de la même manière partout sur Terre ! » Quant aux



FOYERS D'ÉMERGENCE



Romains, fascinés par la culture égyptienne, eux nous ont légué quelques spécimens postés le long de la via Appia mais toutes de dimensions modestes, exception faite de celle de Calus Cestius à Rome.

Et l'Asie ? Ce vaste quartier de la planète n'est pas demeuré insensible au « charme pyramidal » comme le prouvent les *stūpa*, des monuments en forme de demi-sphères que l'on voit abondamment fleurir en Asie du Sud-Est à partir du V<sup>e</sup> siècle avant notre ère (et ce jusqu'à une époque relativement récente) avec des matériaux mêlés aux cendres du Bouddha après que celui-ci eut disparu de la vue du monde en atteignant le Grand Nirvana. La province chinoise du Shaanxi <sup>(2)</sup>, où se sont illustrées de nombreuses

dynasties (les Zhou occidentaux, les Qin, les Han occidentaux, les Tang), recèle pour sa part une volée de tumuli dont celui (l'un des seuls de forme pyramidale) du premier empereur Qin Shi Huang (221-210 avant notre ère) enterré en compagnie d'une armée en terre cuite de plus de six mille guerriers. « Ces monticules de terre pouvaient faire plusieurs dizaines de mètres de haut et l'on en a construit jusqu'à la dernière dynastie (les Qing) qui s'est éteinte en 1911, explique Alain Thote, directeur d'études à l'École pratique des hautes études et commissaire de l'exposition « Les soldats de l'Éternité » (à la pinacothèque de Paris). Les premiers tumuli chinois semblent remonter au VIII<sup>e</sup> siècle avant notre ère. Une théorie leur donne pour origine les populations nomades qui vivaient à la périphérie septentrionale de la Chine (ces tumuli d'Asie centrale sont appelés kurgan), une autre les voit plus volontiers apparaître dans la région du cours inférieur du fleuve Bleu, autrement dit la région du Zhejiang et du Jiangsu dont Shanghai constitue l'épicentre. » Quant à la « pyramide blanche » made in China et haute de 300 mètres dont certains font des gorges chaudes, le même érudit, spécialiste de l'art et de l'archéologie de la Chine pré-impériale depuis trente ans, « n'en [a] jamais entendu parler ». Une invention pure et simple, donc.

**Philippe Testard-Vaillant**

1 - *Dix-sept siècles* entre 2690 et 2650 avant notre ère.  
2 - *Rat* comme celle du Hupéi.

INTERVIEW DE JEAN-PIERRE ADAM

# « La pyramide, c'est l'alliance du tas de sable et de l'angle droit »

Jean-Pierre Adam est architecte et archéologue, spécialiste de l'architecture antique. Il enseigne à l'École du Louvre et dans différentes universités à Rome et à Lausanne.

Pour élever leurs monuments, Mésopotamiens, Egyptiens ou Mayas ont convergé vers un même concept géométrique, issu de la forme primitive du tas de terre : la pyramide.

**Cahiers de Science & Vie :** Dans quel but ont été édifiées les pyramides ?

**Jean-Pierre Adam :** La pyramide naît de deux phénomènes que l'on rencontre à toutes les époques de l'histoire de l'humanité : celui du signal, d'une part, et de l'élévation vers le monde du divin, d'autre part. Le signal sert à marquer le passage d'un personnage illustre, par exemple d'un chef de tribu. On accumule au-dessus de sa tombe un énorme tas de cailloux, ou tout simplement de la terre. Le monument fait office de signal. On retrouve cela au paléolithique ou même beaucoup plus tard chez les Grecs : le fondateur des colonies avait toujours un mausolée au milieu de la ville. Cette volonté d'édifier un monument signal est le premier point de départ de la construction d'une pyramide.

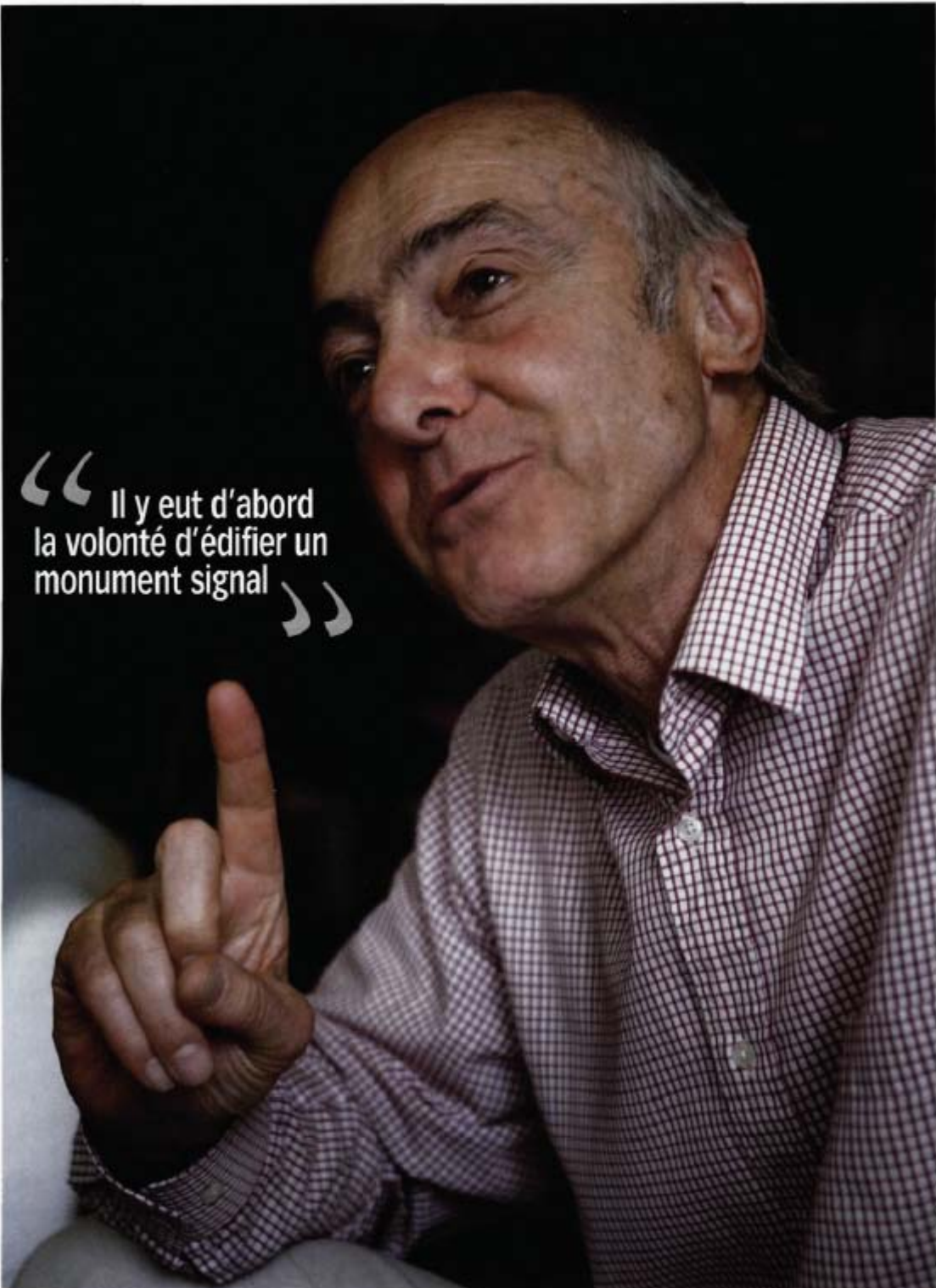
Mais la volonté de s'approcher au plus près du monde du divin intervient également. Parfois c'est le mort qui monte vers les dieux, parfois ce sont les dieux qui descendent. La ziggourat, par exemple, a un temple à son sommet. Le dieu voit le temple, et sent la fumée des sacrifices. Il descend vers le temple pour y rencontrer ces hommes qui lui vouent un culte. Avec les pyramides d'Égypte, le mouvement est ascendant, c'est le roi divinisé qui rejoint le domaine des dieux. La forme ascendante de la pyramide est une sorte de métaphore spatiale de cette montée vers le monde du divin.

**CSV :** Observe-t-on ce double aspect, celui du signal et de l'élévation, dans les pyramides d'Amérique centrale et du Nord ?

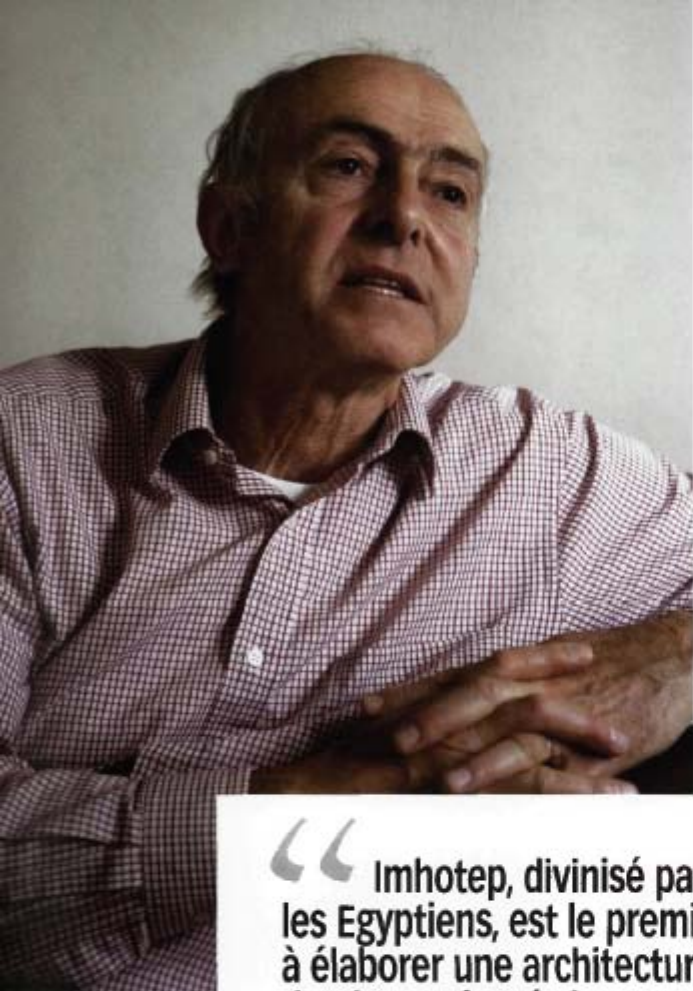
**J.-P. A. :** En Amérique du Nord, les monuments des Mound Builders se caractérisent effectivement par la forme primitive du tas de terre. Quelquefois ils renferment une tombe mais pas toujours. Au sommet, un sanctuaire a été construit. On retrouve donc le signal et l'élévation. En Amérique centrale, nous observons la même chose. A Palenque, la pyramide maya portant le « temple des inscriptions » (édifiée sans doute au VI<sup>e</sup> siècle) est un signal ; en outre, on y a trouvé en 1952 une inhumation royale. Plus au nord chez les Aztèques, le sommet de la pyramide était le lieu de sacrifices humains quotidiens destinés à garantir le lever du soleil.

De l'Égypte à l'Amérique centrale, un certain nombre de constantes président à l'édification des pyramides. Il n'y a aucune relation bien sûr, d'un endroit à l'autre. Ce sont des formes instinctives qui se découpent spontanément en des lieux et des endroits très différents tout en empruntant les mêmes voies...





“ Il y eut d’abord  
la volonté d’édifier un  
monument signal ”



## “ Imhotep, divinisé par les Egyptiens, est le premier à élaborer une architecture de pierre géométrique ”

**CSV: A quel moment, en Egypte, se met-on à construire des pyramides ? Et sait-on qui est à l'origine de cette innovation ?**

**J.-P. A:** Le premier à construire une pyramide est l'architecte du fameux roi Djéser vers 2750 avant Jésus-Christ. Cet architecte s'appelait Imhotep. Il est le premier personnage dont l'histoire de l'humanité ait conservé le nom et qui ne soit pas un roi ni un dieu. Pour édifier des pyramides, Imhotep inventa l'architecture de pierre. On utilisait déjà la pierre en Egypte avant Imhotep, mais pour des constructions de faible envergure, on l'utilisait également au néolithique européen, comme le montrent les structures mégalithiques, mais il ne s'agissait là que de réalisations fort éloignées de l'art architectural. C'est réellement Imhotep qui élabore une architecture de pierre géométrique. Les Egyptiens seront tellement émerveillés par les innovations de cet architecte qu'ils vont le diviniser. Il devient le dieu protecteur de tous ceux qui détiennent le savoir au plus haut niveau: dieu de la médecine et dieu des scribes.

**CSV: A quoi ressemble la pyramide construite par Imhotep ?**

**J.-P. A:** Il ne construit pas encore une pyramide à parois lisses mais une pyramide à degrés. Néanmoins l'idée était lancée. Tous les rois d'Egypte de l'Ancien Empire se feront construire de la même manière un monument signal qui leur permettra d'entrer dans l'éternité et de rejoindre le monde du divin.

**CSV: Ces monuments signaux auraient pu prendre une autre forme... Pour quoi celle de la pyramide ?**

**J.-P. A:** Parce que la forme spontanée du tas de terre et du tas de sable est un cône. Pour discipliner ce cône et en faire une forme géométrique, il est indispensable de savoir tracer des angles droits. Or, l'art de tracer des angles droits était connu des Egyptiens. Il est né probablement de l'usage des briques crues moulées. Les premières briques crues étaient des emplacements informels. Un jour, les bâtisseurs ont eu l'idée de prendre quatre petites planchettes, de mettre l'argile dedans, de faire sécher avant de démouler. Il ne restait plus qu'à empiler les briques. On obtient alors un alignement. Si l'on ferme le volume, le mur en retour devient naturellement un angle droit imposé par la forme des briques. Et lorsqu'on maîtrise le dessin et la construction de l'angle droit, il devient aisé de tracer au sol un carré qui est la base de la pyramide, lequel carré engendre un volume de dimensions dégressives qui conserve une section carrée. Finalement, la pyramide est née d'un tas de sable, le tumulus primitif, qui s'est allié à l'angle droit. La genèse en paraît instinctive, il n'y a pas forcément eu de réflexion théorique sur les avantages et inconvénients de cette forme...

**CSV: Quand passe-t-on à la pyramide à parois lisses ?**

**J.-P. A:** Snéfrou, père de Khéops, s'était fait construire une pyramide à degrés à Meïdoum, dans la région du Fayoum vers 2575 avant Jésus-Christ. Ensuite, l'architecte de ce roi Snéfrou a repris le chantier, transformant cette pyramide à degrés en pyramide à parois lisses. C'est cette pyramide qui devait servir de modèle à Khéops pour sa propre pyramide. L'architecte de Khéops a reproduit exactement la forme, la géométrie, les proportions de la pyramide de Meïdoum. Le modèle de la pyramide à pente lisse, c'est bien Meïdoum. Les raisons de cette évolution, à mon sens, ne doivent pas être cherchées trop loin. Cela relève probablement de la volonté d'avoir des formes plus élancées, où la pureté des lignes serait plus manifeste.

**CSV: Dans l'Antiquité, quel regard porte-t-on sur les pyramides ?**

**J.-P. A:** Ce sont les chroniqueurs grecs, essentiellement Hérodote et Diodore de Sicile, qui les premiers ont parlé des pyramides. Jusqu'à Champollion, tout ce qu'on savait sur l'Egypte venait d'eux. Hérodote se comporte comme un journaliste. Il fait une enquête sur l'Empire perse et sur la condition des peuples qui y vivent. Il va en Egypte, interroge les membres du clergé, et rapporte très fidèlement ce qu'on lui a dit. Grâce à Hérodote et Diodore, la religion et les mœurs égyptiennes étaient très bien connues avant



même que l'on déchiffre les hiéroglyphes. Les Grecs se sont au début volontiers référés à la sagesse des Égyptiens, à leur savoir mystérieux. Ce sont eux qui ont introduit dans l'architecture des constructions mathématiques aux proportions soigneusement calculées. Ce sont eux encore, qui ont suscité la fascination pour le nombre d'or. Les Égyptiens étaient en réalité bien loin de ces préoccupations : ils n'attachaient aucune importance à la signification ésotérique des nombres et des proportions qu'ils n'auraient pas su d'ailleurs exprimer par un calcul. Ils s'intéressaient davantage à la géométrie de leurs monuments, à l'harmonie des formes. D'un point de vue géométrique, la pyramide de Khéphren est incontestablement la plus achevée. Elle est formée de deux triangles de mesure 3,4, 5 accolés : trois pour la base, quatre pour la hauteur, et cinq pour la pente. On ne peut pas faire plus simple. Ce qui est formidable évidemment, c'est d'avoir maintenu ces proportions sur 143 mètres de hauteur...

#### **CSV : Les Grecs et les Romains ont-ils tenté d'imiter ces monuments ?**

**J.-P. A :** Les Romains, oui. À la sortie de Rome, à la Porta S. Paola, on peut voir la pyramide construite par Caius Cestius, un notable de l'époque d'Auguste (63 av. J.-C. - 14 apr. J.-C.) qui se fit inhumer sous ce monument revêtu de marbre, haut de 36 m. Il y en existait d'autres le long de la via appia et dans la nécropole d'Ostie. Les Romains, d'une manière générale, étaient fascinés par l'Égypte et par les religions à mystère. C'est ainsi que le culte d'Isis est venu très tôt à Rome. On a découvert à Pompéi un temple qui lui était consacré.

#### **CSV : Est-ce que pour Hérode et Diodore les pyramides sont déjà des merveilles ?**

**J.-P. A :** Ce sont pour eux des monuments étonnants, fascinants, remarquables. Mais le véritable classement des pyramides dans une liste des merveilles du monde arrive beaucoup plus tôt. C'est à Callimaque, bibliothécaire à Alexandrie au III<sup>e</sup> siècle av. J.-C. que l'on attribue cette initiative. L'idée de ces Grecs d'Égypte est de recenser un certain nombre de monuments à leurs yeux insurpassables ou exemplaires. C'est la préfiguration d'un patrimoine mondial de l'humanité. On sait que cette liste de Callimaque commençait par les pyramides de Giza. Mais le texte complet sur les sept merveilles du monde que nous connaissons aujourd'hui n'est pas de Callimaque. C'est à Philon de Byzance, un compilateur qui a écrit au IV<sup>e</sup> siècle, que nous devons la liste canonique des sept merveilles du monde. Et les pyramides demeurent toujours en tête de ce texte. C'est d'ailleurs lui, ce Philon de Byzance, qui a eu cette définition formidable des pyramides quand il a dit : « Ce sont des montagnes construites sur des montagnes ».

#### **CSV : A quel moment a-t-on perdu conscience que ces « montagnes construites sur des montagnes » sont en fait des tombeaux ?**

**J.-P. A :** Au Moyen Âge, déjà, on ne comprend plus du tout à quoi pouvaient servir ces gigantesques monuments de pierre. Et l'on cherche des explications. Comme l'Égypte n'était connue des hommes du Moyen Âge qu'à travers les

événements bibliques, notamment l'histoire de Moïse et de Joseph, on a cherché une explication en relation avec l'Ancien Testament. On en a conclu qu'il s'agissait de greniers à blé construits à la suggestion de Joseph en prévision des années de vaches maigres révélées au Pharaon par un songe. C'est pour cette raison que dans le narthex de l'Église sainte Marthe de Venise, une mosaïque montre les Égyptiens en train d'engranger du blé dans les pyramides. C'est le plus beau témoignage que l'on ait de la manière dont le Moyen Âge interprétait les pyramides...

Ensuite dès le XVI<sup>e</sup>-XVII<sup>e</sup> siècle, les premiers voyageurs comprennent que les pyramides sont des tombeaux, parce qu'elles sont accessibles, qu'on peut les visiter. En 1700 un consul de France, Benoît de Maillet, donne déjà une description très fidèle de la pyramide de Khéops et de son fonctionnement.

## “ Philon de Byzance a si bien dit défini les pyramides : des montagnes construites sur des montagnes ”

#### **CSV : Quand à la Renaissance on redécouvre l'architecture classique, et que l'on s'inspire des temples grecs et romains : pourquoi ne se passe-t-il pas la même chose avec les pyramides ?**

**J.-P. A :** À cause du phénomène grec qui a eu une prégnance culturelle incroyable. À partir de la Renaissance et de l'invention de l'imprimerie, quand on publiait un ouvrage, que ce soit de médecine ou d'architecture, la référence culturelle était toujours le monde grec ou le monde romain. On ne bâtissait qu'en s'inspirant de leurs constructions. Il y a eu une espèce d'occultation, de barrière à l'imagination créatrice qui a pesé très lourd.

Lorsque Bonaparte va conquérir l'Égypte, c'est donc presque une redécouverte. Grâce à cette expédition d'Égypte, toute une tranche d'histoire de l'humanité réapparaît. On se remet alors à faire de l'architecture égyptianisante : voyez à Paris la place d'Aboukir, le passage du Caire, les pyramides du Père Lachaise, ou à Anvers un pavillon du zoo inspiré par le temple de Dendéra...

Et les pyramides sont évidemment un des aspects majeurs de cette fascination de l'Occident pour l'Égypte qui ne nous a pas quittés jusqu'à aujourd'hui, comme on peut le voir dans la cour du Louvre...

**Propos recueillis par Jean-François Mondot**





# 1



## Pyramides d'Égypte

- 16** > Ces pyramides  
qui peuplent le désert
- 22** > Des savoirs portés  
par le Nil
- 28** > Comment édifier  
une merveille
- 40** > En route  
vers les étoiles
- 46** > Les pyramides  
des Pharaons noirs

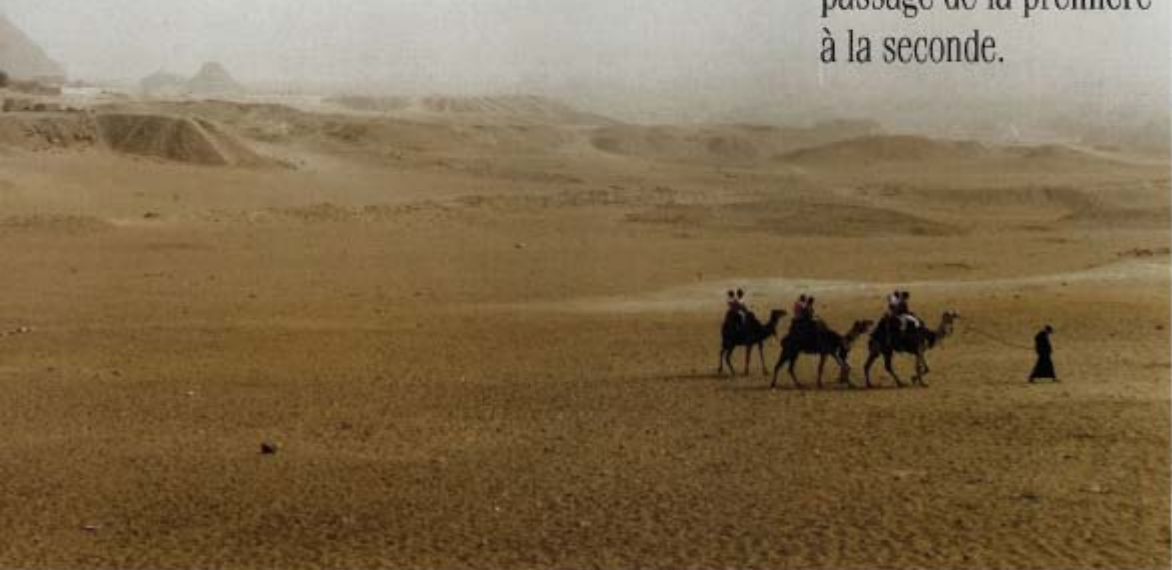
# Ces pyramides qui





# Pyramides peuplent le désert

Les deux formes de pyramides égyptiennes, à degrés ou à parois lisses, jalonnent la rive occidentale du Nil. On peut même y lire le moment clé du passage de la première à la seconde.



Pyramides de Mykérinos, Khéphren, Khéops et leurs pyramides satellites sur le plateau de Giza.



## DJÉSER

La toute première pyramide est à degrés. Le roi la fait bâtir à Saqqâra, par l'architecte Imhotep. (60 m de haut.)



## Snéfrou

La pyramide de Méldoum tient à la fois des deux pyramides celle à degrés et celle à parois lisses. (93 m de haut.)



## Snéfrou

On la dit rhomboïdale, car on a corrigé sa pente au cours de sa construction, à Dahchour. (105 m de haut.)



## Khéops

Avec ce roi de la IV<sup>e</sup> dynastie, la pyramide à parois lisses, à Gîza, atteint la quasi-perfection. (147 m de haut.)



Entre le Caire et Assouan, la rive occidentale désertique du Nil égrène ses pyramides. On en identifie jusqu'ici plus de soixante, construites durant l'Ancien et le Moyen Empire (entre 2700 et 1750 avant notre ère). Une toute dernière vient d'être mise au jour par les archéologues égyptiens sur le site de Saqqâra : la pyramide de Menkaouhor, un roi de la V<sup>e</sup> dynastie (-2400 environ). Mais toutes les pyramides ne nous sont pas connues. Une dizaine resterait à mettre au jour selon Audran Labrousse, égyptologue au CNRS et ex-directeur de la Mission archéologique française à Saqqâra. Quant à Zahi Hawass, égyptologue et secrétaire général du Conseil suprême des antiquités égyptiennes, il estime à 70 % le pourcentage de pyramides à découvrir.

Juste à l'ouest de Memphis, première capitale de l'Ancien Empire, la concentration de ces monuments est impressionnante. « Sur quelque 70 kilomètres, surplombant la zone fertile de la vallée du Nil, les pyramides s'agglutinent de façon quasi ininterrompue, formant une immense "nécropole memphite" », décrit Jean-Pierre Adam, architecte et archéologue. Cette nécropole comprend aussi bien des sites funéraires à multiples pyramides, comme Gîza, que des pyramides solitaires comme à Méldoum.

La plupart de ces monuments se réduisent aujourd'hui à un amoncellement de pierres. Il suffit alors d'observer les premiers, construits sous la III<sup>e</sup> dynastie, pour comprendre que dès le début on chercha à atteindre de grandes hauteurs : la dernière demeure du roi ne devait-elle pas assurer son passage vers l'au-delà, faciliter l'ascension de son âme vers les cieux ?



Djéser (2680-2650), le premier des pharaons à vouloir se faire inhumer dans une pyramide, confie le gigantesque projet à son ministre-architecte principal : Imhotep. Sur le plateau de Saqqâra, le célèbre maître d'œuvre qui sera divinisé deux mille ans plus tard, commence par élever au-dessus du tombeau, placé au fond d'un puits de 28 m creusé dans la roche naturelle, une superstructure traditionnelle en forme de banquette, le *mastaba*. Ici la pierre, matériau d'éternité, a déjà remplacé la brique crue. Assez rapidement, le *mastaba* est étendu vers l'est pour abriter les tombes de la famille royale. Une deuxième transformation donne à cette structure l'allure d'une pyramide à quatre degrés à laquelle on adjoint, au nord, un petit temple funéraire. Enfin, un dernier agrandissement vient y ajouter deux gradins, faisant culminer le monument, à 60 m du sol. L'entrée de la pyramide se trouve au nord. Toutefois, personne n'y pénètre une fois le pharaon inhumé. - *La pyramide*

*est avant tout une tombe, la matrice close dans laquelle le roi se transforme en soleil. Elle représente la gloire de son lien avec les dieux : rien ne doit y pénétrer pour que la transformation ait lieu* », explique Isabelle Franco, égyptologue et enseignante à l'École du Louvre et au CEHA de Chatou. Les successeurs de Djéser reprendront cette forme en degrés de la pyramide.

C'est sous Snéfrou (2620-2590), fondateur de la IV<sup>e</sup> dynastie, que se produit, au prix de nombreux tâtonnements, l'évolution vers la vraie pyramide. À cette époque, une contrainte supplémentaire pèse sur les architectes : la chambre funéraire, installée au niveau du sol et non plus en profondeur, exige une plus grande stabilité de la base soumise désormais à de lourdes charges. Snéfrou commence par transformer la dernière pyramide à degrés, édifiée par son père Houni, à Meïdoum. Le bâtiment qui en résulte constitue une étape importante puisqu'il réunit

La pyramide de Djéser, à Saqqâra, domine un complexe funéraire de 15 ha. Elle inaugure une nouvelle période : celle de l'architecture de pierre.

## Dans cette matrice close, la tombe, le roi se transforme en soleil...









La Vallée des rois : c'est à l'ombre de cette pyramide naturelle que les pharaons du Nouvel Empire choisissent de se faire inhumer.



# Dans le désert de Thèbes s'élève une cime en forme de pyramide

Ministre et architecte royal, Imhotep est le maître d'œuvre du complexe funéraire de Djéser. Il sera divinisé à l'époque saïte (Iers - 600). Statuette de l'époque ptolémaïque (332-30 av. J.-C.)

parois lisses persiste encore au Moyen Empire (2033-1790). Et ce d'autant que l'ornementation prend de plus en plus d'importance. En témoignent les fameux Textes des Pyramides, inscriptions religieuses qui couvrent les murs de la chambre funéraire de la pyramide d'Ounas, dernier roi de la V<sup>e</sup> dynastie. Ces hiéroglyphes conserveront une place importante dans les pyramides des dynasties suivantes, de même que le soin apporté à la protection de la chambre funéraire. Ainsi, la chambre de Pépi I<sup>er</sup>, VI<sup>e</sup> dynastie, est recouverte d'une triple épaisseur de chevrons pesant quelque 3500 tonnes.

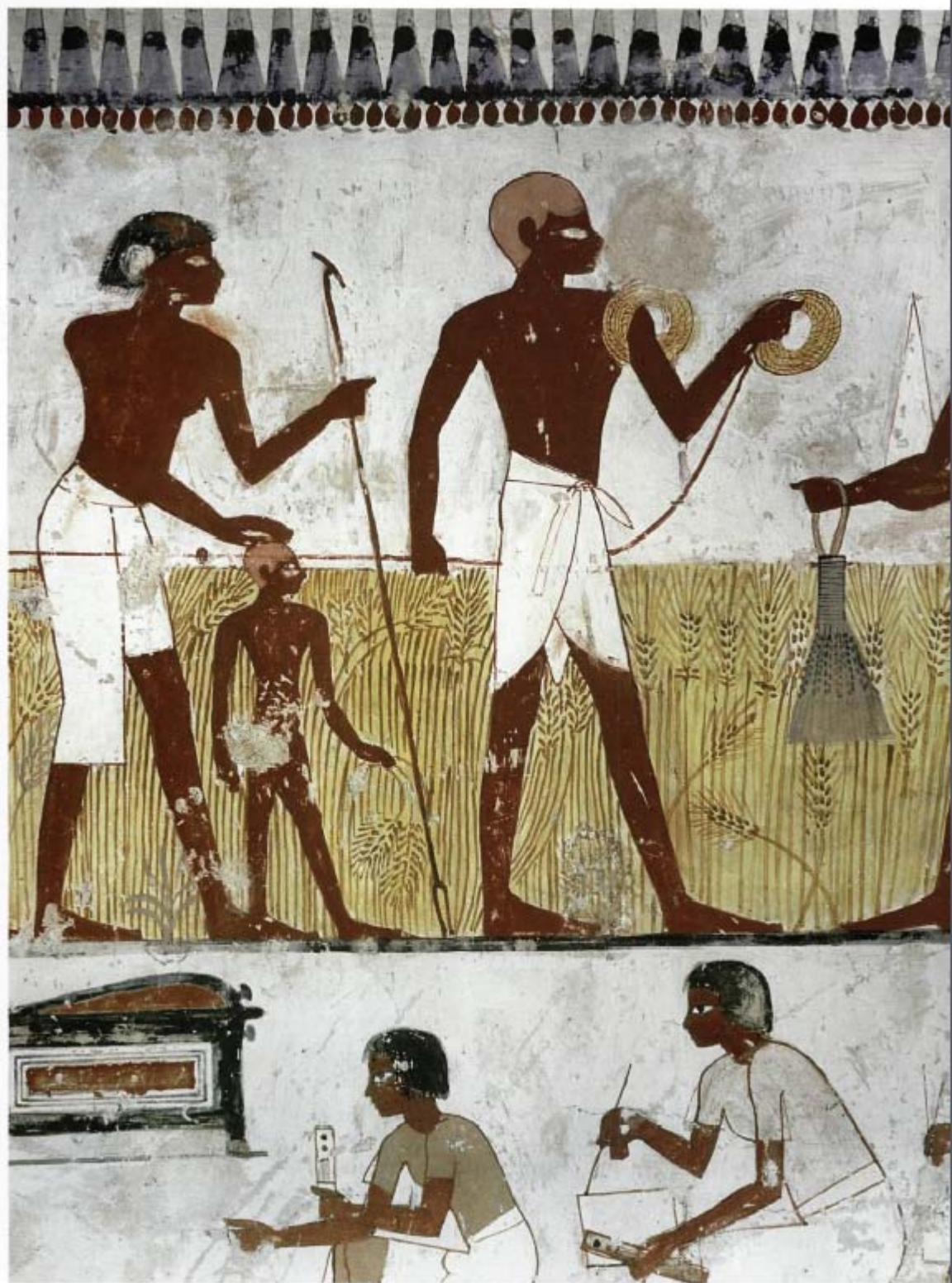
Lassitude, manque de créativité ? La fin de l'Ancien Empire et la période de désordres et de pillages qui suit, mettent un point d'arrêt à la construction des grandes pyramides. Les rois du Moyen Empire décident de dissimuler aux regards l'entrée de leur dernière demeure et d'ensevelir la chambre funéraire dans le sol. Il nous en reste de timides vestiges : la chambre de Sésostri I<sup>er</sup>, aujourd'hui engloutie sous la nappe phréatique. « On peut y voir un symbole de fertilité, mais la brique, qui remplace alors la roche comme matériau de base, reste très fragile », commente Isabelle Franco. A Licht, Ame-

nemhat I<sup>er</sup>, suivant en cela le modèle thébain, ensevelit son caveau au fond d'un puits funéraire creusé dans l'axe vertical de sa pyramide. Sésostri II, bouscule quant à lui la tradition et place l'entrée de son tombeau au sud. Entrées souterraines, labyrinthes, culs-de-sac et passages secrets, caractérisent les deux pyramides en brique crue d'Amenemhat III, à Dahchour et Hawâra.

Après une seconde période de troubles et de pillages, les monarques du Nouvel Empire renoncent aux pyramides. Seuls les temples funéraires restent à l'air libre, faisant face, de l'autre côté de la rive, au sanctuaire de Karnak dédié à Amon. En fait, ils représentent plus que cela : ces « châteaux de millions d'années » comme on les appelle alors deviennent le lieu d'un culte royal, pharaon étant assimilé de son vivant au dieu. Dans le ouâdi désertique de Thèbes se dresse une montagne à laquelle l'érosion a donné une forme de pyramide. C'est au pied de ses falaises que les rois vont nicher désormais leurs hypogées. Le symbole funéraire, qui s'élevait ainsi au-dessus de la Vallée, continuera de veiller sur l'Égypte.

Diana Semaska





L'arpentage des terres, tombe de Mennah, scribe du pharaon Thoutmosis IV, XVIII<sup>e</sup> dynastie (Thèbes).



# Des SAVOIRS portés par le Nil

Les Égyptiens avaient une approche pragmatique des sciences qui leur servaient à résoudre des problèmes concrets, tel le calcul des surfaces arables redessinées par les crues du Nil...



# P

ythagore, Thalès, Euclide... Qui, sur les bancs de l'école, n'a pas appris les théorèmes de géométrie auxquels ces illustres savants grecs ont donné leurs noms ? Et pourtant, si les Grecs sont bel et bien les inventeurs de la démonstration, ils doivent beaucoup à l'héritage des civilisations antiques du Moyen-Orient, et en particulier celui de l'Égypte pharaonique. Les savants grecs eux-mêmes reconnaissent la supériorité intellectuelle et technique de l'Égypte et nombre d'entre eux y firent un voyage d'étude. Ainsi, dans la biographie qu'il consacre à Pythagore, Jamblique raconte la rencontre de son maître avec le vieux sage Thalès qui « *l'exhorta à cingler vers l'Égypte et à aller rencontrer (...) les prêtres de Memphis et Diospolis, c'est d'eux en effet, que lui aussi avait acquis le bagage qui lui avait valu auprès du vulgaire le nom de sage* ».

## Mesurer les surfaces et les volumes

Hérodote, lui, attribue carrément aux Égyptiens « *l'invention de la géométrie, que les Grecs rapportèrent dans leur pays* ». Une invention qui serait née de la « *nécessité d'évaluer avec précision la surface des champs pour établir l'assiette des impôts* ». C'est sans doute là toute la différence entre science grecque et science égyptienne. Là où les Grecs s'employaient à des spéculations intellectuelles, les Égyptiens se contentaient de répondre à des problèmes concrets. Et le premier d'entre eux fut la géométrie qui, rappelons-le, signifie étymologiquement « mesure de la terre ». Une mesure qu'il faut renouveler chaque année dans ce pays où la superficie des terres arables correspond à celles des terres inondées par les crues du Nil, variables par essence. Ce travail, c'est celui des arpenteurs, figuré sur bon nombre de fresques. A l'aide de piquets et d'une *nouh*, corde longue de 100 coudées, la coudée valant 52,5 mètres, les arpenteurs définissaient les dimensions des champs et en déduisaient la surface, et ce, que les champs soient rectangulaires, triangulaires ou même circulaires.

Senmout, architecte d'Hatchepsout est ici représenté avec un gros rouleau de corde. Principal outil de l'arpenteur, celle-ci était devenue le symbole de la profession



Sans toutefois avoir inventé le nombre pi, d'essence grecque, les anciens Égyptiens s'en sont beaucoup approchés. Ils calculaient la surface d'un cercle en élevant au carré les 8/9 du diamètre, ce qui revient à une approximation de  $\pi$  égale à 3,1605 (au lieu de 3,1416) ; les Mésopotamiens, eux, n'étaient parvenus qu'à une approximation égale à 3.

De la mesure des surfaces, les Égyptiens sont passés au calcul des volumes, comme celui de la pyramide et des pierres nécessaires à sa construction. Le papyrus de Moscou contient un problème (et sa solution, exacte) relatif au calcul du volume du tronc d'une pyramide à base carrée. De ce dernier, on peut aisément déduire le volume de la pyramide elle-même, même si les archéologues n'ont à ce jour pas retrouvé de document montrant une telle démarche.

En revanche, le problème 56 du papyrus de Rhind montre que les Égyptiens savaient calculer l'angle

## Ils nous ont légué l'année de 365 jours

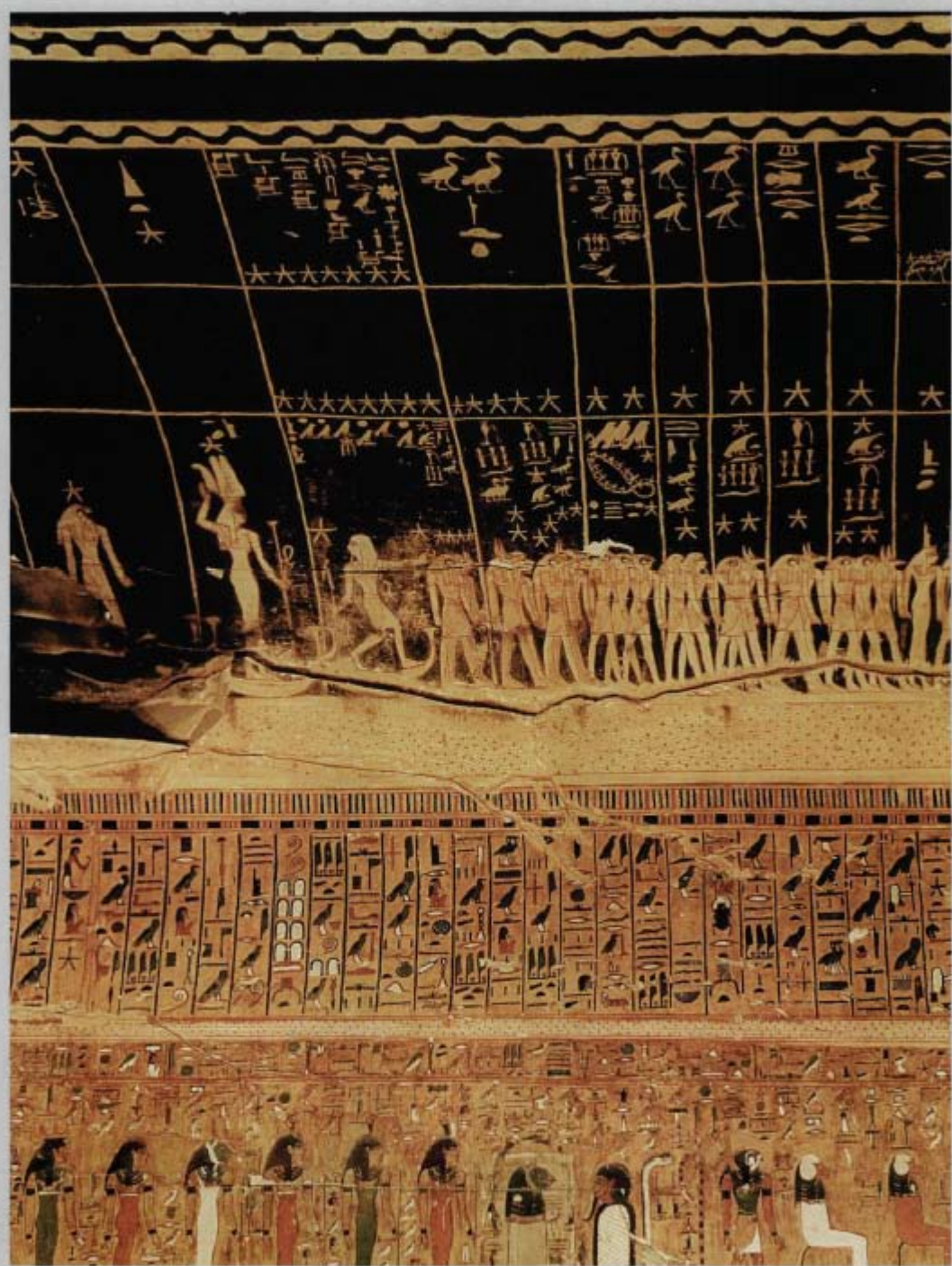
d'inclinaison des faces d'une pyramide, ce qu'ils appelaient le *seked*. Un calcul qui trouve là aussi une finalité très pragmatique : le *seked* correspond également à la différence de longueur des côtés inférieur et supérieur d'une pierre qui épouse la pente de la pyramide. Il permettait donc d'en déterminer la coupe.

Grâce à un système décimal mais dans lequel le zéro n'existait pas, les Égyptiens maniaient avec dextérité les quatre opérations, les fractions et même les équations du second degré et les racines carrées, comme le montrent certains problèmes du papyrus de Berlin.

## Trouver le chemin des étoiles

En matière d'astronomie, on doit aux Égyptiens deux notions essentielles : un calendrier de 365 jours et la division des jours en 24 heures. Tout comme les civilisations chinoises et mésopotamiennes qui leur sont contemporaines, les Égyptiens inventent également les premiers catalogues d'étoiles et les regroupent en constellations. Mais là encore, dans un but bien précis : les cartes du ciel dessinées sur le plafond de certaines tombes, comme celles de





Les Egyptiens ont regroupé les étoiles en constellations. (Plafond de la Tombe de Séthi I<sup>er</sup>, XIX<sup>e</sup> dynastie).

## • DES MATHÉMATIQUES SUR PAPYRUS

**S**il'on a souvent sous-estimé les connaissances scientifiques des anciens Égyptiens, c'est sans doute à cause du peu de documents dont nous disposons. Les plus anciens sont des inscriptions contenues sur les murs de quelques temples ou tombes, comme celles de la tombe de Merhén (IV<sup>e</sup> dynastie) qui montrent que les Égyptiens savaient dès cette époque calculer correctement la surface d'un rectangle. Les ostraca, fragments de céramique ou de calcaire utilisés comme brouillons par les scribes, apportent également quelques témoignages de l'art des mathématiques égyptiennes. Le plus remarquable

est sans doute celui retrouvé à Saqqâra sur lequel figure une courbe avec abscisse et ordonnée. « Daté de 2750 ans avant Jésus Christ, il montre que dès cette première génération de bâtisseurs, les Égyptiens avaient suffisamment de connaissances mathématiques pour élaborer ce type de problème », s'enthousiasme Jean-Pierre Adam. Enfin viennent les papyrus. Plus fragiles, ils ont moins résisté au temps et ceux qui sont parvenus jusqu'à nous sont, de fait, postérieurs aux pyramides. Seule une poignée d'entre eux traite de mathématiques. Citons par exemple le papyrus de Berlin ou celui de Moscou, découvert en 1893 par l'égyptologue russe Vladimir

Golenischev et conservé au musée des Beaux-Arts de Moscou. Daté de la fin du Moyen Empire (1850 ans av. J.-C.) et rédigé en écriture hiéroglyphique, il contient 25 problèmes mathématiques. Mais le papyrus mathématique le mieux conservé, le plus complet et le plus prestigieux est sans nul doute le papyrus de Rhind, du nom de son premier propriétaire l'Écossais Alexander Henry Rhind, qui l'acheta peu après sa découverte à Thèbes en 1857. Rédigé en écriture hiéroglyphique et daté du début du XVII<sup>e</sup> siècle av. J.-C., c'est une copie d'un document plus ancien. Il présente une suite de 87 problèmes mathématiques, accompagnés de leurs solutions. **C. H.**

Senenmout à Deir-el-Bahari ou de Séthi I<sup>er</sup> dans la Vallée des rois, constituent ni plus ni moins « une sorte de carte routière qui doit permettre à Pharaon de trouver son chemin vers l'au-delà », explique Jean-Pierre Adam, spécialiste des constructions antiques. Et tout comme sur nos cartes routières modernes, le Nord y est indiqué. Une notion qui permit aux Égyptiens d'orienter les quatre faces de leurs pyramides en direction des quatre points cardinaux. Ainsi, les pyramides de Khéops et Khéphren présentent un écart à l'orientation cardinale inférieur à 20 minutes d'arc. « Si bien que c'est l'orientation des monuments qui témoigne aujourd'hui, plus que les rares documents dont on dispose, du savoir astronomique des anciens Égyptiens », explique Karine Gadré, chercheuse au Laboratoire d'astrophysique de Toulouse-Tarbes et spécialiste en astronomie égyptienne.

Mais comment les Égyptiens s'y prirent-ils pour déterminer avec autant de précision la direction du Nord ? Pendant tout le XX<sup>e</sup> siècle, plusieurs hypothèses ont été émises. Celle de l'observation d'une étoile polaire dans le ciel tel que le connaissent les anciens Égyptiens, ne tient pas. Vers l'an 2800 avant notre ère, une étoile, *alpha draconis*, matérialisait effectivement le pôle Nord. Toutefois, en raison de la précession de l'axe de rotation de la Terre, cette étoile s'est progressivement éloignée de la direction du pôle Nord, éloignement qui ne s'est pas traduit par une augmentation de l'écart à l'alignement cardinal des pyramides.

Les problèmes 56 à 60 du papyrus Rhind (les cinq figures ci-contre et les textes correspondants à leur droite) concernent tous le calcul de l'angle d'inclinaison des faces d'une pyramide.





Une autre hypothèse, dite bissectorielle, (voir le dessin ci-dessous) permet de déterminer le Nord avec plus de précision mais, précise Karine Gadré, « elle n'est attestée par aucun document archéologique ; rien ne nous dit que les Égyptiens ont orienté de cette manière les pyramides en direction des points cardinaux ».

### Des outils rudimentaires mais efficaces

Les écarts à l'orientation cardinale relevés sur les 11 pyramides de l'Ancien Empire sont un précieux indice. De ces écarts, le logiciel d'astrophysique développé par Karine Gadré a permis d'avancer que c'est l'observation répétée sur plusieurs centaines d'années de la position de coucher de l'étoile *alpha canis minoris* qui aurait permis aux Égyptiens de déterminer la direction de l'Ouest. En traçant une droite entre la position de l'observateur et la position de coucher de cette étoile, on obtient l'Est et en traçant la perpendiculaire à cette droite, on trouve le Nord.

Qu'il s'agisse de mesurer la superficie d'un champ, de déterminer la direction du Nord ou encore de construire des pyramides, les outils utilisés – en bois ou en cuivre – sont d'une extrême simplicité. Ne connaissant pas la poulie les Égyptiens avaient créé d'ingénieux systèmes de leviers et de rampes pour hisser les volumineux blocs de pierre qu'ils avaient acheminés sur les chantiers à l'aide de traîneaux. En effet, la roue, d'importation mésopotamienne, ne fait son apparition que sous le Nouvel Empire, et seulement pour les chars de guerre ou d'apparat, la terre égyptienne étant sans doute trop meuble pour se prêter au transport de lourdes charges sur des chariots à roues. De plus, « dans ce pays longiligne où le Nil conduit partout, le transport de charges lourdes se fait essentiellement en bateau » précise Jean-Pierre Adam. Ce qui amène ce peuple de bâtisseurs à se doter également de solides connaissances en matière de construction navale.



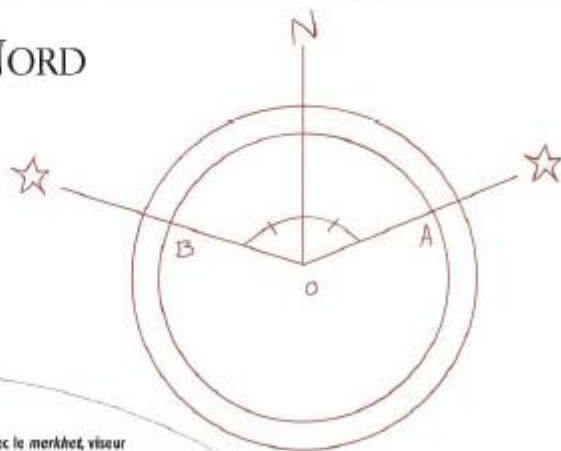
Sur cet ostracum retrouvé à Saqqâra, on distingue le tracé d'une courbe avec abscisse et ordonnée. Celle-ci a probablement permis aux Égyptiens de calculer le couvrement d'une toiture curviligne.

Coralie Hancock

# L'orientation des pyramides soulève encore des questions

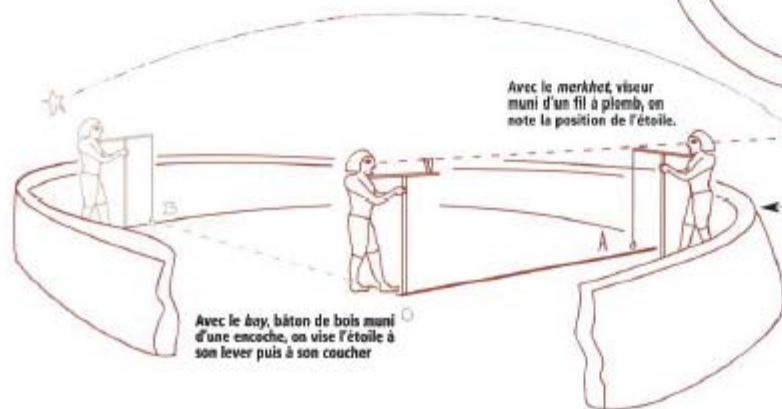
## • COMMENT REPÉRER LE NORD

Selon l'hypothèse bissectorielle, l'observateur placé à l'intérieur d'un mur circulaire fixe, à l'aide d'un bay la position de lever de l'étoile et indique au second l'endroit précis auquel l'étoile visée fait son apparition au-dessus du mur. Ce dernier y dispose alors un premier merkhét. L'opération est ensuite répétée plus tard, lorsque la même étoile s'apprête à disparaître sous la surface de cet horizon artificiel. La bissectrice du secteur angulaire obtenu permet de déterminer l'axe Nord-Sud.



Avec le merkhét, viseur muni d'un fil à plomb, on note la position de l'étoile.

Horizon artificiel



Avec le bay, bâton de bois muni d'une encoche, on vise l'étoile à son lever puis à son coucher





La « pyramide rouge » de Snéfrou, IV<sup>e</sup> dynastie, à Dahchour

MARCELLO MONTICELLI/ARND BRONKHORST / THE ART ARCHIVE / EGYPTIAN MUSEUM TURIN - G. DAGLIANTI

Le chantier alliait la simplicité des techniques à l'efficacité et à la méthode. Mais comment ont-ils donc hissé ces énormes blocs de pierre?

# Comment édifier une merveille

**L**es pyramides d'Égypte sont debout depuis presque cinq millénaires. Longtemps elles ont tenu titre de plus grands édifices jamais construits par l'homme. Au sommet de leur art, les Égyptiens ont édifié des monuments de près de 150 m de haut, couvrant plus de 5 hectares et le tout en assemblant simplement des millions de blocs de calcaire dont certains pèsent près de 12 tonnes. Un travail de titan réalisé avec une précision d'orfèvre. Les faces de Khéops, la plus grande de toutes, sont presque parfaitement orientées en direction des points cardinaux. Leur écart moyen est de 3 minutes d'arc. La différence entre le côté le plus long et le côté le plus court n'est que d'une quarantaine de centimètres. Une précision pour le moins étonnante ! Quant au nombre de pyramides érigées dans l'Égypte antique, les archéologues en recensent aujourd'hui plus d'une soixantaine. Ces éléments réunis donnent à penser que les Égyptiens avaient su développer des techniques, des

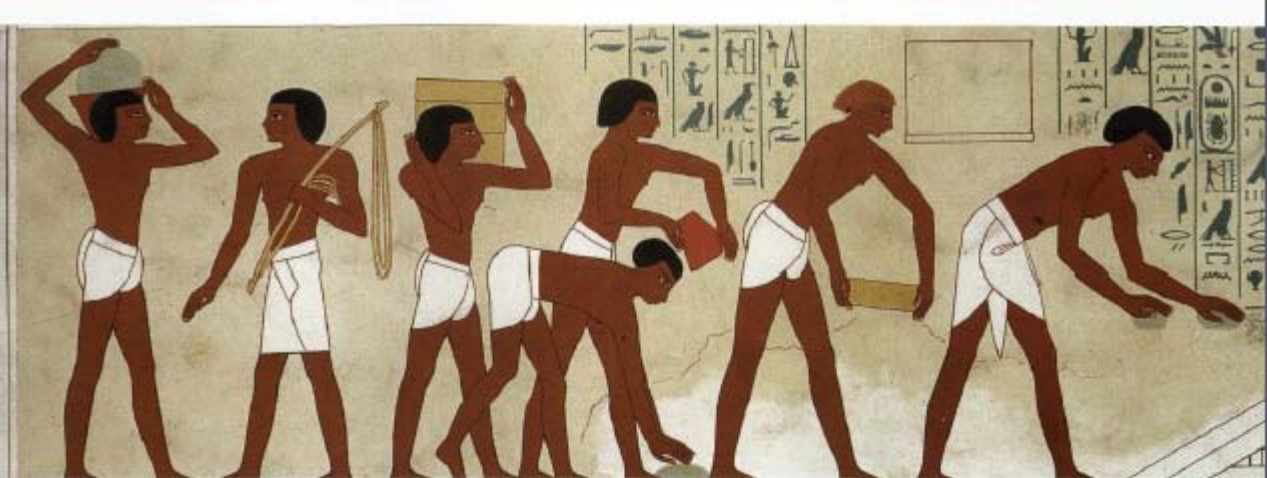
savoir-faire et des outils hors du commun. Et pourtant, les archives archéologiques patiemment rassemblées par les égyptologues nous racontent une tout autre histoire : celle d'un peuple qui, pour construire ces merveilles parmi les merveilles, n'a eu besoin que de quelques outils rustiques et rudimentaires.

« Pas de mécanisme particulier, ni de machine extraordinaire. Pas même de poulie, et encore moins de roue », insiste Jean-Pierre Adam, archéologue et architecte spécialiste des pyramides. Rien de tout cela n'est, en effet, sorti des chantiers de fouilles ou n'est apparu sur les peintures et autres bas-reliefs des temples ou des pyramides qui, pourtant, racontent parfois les étapes de la construction des édifices qu'ils ornent. Lorsque des outils sont représentés, ils sont généralement d'une simplicité extrême et, pour la plupart, communs à toutes les sociétés mégalithiques. Rien d'extraordinaire, notamment, du côté de l'équipement des carriers chargés de fournir les innombrables blocs de calcaire et les

Toutes les pyramides ont été bâties avec des outils rudimentaires. Ce modèle de hache se retrouve dans les tombes du Nouvel Empire.







## On marquait les pierres afin de les ajuster au centimètre près

quelques blocs de granite nécessaires à l'édification d'une pyramide. Comme en témoigne, par exemple, un bas-relief retrouvé dans la tombe d'Aba, gouverneur de la province de Deir el-Gebrawi, ou encore certaines peintures de la tombe de Rekhmiré, vizir de Thoutmôsis III puis d'Amenhotep II (XVIII<sup>e</sup> dynastie). Les Égyptiens, comme beaucoup d'autres peuples qui les ont précédés, utilisaient, semble-t-il, des perceurs de pierre pour dégager la masse rocheuse qui les intéressait. Les fouilles réalisées dans les carrières consistaient en de simples pierres de dolérite sans doute saisies à pleine main ou montées sur un manche en bois et tenues par des lanières pour former ce qui ressemble à une pioche ou une herminette. Or, de tels perceurs étaient déjà utilisés 2 000 ans avant les premières pyramides dans toute l'Europe occidentale pour travailler des mégalithes tels que les dolmens et les menhirs. D'autres outils, plus « modernes » cette fois, mais d'un usage très répandu à cette période puisqu'on les retrouve dans toute la Mésopotamie, apparaissent aussi sur les fresques déjà mentionnées, comme le maillet en bois et le ciseau de cuivre seul métal disponible en Égypte à l'époque.

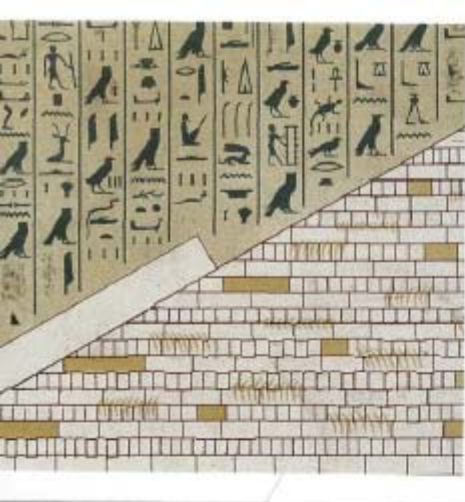
Ces outils étaient, selon les égyptologues, utilisés, une fois la masse rocheuse mise en forme, pour le travail de finition. D'ailleurs, les traces témoignant de leur usage seraient encore bien visibles sur les pierres qui n'ont pas eu à trop subir les dommages du temps. On a aussi retrouvé des scies à lame de cuivre, avec ou sans dents, vraisemblablement utilisées pour découper des blocs de calcaire dans les strates des carrières. Là encore, l'utilisation de ces scies est attestée par la présence sur certains blocs

de très nettes traces de sclage. Une fois la strate découpée en morceaux, les égyptologues pensent que les carriers marquaient les blocs ainsi obtenus afin de permettre aux équipes chargées de les disposer sur la pyramide de les replacer les uns à côté des autres. Ils obtenaient ainsi des ajustements au centimètre près. C'est ce que semblent indiquer, en tout cas, des inscriptions telles que : « à placer sur la pyramide » retrouvée sur une pierre de la tombe d'Amenemhat (roi de la XII<sup>e</sup> dynastie), ou « ce côté en haut » inscription découverte sur une pierre de la pyramide de Snéfrou (roi de la IV<sup>e</sup> dynastie), ou encore « pour la tombe royale » déchiffrée sur un bloc de la tombe de Niouserré (roi de la V<sup>e</sup> dynastie). Au final, ce que montre l'archéologie c'est que les carriers égyptiens, à défaut d'avoir été particulièrement innovants et savants, ont été très méthodiques et efficaces.

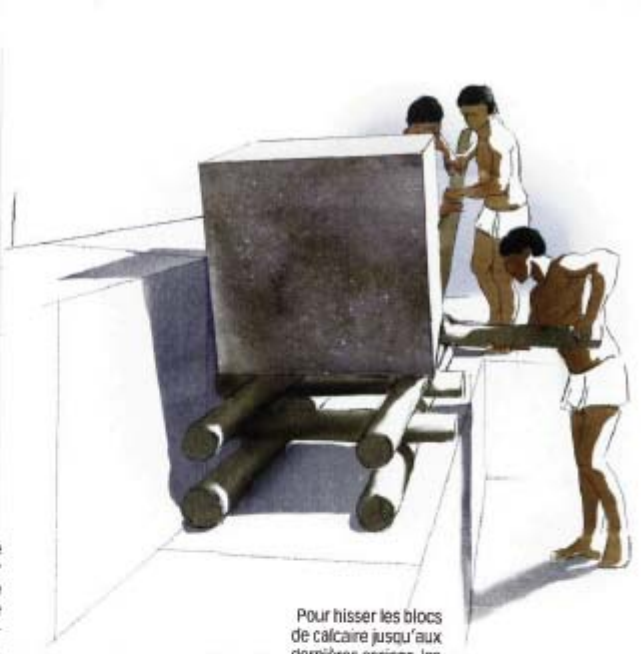
### « L'équipe vigoureuse »

Et l'on peut dire la même chose des équipes chargées du transport des blocs de la carrière à la pyramide. Il semble bien, en effet, qu'elles utilisaient pour ce transport un simple traîneau de bois remorqué à l'aide de cordes comme le faisaient, pense-t-on, les peuples du début du néolithique pour déplacer les pierres des dolmens et autres cromlechs. D'abord, on sait qu'il s'agissait bien d'équipes parce qu'on a pu retrouver le nom de certaines d'entre elles peint sur les blocs qu'elles ont sans doute transportés. Deux d'entre elles ayant travaillé sur le chantier de la pyramide de Méfouan se nommaient, par exemple, « l'équipe vigoureuse » et « l'endurante ». On sait aussi qu'elles étaient dirigées par un chef puisque l'on a aussi retrouvé l'indication « chef des tireurs de cordes » sur





Les Egyptiens ont utilisé des rampes droites pour bâtir leurs édifices comme l'atteste cette fresque de la tombe du vizir Rekhmiré, vers 1500 av. J.-C.



Pour hisser les blocs de calcaire jusqu'aux dernières assises, les ouvriers ne disposaient probablement que de simples leviers et de cales en bois.

une pierre de la pyramide de Pépi I<sup>er</sup> (roi de la VI<sup>e</sup> dynastie). L'utilisation de traîneaux de bois pour le transport des pierres ne fait, quant à elle, pratiquement aucun doute tant les preuves matérielles foisonnent. D'abord, les restes d'un de ces traîneaux de bois de grandes dimensions (il mesure 4,25 m de long) ont été trouvés sur le site de Dahchour par Jacques de Morgan en 1894. Ensuite, beaucoup de bas-reliefs et de peintures montrent très explicitement et sans ambiguïté le traîneau et sa mise en œuvre. Et enfin, comme le fait remarquer Jean-Pierre Adam « l'utilisation du traîneau est si répandue et banalisée à l'époque, que l'objet a même donné naissance à un hiéroglyphe » et ce dès la I<sup>re</sup> dynastie. Il y a quelques années, une équipe d'archéologues américains a tenté de reconstruire une petite pyramide de 6 m de haut en utilisant les techniques des Egyptiens. L'expérience a montré qu'une vingtaine de tireurs suffisait pour déplacer avec facilité un traîneau chargé d'un bloc de 2,5 tonnes en tout point semblable à ceux que les Egyptiens ont utilisés pour construire la Grande Pyramide. Pour se faciliter la tâche, ils humidifiaient parfois le sol sous les patins du traîneau de manière à réduire les frottements. Et là encore, il existe des preuves archéologiques de l'emploi de cette technique. On voit, par exemple, un

homme, portant une cruche, verser de l'eau devant un traîneau sur le relief de Djéouthitép (roi de la XII<sup>e</sup> dynastie). Généralement, « les tireurs de cordes » n'avaient que peu de distance à couvrir. Les carrières fournissant le gros des blocs de calcaire se trouvaient à proximité immédiate des sites de construction (quelques centaines de mètres à quelques kilomètres). La pyramide rouge de Snéfrou à Dahchour, par exemple, doit sa couleur au fait qu'elle est constituée d'un calcaire naturellement riche en fer et en manganèse que l'on trouve justement sur le site de Dahchour. Autres exemples : les archéologues ont pu identifier des cavités dans le plateau de Gîza dont le volume correspond peu ou prou à celui des pyramides de Khéops et de Khéphren. Le calcaire y est, de surcroît, constellé de fossiles en forme de disques, les nummulites, que l'on retrouve, semble-t-il, dans les blocs qui composent le corps des deux pyramides. Si l'on accepte ces preuves, la carrière de Khéops ne serait donc située qu'à 300 mètres à peine au sud et en contrebas de la Grande Pyramide. Certains matériaux viennent toutefois de plus loin, voire de beaucoup plus loin. C'est le cas notamment du cal-

Un traîneau en bois tiré par une vingtaine d'ouvriers permettait de remorquer, depuis la carrière jusqu'au site, un bloc de 2,5 t.



# Comment construire une pyramide à parois lisses

## Plan du chantier



Plusieurs campagnes de fouilles, dirigées par l'égyptologue américain Marc Lehner entre 1988 et 2003, ont permis de retrouver la configuration probable du site de la Grande Pyramide de Gizeh au moment de sa construction. On a ainsi pu retrouver le village des ouvriers du chantier, les carrières qui ont fourni le gros du calcaire de la pyramide et le port.

## L'hypothèse de la rampe frontale

### Le traîneau

Il est tiré sur des traverses en bois de palmier positionnées à intervalles réguliers en travers de la rampe afin d'éviter qu'il ne s'enfonce dans la brique crue.



### La rampe

Rehaussée à mesure de l'avancement des travaux, elle permet de construire la pyramide jusqu'au premier tiers de sa hauteur.

## L'hypothèse de la rampe hélicoïdale

Si elle permet de conserver l'usage des traîneaux jusqu'au sommet de la pyramide, elle compromet le contrôle de la construction de ses faces et ses arêtes.



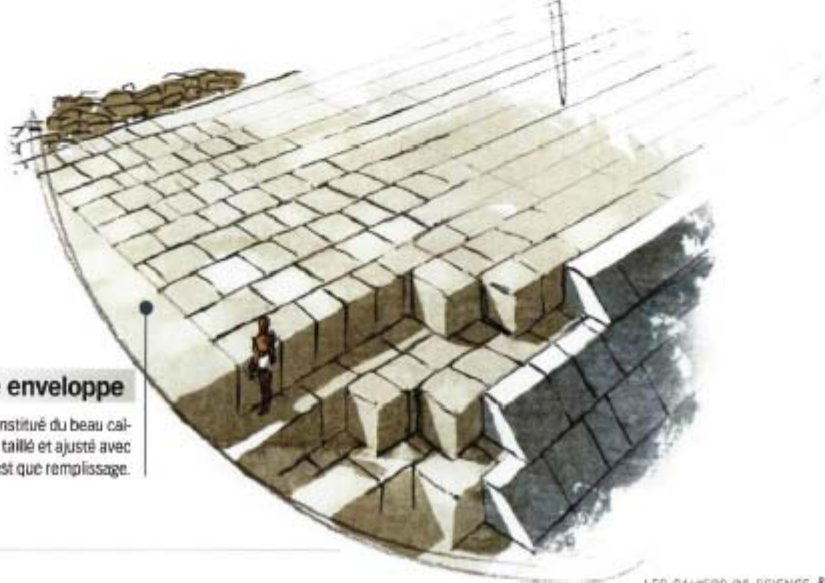
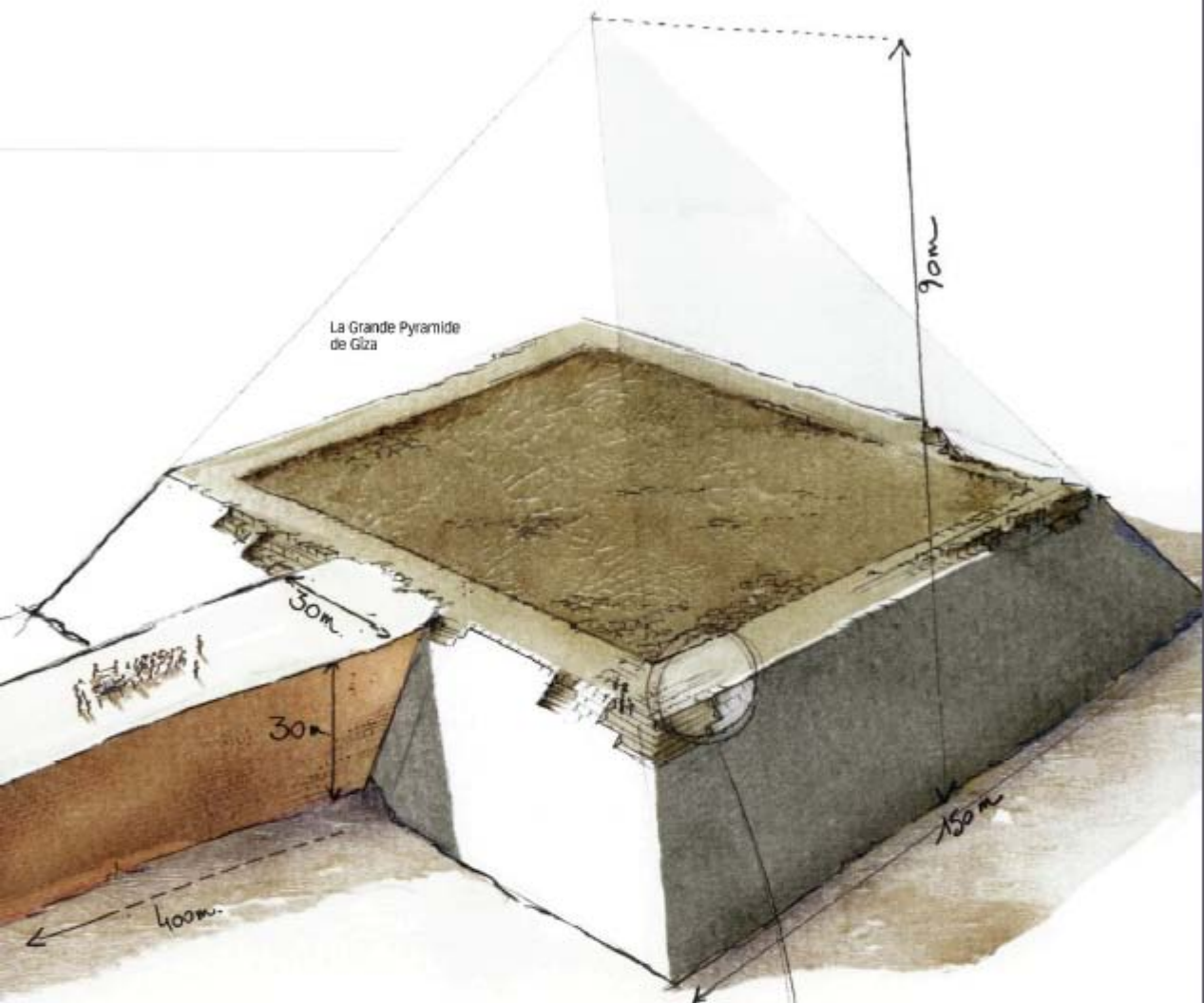
Vue de dessus



La pyramide achevée et sa rampe







### Une belle enveloppe

L'extérieur est constitué du beau calcaire de Tourah, taillé et ajusté avec soin. Le reste n'est que remplissage.

caire utilisé pour le parement des pyramides dont on a pu établir qu'il provenait de la carrière de Tourah située sur la rive orientale du Nil à la hauteur de Giza. Mais c'est aussi le cas du granite dont les Egyptiens se servent pour construire les chambres funéraires et qui provient, quant à lui, des carrières d'Assouan à l'autre bout du Nil. Reste que dans ces deux cas c'est le Nil qui fournit la majeure partie du surcroît de travail nécessaire pour le transport des pierres. A Giza, par exemple, les archéologues ont pu retrouver les vestiges d'un ancien port situé au pied du site de la Grande Pyramide, à proximité immédiate de la carrière (juste devant le Sphinx). Pour les équipes de tireurs, livrer le calcaire grossier du corps de la pyramide, le calcaire fin destiné au parement, ou le granite des chambres funéraires revenait donc, du point de vue de la distance à parcourir, strictement au même et un simple traîneau suffisait.

### Comment économiser le travail

Les preuves archéologiques sont là : ni les carriers, ni « les tireurs de cordes » ne semblent avoir véritablement innové sur le chantier des pyramides. Mais qu'en est-il des ouvriers qui les ont littéralement élevées ? Il paraît bien difficile d'accepter l'idée que ces hommes aient pu empiler les millions de blocs de calcaire de 2,5 tonnes chacun jusqu'à une hauteur de 146 mètres, comme ce fut le cas pour la pyramide de Khéops, sans avoir eu recours à un système de

seraient, en fait, que la montagne elle-même. L'estimation est bien plus difficile à réaliser lorsque la pyramide est encore en place comme c'est le cas de Khéops. Une étude récente pourtant, conduite par Suzanne Raynaud de l'université de Montpellier, estime que le socle rocheux pourrait représenter jusqu'à 23 % du volume de la Grande Pyramide. La proportion tomberait à 17 % pour Khéphren. Mais ce n'est pas la seule économie que s'autorisaient les Egyptiens. Il ne faudrait pas croire, notamment, que les pyramides soient constituées exclusivement de beaux blocs de calcaire parfaitement taillés et ajustés. Seul le pourtour de ces édifices (une vingtaine de mètres pour Khéops) était réalisé avec de tels blocs. Le reste, c'est-à-dire la grande majorité du volume, n'était fait que de pierres approximativement taillées, mal ajustées laissant de nombreux vides interstitiels, voire même des cavités que les Egyptiens ne cherchaient même pas à combler. C'est vrai pour la pyramide éventrée de Djedefré dont on a pu ausculter le cœur, et c'est vrai aussi pour celle de Mykérinos qu'une large brèche trahit. Bref, à chaque fois que les Egyptologues ont pu accéder aux entrailles d'une pyramide ils ont pu vérifier à quel point les Egyptiens se souciaient peu, et on les comprend, de l'aspect intérieur de ces édifices. Et la pyramide de Khéops ne fait sans doute pas exception à ce qui semble bel et bien être la règle. Les estimations de sa densité, effectuées en 1986 par la fondation EDF, montrent, en effet,

# Une bonne part des pyramides est bâtie sur un socle rocheux

levage ingénieux et économe en énergie. Et l'on répugne encore plus à cette idée lorsque l'on considère qu'il a aussi fallu hisser les 43 poutres de granite pesant jusqu'à plus de 60 tonnes à 63 mètres de hauteur afin de construire la chambre du roi de cette même pyramide. Mais les faits archéologiques sont têtus et l'on est bien forcé d'admettre l'hypothèse que les Egyptiens aient pu se passer ici, comme ailleurs sur le chantier, de la moindre innovation technique. D'abord les fouilles réalisées sur les pyramides inachevées ou en partie démolies d'Amenemhat I<sup>er</sup> et de Sésostriis I<sup>er</sup> (XII<sup>e</sup> dynastie) à Licht, ou encore sur la pyramide de Djedefré (roi de la IV<sup>e</sup> dynastie) à Abou Roach, montrent que les pyramides ne sont pas entièrement constituées de blocs de calcaire taillés. Une bonne part est purement et simplement le socle rocheux lui-même. Les Egyptiens construisaient, en effet, leurs monuments sur des éperons rocheux qui servaient de germe à la future pyramide et qui leur permettaient de s'économiser une bonne part du travail. Si l'on en croit Michel Valloggia, égyptologue suisse qui a étudié le site d'Abou Roach, « 44 % du volume de la pyramide de Djedefré » ne

qu'elle est bien moins dense qu'elle devrait l'être. Elle aussi est donc pleine de vides. Pour les ouvriers chargés de construire les pyramides, on s'en doute, tous ces vides étaient autant de pierres qu'ils n'avaient pas à monter et donc, d'efforts économisés. Car pour hisser les blocs au sommet provisoire des pyramides en construction, il semble, d'après les découvertes archéologiques, que les Egyptiens devaient tirer les traîneaux, non plus sur du plat, mais sur des rampes inclinées, semble-t-il à plus ou moins 10 %.

Plusieurs observations viennent étayer cette hypothèse. D'abord des vestiges de rampes auraient été retrouvés adossées aux deux pyramides inachevées de Licht. Ensuite, si l'on en croit Jean-Pierre Adam, « des traces de rampes ayant servi à la construction des pyramides de Khéphren et de Mykérinos sont encore visibles au pied de ces deux monuments ». Enfin, on a retrouvé un texte, le papyrus Anastasi, qui explique clairement comment il convenait de construire une telle rampe. Si l'on en croit ce texte les rampes étaient constituées de briques de terre crue renforcées par des traverses en bois de palmier. Ces traverses de bois auraient d'ailleurs





Un chantier de construction repose notamment sur une main-d'œuvre nombreuse et encadrée. (Tombe du vizir Rekhmiré, XVIII<sup>e</sup> dynastie.)

été retrouvées dans les restes des rampes des deux pyramides de Licht. Reste que l'hypothèse de la rampe n'en est pas pour autant complètement validée. D'abord, certains pensent que les rampes dont on a retrouvé les vestiges n'ont pas servi à construire les pyramides mais à les démolir. Elles dateraient de beaucoup plus tard. Michel Valloggia y aurait même retrouvé « des céramiques de l'époque romaine ». Ce spécialiste fait aussi remarquer que « le papyrus Anastasi date de la XIX<sup>e</sup> dynastie et qu'il n'est, par conséquent, pas contemporain de la construction des pyramides ».

Enfin, l'emploi de rampes ne permet pas de résoudre complètement le problème de la construction de ces monuments. Vu les dimensions de certaines d'entre elles, il est peu vraisemblable, par exemple, que des rampes droites s'appuyant sur l'une des faces aient

été employées d'un bout à l'autre du chantier. Elles seraient devenues trop encombrantes. Et si les rampes n'étaient, comme le proposent certains égyptologues, utilisées que jusqu'au tiers de la hauteur, il reste alors à expliquer comment à l'aide de simples leviers et de cales en bois les Égyptiens sont parvenus à hisser le reste des blocs sur les deux tiers restant. Ce qui est loin d'être une sinécure tant l'espace disponible entre deux assises successives est faible. Pour pallier ce problème, certains ont envisagé des rampes hélicoïdales s'enroulant autour des pyramides. Mais alors on perd l'accès aux arêtes et aux faces de la pyramide et il est impossible de contrôler la forme de la construction.

Force est d'admettre que sur tous ces points les archives archéologiques restent muettes. Les égyptologues n'en ont donc pas fini avec les pyramides et l'histoire peut encore rebondir. Reste que si d'aventure il se confirme que les Égyptiens ont vraiment utilisé des rampes et des leviers pour édifier leurs pyramides, il faudra alors se rendre à l'évidence: ils ne possédaient aucun savoir-faire exclusif et le fait qu'ils aient, malgré cela, réussi à construire aussi parfaitement de tels monuments en fait, véritablement, un peuple à part dans l'histoire.

**Eric Hamonou**

# [La rampe intérieure]



**L**es centaines d'ouvrages consacrés à la pyramide de Khéops prétendent avoir enfin réussi à percer le mystère qui entoure sa construction. Car il faut bien l'admettre, les archives archéologiques, trop parcellaires et discutables, n'expliquent pas vraiment comment les Égyptiens ont pu empiler des blocs de plus de deux tonnes jusqu'à une hauteur de 146 m. Du coup, tout le monde y va de son hypothèse. Celle de Jean-Pierre Houdin, annoncée en fanfare l'an dernier, semble particulièrement intéressante : cet architecte reconverti à l'égyptologie envisage l'existence d'une rampe en colimaçon à l'intérieur de la Grande Pyramide reliant la base au sommet, et qui aurait servi à acheminer les pierres. Une théorie qualifiée d'intéressante par Zahi Hawass lui-même, secrétaire général du Conseil suprême des antiquités égyptiennes. Il faut dire que cette idée, contrairement à la plupart des autres hypothèses, réussit la prouesse de répondre à plus de questions qu'elle n'en pose elle-même. Jusque-là, les égyptologues hésitaient entre deux types de rampes pour l'édification de la pyramide. L'une, frontale et droite, s'appuyant sur une face du monument en construction, l'autre, en colimaçon, s'enroulant tout autour. Dans un cas comme dans l'autre, les égyptologues s'accordent à dire que la pente devait être de l'ordre de 8 %. Avec une telle contrainte, la rampe frontale utilisée d'un bout à l'autre du chantier, aurait atteint près de 1,8 km de long et aurait été aussi volumineuse que la pyramide elle-même. Et le mys-

tère de la pyramide serait devenu le mystère de la rampe. Autant dire que peu d'égyptologues défendent cette idée. La plupart des tenants de la rampe frontale pensent qu'elle n'a été utilisée que pour monter au tiers voire au quart de la hauteur de la pyramide. Au-delà ils imaginent l'emploi de simples leviers et de cales de bois ce qui est loin d'être tout à fait convaincant tant il paraît difficile d'effectuer ce genre de manutention sur le peu d'espace que réservent les assises de la pyramide. La rampe enveloppante est de ce point de vue plus crédible. Plus besoin, en effet, de dangereuses manipulations de blocs au bord du précipice car la rampe permet d'accéder au sommet en tirant un simple traineau. Le problème, ici, est que la pyramide et ses arêtes disparaissent sous la rampe et qu'on ne peut plus vérifier la forme précise de ce qu'on construit. Il faut attendre, de surcroît, que la pyramide soit entièrement construite pour pouvoir démonter la rampe et enfin poser le revêtement. « 90 000 m<sup>2</sup> à surfacer après vingt ans passés à construire la pyramide, les ouvriers en prenaient encore au moins pour 10 ans » déclare Jean-Pierre Houdin. Or, on sait que le chantier n'a duré qu'une vingtaine d'années. « Preuve que le revêtement extérieur a été posé au fur et à mesure de l'édification du monument », conclut l'architecte. Il fallait donc que les arêtes, mais aussi les faces de la pyramide restent accessibles. Une solution constituait à construire la rampe, non pas à l'extérieur, mais à l'intérieur de l'édifice.

Jean-Pierre Houdin imagine un couloir incliné à 7 % dont l'entrée se situerait à 7 m de hauteur au coin sud-est du monument, qui s'enroulerait dans le sens inverse des aiguilles d'une montre et qui déboucherait 140 m plus haut au sommet de la pyramide. Un aménagement intérieur qui reprendrait notamment le schéma de la Grande Galère menant à la chambre du roi – et qui, par conséquent, n'exigerait aucune nouvelle compétence de la part des Égyptiens. C'est là l'une des grandes forces de cette théorie. Et ce n'est pas la seule : d'anciens résultats de mesures viennent l'appuyer. En 1986, la fondation EDF avait financé une campagne de mesures permettant de cartographier la densité interne de la pyramide. L'idée était de repérer des zones beaucoup moins denses qui pourraient témoigner de la présence de cavités et, espérait-on, d'une chambre secrète. Les résultats n'ont rien montré de tel. En revanche, l'étude fait ressortir un élément inattendu et intrigant : « Des zones lourdes alternent avec des zones légères, sans qu'il ressorte de symétrie simple autre qu'une certaine allure en spirale ». S'agit-il du couloir de Jean-Pierre Houdin ? Huy Dong Bui, physicien et membre de l'Académie des sciences qui était chargé à l'époque de faire passer les mesures n'est pas loin de le penser, il reste néanmoins prudent et conseille de refaire des mesures encore plus précises. Toutefois Zahi Hawass tarde à donner à Jean-Pierre Houdin l'autorisation d'aller vérifier son hypothèse. En attendant, celui-ci s'apprête à publier un nouvel ouvrage consacré à sa théorie. ■

## [[ à voir ]]

• La théorie de la rampe intérieure a fait l'objet d'une animation en images de synthèse réalisée par Dassault Systèmes. La projection du film interactif *Khéops 3D* reprend du 24 septembre à juin 2009.



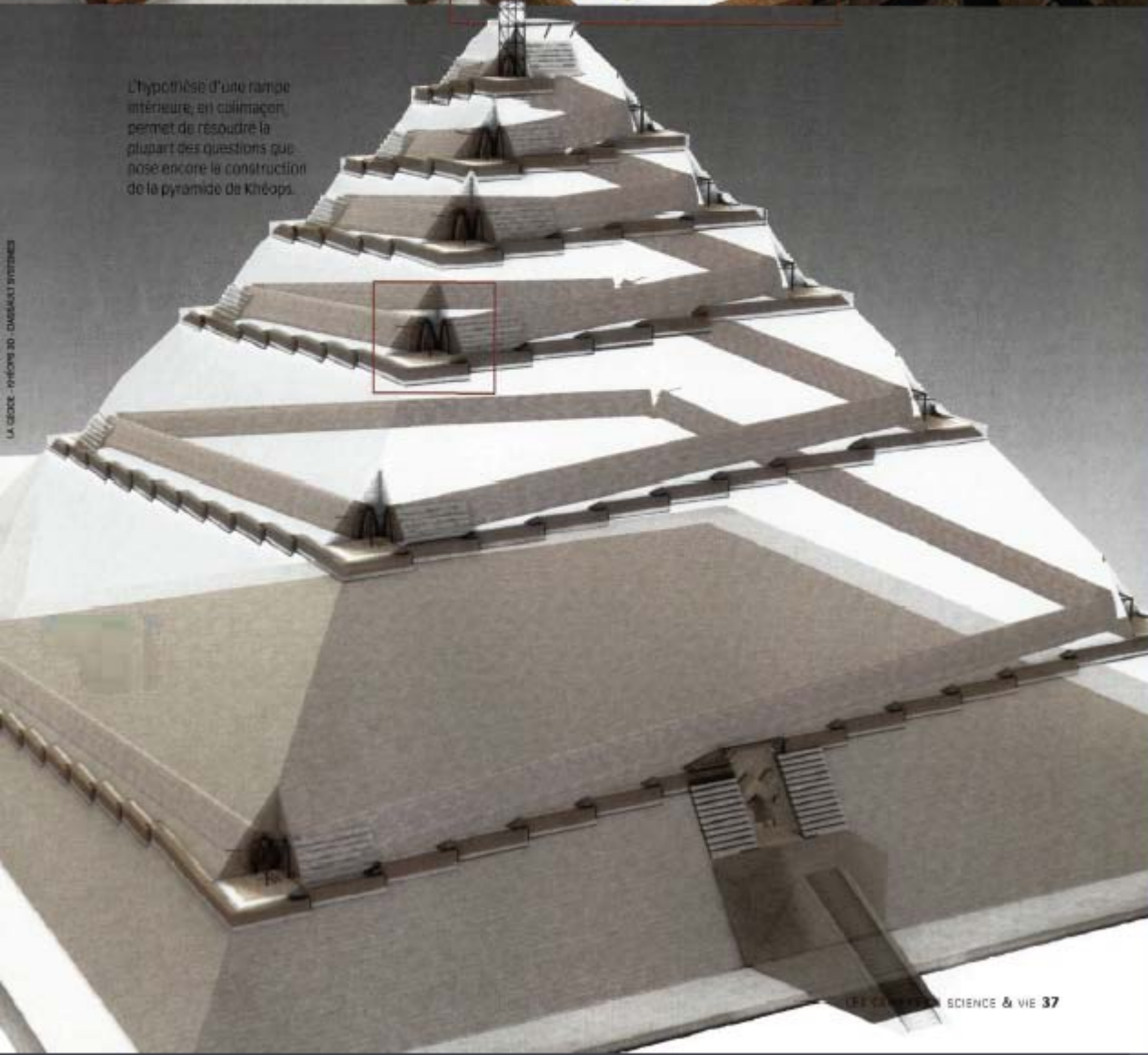
Le couloir intérieur, dont l'entrée est au coin sud-est, est utilisé pour monter. La descente s'effectue par une rampe extérieure.

Des ouvertures sont aménagées dans les arêtes de la pyramide et un système de palan y est installé.

Arrivés au coin, on soulève les blocs et on les fait pivoter pour changer de direction et emprunter le couloir ascendant.



L'hypothèse d'une rampe intérieure, en colimaçon, permet de résoudre la plupart des questions que pose encore la construction de la pyramide de Khéops.



**A**vril 2008, les étudiants du MIT (Massachusetts Institute of Technology) coulent leurs derniers blocs, terminant ainsi leur petite pyramide en pierres reconstituées. Pour eux la preuve est faite ou au moins en théorie, les Egyptiens avaient sous la main les matériaux nécessaires à la réalisation d'une architecture en géopolymère, une sorte de pierre reconstituée. La théorie n'est pas récente, puisque dès 1777 un diplomate de Louis XIV, Paul Lucas, aurait émis l'hypothèse que le revêtement des pyramides était en ciment. Deux siècles après le diplomate, un chimiste français, Joseph Davidovits, reprend le flambeau. L'inventeur des géopolymères modernes défend depuis 1979 l'idée que les Egyptiens avaient découvert la fabrication de la pierre réagglomérée, un calcaire naturel reconstitué et traité comme du béton. Selon lui, pour élever les pyramides, ils auraient coulé d'énormes blocs les uns après les autres en se

Jean-Philippe Noël

servant de coffrages en bois. Il estime que les blocs seraient constitués de 93 à 97 % d'agrégats de calcaire naturel et de 7 % de liant, un mélange de chaux éteinte et de sel natron qui, en réagissant, forment de la soude. Cette dernière dégrade l'argile kaolinique et se transforme en une colle géologique permettant au mélange, lors du séchage, de se réagglomérer en pierre dure. Seulement voilà, les ciments géopolymétriques sont chimiquement comparables à une cimentation naturelle et la chaux, en durcissant, se transforme en calcite aux apparences tout à fait naturelles. Résultat, les géologues qui analysent la pierre par cristallographie ne peuvent distinguer un calcaire naturel d'un calcaire artificiel. Une partie de la solution viendrait-elle alors de la physique et de la chimie ? En 2006 Gilles Hug, physicien au laboratoire de l'ONERA (Office national d'études et de recherches aérospatiales, Châtillon) et Michel Barsoum

professeur du département des sciences des matériaux et de l'ingénierie de l'université de Drexel (Philadelphie, Etats-Unis) sont arrivés à la conclusion qu'au moins la partie haute des pyramides de Giza serait construite en calcaire reconstitué (voir Science & Vie n° 1071).

L'étude menée conjointement par les deux laboratoires a consisté, dans un premier temps, à comparer la composition des pierres de la pyramide de Khéops à des échantillons de calcaire naturel provenant des carrières de Tourah et de Maadi, d'où est extrait le matériau qui a servi à l'édification du monument funéraire. Une dizaine d'échantillons ont été passés par XRD (X-ray diffraction) et par torche plasma. Première surprise, les échantillons provenant du revêtement extérieur ont une concentration en silicium et en magnésium bien supérieure à ceux des carrières. Autrement dit, la composition des échantillons diffère. Pour affiner leurs

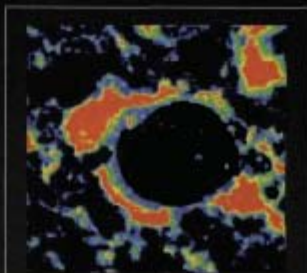
## [Ont-ils découvert le béton ?]





recherches, les deux laboratoires les ont ensuite analysés grâce aux techniques de microscope électronique à balayage (SEM) puis par transmission (TEM). Et les résultats obtenus semblent confirmer les premières hypothèses. Alors que l'échantillon de la carrière de Tourah se compose majoritairement de calcite, ceux des pyramides contiennent du silicium en combinaison avec des atomes de calcium, de magnésium et de chlore dans des ratios qui, jusqu'à preuve du contraire, ne se trouvent pas dans la nature. Autre constatation, certains micro-constituants n'ont pas eu le temps de se cristalliser. Pour les deux chercheurs, cela signifie clairement qu'ils ont été figés lors du processus chimique du durcissement du béton. Un béton qui permettrait d'expliquer l'agencement des pierres entre elles. En effet dans bien des cas, la jointure de ces blocs qui atteignent plusieurs tonnes est si parfaite que l'on n'y

glisserait pas un papier à cigarette. Une précision qui aurait nécessité de la part des Egyptiens un travail de tailleur de pierre apparenté à de la sculpture. Il y a quelques années l'architecte Joël Bertho et la géologue Suzanne Raynaud au CNRS avaient déjà souligné l'ajustement parfait de pierres aux contours complexes. La disposition anarchique de fossiles, l'homogénéité de certains grains et l'agencement des minéraux les avaient conduits sur la voie d'une pierre reconstituée. Les Egyptiens auraient-ils découvert la fabrication du béton ? Des chercheurs d'horizon très différents aujourd'hui le pensent. Malheureusement, cette théorie n'a jamais reçu ne serait-ce qu'un semblant d'intérêt de la part des égyptologues cramponnés à leurs blocs de pierres taillées, et les autorités égyptiennes refusent de donner leur aval à une étude officielle sur le sujet. Le débat reste donc ouvert...

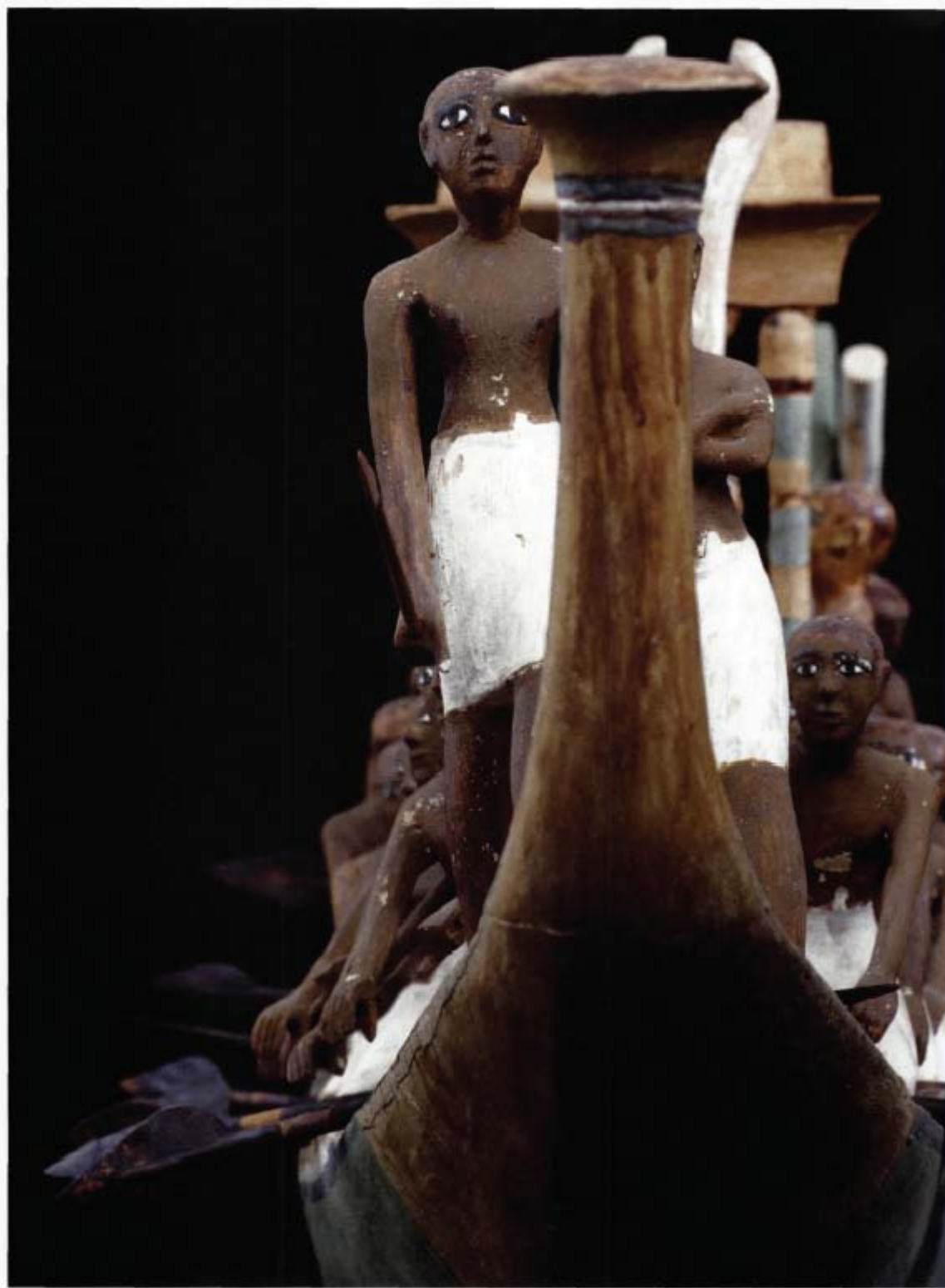


L'analyse par microscopie électronique à balayage du revêtement de la pyramide de Khéops montre une plus grande concentration en silicium (rouge) que dans les pierres de la carrière de Tourah.



Ces pierres aux contours complexes si parfaitement ajustées des pyramides de Giza ne sont-elles que de la pierre reconstituée et coulée comme du béton ?







Dans leur quête d'éternité, les rois de l'Ancienne Égypte se faisaient bâtir autour de leur pyramide un complexe funéraire censé préparer leur ascension vers les cieux.

# En route vers les étoiles

Rê n'a pas encore commencé sa course dans le ciel égyptien. Tout est calme dans le royaume endormi. Derrière les hautes murailles de l'enceinte sacrée, allongé sur une des terrasses du temple, un homme veille. Il sait au défilement des constellations le moment où il faudra donner l'alerte du réveil.

Au pied du plateau de Giza, entre le désert et les zones cultivées, à son signal, le village s'anime. Les premiers feux crépitent. Les fruits et les légumes s'entassent dans des paniers et les jarres de bière s'accumulent sur le dos d'ânes réticents. De son four, un boulanger retire ses premières fournées. Un boucher muni d'un couteau en silex tranche la gouttière jugulaire d'un bœuf dont le sang se déverse dans un cratère. D'un magasin à l'autre, les scribes font leurs tournées informant les contremaîtres des domaines des offrandes prévues pour la journée. Par petits groupes, dans leur tenue de lin blanc, les prêtres se dirigent vers le lac sacré. Leur journée débute toujours par les ablutions.

Les premiers rayons de Rê frappent maintenant la blancheur calcaire de la grande pyramide de



ANDRÉ DELUCA - FN COBLENZ - JANTENACI - BIRKEL - MARY

Khéops, alors que les prêtres pénètrent dans le temple de la vallée.

Chaque matin pouvaient ainsi se dérouler les premiers offices rendus à « Khéops appartient à l'horizon », comme les Égyptiens nommaient la plus grande des pyramides. Si le règne de Khéops (2590-2565) est méconnu et si seule une statuette en ivoire d'une dizaine de centimètres à son effigie nous est parvenue, sa pyramide avec ses 146,60 mètres à l'origine, 137 mètres aujourd'hui, est entrée dans l'histoire comme l'une – et la dernière debout – des Sept Merveilles du monde. Ses successeurs de la IV<sup>e</sup> dynastie, Khéphren (2558-2533) et Mykérinos (2532-2515) feront eux aussi élever deux grandes pyramides sur

celle d'Ounas (2380-2350) a conservé quelques beaux exemples de bas-reliefs gravés sur les parois de sa chaussée. L'un des plus célèbres présente le transport de deux colonnes destinées à la pyramide. Dans ce corridor assez sombre, éclairé à la lumière de quelques torches, les prêtres conduisaient le roi vers sa dernière demeure. Traversant le temple du haut, le cortège funèbre suivait le péribole qui ceint la pyramide pour rejoindre l'entrée du caveau qui se trouve sur la face nord.

Monument à la gloire d'un roi-dieu, il reste difficile aujourd'hui d'expliquer le choix de la forme pyramidale. S'il peut s'agir, au même titre que les mastabas d'une représentation de la butte primordiale –

## « Tu ne finiras pas, ton nom durera auprès des hommes »

le plateau de Giza. Ces trois monuments représentent le modèle du complexe funéraire que les rois adoptèrent jusqu'à la fin de la VI<sup>e</sup> dynastie, et qui d'est en ouest, du temple bas vers la pyramide les conduit vers l'immortalité.

En contrebas du plateau de Giza, à la limite des terres cultivées, un canal qui puise ses eaux dans le Nil dessert le temple du bas (ou de la Vallée). C'est ici que chaque jour, et pour toute cérémonie religieuse, les offrandes sont déposées. Mais c'est aussi ici que la barque funéraire apporte la dépouille momifiée du roi défunt et que les prêtres entament les cérémonies d'inhumation.

Si aujourd'hui l'ensemble du temple bas de la pyramide de Khéops a totalement disparu sous la ville de Giza, celui de Khéphren, en partie restauré, présentait une construction en blocs de granite rouge. Deux sphinx encadraient les deux portes d'entrée qui s'ouvraient sur une vaste salle en forme de T. Seize piliers monolithiques soutenaient le plafond à 4,50 mètres de hauteur. De chaque côté du mur des cavités accueillait les représentations du roi. Parmi la centaine de statues qui se trouvaient dans le complexe funéraire de Khéphren fut découverte, en 1860, la représentation du roi protégé par le dieu Horus sous forme de faucon.

L'accès au temple haut se fait *via* une longue chaussée couverte. Des travaux d'urbanisme ont mis au jour, il y a quelques années, les traces du débarcadère du temple bas de Khéops, ce qui permet d'évaluer la longueur de la chaussée à quelque 730 mètres de long. Les égyptologues pensent que par ce même accès, les Égyptiens apportaient les matériaux destinés à la pyramide. La construction achevée, la chaussée était dallée, puis recouverte pour s'intégrer dans le complexe funéraire, symbolisant probablement une partie du chemin vers l'immortalité. La plus modeste des pyramides de l'Ancien Empire,

celle de la naissance de la vie dans la genèse égyptienne – les Égyptiens la concevaient comme une voie ascensionnelle pour l'esprit du roi et une représentation des rayons du soleil, comme le sont les pyramidions des obélisques.

La momie étendue dans son sarcophage, les dernières prières prononcées, les prêtres quittaient définitivement l'intérieur de la pyramide non sans avoir refermé derrière eux les lourdes herses de granite, destinées à fermer la tombe royale pour l'éternité, comme le lui promettaient les Textes des Pyramides gravés sur les murs de certains tombeaux : « Tu ne t'éteindras pas, tu ne finiras pas, ton nom durera auprès des hommes. Ton nom viendra à être auprès des dieux. » Après l'inhumation, les cérémonies dues au souverain défunt étaient célébrées dans le temple

Le temple bas accueille les cortèges funéraires. On y achève la momification du défunt.

Un port dessert l'entrée du temple bas. Son quai donne accès à un canal irrigué par les eaux du Nil.

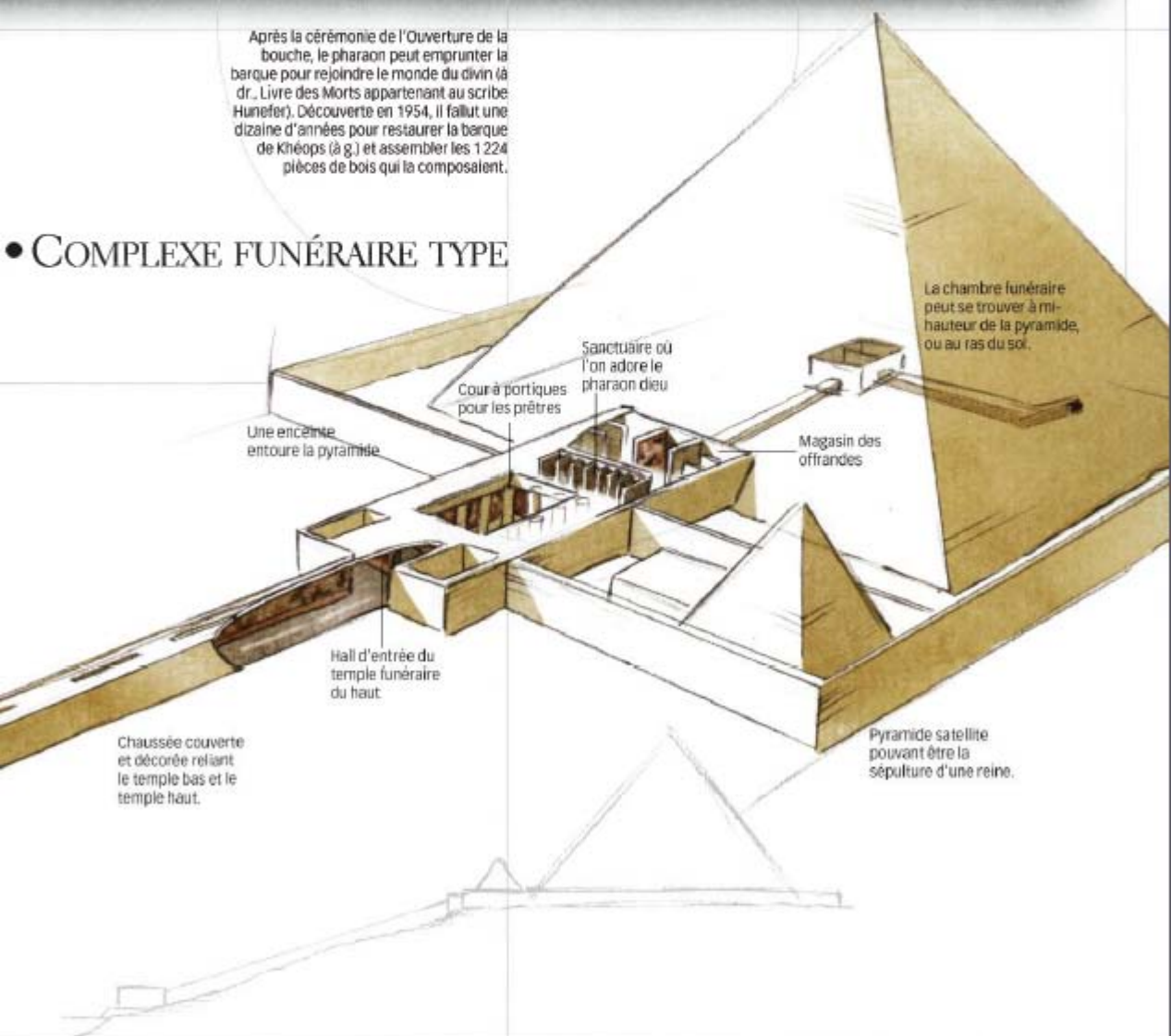






Après la cérémonie de l'Ouverture de la bouche, le pharaon peut emprunter la barque pour rejoindre le monde du divin (à dr., Livre des Morts appartenant au scribe Hunefer). Découverte en 1954, il fallut une dizaine d'années pour restaurer la barque de Khéops (à g.) et assembler les 1224 pièces de bois qui la composaient.

## ● COMPLEXE FUNÉRAIRE TYPE



La chambre funéraire peut se trouver à mi-hauteur de la pyramide, ou au ras du sol.

Sanctuaire où l'on adore le pharaon dieu

Cour à portiques pour les prêtres

Magasin des offrandes

Une enceinte entoure la pyramide

Hall d'entrée du temple funéraire du haut

Chaussée couverte et décorée reliant le temple bas et le temple haut.

Pyramide satellite pouvant être la sépulture d'une reine.

haut. Alors qu'il ne s'agissait précédemment que d'une simple chapelle, elle devient avec Khéops un véritable temple comportant des magasins pour les offrandes et les matériels du culte, et s'ouvrant sur une grande cour bordée de portiques. Tranchant avec la blancheur de la pyramide, le temple devait être décoré de reliefs colorés. Sculptés dans un calcaire fin, ils pouvaient être à la gloire du roi, mais aussi figurer des scènes d'offrandes.

Bâti sur la face est de la pyramide, ce temple funéraire n'était pas adossé directement contre elle : seule une petite pièce reliait les deux monuments. Ce sanctuaire, dont l'entrée était réservée aux prêtres de plus haut rang, contenait la stèle, fausse porte destinée à permettre au ka du roi de passer d'un monde à l'autre. Selon Isabelle Franco, (*Nouveau diction-*

# Pendant des siècles on rend un culte au roi, né fils des dieux

*naire de la mythologie égyptienne*, Paris, Pygmalion, 1990), le ka est le double immatériel de l'homme, incarnant ses forces vitales. Après la mort, il est considéré comme le véritable représentant de la personnalité humaine. Selon les croyances égyptiennes, il faut conserver le corps afin que le ka puisse en reprendre possession autant qu'il le souhaite : une statue à l'effigie du mort permet au ka de retrouver les traits sous lesquels il était jadis incarné.

Après les révérences et les incantations d'usage, le prêtre effleure le visage de la statue avec le *peches-kaf*, une sorte d'herminette en silex taillé en fourche. Tout en murmurant des formules magiques, il touche les yeux, le nez et la bouche de la représentation royale. Ce rite appelé « Ouverture de la bouche » permet au roi défunt de voir, de sentir et de se nourrir des offrandes qui lui sont offertes tout au long de la route qui le mène vers son immortalité. Alors, il empruntera les barques mises à sa disposition pour rejoindre la course du dieu Rê. En 1954, des fosses rectangulaires sont mises au jour au pied de la pyramide de Khéops. A l'intérieur se trouvent deux grandes barques en cèdre du Liban. L'une des deux seulement a été dégagée. Ces embarcations, qui semblent avoir servi, ont-elles accompagné le corps du défunt vers sa dernière demeure ? Ce n'est pas impossible. Jusqu'à cinq fosses à barques ont pu être découvertes au pied des pyramides de l'Ancien Empire. Mais il s'agit là plupart du temps de cavités en pierres, représentations symboliques qui n'ont jamais contenu aucun navire.

On ne peut concevoir le culte rendu au souverain, parfois des siècles encore après sa mort, si l'on igno-

re sa nature divine, car selon la conception égyptienne le roi est né fils des dieux Rê et/ou Horus.

Unique interlocuteur entre hommes et dieux, le roi a pour tâche de faire respecter l'ordre universel, la Mâat. Il est à ce titre l'autorité suprême à laquelle sont soumises toutes les institutions. Dans la société égyptienne aux fondements purement religieux, il est aussi le premier des prêtres et, à ce titre, a la charge du culte : à travers toute l'Égypte et à toutes les époques, des centaines de représentations le figurent rendant hommage aux divinités. Dans la réalité, les offices nécessitant plusieurs services quotidiens, il délègue ses fonctions aux prêtres. En revanche, il assure la vie de son clergé et la pérennité des offrandes en allouant une partie des terres et de leurs productions aux temples ; ces « domaines », répartis dans toute l'Égypte, étaient alors de véritables centres économiques.

Si elle fut à son origine destinée au roi, l'idée d'une sépulture pyramidale fut rapidement reprise par les proches du souverain. Khéops semble avoir été le premier à autoriser ses femmes à se faire élever un tel tombeau. Les archéologues attribuent à des reines, les trois pyramides sur le côté est du sanctuaire. D'une hauteur d'une vingtaine de mètres et bien qu'aucune inscription n'ait pu être retrouvée, des chapelles adjacentes les attribuent à Henoutsen et Méréthès, femmes du roi et à Hétiéphères, sa mère. Au sujet de cette dernière le doute persiste. En effet en 1925, le riche mobilier funéraire de cette souveraine a été mis au jour dans une tombe proche des pyramides. Elle comprenait, parmi les pièces les plus remarquables, un sarcophage d'albâtre, deux fauteuils à pied de lion partiellement dorés et des coffres contenant de nombreux bijoux dont des bracelets argentés et un nécessaire de manucure. Cet ensemble de mobiliers funéraires si bien conservé et parfaitement restauré est le plus complet de l'Ancien Empire. Mais si le nom de la reine y figure partout, son corps, lui, est introuvable. A-t-elle été enterrée dans l'une des trois petites pyramides ? Les égyptologues s'interrogent... Comme ils s'interrogent toujours sur la finalité d'une petite pyramide située au sud et que l'on retrouve dans de nombreux sanctuaires. Présente sur le site de Khéops sous une forme très arasée, elle pourrait jouer un rôle de double du tombeau, sorte d'avatar dont le rite est connu à Saqqâra.

A l'est du complexe funéraire, un ensemble de mastabas est réservé aux proches du pharaon. Alors qu'à l'ouest, le plus grand cimetière de Giza regroupe des centaines de mastabas dans lesquels semblent avoir été enterrés des gens de conditions variées, mais aussi des dignitaires des V<sup>e</sup> et VI<sup>e</sup> dynasties qui ont le privilège de reposer à l'ombre de « l'horizon de Khéops ».

Jean-Philippe Noël



La pyramide d'Ounas, dernier pharaon de la V<sup>e</sup> dynastie, a livré le plus complet et le plus ancien des Textes des Pyramides.

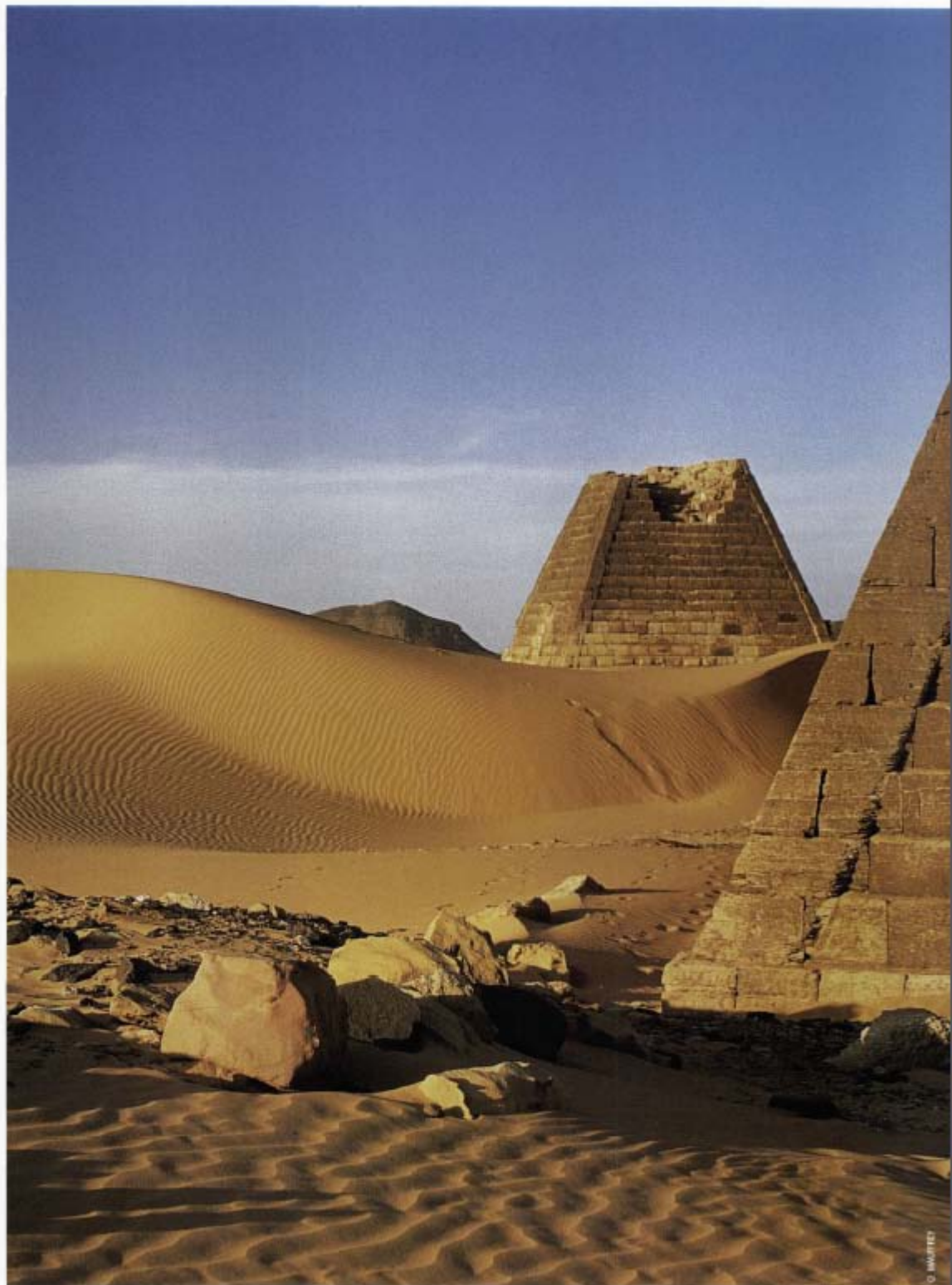
## [Les Textes des Pyramides]

Jean-Philippe Noël

*Tu ne t'éteindras pas, tu ne finiras pas. Ton nom durera auprès des hommes. Ton nom viendra à être auprès des dieux.* » Cette promesse de vie éternelle adressée à Pèpi I<sup>er</sup> (2289-2247) et gravée sur les parois de son appartement funéraire appartient à un des plus anciens recueils de textes de l'humanité. Il est probable que ces incantations qui aidaient le souverain à renaître dans l'au-delà, furent récitées par les prêtres jusqu'à la V<sup>e</sup> dynastie. Si quelques hiéroglyphes ornaient les monuments funéraires de Djéser, c'est à partir d'Ounas (2380-2350), dernier

roi de la V<sup>e</sup> dynastie, que les Textes des Pyramides sont gravés dans les appartements funéraires royaux. En les faisant graver sur les parois de leur tombeau, les rois se les approprièrent et surtout s'affranchissaient de l'influence des ecclésiastiques. Les Textes comportaient aussi des formules qui assuraient au défunt des provisions de bouche et la force nécessaire à son ultime voyage. Des formules magiques étaient censées protéger la sépulture contre les intrusions extérieures. Disposé en longues colonnes, le texte est tracé à l'aide de poudre de mala-

chite, ce qui lui donne une teinte verte, symbole de renaissance à l'instar des jeunes pousses qui se dressent sur le limon après les crues du Nil. Mais à la fin de l'Ancien Empire (2700-2200), les pyramides royales en perdent l'exclusivité et dès la Période Intermédiaire (2200-2033), les particuliers s'approprient des bribes du texte qu'ils font inscrire à l'intérieur de leur sarcophage. Ces Textes des Sarcophages seront repris en partie dans le Livre des morts. Inscrit sur papyrus, le texte sera alors déposé dans la tombe du défunt durant toute la Basse Époque (664-332). ■



© IMAGETRY





La nécropole de Méroé, près du désert de Bayuda.

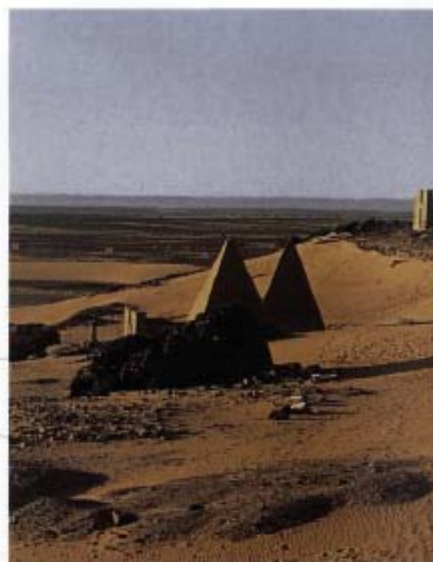
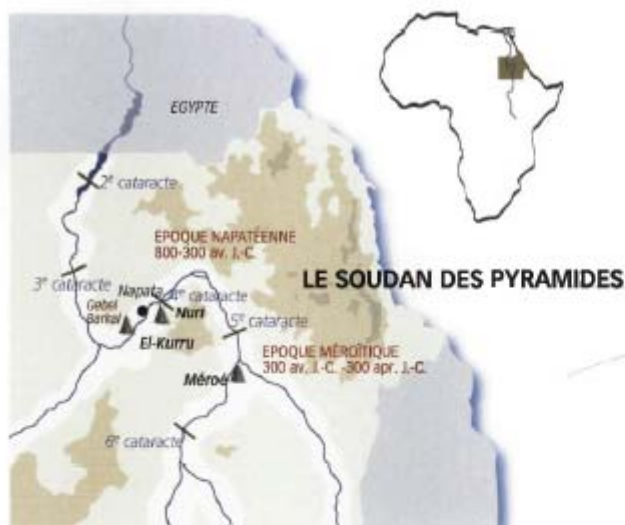
Avec leur pente abrupte et leur taille modeste, les pyramides de Nubie, bâties par les Pharaons noirs et leurs successeurs, tranchent sur les pyramides de Gîza.

## Nubie

# Les pyramides des pharaons noirs

« *Jamais ma joie ne fut plus extrême et plus vive qu'en découvrant les sommets d'une foule de pyramides dont les rayons du soleil peu élevé encore sur l'horizon dorèrent majestueusement les cimes* ». Le 25 avril 1821, Frédéric Caillaud, jeune explorateur au service du vice-roi d'Égypte Muhammad Ali, vient de découvrir la nécropole de Méroé, riche de 200 pyramides, dans les contrées désertiques du sud de la Nubie qu'il imaginait vierges d'histoire.

Ces pyramides nubiennes, construites entre le VIII<sup>e</sup> siècle avant Jésus-Christ et le IV<sup>e</sup> siècle de notre ère, se démarquent des pyramides de Gîza. Elles ont une silhouette en forme de lame de poignard, une taille modeste et une pente très forte : « *Cela confère une verticalité écrasante à des monuments dont la taille ne dépasse pas 30 mètres* » analyse Vincent Francigny, chercheur à la SFDAS (Section française de la direction des Antiquités du Soudan) <sup>(1)</sup>.



## Du tumulus à la pyramide, la transition se fait en deux siècles

Pourquoi un royaume africain, dont le modèle funéraire traditionnel est le tumulus, a-t-il adopté ces pyramides ? Par qui, quand et pourquoi furent construits ces monuments ?

Ces pyramides s'élèvent dans trois grandes nécropoles (El-Kurru, Nuri, Méroé) et une petite (Barkal) qui se trouvent dans l'ancienne Nubie. La frontière antique entre l'empire d'Égypte et cette région (qui correspond aujourd'hui à la Nubie et au Soudan central) passait au niveau d'Assouan et d'Éléphantine. L'entité politique régnant sur cette zone géographique est désignée par les Égyptiens sous le nom de « Koush ». La capitale religieuse de ces rois koushites est la montagne du Gebel Barkal, près de la ville de Napata.

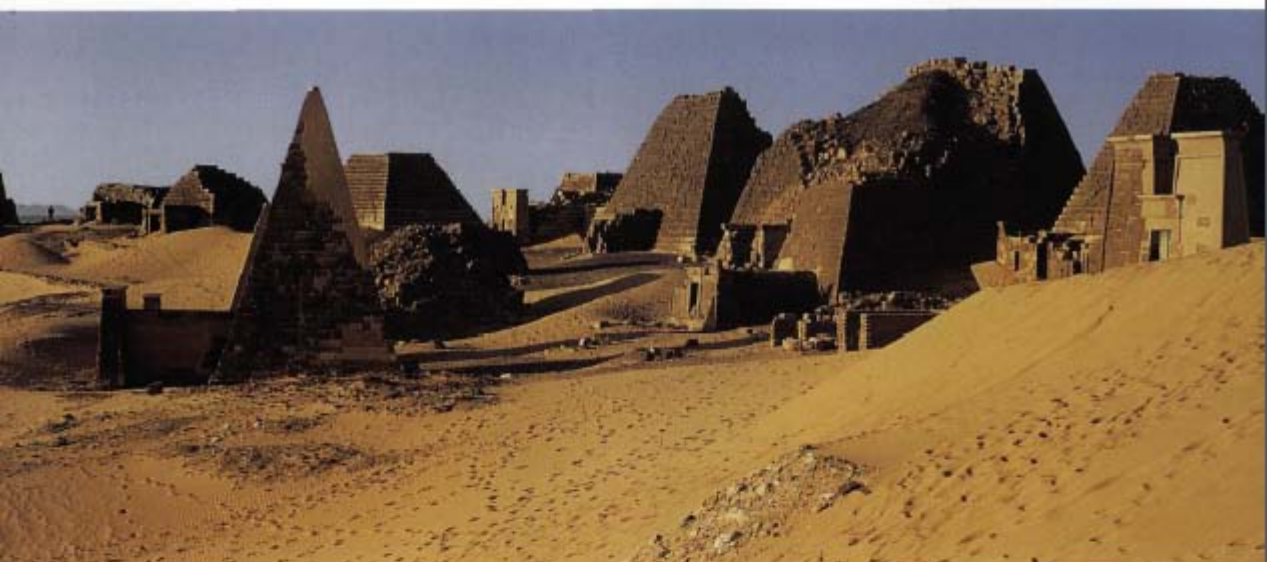
Tout au long des siècles, les Égyptiens ont voulu dominer cette région par laquelle transitaient l'or, l'ivoire et toutes les richesses de l'Afrique. Au Moyen Empire (-2000-1700) l'Égypte s'était avancée jusqu'à la deuxième cataracte du Nil. Au Nouvel Empire (1550-1070), elle pousse jusqu'à la cinquième cataracte et colonise cette région pendant près de cinq cents ans. L'influence égyptienne imprègne alors durablement la culture de Koush. Les dieux égyptiens sont intégrés dans le panthéon indigène tandis que les élites locales deviennent les serviteurs de Pharaon.

Ensuite, c'est le reflux. L'Égypte entre dans une période de faiblesse et se replie. Nous sommes alors au début du premier millénaire avant Jésus-Christ. La voie est libre pour un nouveau clan issu de la région de Napata. Sa puissance s'affirme au début de l'époque napatéenne (de -800 à -300). Vers -732, sous l'égide du roi Piankhy, il va même dominer l'Égypte. Cette inversion du rapport de force Nord-Sud est connue par la XXV<sup>e</sup> dynastie, celle des « Pharaons noirs », qui règne sur l'Égypte jusqu'en -664. Sous la menace assyrienne, le roi koushite Tanouétamani doit alors se replier vers la Nubie soudanaise.

Cette toile de fond événementielle permet de comprendre comment des rois africains ont pu adopter le mode de sépulture des pharaons égyptiens. Les pyramides n'apparaissent pas immédiatement. Au début du premier millénaire, on observe dans la nécropole d'El-Kurru la sépulture traditionnelle, celle du tumulus. Une évolution se produit ensuite : « *Autour du tumulus se crée d'abord une enceinte funéraire sacrée, un téménos. Puis une chapelle vient se greffer sur le tertre qui évolue vers un mastaba de forme pyramidale. En deux siècles, la transition est accomplie. Au tout début de la période napatéenne (VIII<sup>e</sup> siècle avant J.-C.) les souverains koushites ont définitivement adopté et adapté la forme pyramidale, que l'on retrouvera plus tard dans les nécropoles de Nuri et de Méroé* » explique Vincent Francigny.

1 - Site Internet de la SFEDS : [www.sfed.sor](http://www.sfed.sor)





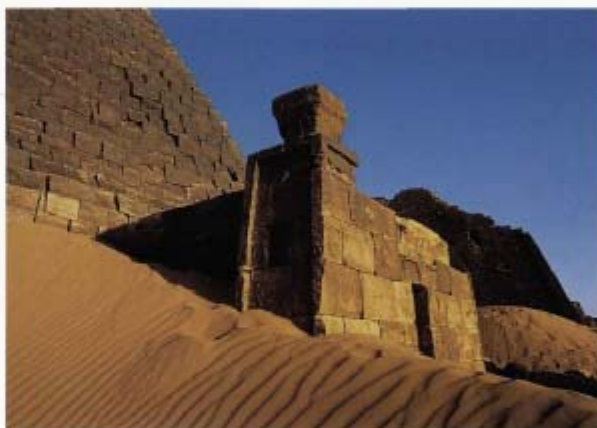
Les pyramides de Méroé furent construites vite et à moindre coût. Mais elles conservaient une chapelle flanquée d'un pylône.

L'adoption de la forme pyramidale correspond précisément au moment où les souverains koushites de la région de Napata conquièrent la basse Nubie (à partir du VIII<sup>e</sup> siècle avant Jésus-Christ) région où ont été édifiées un certain nombre de pyramides en forme de lame de poignard.

C'est ce modèle qui fut repris par les rois koushites. Leurs pyramides sont en pierre, d'une hauteur assez modeste (inférieure à 30 mètres) et leur pente a un angle très aigu (de 68 à 81 degrés contre une cinquantaine de degrés pour les pyramides royales égyptiennes). Elles sont flanquées d'une chapelle à l'est, où l'on trouve une stèle et une table d'offrandes où sont gravées des offrandes alimentaires sur lesquelles on versait une libation d'eau, de vin ou de lait. Le liquide s'écoulait vers le sol de la tombe pour rejoindre le défunt et le régénérer. Des tables d'offrandes semblables étaient utilisées en Égypte.

Néanmoins, les pyramides de Nubie ne sauraient se résumer à une plate imitation des monuments égyptiens : « Les pyramides sont en général coiffées d'un pyramidion de forme pointue. Mais les pyramides koushites sont différents. Les pyramides se terminent par un bloc monolithique tronqué avec des trous, qui laisse deviner un système permettant peut-être le fichage d'un disque solaire en bronze » explique Vincent Francigny.

Ces pyramides évoluent dans le temps tout en gardant leur allure caractéristique. A El-Kurru et à Nuri elles sont encore construites avec un appareil de pierre. Mais à Méroé, où les souverains koushites transfèrent leur capitale (VI<sup>e</sup> siècle avant Jésus-Christ) puis leur nécropole (III<sup>e</sup> s. av. J.-C.) la tech-



nique va changer. Les pyramides ne sont plus construites avec des blocs de pierre mais sont en remblais. On utilise un parement en pierre qui dans les derniers siècles sera en briques cuites :

« C'est un mode de construction qui offrait l'avantage de la rapidité et d'une économie de matériaux nobles, mais au prix d'une moins bonne qualité. Des mâts en cèdre du Liban étaient fichés au centre de la pyramide, puis l'on utilisait un système de balancier (chadou) pour lever les blocs. Dans ces pyramides, seul le parement externe est composé de pierres taillées. À l'intérieur se trouve un simple remblai de gravats sableux. Du coup, les monuments sont plus fragiles. Au fil des siècles, ils s'éventrent » note Vincent Francigny.

Par ailleurs, on observe une sorte d'élargissement du droit à la pyramide. Ce mode de sépulture est adopté en dehors de la famille royale. Cela se voit très bien à Méroé, qui s'organise en plusieurs zones géographiques (au nord, au sud, à l'ouest). La



A l'intérieur des chapelles, les rois koushites ont repris le rituel, la thématique et l'iconographie égyptiennes. (Tombe de Tanwetamani, El-Kurru.)

# Ont-ils voulu montrer qu'ils étaient plus égyptiens que les Egyptiens ?

nécropole du nord est exclusivement royale et princière, celle du sud contient quelques souverains et des enterrements divers, et dans celle de l'ouest ne repose aucun souverain.

Comment interpréter l'adoption en Nubie de ces pyramides ? Le point le plus décisif est de relever que les pharaons égyptiens ne se font plus enterrer dans des pyramides depuis longtemps au moment où les souverains de Koush adoptent ce mode de sépulture. C'est pourquoi Claude Rilly, chercheur au CNRS, spécialiste de l'écriture et de la civilisation méroïtique, parle de « surenchère dans l'égyptianité » de la part des souverains de Koush : « Ce n'est donc pas l'Égypte contemporaine, au prestige terni par les dominations étrangères, qu'ils entendent imiter. C'est de l'Égypte des Sésostris III, Thoutmôsis III, Amenhotep III ou Ramsès II, souverains dont les monuments jalonnaient la Nubie, qu'ils se veulent les héritiers ». Ces pyramides nubiennes signifieraient donc le désir, de la part de ces souverains koushites d'être plus pharaons que les pharaons. Et Claude Rilly en donne une preuve : « *Taharqa, souverain de la XXV<sup>e</sup> dynastie, sur le relief d'un temple conservé au musée de Khartoum, proclame "qu'il a bâti son*

*monument à son père, Khakaouré". Sésostris III, dont c'est le nom de couronnement, a pourtant mené des expéditions contre la Nubie au temps du royaume de Kerma dix-sept siècles auparavant ».*

Était-ce un calcul, pour affirmer sa légitimité sur la haute Égypte ? « Si tel était le cas originellement, il faut croire que les Koushites se prirent à leur propre jeu et finirent par se convaincre que les racines de la civilisation égyptienne se trouvaient chez eux » analyse Claude Rilly.

La construction de pyramides s'interrompt au IV<sup>e</sup> siècle de notre ère avec la disparition du dernier royaume koushite. On observe alors le retour du tumulus, forme traditionnelle présente dès 3000 avant Jésus-Christ. Ensuite, à partir du VI<sup>e</sup> siècle, le christianisme s'implante dans la région. Les données du problème changent radicalement.

**Jean-François Mondot**



# 2



## Une forme inévitable ?

- 52** > La pyramide  
ou la géométrie  
du moindre effort
- 62** > La pyramide  
un principe universel ?
- 67** > L'art de la proportion

Sans connaître les lois de la physique, les Egyptiens et les Mayas ont inventé, pour édifier leurs monuments, la forme géométrique la plus économe en termes d'efforts humains. La théorie constructale, mise au point en 1996, l'explique.



# La pyramide ou la géométrie du moindre effort

Ne possédant ni la roue, ni la poulie, les Egyptiens ont trouvé, de manière empirique, la forme la plus adaptée pour transporter et hisser les pierres.  
(Pyramide de Mikérynos.)



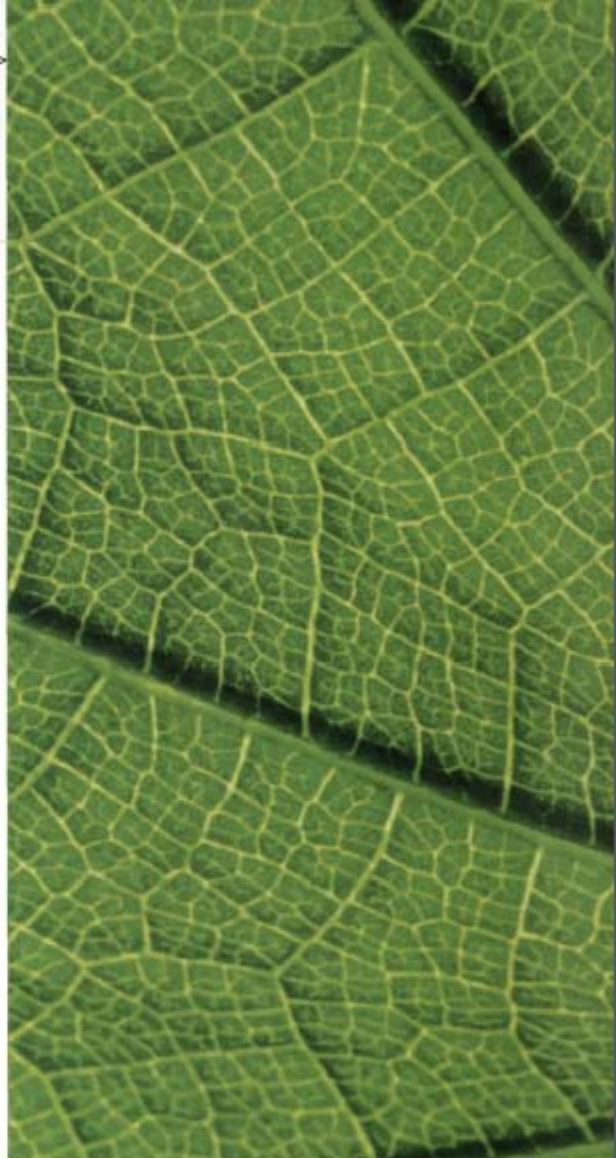




La nature a généré les formes les plus adaptées aux contraintes de l'environnement. On peut le voir jusque dans ces réseaux complexes qu'emprunte la sève dans les feuilles.

« La forme que l'on a adoptée dans la construction des pyramides, c'est la solidité qu'on a su leur donner, sont bien dignes d'admiration : c'est à leur forme qu'elles doivent l'avantage d'avoir résisté aux efforts des siècles, ou plutôt il semble que ce soit le temps qui ait résisté aux efforts de ces édifices éternels. » Dans ces lignes tirées de l'ouvrage *Account of Egypt* écrit à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle par le médecin arabe Abd al-Latif transparaît la fascination que les tombeaux égyptiens ont de tout temps exercée. Et, poursuit-il, « ce que ces édifices présentent de singulièrement remarquable, c'est la forme pyramidale que l'on a adoptée pour leur construction, forme qui commence par une base carrée et finit par un point. Or, une des propriétés de cette forme, c'est que le centre de la pesanteur est au milieu même de l'édifice : en sorte qu'il s'appuie sur lui-même, qu'il supporte lui-même tout l'effort de sa masse, que toutes ses parties se portent respectivement les unes sur les autres, et qu'il ne gravite pas vers un point hors de lui. »

Après l'Égypte, Caral au Pérou (voir p. 80) et les Mésopotamiens, les Mayas (voir p. 88) adopteront eux aussi cette forme géométrique pour leurs temples. Simple hasard ? Certes, comme le souligne Abd al-Latif, elle confère une grande stabilité à ces édifices volumineux. Mais, si surprenant que cela puisse paraître, toutes les pyramides, quelle que soit leur origine, se conformeraient à des règles géométriques identiques. C'est la thèse que défend Adrian Bejan, diplômé du célèbre Massachusetts Institute of Technology (MIT), professeur à l'université Duke, en Caroline du Nord, et l'un des 100 scientifiques les plus cités en ingénierie dans le monde. Pour ce spécialiste de thermodynamique, passionné d'architecture et de biologie, la pyramide

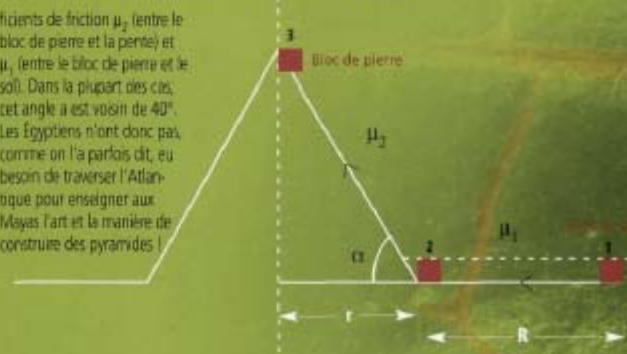


## LA PYRAMIDE VUE SOUS SON MEILLEUR ANGLE

La forme pyramidale des tombeaux d'Égypte et des temples d'Amérique centrale est celle qui a demandé le moins d'efforts à une main-d'œuvre qui n'avait ni poulie, ni roue. Les hommes devaient d'abord faire glisser la pierre sur le sol (trajet 1-2 ou R sur le schéma) puis la hisser le long de la pente de la pyramide (trajet 2-3, dont la projection au sol est notée r sur le schéma). Ces deux actions ne demandent évidemment pas la même énergie. La force nécessaire pour vaincre la résistance due

aux frottements du bloc de pierre sur le tronçon horizontal (ce que les physiciens nomment le « travail », noté  $W_{1-2}$ ) est moindre que celle appliquée pour le hisser à l'étage supérieur ( $W_{2-3}$ ). Le travail total qu'exige sa mise en place dans l'édifice peut être estimé par l'équation 1 ci-contre où N est la force appliquée pour tracter le bloc. L'analyse constructale montre, pour la première fois, que ces efforts sont minimums (équation 2) lorsque la tangente de l'angle  $\alpha$ , qui détermine la pente de la structure, est égale à la moitié de la différence entre les coef-

ficients de friction  $\mu_1$  (entre le bloc de pierre et la pente) et  $\mu_2$  (entre le bloc de pierre et le sol). Dans la plupart des cas, cet angle  $\alpha$  est voisin de 40°. Les Égyptiens n'ont donc pas, comme on l'a parfois dit, eu besoin de traverser l'Atlantique pour enseigner aux Mayas l'art et la manière de construire des pyramides !



$$\text{Equation 1 : } W = W_{1-2} + W_{2-3} = \mu_1 N R + (\mu_2 N \cos \alpha + N \sin \alpha) (H^2 + r^2)^{1/2}$$

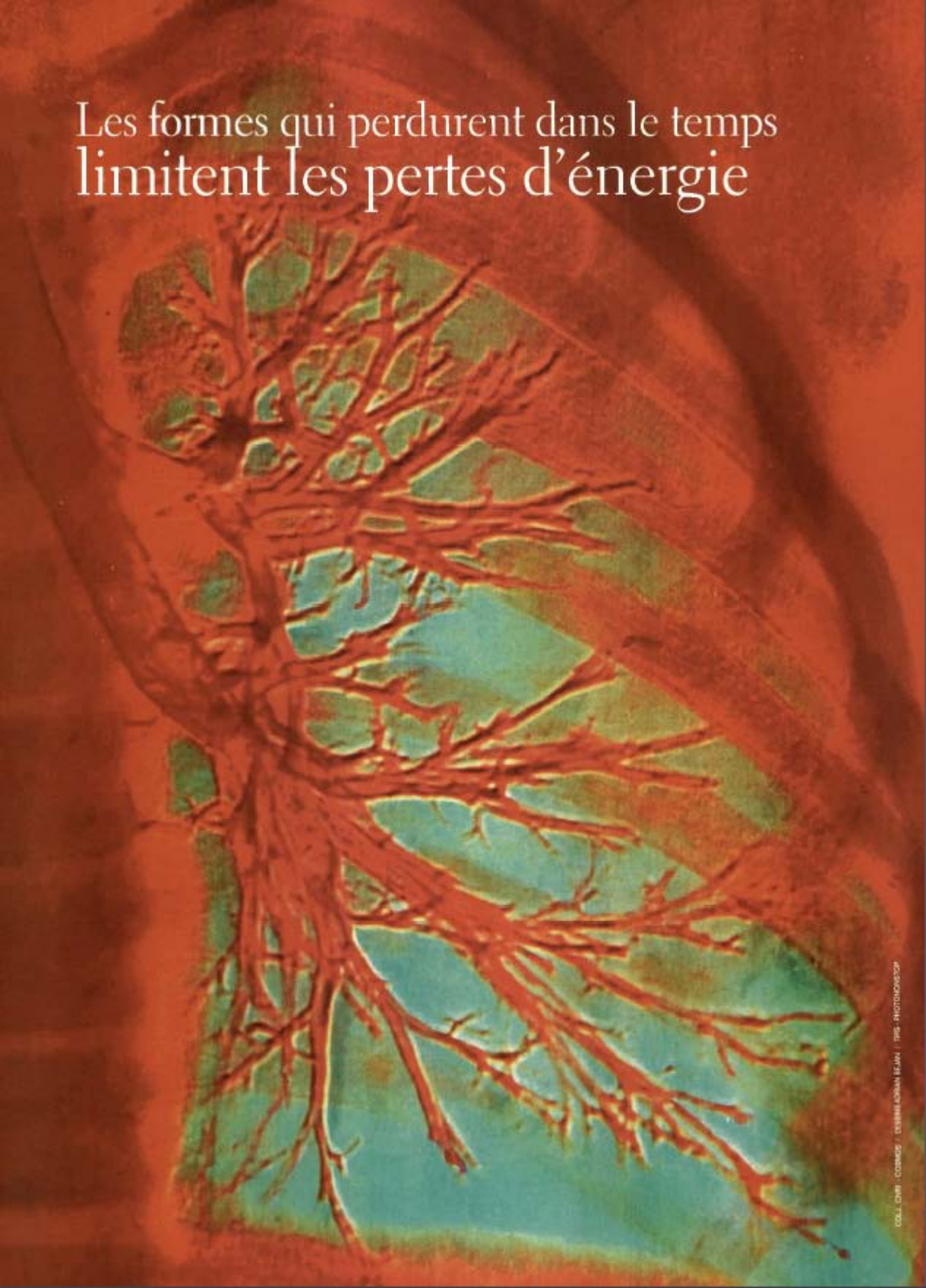
$$\text{Equation 2 : } \alpha \text{ opt} = \tan^{-1} [1/2(\mu_2 - \mu_1)]$$







Les formes qui perdurent dans le temps  
limitent les pertes d'énergie





est en effet la forme la plus économe, celle qui a demandé le moins d'efforts à bâtir! Un constat qui découle de la théorie « constructale » qu'il a développée en 1996.

« Pour moi, toutes les formes que l'on trouve dans la nature et qui perdurent dans le temps (les réseaux hydrographiques, l'architecture des arbres et des plantes, la vascularisation des animaux, l'arborescence pulmonaire, etc.) sont celles qui limitent les pertes d'énergie au maximum » confirme le scientifique américain, qui précise : « L'apparition d'une forme est régie par les lois fondamentales de la physique et, plus particulièrement, celles de la thermodynamique. Tout « écoulement » de chaleur, d'électricité, de masse ou encore d'eau dans un système est soumis à des résistances, des frottements, des diffusions. Autant d'imperfections qui conduisent à une perte d'énergie et qui éloignent le système de la perfection. C'est le fameux principe édicté par le physicien français Sadi Carnot au XIX<sup>e</sup> siècle, dupé! découlera quelques décennies plus tard la notion d'entropie ». Inévitable, cette perte d'énergie est toutefois fortement dépendante de la géométrie du système. « En général celle-ci évolue de manière que les écoulements soient de plus en plus faciles au fil du temps. »

La théorie constructale permet aussi de prédire la façon dont un système acquiert sa configuration et la façon dont il évolue. « Puisque les imperfections sont la règle, il faut les répartir au mieux via la géométrie. En d'autres termes, il s'agit de trouver la configuration dans laquelle la distribution des imperfections dans le temps et dans l'espace permet d'avoir l'écoulement le plus facile, le moins rugueux. Cette configuration est la plus parfaite ou, en réalité, la moins imparfaite possible » continue Adrian Bejan.

Ce processus se traduit dans de nombreux systèmes par l'adoption d'une structure arborescente. Les réseaux hydrographiques figurent parmi les exemples les plus frappants. Fait remarquable, le tracé des cours d'eau qui les composent est extrêmement mobile au fil du temps. Les méandres changent sans cesse de géométrie, de taille, de manière que l'eau s'écoule jusqu'à l'embouchure en rencontrant le moins

de résistances possibles. « Si nous réalisons un film d'animation et que nous le passons en accéléré, on verrait les résistances diminuer au fil du temps et l'eau s'écouler de plus en plus facilement. Point important, la forme globale du réseau hydrographique émerge du cumul des formes constructales locales. La tendance pour tout flux à trouver le chemin dans lequel il s'écoulera le plus facilement est au cœur de la théorie constructale. » dit Adrian Bejan.

## Le vol, la course ou la nage

La théorie constructale permet d'expliquer bien d'autres structures, qu'elles soient inertes ou vivantes : les mouvements atmosphériques, les courants marins mais aussi des craquelures d'un sol séché, les poumons humains, la vascularisation et la circulation sanguine ou encore la locomotion des animaux! Par exemple, celle-ci peut être assimilée à un déplacement de masse entre deux points, et donc à un flux. En appliquant le principe de genèse d'une forme au cours du temps (à savoir la masse d'un animal qui lui permet de parcourir la plus grande distance possible à énergie dépensée égale), Adrian Bejan et ses collègues ont ainsi calculé que la vitesse de locomotion optimale (que ce soit pour le vol, la course ou la nage) est proportionnelle à la masse corporelle élevée à la puissance 1/6. Concrètement, cela signifie qu'un oiseau ne doit voler ni trop vite (pour limiter l'énergie dépensée pour lutter contre les frottements), ni trop lentement (pour limiter l'énergie nécessaire au maintien de son altitude).

« La théorie constructale est également un outil de conception très précieux pour l'ingénieur » souligne Sylvie Lorente, professeur de génie civil de l'Institut national des sciences appliquées de Toulouse. Le professeur Lorente a ainsi montré que la théorie constructale s'applique à des domaines aussi variés que les réseaux de distribution de chaleur en milieu urbain, les transferts électrocinétiques de particules ioniques, ou encore les matériaux autoréparants.

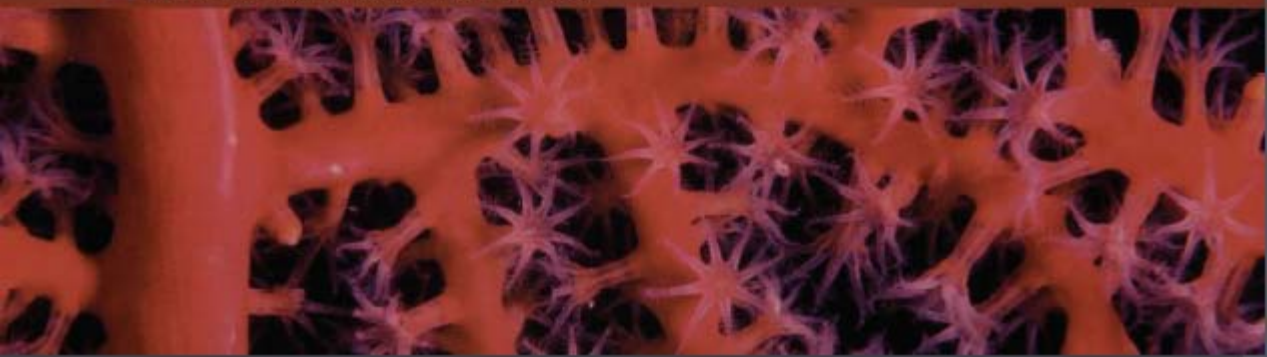
Mais revenons aux pyramides. « La question est ici de savoir comment déplacer des blocs de pierre pesant plus de deux tonnes puis les agencer

< Le poumon est le lieu d'échanges entre le sang et l'oxygène de l'air. Sa structure arborescente sert à maximiser cette surface de contact à l'intérieur d'un volume réduit.

V L'arborescence est la forme la plus optimale que les colonies de corail puissent adopter pour, à la fois, s'accrocher aux rochers et se nourrir de planctons.



■ L'arborescence, une réponse de la nature



les uns par rapport aux autres en dépensant le minimum d'énergie. En d'autres termes, comment faire travailler un grand nombre d'hommes avec un minimum d'efforts » précise Adrian Bejan. Les Égyptiens, tout comme les Mayas, n'avaient ni roue, ni poulie. Ils déplaçaient les blocs de pierre à l'aide de cordes et de leviers (voir l'article page 28). « Toute la difficulté était pour eux de les acheminer depuis la base de la construction à son sommet en dépensant le moins d'énergie possible » résume Heitor Reis, professeur de physique et vice-recteur de l'université d'Evora, au Portugal, qui a découvert la théorie constructale voici quelques années. Sur un film d'animation visionné en accéléré, on verrait cette fois-ci les pierres « glisser » sur le sol puis le long de la pente de la pyramide jusqu'à son sommet. Et ce, de plus en plus facilement. « C'est la même chose avec les fourmis. Les biologistes le savent pour l'avoir observé : bien qu'ayant des capacités cognitives individuelles limitées, ces insectes sont capables collectivement de trouver le chemin le plus "économique" entre une source de nourriture et leur nid. »

## La pyramide idéale

L'homme ne dépense évidemment pas la même énergie pour faire glisser la pierre sur le sol (trajet 1-2 sur le schéma) ou pour la hisser le long de la pente de la pyramide (trajet 2-3). Du point de vue de la physique, cela signifie que l'énergie dépensée pour vaincre la résistance due aux frottements du bloc de pierre sur le tronçon horizontal est moindre que celle nécessaire pour le hisser à l'étage supérieur. La construction d'une pyramide peut donc être vue comme une succession de cycles se faisant en deux temps.

D'après la loi constructale, les énergies investies pour déplacer les blocs de pierre sur les deux tronçons doivent être ajustées de manière que leur somme soit minimale. « Chaque dépense d'énergie est indispensable. Mais il faut les équilibrer afin de minimiser leur somme. De la même manière, pour être en forme, vous devez équilibrer les heures de travail et celles de sommeil » renchérit le physicien américain.

Dans son analyse, ces dépenses d'énergie sont proportionnelles aux coefficients de friction  $\mu_1$  (sur l'horizontale) et  $\mu_2$  (sur la pente) de la loi de Coulomb. Celle-ci dit que la force de friction à laquelle est soumis le bloc de pierre est proportionnelle à son poids multiplié par un coefficient  $\mu$ . Lequel dépend de la nature des deux matériaux en contact (en l'occurrence le bloc de pierre et le substrat) et de l'état de leurs surfaces. Évidemment, personne ne connaît la valeur de ces deux paramètres. « Cependant, nous avons deux certitudes. En premier lieu,  $\mu_2$  est toujours supérieur à  $\mu_1$ . Car les frottements sont plus importants sur un support en pente que sur un sol horizontal. Ensuite,  $\mu^2$  et  $\mu^1$  sont fixes pour une technologie donnée et donc pour une période de l'histoire donnée ».

Durant la construction d'une pyramide, le rapport entre  $\mu_1$  et  $\mu_2$  ne change pas. L'énergie totale investie reste donc elle aussi la même. Or celle-ci est fonction de la forme de l'empilement de pierres, en particulier

de sa pente, donnée par l'angle  $\alpha$  (voir la figure). Les calculs réalisés par Adrian Bejan et son collègue Stephen Péria, de la société d'ingénierie bruxelloise NeoSys, prouvent que cette énergie totale est minimale lorsque l'angle  $\alpha$  est tel que sa tangente est égale à la moitié de la différence entre  $\mu_2$  et  $\mu_1$ .

« La théorie constructale prédit l'unicité de l'angle  $\alpha$ . Celui-ci reste le même à mesure que la pyramide gagne du volume. Cela est effectivement observé. L'angle de base de toutes les pyramides tourne toujours autour de 40°. Et, point important, cet angle correspond au trajet optimal des blocs de pierre, celui qui permet de répartir au mieux les frictions et qui, in fine, demande le moins d'efforts » conclut Adrian Bejan.

Ni les Égyptiens, ni les Mayas, n'avaient connaissance des lois de la physique. Comme le souligne Heitor Reis, « le fait que des populations aussi différentes aient adopté sensiblement le même angle optimal – et, par voie de conséquence, le même type de construction – résulte d'une perception empirique de la forme la mieux adaptée au contexte de l'époque. La forme pyramidale à base carrée donne une surface de glissement plane (contrairement à une construction conique par exemple). De plus, elle offre selon moi le meilleur compromis entre le nombre de personnes nécessaires au déplacement des blocs de pierre sur la pente et le nombre de celles nécessaires à leur mise en place au sommet de la construction ». Au final, renchérit Sylvie Lorente, « la théorie constructale ne fait qu'expliquer ce que l'on appelait autrefois les règles de l'art et de bon sens ».

Aujourd'hui, la situation est tout autre. Les matériaux de construction sont acheminés jusqu'au chantier par camion, par bateau voire par avion. En conséquence,  $\mu_1$  est très faible. Quant à  $\mu_2$ , il reflète essentiellement le coût de l'équipement nécessaire à ériger le bâtiment à la verticale. Même s'il est également bien plus faible qu'il ne l'était en Égypte ou en Amérique centrale, il reste toujours supérieur à  $\mu_1$ . Finalement,  $\mu_1$  et  $\mu_2$  diminuent de concert à mesure que les technologies s'améliorent. Les bâtiments modernes suivent donc eux aussi la théorie constructale.

Fabienne Lemarchand



### < Adrian Bejan

Le père de la théorie constructale.

Les ramifications d'un > delta (celui de Lena, en Russie) sont créées avec le temps pour minimiser les résistances et faciliter l'écoulement.





Tout flux va trouver le chemin de  
l'écoulement, le plus facile



# Complétez

## FRANCE



N° 101 Le Louvre

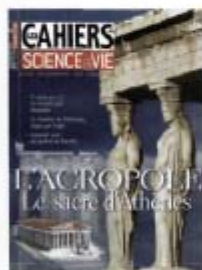


N° 98 Le Mont Saint-Michel



N° 74 Sciences et techniques des bâtisseurs de Versailles

## GRÈCE ANTIQUE



N° 97 L'Acropole



N° 92 Six héros grecs traversent le temps



N° 91 Les 7 merveilles du monde



N° 70 Le voyage d'Ulysse

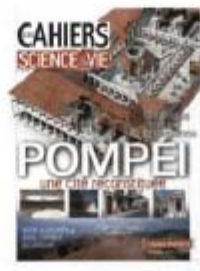
## ROME ET SES ADVERSAIRES



N° 104 Carthage



N° 94 La chute de Rome



N° 87 Pompéi, une cité reconstruite



Offrez  
cette  
reliure  
à votre  
collection

15 € Frais de port offerts





Les grandes civilisations devaient maîtriser des savoirs de base pour élever leurs pyramides. Lesquels ?

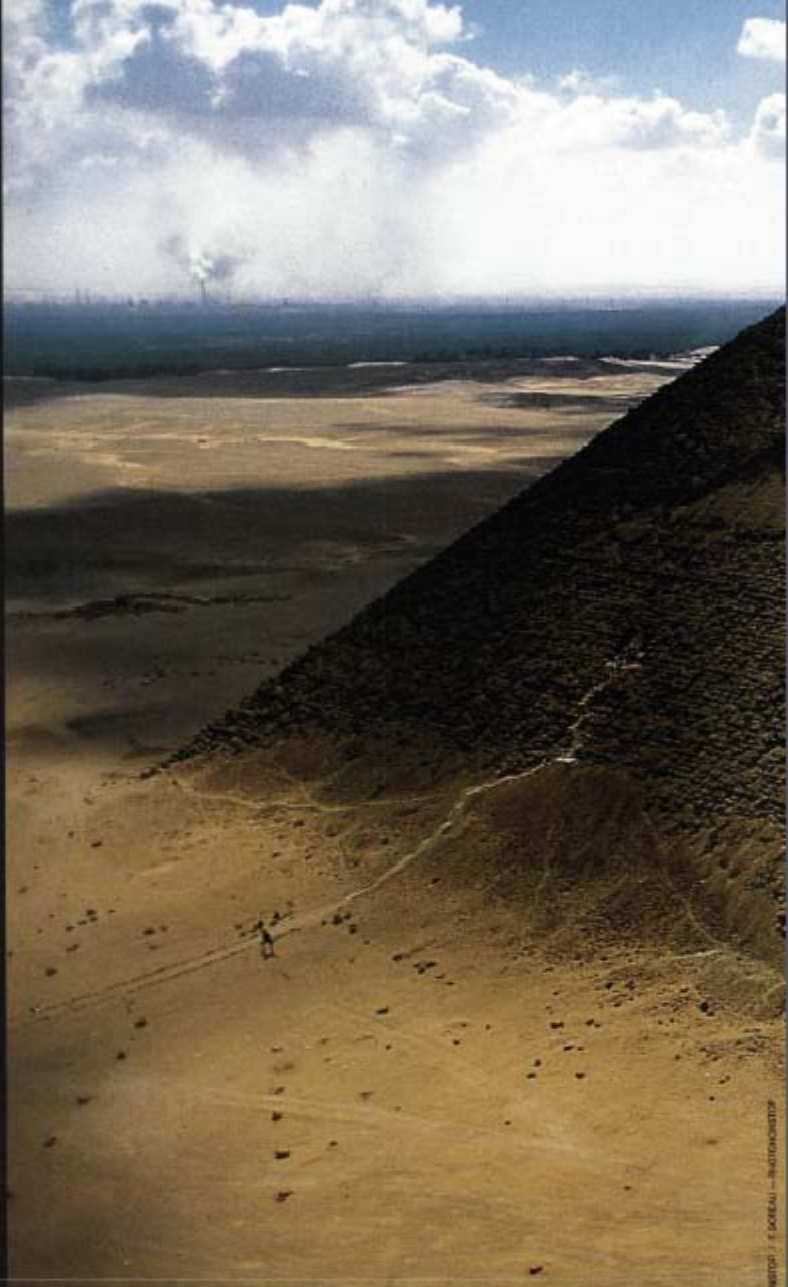


Les Mésopotamiens savaient nécessairement tracer un angle droit. Il devenait alors facile de dessiner la base carrée de la structure.

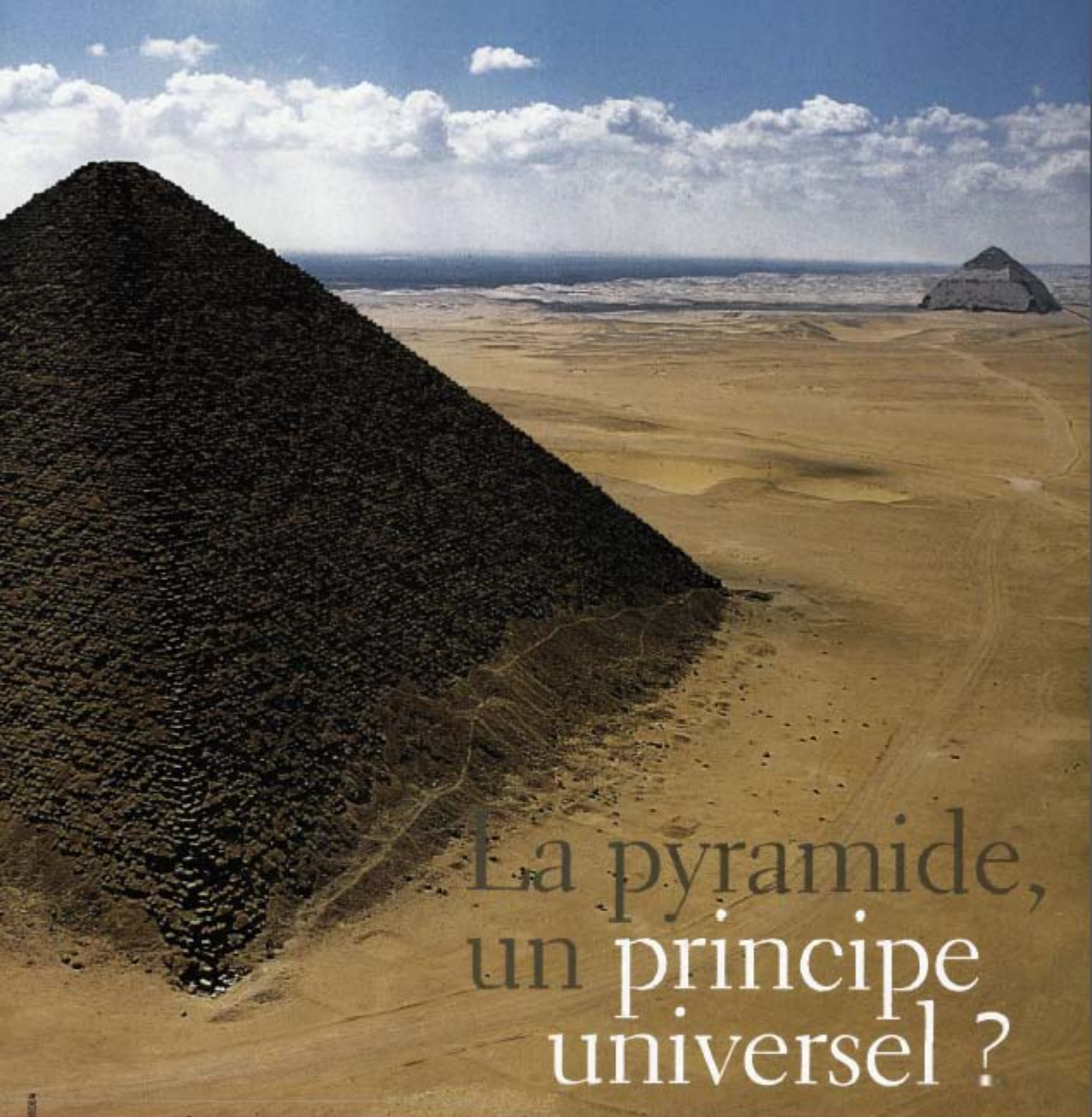
Les Egyptiens savaient calculer le seked, soit l'angle d'inclinaison des faces d'une pyramide, à partir de sa base et de sa hauteur.

La forme même des pyramides à étages garantit leur stabilité. (Pyramides de Djéser, en Egypte, de Kukulcan, et d'Uxmal au Mexique, ziggourat d'Ur, en Mésopotamie.)

La pyramide à degrés, première réponse des bâtisseurs



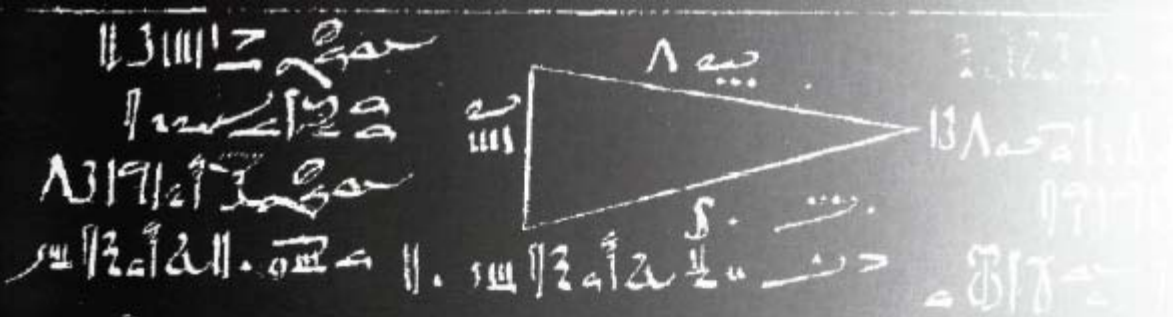




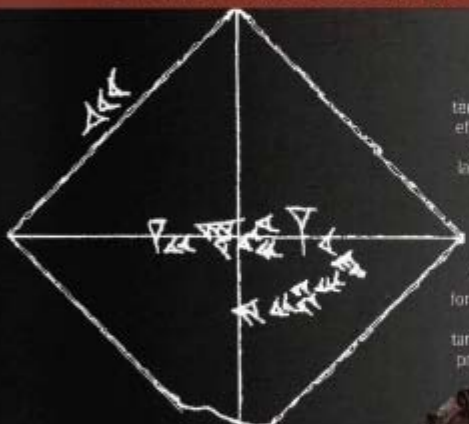
# La pyramide, un principe universel ?

S. MOORE / MAGNUM / A. ORT - ATLANTIS - CANAL PLUS - CREA





Du papyrus aux tablettes d'argile



Le papyrus Rhind en témoigne : les Égyptiens effectuaient des calculs avant d'entreprendre la construction de leurs pyramides.

Les scribes mésopotamiens connaissaient la formule dite de Pythagore dans un triangle rectangle. Utilisaient-ils cette propriété pour tracer des angles droits ?



Peut-on déterminer un savoir minimum qu'auraient détenu à coup sûr toutes les civilisations ayant érigé des édifices de forme pyramidale ? Un savoir, théorique et technique, sans lequel toute construction eût été impossible ? « *L'architecture se définit comme art monumental dès l'instant que l'on sait tracer un angle droit* », répond sans hésiter Jean-Pierre Adam, architecte et archéologue, spécialiste des civilisations du bassin méditerranéen. Un principe qui s'applique à toute construction pyramidale, quelles que soient ses caractéristiques propres : que l'on considère les ziggourats mésopotamiennes et leur cœur de briques crues revêtues de briques cuites, les pyramides égyptiennes entièrement faites de pierre, ou encore les premières plates-formes andines et méso-américaines essentiellement constituées de briques de terre crue, l'angle droit apparaît comme un principe commun permettant d'inscrire tous ces édifices dans une géométrie rigoureuse.

Comment était-il mis en œuvre ? On a souvent pu lire que les Égyptiens et les Mésopotamiens devaient connaître les propriétés du triangle de côtés « 3, 4, 5 » et donc tracer des angles droits à l'aide d'une corde à 13 nœuds – dotée de 12 intervalles équidistants – permettant de matérialiser au sol ce triangle rectangle. Si une dizaine de tablettes d'argile indiquent en effet que les scribes mésopotamiens connaissaient la formule dite « de Pythagore » dans un triangle rectangle, « rien n'indique qu'ils utilisaient cette propriété pour tracer des angles droits », tient à préciser Jean Doyen, spécialiste des textes mathématiques anciens au centre d'histoire des sciences et des techniques de l'université libre de Bruxelles. Quant aux Égyptiens, « aucun document n'indique qu'ils connaissaient les propriétés du triangle de côtés 3.4.5. L'hypothèse selon laquelle les arpenteurs de l'époque auraient utilisé ces propriétés pour construire des



angles droits est donc purement conjecturale ». On n'en saura pas plus.

Quid de l'Amérique précolombienne? « Les Mayas savaient probablement faire des calculs d'angles, quoique approximatifs, indique Eric Taladoire, professeur d'Archéologie précolombienne à l'Université Paris I. Les relevés archéologiques précis d'édifices qui ont été réalisés montrent que l'on a rarement des angles droits parfaits: ils font généralement  $92^\circ$ ,  $95^\circ$  ». Quant à savoir par quel moyen ces angles étaient tracés, les problèmes que rencontrent les archéologues sont similaires en Amérique centrale et andine: peu ou pas de textes sur lesquels s'appuyer et aucun outil retrouvé.

Outre leur maîtrise commune de l'angle droit, ces différentes civilisations semblent avoir eu recours le

Mais de telles constructions, pour empiriques qu'elles soient, devaient tout de même nécessiter de faire quelques calculs au préalable: sans cela comment les Égyptiens, par exemple, auraient-ils pu maintenir une seule et même pente tout au long de l'édification de leurs pyramides? Justement, parmi les rares documents mathématiques égyptiens qui nous soient parvenus, le papyrus Rhind nous apprend qu'ils savaient déterminer le *seked*, c'est-à-dire l'angle d'inclinaison des faces d'une pyramide, lequel devait leur permettre de déterminer à l'avance la taille des pierres.

Un autre papyrus, celui de Moscou, comprend quant à lui un problème relatif au calcul du volume d'un tronc de pyramide à base carrée. « On devine que dans une pyramide à degrés comme celle de Saqqâra, l'architecte devait connaître à l'avance le

## Des calculs préalables permettaient de maintenir la même pente

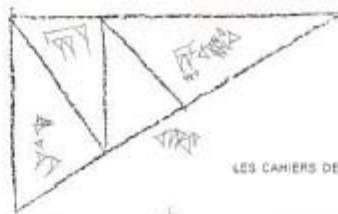
des techniques similaires pour parvenir à stabiliser ces structures monumentales. « Il faut partir du principe qu'il y a de fortes chances pour que confrontés à un même problème, les Homo sapiens, quels que soient le moment et le lieu, aient trouvé la même réponse », avance Jean-Pierre Adam. Or un des problèmes posés par les pyramides, et non des moindres, se résume en une question: comment construire un édifice de haute taille sans qu'il s'effondre? Une même solution semble donc avoir été adoptée en différents points du globe: il suffit pour s'en convaincre d'observer l'aspect des premières pyramides érigées en Mésopotamie, sur la côte péruvienne, en Mésopotamie, ou même en Égypte à Saqqâra: toutes sont le résultat d'un empilement de terrasses, plates-formes, étages de plus en plus petits.

Afin de renforcer encore la solidité de la structure, les murs de ces plates-formes sont rarement verticaux: ainsi peut-on constater que les assises de pierre de la pyramide à degrés de Saqqâra sont disposées en inclinaison vers l'intérieur du monument, créant ainsi une compression vers le centre. Il en va de même des ziggourats de la troisième dynastie d'Ur, dont chaque terrasse est revêtue sur ses quatre côtés d'un mur de briques cuites présentant une faible obliquité caractéristique. Même chose encore pour les plates-formes méso-américaines et andines. « Les plus anciennes d'Amérique, situées à Caral, présentent déjà une inclinaison de leurs parois de 1 ou 2 degrés vers l'intérieur: ce qui les rend très solides », précise ainsi Patrice Lecoq, maître de conférences en archéologie de l'Amérique du Sud à l'Université Paris I. Ces civilisations avaient une connaissance empirique du risque: un soubassement de type pyramidal résiste beaucoup mieux en cas de tremblements de terre, lesquels ne sont pas rares dans ces régions.

volume de chaque degré », suppose Jean Doyen. Etant donné les grandes connaissances que détenaient les Mésopotamiens en matière de géométrie pratique, il ne fait pas de doute qu'eux aussi effectuaient des calculs avant de construire leurs ziggourats: si aucun texte n'y fait spécifiquement référence, une tablette d'argile conservée au British Muséum traite néanmoins le problème du volume d'un tronc de pyramide à base carrée. « L'inclinaison des terrasses d'une ziggourat est bien moins importante que celle d'une pyramide, tient à préciser Martin Sauvage, spécialiste de l'architecture mésopotamienne à l'école pratique des hautes études. Mais on peut supposer que le calcul du volume d'une terrasse se faisait sur le même principe que celui d'un tronc de pyramide à base carrée ».

Qu'en est-il des premières pyramides d'Amérique précolombienne? C'est là peut-être que s'arrête la comparaison. Comment confronter en effet des savoirs relatifs à des édifices qui n'ont souvent pas été construits dans le même but ni dans les mêmes conditions? Les pyramides d'Amérique centrale sont représentatives de cette difficulté: « Il s'agit le plus souvent de plates-formes à étages qui, dans beaucoup de cas, ont été construites en plusieurs étapes, parfois sur plusieurs siècles, explique Eric Taladoire. La forme pyramidale n'était donc pas forcément l'idée recherchée au départ ».

**Marie-Catherine Mèrat**





Il faut attendre les Grecs pour que les figures géométriques soient étudiées en tant que telles. (Euclide expliquant la géométrie, École d'Athènes, fresque de Raphaël au Vatican.)

## [La géométrie, une science grecque]

Marie-Catherine Mèrat

On a souvent prêté de grandes connaissances mathématiques et géométriques aux Égyptiens, au vu des mystérieuses proportions observées dans leurs pyramides : ne trouve-t-on pas le nombre pi en divisant le demi-périmètre de la base de la pyramide de Khéops sur sa hauteur ? De même, on ne peut nier que le quotient de la hauteur de ses faces sur le demi-côté de sa base fournit le nombre d'or... « Attribuer de telles intentions aux Égyptiens n'est que pure spéculation. On peut trouver des proportions idéales dans n'importe quelle construction », prévient Bernard Vitrac, spécialiste des mathématiques de l'Antiquité au centre Louis Gernet. D'autant qu'architectes et archéologues s'accordent pour considérer qu'« à l'époque même de la construction des grandes pyramides, la géométrie ne semble pas avoir dépassé le stade d'un empirisme intuitif et utilitaire », selon les mots de l'égyptologue aujourd'hui disparu Jean-Philippe Lauer (1). Peut-on seulement considérer que les Égyptiens avaient une géométrie ? « Parler algo-

rithmique serait plus approprié », estime Bernard Vitrac. Le contenu des quatre papyrus susceptibles de nous renseigner sur le savoir mathématique des Égyptiens s'apparenterait en effet davantage à un recueil d'algorithmes, c'est-à-dire de procédures de calculs, qu'à des problèmes géométriques portant sur des figures abstraites telles que l'entendront les Grecs quelque deux millénaires et demi plus tard. Certes, ces procédures peuvent porter sur des objets assimilés à des figures géométriques : ainsi y trouve-t-on le calcul de la surface d'un champ triangulaire ou du volume d'un tronc de pyramide, mais il n'en reste pas moins que « l'objet mathématique est l'algorithme de calcul, non la figure géométrique elle-même ». Une caractéristique que partage d'ailleurs la géométrie mésopotamienne : si les mathématiciens babyloniens connaissent déjà la relation de Pythagore, ils « ne paraissent pas intéressés par la forme particulière des triangles dont les côtés sont proportionnels à 3, 4 et 5, mais ils cherchent à établir une for-

mule algébrique permettant de passer des côtés du rectangle à la diagonale », écrivait ainsi René Taton (2). Les Grecs, en revanche, vont construire leur mathématique sur l'idée même de figure géométrique. Désormais il n'est plus question d'étudier les propriétés de la pyramide en tant qu'objet réel, mais en tant que solide. « La géométrie naît dès lors que l'on distingue l'objet réel de l'objet géométrique », énonce Bernard Vitrac. Les *Éléments* d'Euclide, somme du savoir géométrique élémentaire de l'époque (probablement composée entre 320 et 250) et divisée en 13 livres, s'attachent ainsi à faire la démonstration rigoureuse des propriétés de figures planes (triangle, carré, rectangle, parallélogramme, trapèze) et de solides (parallélépipède, cône, cylindre, sphère, pyramide). La démarche est déductive et systématique : définitions, postulats et axiomes aboutissent, via une démonstration rigoureuse, à des propriétés et théorèmes. ■

1 - Le mystère des pyramides, de Jean-Philippe Lauer, 1980.  
2 - La science antique et médiévale, de René Taton, 1994.





On a voulu voir aussi bien  
dans les pyramides que  
dans les rapports harmo-  
nieux de l'architecture  
grecque, la recherche de  
la divine proportion :  
le nombre d'or...

# L'art de la proportion

Un exemple romain d'harmonie parfaite : le dôme du Panthéon.



Les lignes harmonieuses du théâtre d'Epidaure (Péloponnèse) flattent le regard. Certains retiennent que le rapport de ses gradins répartis en deux blocs (34 et 21) exprime le nombre d'or.

P

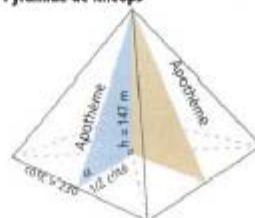
Pourquoi les pyramides d'Égypte, – ces « montagnes construites sur des montagnes », comme les décrivait avec émerveillement Philon de Byzance, un rhéteur du Bas-Empire –, le Parthénon, les Propylées, le Colisée, le Panthéon et tant d'autres chefs-d'œuvre de l'architecture antique continuent-ils de s'adresser si merveilleusement à nos sens? Comment expliquer la séduction esthétique qu'opèrent, par-delà les siècles, ces monuments grandioses? Que de tels ouvrages frappent par la perfection de leurs volumes, à tel point que la géométrie des pyramides évoque des connaissances mathématiques réputées extraordinaires, et que leurs auteurs, au sommet de leur art, aient rivalisé d'inventivité pour susciter l'admiration universelle, est une évidence.

S'agissant des réalisations à l'actif des plus grands architectes grecs et romains, ces splendeurs témoignent d'une recherche permanente de rapports harmonieux et réguliers, d'une attention extrême portée à la *symmetria*, c'est-à-dire à l'accord parfait régnant entre les parties et l'ensemble d'un édifice dont toutes les dimensions étaient exprimées par une longueur de base: le *modulus* (module).

A en croire le *De architectura* de Vitruve, l'unique traité d'architecture grecque et romaine – daté du I<sup>er</sup> siècle av. J.-C. – que l'on ait retrouvé, cette unité fondamentale propre à chaque bâtiment tirait son origine du corps humain dont les membres, assurait la bible de l'architecture antique, sont commensurables entre eux (1 pied = 1/6 de la taille d'un homme, elle-même égale à la largeur des bras tendus à l'horizontale). Le module retenu, gage de l'harmonie future du bâtiment, pouvait être la hauteur des marches de la crépis (la plate-forme sur laquelle reposait le temple), la distance entre les colonnes du péristyle, le couple triglyphe-métopes de la frise dorique... « Dans le cas du temple de Héra à Paestum, il s'agis-

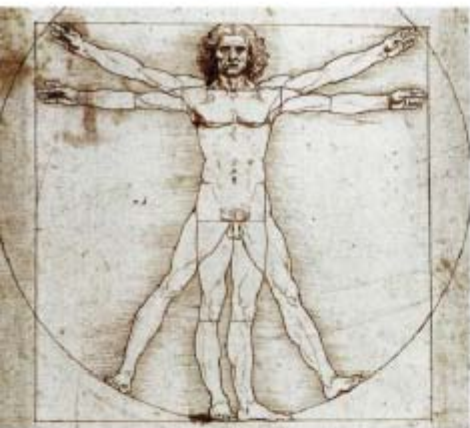
sait du rayon moyen de la colonne de péristyle, laquelle déterminait toutes les autres dimensions du bâtiment, indique Jean-Pierre Adam, architecte et archéologue. C'est grâce à ce système rationnel de proportions que les architectes grecs pensaient atteindre l'eurythmia (l'eurythmie), l'harmonie perceptible à l'œil comme la musique à l'oreille. » Le génie grec, en la matière, allant jusqu'à user de légères – mais subtiles – distorsions pour créer des effets d'optique chargés de renforcer l'harmonie d'un monument. Ainsi de l'entasis (le léger renflement des colonnes d'un temple), un procédé destiné à neutraliser l'impression d'écrasement que provoquent les rayons du soleil en circulant entre les cylindres. Mais attention! De là à voir derrière cet « amour » de l'ordre et de la raison l'influence de la doctrine pythagoricienne qui, à l'orée du siècle de Périclès, fit des mathématiques une science religieuse et du nombre le concept central de la nature (« Tout est soumis au nombre », répétait Pythagore), il n'y a qu'un pas... à ne pas franchir. A l'époque hellénistique, entre les IV<sup>e</sup> et I<sup>er</sup> siècles avant notre ère, « des architectes comme Hermogènes ou, plus encore peut-être, Pythéos (le concepteur du temple d'Athina Polias à Priène et du mausolée d'Halicarnasse), ont bel et bien mis un point d'honneur à « emprisonner » leurs réalisations dans des cadres géométriques résultant de savantes combinaisons de proportions jugées, par eux, admirables, et réservées à quelques initiés », commente Jean-Pierre Adam. Toutefois, prétendre que le nombre d'or<sup>(1)</sup> aurait constitué la pierre angulaire de toute l'architecture grecque durant... son « âge d'or », soit du dernier quart du VI<sup>e</sup> siècle av. J.-C. et tout au long du V<sup>e</sup> siècle, et que l'on retrouverait ledit rapport ( $(\sqrt{5}+1)/2$ ) dans la façade

#### Pyramide de Khéops



Le rapport de la hauteur (147) au demi-côté (115) est d'env. 1,272. Or 1,272 est la racine carrée du nombre d'or: 1,618, qui est le rapport de l'apothème au demi-côté.





1,618

Selon Vitruve, toutes les dimensions d'un édifice parfait, à l'image du corps humain (dessin de L. de Vinci), expriment un rapport de base. Pour le Parthénon, sur l'Acropole d'Athènes, c'est l'espace entre deux colonnes.

On a cherché le nombre d'or dans les édifices grecs, mais aussi dans la nature ; on l'a trouvé, par exemple, dans le rapport entre les rayons du coquillage d'un nautilus.



## De savantes proportions pour exprimer une harmonie parfaite



du Parthénon comme dans celle du Trésor de Cyrène, le théâtre d'Épidaure, le temple de Héra (dit aussi de Héra II) à Paestum... est pure hypothèse. Aucun ouvrage grec traitant de la théorie de l'architecture et de son apprentissage, d'abord, ne nous est parvenu. Par ailleurs, cette « divine proportion » censée fournir la clé de l'harmonie d'un édifice et mise au pinacle par de multiples artistes comme Léonard de Vinci ou, bien plus tard, Le Corbusier, doit sa notoriété actuelle à l'ouvrage du diplomate roumain Matila Ghyka. *Le Nombre d'Or*, paru dans les années 1930. Or, « Ghyka et beaucoup d'auteurs à sa suite, mus par une quête obstinée de la proportion dorée, ont péché

titre que tous les « ensembles » monumentaux sortis du sol de la vieille Égypte, relevaient de la volonté des dieux. « Les « plans » que mentionnent parfois les textes ont toujours une origine autre qu'humaine. » peut-on lire dans *La construction Pharaonique du Moyen Empire à l'époque gréco-romaine: Contexte et principes technologiques* (ed. Picard). Ainsi, dans le cas particulier du temple d'Horus à Edfou, les textes couvrant les murs dudit édifice précisent que les mesures sont le produit de la parole du dieu Thot et que toutes « sont efficaces au plus haut point ». Si les proportions d'un édifice de prestige, dans la pensée égyptienne, avaient la réputation

# Le nombre d'or ne représentait aucun intérêt pour les Égyptiens

par excès, dit Jean-Pierre Adam. Avec un peu de bonne volonté et, surtout, un esprit de systématisation exagéré, n'importe qui peut « dénicher » le nombre d'or dans n'importe quel temple grec comme dans un tabouret de cuisine! Pour redevenir sérieux, il semble difficile, sinon impossible d'assimiler tous les architectes grecs du VI<sup>e</sup> et du V<sup>e</sup> siècle à des adeptes de la théorie de la « mystique des nombres » fondée par l'illustre Pythagore. En revanche, on peut admettre que cette doctrine philosophique et mathématique en a séduit une certaine quantité », (hélas indéterminable. Et que tous les architectes grecs se plaisaient à jouer sur des rapports de proportions sophistiqués.

« La même recherche d'eurythmia, garantissant le rythme dynamique d'un édifice, et de symmetria, assurant l'harmonie entre les parties individuelles et l'ensemble d'une œuvre, animait les architectes romains devant leur planche à dessin et s'exprime dans la pléthore d'édifices qu'ils nous ont légués (temples, édifices de spectacle, thermes, ouvrages d'art... », poursuit l'architecte et archéologue Jean-Claude Golvin, de l'Institut Ausonius, à Bordeaux. Exemple canonique: la coupole qui couvre le Panthéon reconstruit de façon magistrale par l'empereur Hadrien entre 118 et 125. « Cette sphère de 43 m de diamètre (la plus grande du monde jusqu'à l'invention du béton armé et la coupole du CNIT, NDLR), qui commence à mi-hauteur, est décorée de 145 caissons disposés en cinq rangées horizontales dont la taille décroît avec une régularité mathématique, dit Jean-Claude Golvin. Le regard est attiré vers l'oculus (de quelque 9 m de diamètre) qui est situé au sommet de la coupole et qui laisse entrer la lumière extérieure pour qu'elle se reflète sur les marbres polychromes qui tapissent l'intérieur. Tout est maîtrisé, proportionné d'une façon magistrale. Tout est à sa place, tout « fonctionne », tout « respire » l'équilibre. » Vitruve aurait adoré.

Place aux pyramides dont les dimensions et la répartition équilibrée de leurs différentes parties, au même

d'être d'essence divine, prêter à Imhotep et à ses successeurs une fascination mystique pour le nombre, laquelle expliquerait la séduction de leurs ouvrages, serait une lourde erreur. C'est que les habitants des bords du Nil n'attachaient aucune espèce d'importance à la signification ésotérique des nombres et des proportions. « En fait, ils possédaient un bagage scientifique strictement pragmatique, assure Jean-Pierre Adam. C'est la nécessité de trouver le moyen le plus efficace pour faciliter d'abord leur dessin, puis pour transmettre l'information aux exécutants (lesquels ne pouvaient recourir qu'à des moyens rustiques) qui, chez eux, entraînait la démarche de recherche. » Autrement dit, « le tracé des édifices, durant l'Ancien Empire comme aux autres époques, faisait appel à un développement des notions de géométrie autorisant une application simple, fonctionnelle, tant au niveau du plan sur le papyrus que dans sa transcription à grande échelle sur le terrain. »

Ainsi, le profil de la pyramide du roi Khéops résulte de la juxtaposition de deux triangles dits « dorés »<sup>(2)</sup> (voir le dessin p. 70) dont la construction s'effectue on ne peut plus simplement à l'aide d'un cordeau et de piquets. Soit, mais comment se fait-il qu'en divisant l'apothème (la distance du sommet au milieu d'un des côtés au sol) par la demi-base de la même pyramide, on obtienne 1,618, le fameux « nombre d'or », égal à  $(\sqrt{5}+1)/2$ ? Un pur hasard? « Le nombre d'or n'avait aucun intérêt pour les Égyptiens, conclut Jean-Pierre Adam. Seul comptait pour eux l'agrément d'une proportion aimable et d'une construction aisée. Mais vous pouvez trouver à volonté, dans une pyramide, des valeurs qui paraissent relever d'une connaissance très approfondie des mathématiques (le demi-périmètre de Khéops sur sa hauteur, par exemple, donne une valeur approchée de pi), alors qu'elles ne sont, en réalité, que la conséquence d'un dessin régulier. »

1 - En géométrie, le nombre d'or sert à la construction de diverses figures dont le pentagone étoilé et le pentagone convexe (pentagramme). Le pentagone régulier est une « figure d'or » puisque la proportion entre une diagonale et un côté est le nombre d'or:  $AG/AD = \phi$   
2 - Un triangle « doré » est un triangle rectangle dont le long côté (l'hypoténuse) vaut  $(\sqrt{5}+1)/2$  et le petit côté 1.



# 3



## Autres inventeurs

- 72** > Mésopotamie  
des montagnes  
de briques
- 80** > Caral  
4000 ans avant les Incas
- 88** > Més-Amérique  
la pyramide naît  
de l'offrande
- 94** > Quand les Indiens  
recréaient le monde
- 98** > Engloutie  
dans les eaux japonaises
- 102** > Les vraies-fausse  
pyramides bosniaques

# Mésopotamie

À la fin du troisième millénaire, les rois mésopotamiens entreprennent la construction de ziggourats, spectaculaires tours à étages constituées de millions de briques.

## Des mon

Construite en l'honneur du dieu lune, la ziggourat d'Uruk, la plus ancienne connue à ce jour, est l'œuvre du roi Ur-Nammu. Elle était constituée d'un cœur de briques crues protégé par un revêtement de briques cuites.



# tagnes de briques



# D

Dans la catégorie des pyramides, les ziggourats mésopotamiennes occupent une place à part. Leur silhouette n'est pas la même que celle des pyramides égyptiennes; la base est plus épatée, l'allure moins effilée. Leur fonction, surtout, est différente. Une ziggourat ne recèle aucun tombeau. C'est un temple situé au sommet d'une superposition de terrasses de taille décroissante.

Mais comme les pyramides en Egypte, les ziggourats sont les monuments les plus emblématiques de la civilisation mésopotamienne. Au premier millénaire, on retrouve ce type de constructions dans chaque grande ville. « Certains textes divinatoires du premier millénaire caractérisent même la ville par la présence d'une ziggourat, un peu comme les cathédrales identifiaient une ville du Moyen Âge » souligne Jean-Jacques Glassner, directeur de recherche au CNRS, spécialiste du monde mésopotamien.

On construit des ziggourats depuis la fin du troisième millénaire avant Jésus-Christ. L'empire d'Akkad (2340-2180), qui avait inclus les cités-Etats sumériennes (Uruk, Ur, Eridu...) dans le premier grand empire mésopotamien vient de s'effondrer. Les cités-Etats sumériennes reprennent leur indépendance avant d'être unifiées par Ur-Nammu (2112-2095) qui fonde la troisième dynastie d'Ur (2112-2004).

C'est à ce roi Ur-Nammu que l'on attribue la plus ancienne ziggourat connue, celle d'Ur. Avant cela existaient des temples situés sur une terrasse haute,

pour les protéger de l'humidité ou les mettre en valeur. La ziggourat obéit à ce principe mais en multipliant les terrasses. Le roi Ur-Nammu a érigé des ziggourats dans les grandes villes du pays : Ur, Uruk, Eridu, Nippur. Ses successeurs ont fait de même. On a bâti, rénové, entretenu ce type de constructions jusqu'en VI<sup>e</sup> siècle avant notre ère, c'est-à-dire l'époque (de 625 à 539) où Babylone, sous l'égide de rois tels que Nabuchodonosor II, retrouve toute sa puissance. C'est alors que sera construite la plus célèbre et la plus imposante des ziggourats, celle dédiée au dieu Marduk, qui comportait sept terrasses.

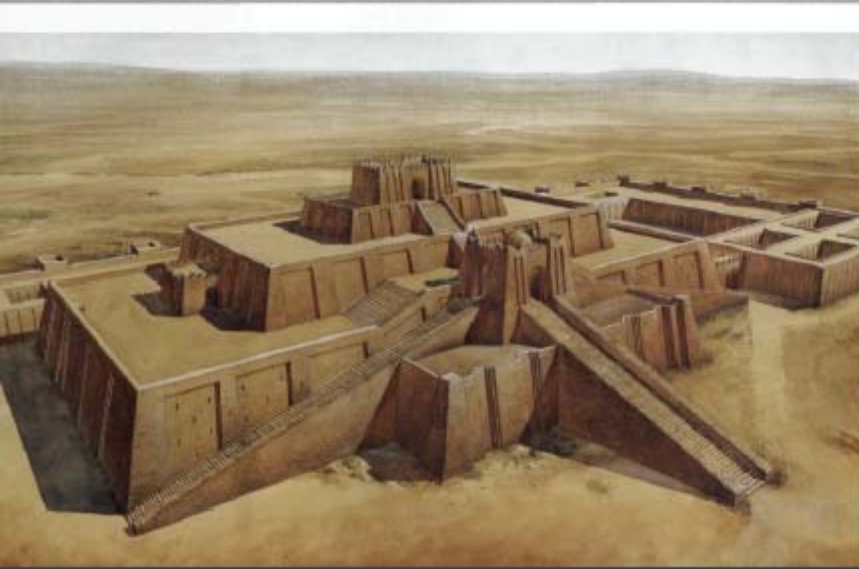
## Des « maisons » entre ciel et terre

A ce jour, les vestiges de seize ziggourats ont été retrouvés. Aucune n'était complète. Il faut donc se référer aux descriptions des anciens pour comprendre à quoi ressemblaient ces monuments. Ils avaient un plan carré ou rectangulaire, et des dimensions comprises entre 30 et 60 mètres de côté. Le nombre de terrasses superposées variait entre 3 et 7. Leur hauteur allait de 40 à 100 mètres.

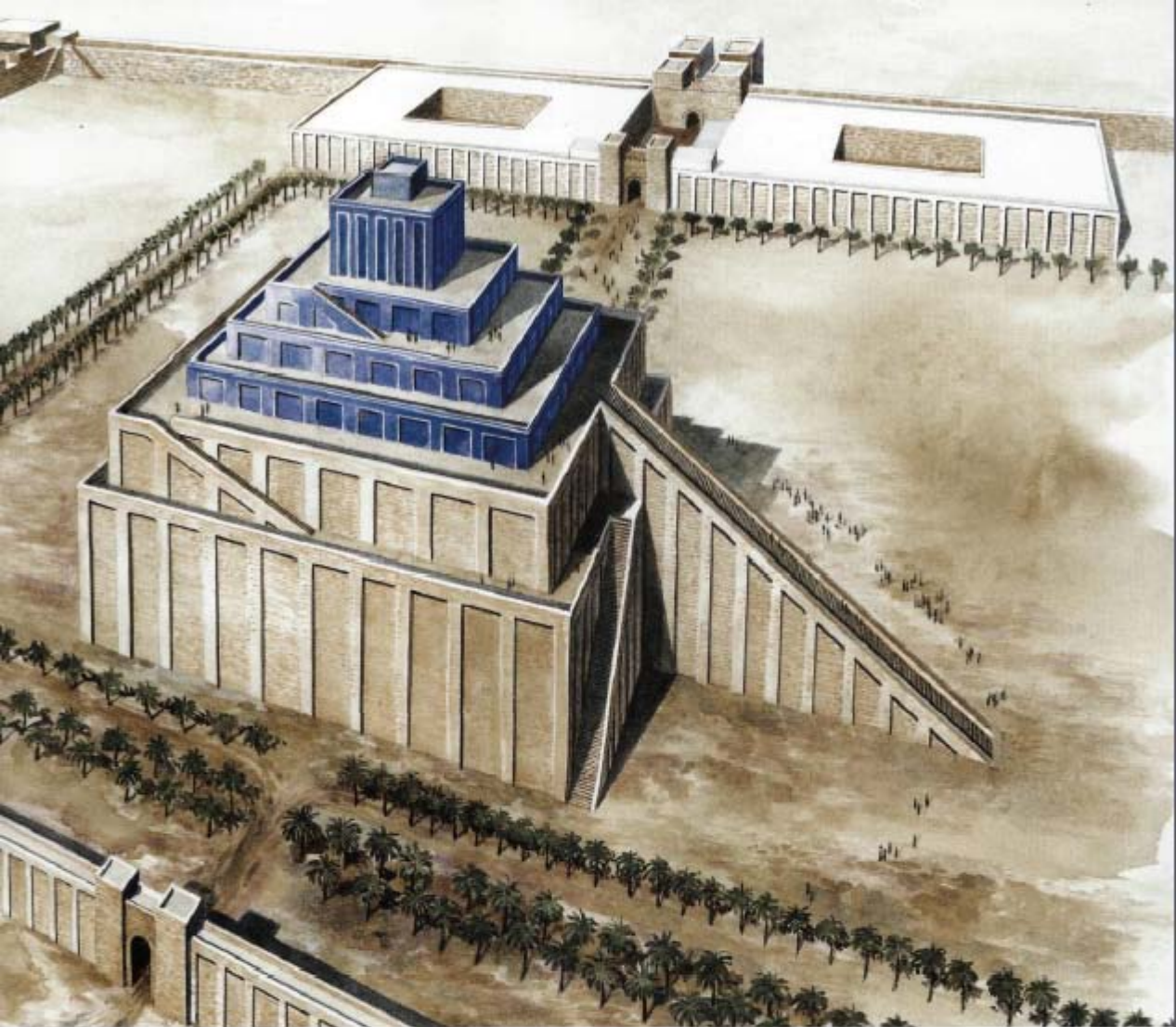
Ces ziggourats avaient une fonction religieuse particulière, et visiblement très importante. La présence du temple au sommet de ces édifices l'atteste, ainsi que le nom qui leur était attribué. Comme tout temple, porte ou lieu significatif, les ziggourats étaient en effet individualisées par un nom. Certains sont parvenus jusqu'à nous : « Etemenanki », « maison fondement du ciel et de la terre », « Edimanki », « maison, mât du ciel et de la terre », ou encore « Eduranki », « maison, lien du ciel et de la terre ». On retrouve pour

La ziggourat de Babylone, construite au VI<sup>e</sup> s. av. J.-C. par Nabuchodonosor II et dédiée au dieu Marduk comportait sept terrasses. Elle s'élevait peut-être jusqu'à 90 m.

La ziggourat d'Ur mesurait 62 mètres sur 34 mètres. L'une de ses originalités était la présence d'un triple escalier en façade sur le côté est.







toutes ces dénominations l'idée d'un lien physique entre les parties supérieures et inférieures du cosmos. Tout se passe comme si les ziggourats formaient l'ossature, l'armature de l'univers. C'est dire assez l'importance religieuse des cérémonies qui se déroulaient dans le temple des ziggourats.

Mais sur le déroulement précis de ces cérémonies, nous sommes malheureusement peu renseignés. Hérodote, au V<sup>e</sup> siècle avant Jésus-Christ, nous décrit une cérémonie évoquant un mariage sacré entre le dieu (peut-être représenté par le roi) et une prêtresse. Mais les renseignements de l'historien grec sont de seconde main et sa description doit être reçue avec précaution.

Grâce aux nombreuses tablettes d'argile retrouvées, nous en savons plus, en revanche, sur la construction de ces monuments. Une ziggourat, c'est une montagne de briques. Certains chercheurs estiment à 36 millions celles de la ziggourat de Babylo-

ne: 32,5 millions de briques crues, les autres étant cuites. Pour autant, il faut se garder d'imaginer une architecture massive mais fruste. Sans un savoir-faire brillant et raffiné, forgé au long des siècles, ces constructions n'auraient jamais défilé le temps et n'auraient probablement même pas vu le jour.

La première difficulté tient au poids des matériaux, augmenté par celui de l'eau. Jean-Jacques Glassner résume ainsi le défi qui s'est présenté aux architectes mésopotamiens: « Dans une telle construction en briques s'exercent des pressions latérales et verticales considérables. Quand il s'agit de pierres très dures, l'eau peut les contourner. Mais dans le cas des ziggourats, la brique absorbe l'eau. Par conséquent les pressions sont démultipliées par les infiltrations, ce qui provoque des dysfonctionnements dans les charges. Les murs enflent, puis éclatent. »

Pour pallier cet inconvénient, les ziggourats étaient dotées d'une carapace extérieure en briques cuites





Ces briques portant des inscriptions cunéiformes proviennent de la ziggourat Tchoga Zambil (XIII<sup>e</sup> s. av. J.-C.) près de Suse, en Iran.

destinée à limiter les infiltrations. Ce revêtement mesurait 2,50 mètres à Ur, 1,50 mètre à Eridu, et 1,45 mètre à Nippur. Il existait aussi des drains gouttières (également construits en briques cuites) servant à l'évacuation des eaux de pluie des étages de la ziggourat. L'archéologue Martin Sauvage, de l'École pratique des hautes études, qui a analysé très précisément la construction des ziggourats, souligne qu'on peut observer encore aujourd'hui certaines

L'utilisation du roseau se révèle également particulièrement ingénieuse. Des lits de roseaux étaient couchés à l'horizontale (à Uruk en moyenne toutes les 8, 12 ou 15 assises) pour assurer la cohésion du massif de briques et éviter les glissements. On utilisait aussi le roseau tressé en cordes autour des massifs de briques pour faire un ancrage. La ziggourat d'Uruk offre un témoignage de cette technique.

L'organisation était à la hauteur du savoir et de la technique, à en juger par des textes administratifs remarquablement précis. Les Babyloniens avaient standardisé les tâches et connaissaient le temps nécessaire au moulage de chaque type de briques (il y en avait une dizaine) et à leur transport. Ils avaient identifié le *nazbalum*, c'est-à-dire le nombre de briques que pouvait transporter un ouvrier sur 30 *ninda* (180 mètres) pendant 30 jours. Comme l'explique Martin Sauvage, « l'équivalence 30 *ninda* pour la distance et 30 jours pour le temps permettait de calculer facilement le *nazbalum* pour une distance ou un temps de travail différents ». Ensuite l'ouvrier recevait la quantité d'orge proportionnelle à la quantité de briques transportées : « l'ensemble du travail de la construction et des payes afférentes était ainsi codifié ».

Grâce à cette standardisation, ces monuments impressionnants furent édifiés dans un temps record : on estime qu'il aurait fallu entre mille et trois mille personnes, et deux ans de travail pour construire la ziggourat de Babylone.

Cette ziggourat de Babylone est un peu à part. Ses dimensions hors du commun ont si vivement frappé

## Le travail de la construction et les payes étaient entièrement codifiés

de ces structures. Un drain gouttière retrouvé à Uruk mesurait 1,88 mètre de large. Il semble que certaines ziggourats, comme à Ur et Nippur, présentaient de tels drains sur chaque côté. « Les plans d'Ur et de Nippur montrent que ces drains se poursuivaient au sol par des caniveaux ; à Nippur, ils se réunissaient ensuite dans un collecteur » explique Martin Sauvage.

Mais ce n'est pas tout. Pour stabiliser ces énormes monuments, fragiles géants aux pieds d'argile, les Mésopotamiens recouraient à des techniques variées, parfois très innovantes : « Une véritable science de l'ingénieur est en train de se mettre en place au moment de la construction de ces ziggourats : l'appareillage spécifique des briques, avec une alternance de lits à plat et de lits de chant (posés verticalement) en témoigne ainsi que la présence de tunnels (de 15 cm de large et 40 cm de haut) qui avaient certainement un rôle de joint de dilatation, absorbant les variations de volume du massif de briques en fonction de la chaleur ou de l'humidité. »

l'imagination des Hébreux, emmenés en captivité à Babylone en -587, qu'ils s'en sont inspirés pour forger le mythe de la Tour de Babel (voir p. 38)

De ce monument qui fut construit au VI<sup>e</sup> siècle par Nabuchodonosor II, pour honorer le dieu Marduk, on n'a retrouvé que les fondations. La tablette dite de l'Esagil révèle que le bâtiment disposait de sept terrasses, qu'il était de forme carrée, et mesurait 90 mètres de côté. La hauteur en revanche est sujette à débat. Jean-Jacques Glassner pense, pour sa part, que la ziggourat s'inscrivait dans un cube de 90 mètres sur 90 mètres : « Ce volume possède une dimension mystique : il correspond aux mesures de l'arche de l'épopée de Gilgamesh. Cette arche était en forme de cube, tout comme l'univers, et divisée en sept étages, et chaque étage en neuf compartiments. Ce sont précisément ces proportions que l'on retrouve pour la ziggourat de Babylone. Elle a bien sept étages, et son socle est divisé en neuf compartiments. »

D'autres spécialistes de la Mésopotamie (Jean-Claude Margueron, Juan Luis Montero Penollos) nient





**D**ans le premier livre de la Bible (Genèse 11) la Tour de Babel est au centre d'un épisode dramatique qui engage l'avenir de l'humanité. Il se situe à un moment où les habitants de la Terre, qui utilisent alors tous le même langage, entreprennent de bâtir une ville et une tour dont le sommet touche le ciel, « pour se faire un nom ». Dieu, mécontent de ce projet, disperse les hommes et leur donne à chacun une langue particulière. Ce texte bref et énigmatique, Jean-Jacques Glassner, directeur de recherche au CNRS, l'analyse dans son livre *La Tour de Babylone* (Seuil) à la lumière de sa connaissance du contexte mésopotamien. Les récits de la Genèse comportent en effet de nombreux emprunts à la culture babylonienne : non seulement parce qu'une grande partie de la rédaction de la Bible eut lieu pendant et après l'exil à Babylone, mais aussi à cause de la place prépondérante de la culture babylonienne dans tout le Levant depuis le deuxième millénaire.

Le chercheur examine en particulier l'expression qui décrit l'utilisation d'un même langage, dont la traduction littérale est : « Et c'est toute la terre, une

Jean François Mondot

seule langue, des paroles uniques ». Or, une expression comme « le pays n'aura plus qu'une seule bouche » était fréquemment utilisée par les rois mésopotamiens dans un sens très particulier, très politique. Cela signifiait : « Mettre des pays divers sous une autorité politique unique ». Une autre expression, « se faire un nom », qui décrit les motivations des constructeurs de la Tour de Babel, est également rendue moins obscure par le contexte mésopotamien. « Se faire un nom, c'est acquérir l'immortalité en laissant une trace dans l'histoire. C'est la leçon de l'Épopée de Gilgamesh. Le héros explique que ceux qui méprisent la mort et vont sans crainte au combat se feront un nom jusqu'à leurs plus lointains descendants », analyse Jean-Jacques Glassner.

Par conséquent, dans l'esprit du rédacteur biblique, qui connaît l'histoire de Gilgamesh, ces hommes qui prétendent atteindre l'immortalité en construisant un bâtiment agissent sous l'emprise de l'orgueil. C'est pourquoi Dieu les punit en mélangeant les langues, c'est-à-dire en rompant l'unité du royaume. L'assyriologue donne une dernière clé pour rendre

intelligible cet épisode de la Tour de Babel. Il montre que le texte présente un jeu de mots caché. Le rédacteur antique a joué sur deux racines sémitiques voisines BBL (qui signifie crue dévastatrice, déluge) et BLL (qui a le sens de mélange, confusion). Le passage final prend alors sa véritable dimension lorsqu'on comprend qu'il y a deux raisons pour lesquelles Dieu baptise la tour du nom de Babel : « C'est pourquoi on l'appela du nom de Babel. Là, en effet, Yahvé confondit le langage (note : BLL) de toute la Terre et de là Yahvé les dispersa (note : BBL) sur la surface de toute la Terre ». Le rédacteur biblique, par ce jeu de mots, veut faire comprendre qu'il s'agit d'un deuxième déluge nécessitant une nouvelle alliance avec Dieu. Celle qui, plus tard, sera conclue par Abraham. ■

à voir

• L'exposition : *Babylon, Myth and Truth*, du 26 juin au 5 octobre 2008 au Pergamonmuseum Am Kupfergraben 5 10117 Berlin-Mitte.

Monsi Desiderio  
1630

# [La Tour de Babel]

Lucas van Valckenborgh  
1530-1590



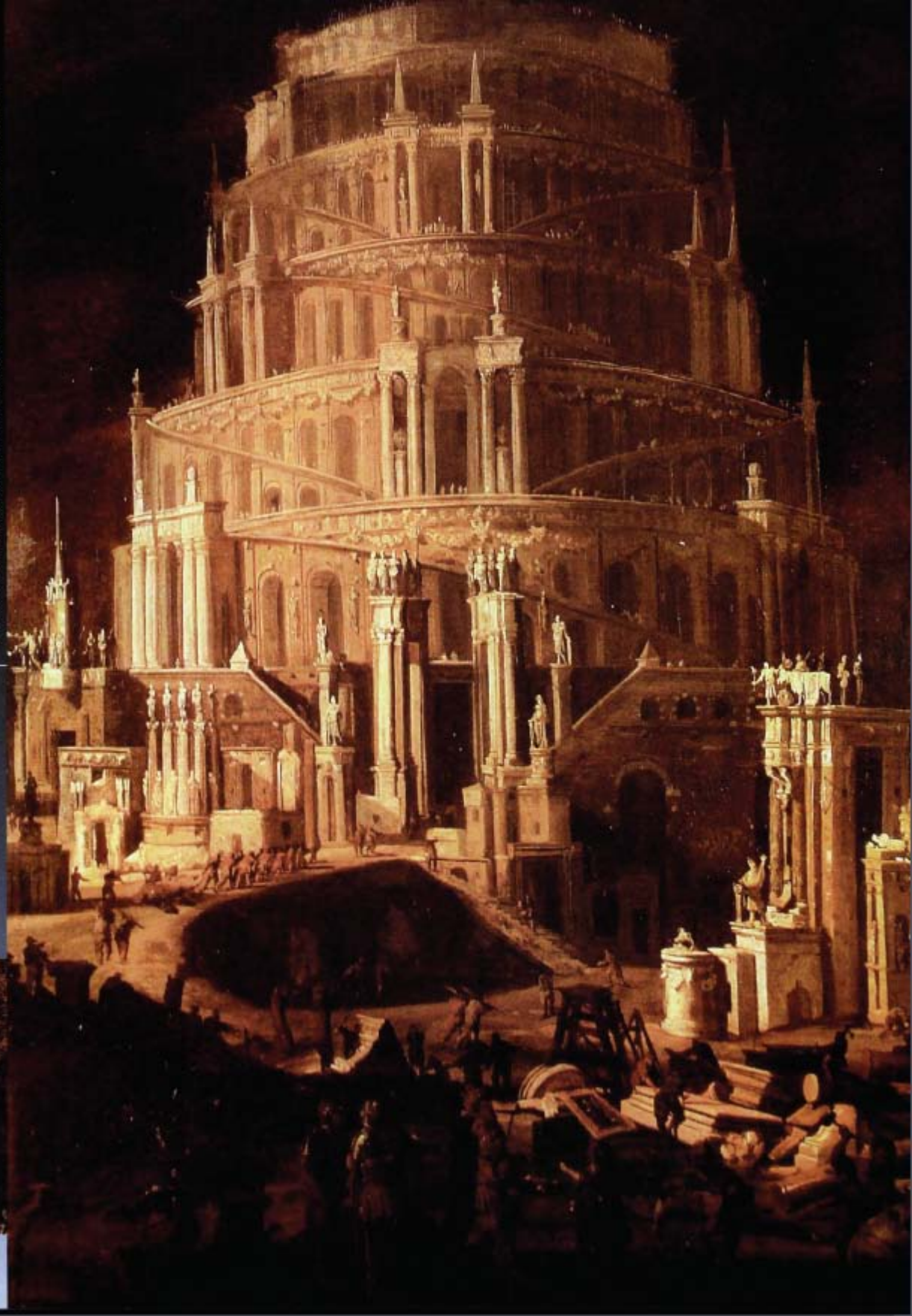
Pieter Brueghel  
1563



Martin van Valckenborch  
1595









# Caral

Au même moment qu'en Égypte, des sociétés de la vallée de Supe, au Pérou, ont élevé leurs propres pyramides. L'une d'elles, complexe et hiérarchisée, se distingue à plus d'un titre.

# 4 000 ans

Dans les années 1990, sont mis au jour, à Caral, 180 km de Lima, les vestiges d'une cité construite vers 2700-2600 av. J.-C. Les chercheurs découvriront dans cette région du Norte Chico d'autres sites encore plus anciens.



# avant les Incas





L'escalier central de la pyramide Mayor mène à l'atrium, où devaient se dérouler des cérémonies publiques. Les pyramides de Caral sont au nombre de six.



Certains portent de grands sacs de fibres végétales remplis de pierres. D'autres reviennent les bras chargés d'argile et de pigments. A leurs côtés, quelques hommes sont occupés à travailler l'enduit pour en éliminer le sable et les graviers. Tous s'affairent autour de la Piramida Mayor et des autres monuments dressés sur la vaste esplanade de Caral. Nous sommes au centre du Pérou, au troisième millénaire avant notre ère. Comme chaque année, le temps des grands travaux est venu. Plusieurs centaines de pêcheurs ont quitté leur village sur la côte pour venir prêter main forte aux habitants de la vallée de Supe, à 23 kilomètres de l'océan Pacifique, sur les premiers contreforts des Andes. Pendant quelques semaines, les grands temples pyramidaux seront rénovés, agrandis pour certains, puis recouverts d'une fine couche d'enduit coloré, rouge, jaune ou blanc, selon les ans. Ce dur labeur sera accompagné de cérémonies religieuses et agrémenté de festins comme les traditionnels *pachamanca*s, où les aliments sont cuits à même le sol sur de grandes pierres chauffées.

Aujourd'hui, près de cinq millénaires plus tard, le calme est revenu sur Caral. Seuls se dressent les édifices pyramidaux balayés par les vents et la poussière, témoignages d'un ancien peuple de bâtisseurs.

Au centre de l'esplanade, dominant la vallée irriguée en contrebas, l'imposante Piramida Mayor, avec son grand escalier central. Haute de 19 m et large de 170 m, soit un volume de 200 000 m<sup>3</sup>, elle surplombe une grande place circulaire excavée, c'est-à-dire enfoncée dans le sol. Au loin, à l'est, la pyramide de la galerie, avec son passage couvert peint en blanc et aux murs découpés de niches. Juste au sud, la pyramide de la Huanca, du nom de la grande pierre dressée face à son escalier, sur l'esplanade. Ces monuments sont parmi les plus vieux du monde : ils ont été érigés à la même époque que les premières pyramides égyptiennes, comme celle de Saqqâra. Ils font de la région le berceau probable de la première civilisation andine, dans une Amérique du Sud encore peuplée de pêcheurs-chasseurs-cueilleurs. « Il n'y a à cette époque rien de comparable sur tout le continent ! s'émerveille Jonathan Haas, archéologue au Field Museum, à Chicago. Nous voyons ici l'émergence d'une culture très complexe, au même moment qu'en Egypte, en Inde et en Chine ». Les débuts d'une lignée de sociétés andines successives qui culminera, quatre millénaires plus tard, avec l'épanouissement de la civilisation Inca.

## Une quarantaine de sites

Pour extraordinaire qu'il soit, le site de Caral est longtemps passé inaperçu. Croulant sous les pierres, les tumulus pyramidaux étaient en effet pris pour des formations naturelles. Ce n'est que dans les années 1990 que l'archéologue péruvienne Ruth Shady Solis et son équipe de l'Université nationale Mayor de San Marcos, à Lima, les ont mis au jour. Depuis, beaucoup d'autres sites ont été découverts au voisinage par Jonathan Haas et ses collègues. Leur densité est impressionnante : on en recense une quarantaine en tout, avec chacun d'une à sept pyramides et éloignés





Les « autels du feu sacré », permettant l'accès de moins d'une vingtaine de personnes, devaient servir à des cérémonies très secrètes.

les uns des autres de quelques kilomètres, le long de quatre vallées adjacentes, tous situés dans l'aride région du Norte Chico, le « Petit Nord » en espagnol. Ces monuments montrent un schéma architectural commun : des plates-formes superposées, un grand escalier central séparant l'édifice en deux extensions, avec parfois une place circulaire excavée située juste devant l'édifice. C'est en analysant les restes végétaux retrouvés à l'intérieur des édifices, tels les shi-cras, ces sacs ayant servi à transporter les pierres, que les chercheurs ont réalisé leur ancienneté : les datations au carbone 14 montrent que les premières constructions remontent à 3200 avant J.-C. la région ayant ensuite été occupée en continu pendant au moins 1200 ans. C'est également en sondant leurs entrailles que les chercheurs ont conclu que les pyramides du Norte Chico n'avaient pas toutes été érigées en une fois, comme leurs concurrents égyptiennes, mais élevées en une ou deux grandes phases, puis constamment remodelées. Elles conservent les traces de ces étapes successives, avec leurs vieux murs de soutènement enterrés dans les remblais de galets et de fragments de pierre, leurs niveaux de sols successifs et leurs très fines couches d'enduits superposées.

Quelle était la fonction de ces premières pyramides d'Amérique du Sud? Cérémonielle, sans aucun doute. « Une religion est née dans le Norte Chico. une religion qui se manifeste dans un schéma architectural », avance Jonathan Haas. Il en veut pour preuve la découverte, sur une caléasse, de ce qui pourrait être la représentation de la première divinité andine (voir l'encadré). Aucune dépouille royale, aucune salle funéraire : contrairement aux pyramides d'Égypte, les monuments péruviens n'étaient pas des tombeaux. Leur agencement indique en revanche qu'une partie était dédiée aux cérémonies publiques : la place circulaire excavée, le grand escalier débouchant sur



## LE BERCEAU D'UNE RELIGION?

**U**n visage mi humain, mi-animal, avec des dents en forme de crocs. Les pieds sont écartés, la main droite tient un bâton, une tête de serpent semble apparaître au bout du bras gauche. C'est la plus vieille représentation d'une déité connue à ce jour sur le continent américain. Datant de 2250 ans avant Jésus-Christ, elle a été découverte il y a six ans dans le Norte Chico par l'équipe de Jonathan Haas, sur un fragment de bol en caléasse incisé. L'image regroupe les principales caractéristiques du « Dieu aux bâtons » vénéré dans les Andes au cours des millénaires suivants. Cette découverte renforce l'idée qu'une religion est née dans la région, en même temps que son peuple construisait les premières pyramides d'Amérique du Sud et qu'émergeait une société centralisée. « Le dieu au bâton est un dieu créateur », précise Jonathan Haas, qui le rapproche du mythe du dieu Vichama, « un mythe merveilleux, rapporté au XVIII<sup>e</sup> siècle par un missionnaire espagnol et qui est né dans le Norte Chico ». La légende raconte que le soleil donna un fils à la première femme. Mais son

frère Pachacamac, jaloux, tua cet enfant, le dépeça et l'enterra. De ces morceaux sont venus les fruits de la terre : les dents ont donné le maïs, les bras et les jambes, les fruits et légumes, le torse, les pommes de terre. Du cordon ombilical est né un nouvel enfant, Vichama. Alors que ce dernier, devenu homme, cheminait à travers le monde comme le fait son père le soleil, Pachacamac fit tuer sa mère, la première femme. En représailles, Vichama transforma en pierre ceux qui avaient aidé Pachacamac à perpétuer ce forfait et assembla les morceaux de sa mère pour en faire trois œufs, l'un en or, l'autre en argent et le troisième en cuivre. Du premier sont nés les chefs, du second, leurs femmes, et du troisième, le peuple. « Ce mythe explique à la fois les débuts de l'agriculture et ceux de la hiérarchie sociale », s'exclame l'archéologue. L'année dernière, son équipe a retrouvé dans le Norte Chico une statuette en argile datant d'environ 2200 avant Jésus-Christ : une femme en pleurs avec, au dos de ses cheveux, l'empreinte du soleil. Ce pourrait être, selon Haas, une représentation de la première femme.

L. S.

# Le site de Caral

## Pour bâtir une pyramide

Comment les « maçons » de Caral s'y sont-ils pris pour édifier ces monuments ? Ils s'approvisionnaient dans des carrières situées à moins d'un kilomètre des sites. Les pierres les plus grandes, celles des murs de soutènement, pouvaient mesurer un mètre cube et peser plusieurs tonnes. Leur transport se faisait de diverses manières.

La plupart des pierres étaient poussées à flanc de coteau le long de crevasses

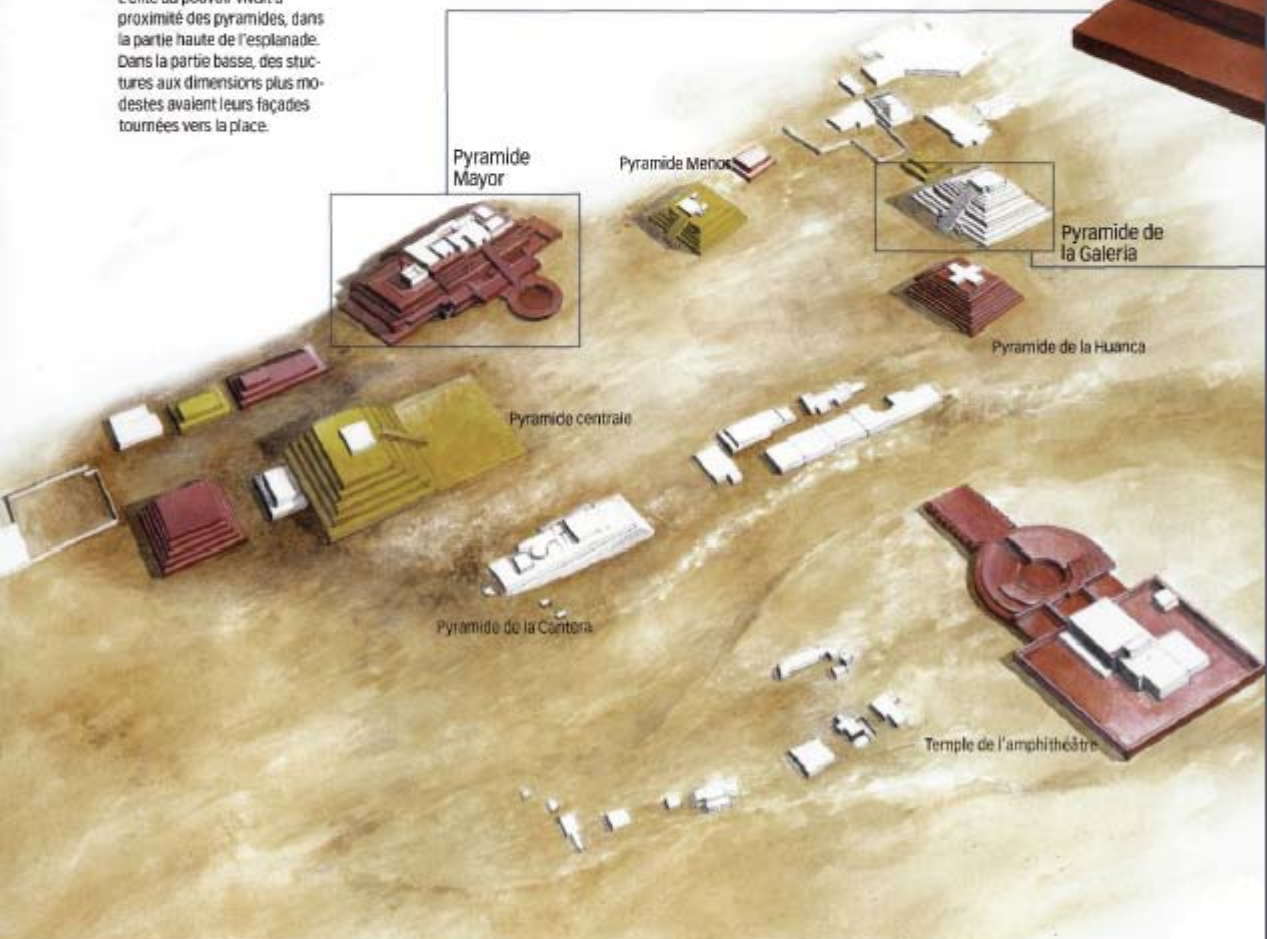
naturelles, à l'aide de burins et vraisemblablement de bâtons de grande taille. On faisait glisser les blocs les plus gros sur des troncs d'arbres. Sur sol sableux, on les posait sur des patins de bois que l'on tirait.

Le matériau de remplissage, des galets de rivière et des fragments de pierres, était transporté dans des sacs en fibres végétales disposés ensuite tels quels dans la structure de soutènement. Les pierres de ces murs,

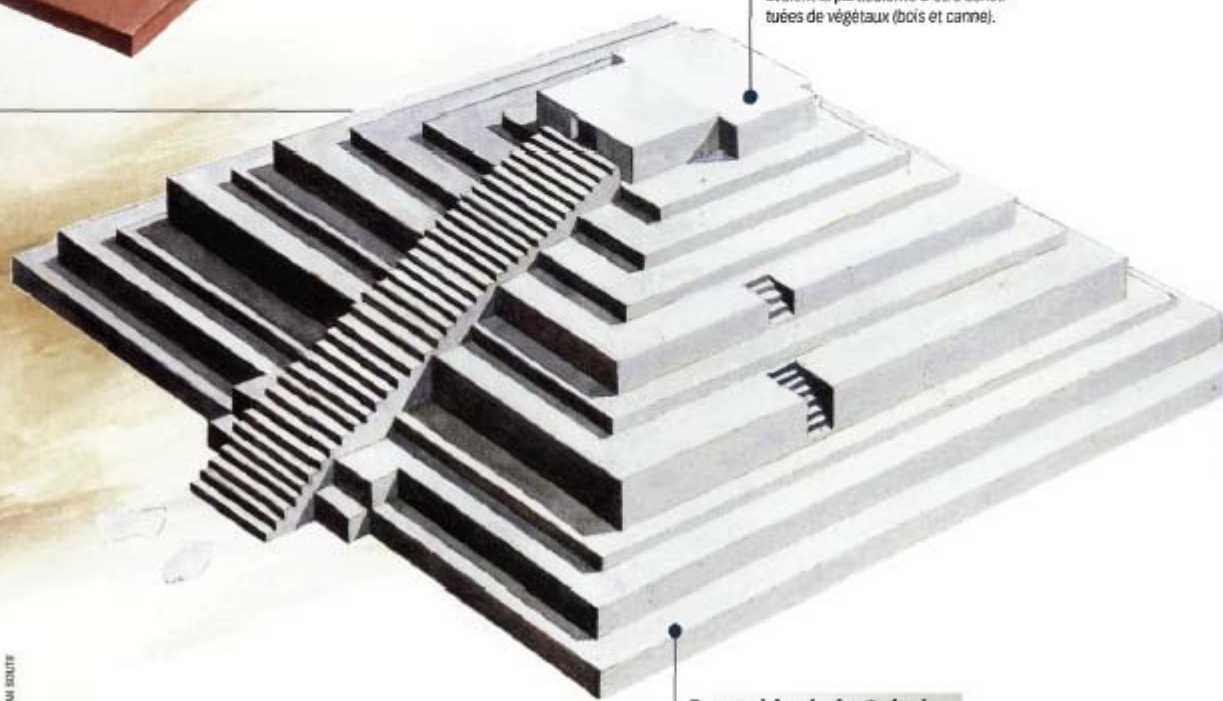
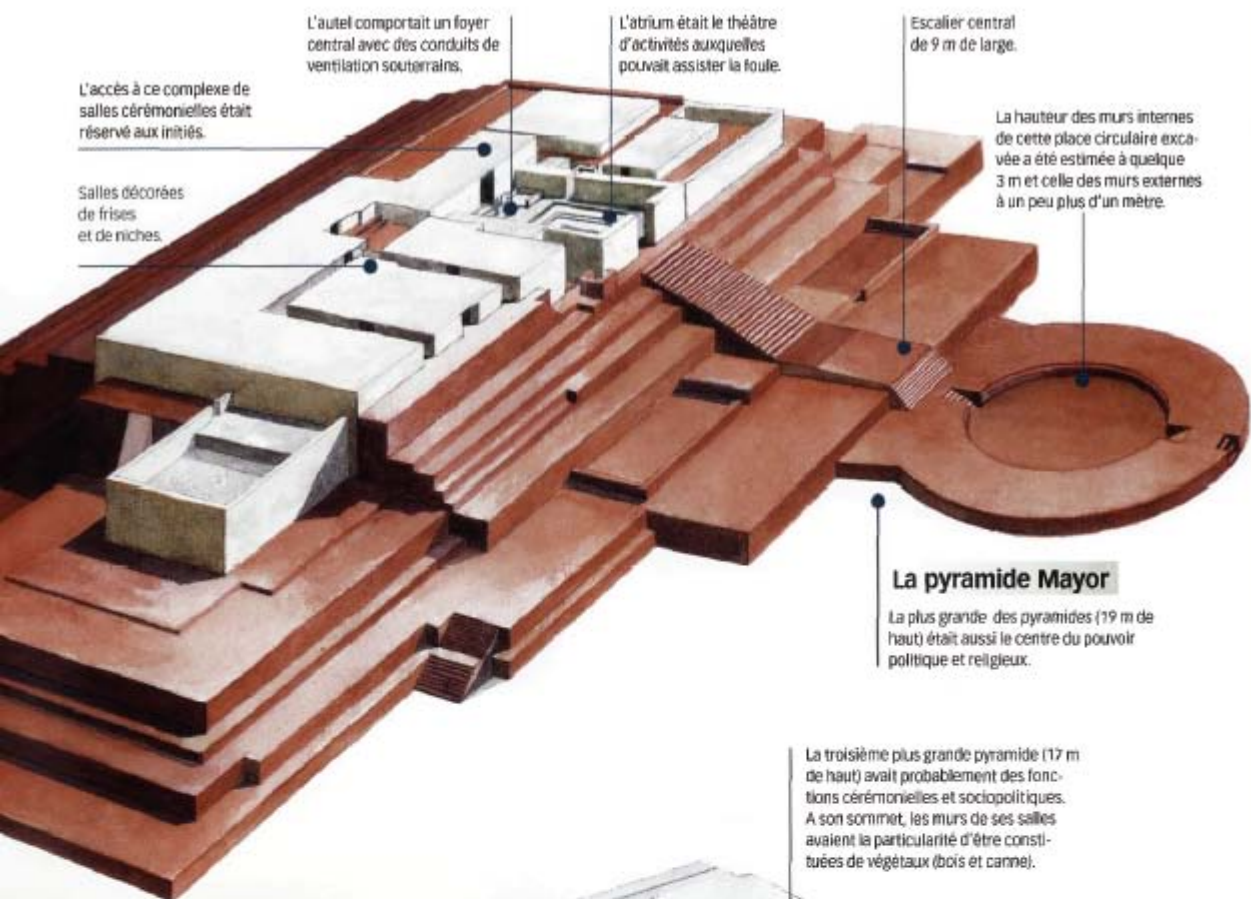
taillées au moyen d'outils eux-mêmes façonnés dans la roche, étaient jointes par un mortier d'argile et de cailloux. Quant aux constructions réalisées sur les terrasses, leurs murs étaient faits de branches et de roseaux mêlés de pierres. Les murs étaient soigneusement recouverts d'une couche d'enduit coloré de 1 à 2 mm. L. S.

## Caral, un site de 66 ha

La disposition et la diversité des monuments témoignent d'une société très stratifiée. L'élite au pouvoir vivait à proximité des pyramides, dans la partie haute de l'esplanade. Dans la partie basse, des structures aux dimensions plus modestes avaient leurs façades tournées vers la place.







une première enceinte au sommet de la pyramide, l'atrium. C'est ce lieu de performance qui devait accueillir les activités observées par la foule. Derrière, vient un espace très privé. « *un complexe de salles que nous retrouvons presque toujours vides et où se déroulaient les cérémonies accessibles à très peu de personnes. C'était un moyen de contrôler l'information, de maintenir le secret, de détenir le pouvoir* », suppose l'archéologue américain. La nature de ces cérémonies? Elle reste très mystérieuse. Placés aux alentours des monuments ou à leur sommet, les « autels du feu sacré » comme les nomment Ruth Shady Solis, devaient abriter certains de ces rituels: un foyer central, des conduits de ventilation pour attiser le feu, parfois un banc sur lequel les maîtres de cérémonie devaient s'asseoir. Procédait-on à des sacrifices? Sur le site de Caral, l'archéologue péruvienne et son équipe ont dégagé des dépouilles mortelles, des bâtes en os de pélican et de condor, des statuettes d'argile et d'autres offrandes. Mais « *ces vestiges n'ont pas été datés*, tempère Jonathan Haas. *Sur les autres sites, les seules dépouilles que nous retrouvons proviennent d'époques plus récentes. Pendant des millénaires, les habitants de la région sont revenus sur les lieux et y ont enterré leurs morts. C'était une manière de reconnaître l'importance de ces tumulus pyramidaux, une mémoire sociale* ».

Une chose est sûre: ici comme ailleurs, la présence de ces monuments témoigne d'une forte centralisation des prises de décision. « *Les pyramides sont une preuve absolue de pouvoir*, insiste l'archéologue américain,

D'où l'hypothèse que ces derniers venaient participer aux travaux de construction, qui devaient s'accompagner de festivités et de repas collectifs, au vu des restes d'aliments et des blocs de pierre portant des traces de feu retrouvés dans le corps même des constructions. « *Si ces pêcheurs venaient sur les sites pour deux ou trois semaines dans l'année, nous sommes dit qu'il devait y avoir des campements*, poursuit Jonathan Haas. *Nous en avons effectivement trouvé trois à ce jour, avec des restes d'habitations temporaires et des fragments de filets de pêche* ». Autre indice: l'abondance des arêtes d'anchois et de sardine découverts à Caral et sur les autres sites, aux côtés de fragments de coquillages. « *Seule la combinaison de la pêche totale de nombreux villages côtiers situés le long de la côte péruvienne peut rendre compte de la quantité de ressources marines consommée dans ces centres économiques et cérémoniels de l'intérieur des terres* », insiste l'archéologue.

Le pouvoir des élites des vallées du Norte Chico reposait vraisemblablement sur le contrôle de la production de deux biens: le coton, indispensable à la confection des filets de pêche, et les plantes cultivées, qui permettaient aux pêcheurs de diversifier leur régime alimentaire. De fait, les monuments sont toujours situés à proximité des rivières, près de terres cultivables grâce à l'eau apportée par de rudimentaires canaux d'irrigation – aujourd'hui encore utilisés par les populations de la région. On

Le peuple de Caral ne produisait pas encore de céramiques mais façonnait des statuettes en argile cuite.



## Les pyramides témoignent d'une centralisation du pouvoir

*Pourquoi des hommes ont-ils construit de tels monuments? Parce que quelqu'un leur a dit de le faire!* ». L'élite détenant ce pouvoir devait vivre à proximité immédiate des édifices, dans les nombreux ensembles résidentiels découverts alentour. Le nombre de leurs habitants ne devait pas dépasser, selon les estimations de l'archéologue, quelques centaines à un millier par site. Une population insuffisante pour construire et entretenir de tels monuments, et probablement beaucoup moins nombreuse que celles des villages de pêcheurs établis sur les côtes toutes proches.

et cultivait des courges, des haricots, du maïs, probablement des pommes de terre, mais surtout du coton. Tout indique que les pêcheurs venaient de loin pour s'approvisionner en cette précieuse fibre: des fragments de filet ont été retrouvés un peu partout sur la côte, jusqu'à des centaines de kilomètres de distance du Norte Chico. En retour, les populations côtières fournissaient aux élites des vallées les poissons et fruits de mer leur permettant d'enrichir leurs repas en protéines – et la main-d'œuvre nécessaire à la construction et à l'entretien des monuments.



Toute la structure sociale de la région devait reposer sur ce système d'échanges original.

Les rares objets retrouvés sur les sites et dont l'ancienneté ne fait pas de doute – fragments de tissu, statuettes d'argile, outils en pierre, morceaux de calèche – n'apportent que peu d'indices supplémentaires sur le mode de vie et la structure sociale de ces bâtisseurs. Les sites des différentes vallées étaient-ils en compétition, chacun s'efforçant d'attirer le maximum de main-d'œuvre pour ériger des pyramides plus imposantes que celles des voisins ? Ou bien Caral était-il le siège d'un Etat primitif exerçant son emprise sur toute la région, comme le suggère Ruth Shady Solis ? La question divise les archéologues. Une certitude, cependant : aucun signe de guerre n'a été retrouvé dans la région, et ce pendant les 1200 ans où s'est épanouie cette société de bâtisseurs. Ni fortifications, ni armes, pas de traces de violence ou d'incendie. « C'est vraiment fascinant, souligne l'archéologue américain, je ne connais aucun autre endroit au monde où l'on trouve une société si complexe sans indice de conflit ».

Ce long rayonnement pacifique s'est finalement atténué vers -1800. La date représente une charnière, puisqu'elle correspond à l'apparition des premières céramiques en Amérique du Sud. C'est à cette époque que commencent à se dresser d'autres pyramides encore plus imposantes, au nord et au sud (voir l'encadré). « La région a perdu sa stature à mesure que d'autres zones se développaient et devenaient plus puissantes », résume Jonathan Haas « Après avoir été pendant 1200 ans le centre culminant de la civilisation péruvienne, le Norte Chico est redevenu un coin tranquille, et l'est demeuré pour la suite de son histoire ».

Laure Schalchi

## UNE LONGUE TRADITION ARCHITECTURALE

Les édifices pyramidaux du Norte Chico, avec leurs plates-formes successives et leurs places circulaires excavées, marquent la naissance d'un schéma architectural qui perdurera dans les Andes, raffiné et agrandi, pendant plus de quatre millénaires. Ce seront d'abord les grandes pyramides à degrés groupées en U des sites d'El Paraiso, près de Lima, ainsi que celles de la vallée de Lunin, un peu plus au sud, et de la vallée de Casma, à 300 km au Nord. Là se dresse Sechin Alto, l'un des plus vastes complexes architecturaux de l'Amérique précolombienne : il s'étend sur près de deux kilomètres. Les dimensions de sa pyramide principale – 300 m sur 250 m au sol et 44 mètres de hauteur – en font le plus grand monument du Nouveau Monde datant du deuxième millénaire avant Jésus-Christ.

Au millénaire suivant, d'autres édifices à plates-formes sont bâtis jusque sur les bords du lac Titicaca, dans plusieurs régions du Pérou et en particulier à Chavin de Huantar, au nord du pays, à plus de 3000 mètres d'altitude. C'est l'apogée de la culture dite de Chavin, avec ses temples pyramidaux creusés de galeries et ornés de figures mi-humaines, mi-animales en pierres finement sculptées.

Ces monuments sont détrônés, au début de l'ère chrétienne, par les



grandes pyramides à degrés de la culture Moche (ou Mochica), ornées de frises polychromes. La Huaca del Sol ou pyramide du soleil (à l'origine longue de 345 m, large de 160 m et haute de 42 m, mais en partie détruite) et la Huaca de la Luna se dressent à 500 mètres l'une de l'autre sur la côte nord du Pérou, à l'emplacement de l'ancienne capitale de l'Etat Mochica. Elles sont toutes deux construites en briques – il en a fallu des centaines de millions. Les archéologues y ont retrouvé de nombreux indices de sacrifices humains. A leurs pieds, des dizaines de tombes contenant de magnifiques vases en céramique.

On retrouve encore le même schéma architectural au XI<sup>e</sup> siècle apr. J.-C. dans la capitale impériale de la culture pré-inca Tiwanaku, en Bolivie (pyramide de l'Akapana).

L. S.

Caral (ici la pyramide Mayor) marquera longtemps de son empreinte l'architecture des pyramides dans le Pérou, telle la Huaca de la Luna, culture Mochica (en haut, entre 100 et 900 de notre ère).





La pyramide méso-américaine symbolise la montagne. Les toutes premières ont un plan circulaire, comme celle de La Venta, au Mexique, construite en terre battue par les Olmèques. (À droite, portrait d'un dirigeant olmèque.)

Méso-Amérique

# La pyramide naît de l'offrande

Les Olmèques donnent le ton à partir de -1200. Leurs pyramides recouvrent des offrandes mises en terre, symboles de leur attachement au territoire.







**E**n Méso-Amérique, la pyramide est légion. Dans cette aire culturelle qui englobe le tiers méridional du Mexique jusqu'au Costa Rica, différentes civilisations érigent de tels monuments. Formes, matériaux, décors ou fonctions varient de l'une à l'autre. Néanmoins, des Olmèques aux Aztèques, on relève une forte continuité historique et culturelle.

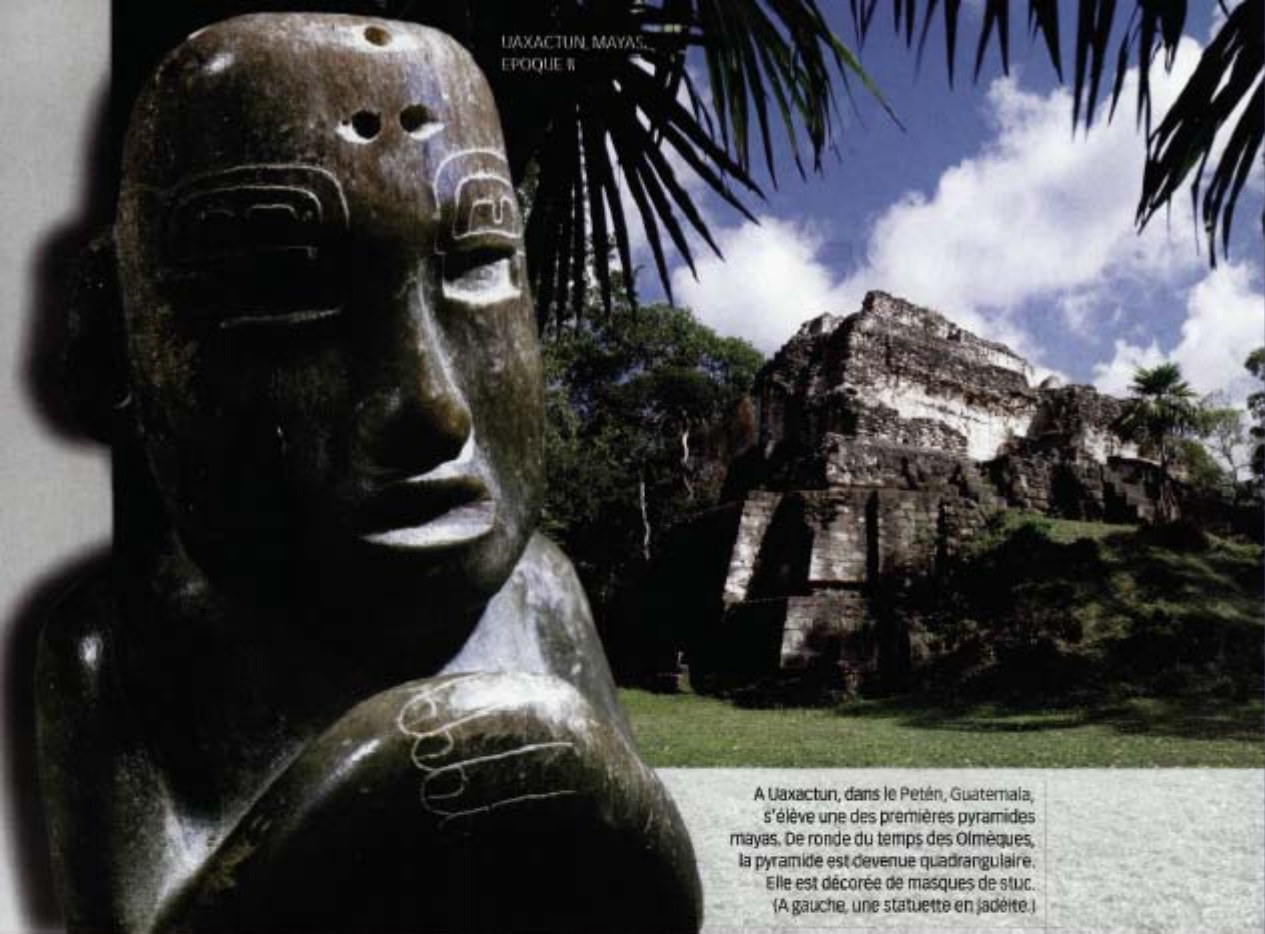
Cette région d'Amérique centrale et du Nord se caractérise en effet par son multiethnisme. Son histoire n'est pas marquée par l'arrivée soudaine de peuples qui, ensuite, disparaissent. Au contraire, dès ses débuts, vers 1200 av. J.-C., jusqu'à la Conquête en 1519, elle se compose de trois groupes ethniques toujours présents : les Nahuas, les Otomis et les Mayas. Et des jeux de pouvoirs et de métissage entre ces principaux groupes vont émerger différentes civilisations. D'où l'existence d'une sorte de fil d'Ariane qui relie entre elles les pyramides rattachées à ces diverses cultures.

Loin des images venues d'Égypte, la pyramide méso-américaine par exemple est systématiquement tronquée, privée de son sommet pointu. Elle est d'avantage un soubassement sur lequel vient se greffer un sanctuaire, lui-même parfois coiffé d'une *crestera*, d'une crête faitière. Elle s'impose comme l'édifice

principal du centre cérémoniel autour duquel s'organise la cité. Elle lui donne même son identité. « Plus la pyramide est imposante, plus la gloire de la ville est forte », écrit Christian Duverger, directeur d'études à l'École des hautes études en sciences sociales, dans *La Méso-Amérique* (Flammarion, 1999).

Parmi les toutes premières pyramides méso-américaines, il y a celle de La Venta (époque I, voir p. 90), au Mexique. Entièrement composée de terre battue, elle est de plan circulaire et culmine à 30 m de haut. D'abord hâtivement attribuée aux Mayas dans les années 1920, elle est l'œuvre des Olmèques, « civilisation mère » découverte tardivement – qui ne puise donc pas ses origines dans l'arrivée d'un nouveau groupe ethnique, mais dans la fusion culturelle et temporelle entre les Nahuas, les Otomis et les Mayas. À La Venta, ce peuple de bâtisseurs fait d'emblée preuve d'un souci de planification prononcé, d'une volonté de symétrie : le monticule domine un site agencé selon un axe nord-sud, orientation qui s'imposera par la suite comme une convention d'urbanisme.

Les Olmèques s'approprient les lieux, les sacralfient et la pyramide en est l'emblème. Avec eux débute une pratique qui deviendra constante en Méso-Amérique : l'offrande ensevelie. Mosaïques, haches



A Uaxactun, dans le Petén, Guatemala, s'élève une des premières pyramides mayas. De ronde du temps des Olmèques, la pyramide est devenue quadrangulaire. Elle est décorée de masques de stuc. (A gauche, une statuette en jadéite.)

pollus ou figurines de pierre sont déposées en terre pour obéir à une géographie sacrée. « *Le monde méso-américain est un monde culturel, artificiel, analyse l'anthropologue Christian Duverger. L'espace n'est pas utilisé dans sa configuration naturelle mais construit pour le rendre habitable. Des offrandes sont d'abord enfouies pour sceller l'appartenance d'un territoire à un groupe. Puis, là-dessus, est érigé un tumulus, marqueur visible de ses offrandes.* » Petit à petit, le simple amoncellement de terre se recouvre de pierre et se mue en une véritable pyramide.

Le cône de La Venta, rythmé par une dizaine de sillons, semble avoir été conçu pour rappeler le massif volcanique de Los Tuxtlas, situé à une centaine de kilomètres, où les Olmèques puisaient le basalte

nécessaire à leurs monuments de grande taille, telles les célèbres têtes colossales. En nahuatl, pyramide se dit d'ailleurs tlachiatepetl, « la montagne fabriquée de la main de l'homme », et la ville, « l'eau, la montagne », il faudrait donc une montagne artificielle, une pyramide, pour faire une ville.

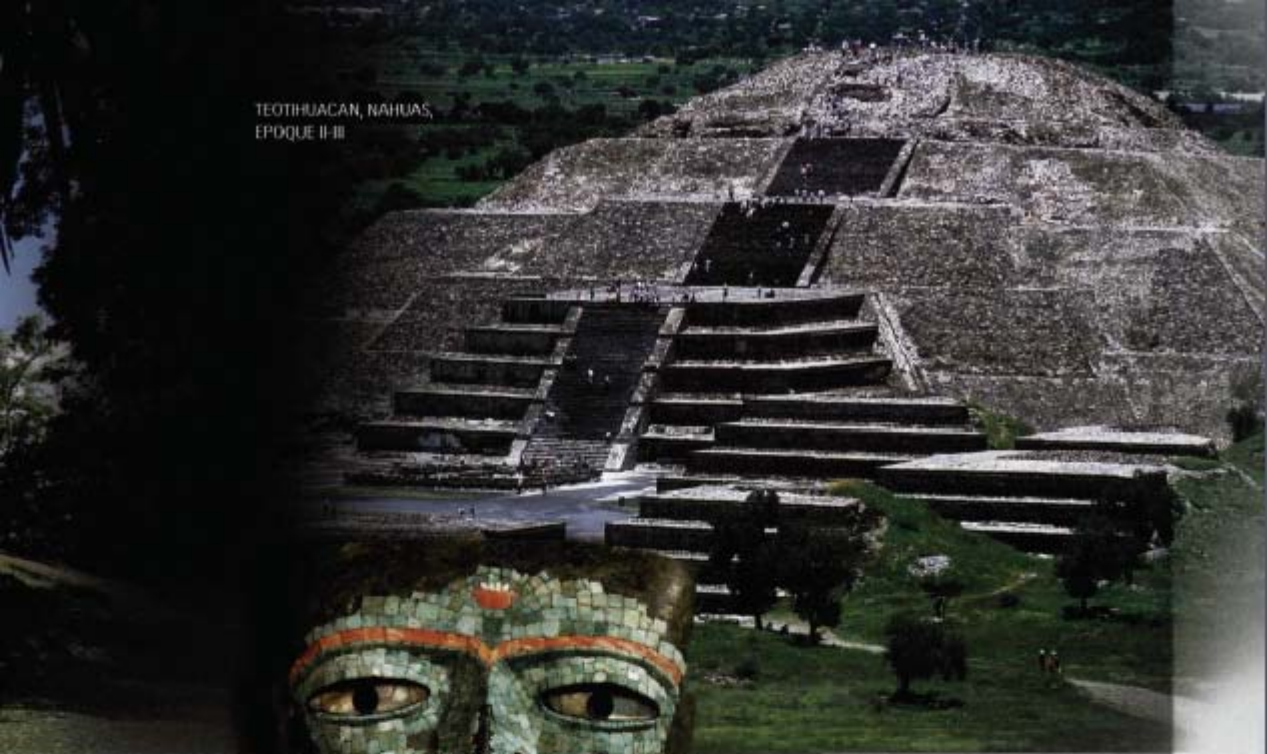
La symbolique ne s'arrête pas là. « *Dans l'ancien Mexique, monter ou descendre la montagne n'est pas un acte anodin, précise Caterina Magni, maître de conférences en archéologie pré-hispanique à l'Université Paris IV-Sorbonne et auteure des *Olmèques: des origines au mythe* (Seuil, 2003). Au-delà du simple déplacement, l'Indien se meut dans une géographie mythique.* » La pyramide serait ainsi un pilier cosmique, un *axis mundi* permettant de relier les trois

## > repères >

Chronologie établie par Christian Duverger







Adversaires des Mayas, les Nahuas se sont implantés à Teotihuacan, au Mexique. Ces lointains ancêtres des Aztèques ont opté pour des structures plus compactes. Au sein de la pyramide de la Lune on a retrouvé des restes de victimes sacrificielles. (Masque aux incrustations de jade, corail...)

parties de la cosmogonie méso-américaine : en haut, le monde céleste, au milieu, celui des humains, en bas, l'inframonde où résident les ancêtres et certaines divinités, de l'eau ou du feu. « Les Olmèques ont inventé la pyramide en Méso-Amérique et l'ont chargée d'emblée d'un fort symbolisme : l'édifice pyramidal est le symbole de la montagne-grotte originelle qui occupe le centre du monde. Le lieu d'origine et de retour », conclut Caterina Magni.

## La montée des Mayas

Le plan circulaire va ensuite disparaître pour laisser place au plan quadrangulaire. Une fragmentation du pouvoir met fin à la civilisation olmèque et laisse place à une floraison de styles locaux. A Cuicuilco (début de l'époque II), dans le bassin de Mexico, la pyramide est encore ronde, mais garnie de pierres

et à degrés. A Uaxactun (début de l'époque II), au Guatemala, une petite pyramide quadripartite, liée à l'émergence des Mayas, a été mise au jour dans les années 1930. Son décor de masques en stuc, représentant des êtres hybrides mi-humains mi-félins, souligne la filiation avec l'art olmèque. Sur chaque côté, une rampe d'accès ; en haut, un sanctuaire aujourd'hui disparu.

C'est en fait un témoignage rarissime des premières pyramides. Car, en Méso-Amérique, on ne rase pas les édifices : on les superpose – pas moins de sept « couches » sont recensées au Templo Mayor à Tenochtitlan, capitale des Aztèques et actuelle Mexico (époque V) ! En raison de ce jeu d'emboîtement, seules sont visibles de nos jours les dernières phases d'une construction. Mais à Uaxactun, étonnamment, la pyramide fut restaurée de manière à dégager son cœur. Le site de La Venta, lui, a été détruit volontairement vers -400 ; celui de Cuicuilco fut enseveli sous les cendres d'un volcan entre -200 et -100.

Les pyramides de la fin de l'époque II et du début de l'époque III témoignent de la rivalité entre les Nahuas des hautes terres semi-arides et les Mayas des basses terres au climat chaud et humide. Ces derniers se lancent dans une course à la verticalité – Tikal, au Guatemala, en est la parfaite illustration



TIKAL MAYAS  
ÉPOQUE I

Le temple I de Tikal, Guatemala, 47 m de haut, témoigne de la course à la verticalité engagée par les Mayas. (Masque funéraire provenant de la tombe 160.)

Pratique avérée chez les anciens Mexicains, le sacrifice humain a un scénario immuable qui prend appui sur l'édifice pyramidal. (Dessin de la civilisation aztèque tiré du *Codex Magliabecchiano* XVI<sup>e</sup> siècle.)







PALENQUE, MAYAS,  
ÉPOQUE III

Palenque, au Mexique, connaît son apogée avec le roi Pacal qui fait construire au VI<sup>e</sup> s le temple des Inscriptions (Masque en mosaïque de jade et bijoux.)

## La pyramide: une montagne originelle occupant le centre du monde

— qui s'achèvera vers 850. Tandis que les premiers, notamment à Teotihuacan, sur le haut plateau central du Mexique, optent pour des structures plus compactes, plus horizontales.

Autour d'un noyau fait d'argile, de terre battue et de gravats, les matériaux diffèrent en fonction de l'environnement: pierre calcaire pour les Mayas, volcanique pour les Nahuas. La métallurgie n'étant pas connue, pas plus que la roue ou la poutie, les outils sont rudimentaires. « Pour tailler les parements, la pierre est entamée à l'émeri, avec de la corde et du sable très fin », détaille Christian Duverger.

Dans les années 1950, la dépouille d'un dynaste a été retrouvée à l'intérieur d'une crypte funéraire dans le temple des Inscriptions de Palenque (époque III), au Mexique. La pyramide révèle alors, comme en Égypte, une fonction funéraire. Peut-on pour autant y voir un magnifique tombeau dédié à un dignitaire? « Il ne faut pas renverser l'ordre des présences:

*c'est toujours l'offrande qui est première, et la pyramide naît de l'offrande. Ce n'est jamais l'inverse qui se produit »,* insiste Christian Duverger. Le dirigeant est ainsi inhumé avant tout parce qu'il donne un sens à la ville.

Quant aux victimes sacrificielles, parfois également ensevelies au pied des pyramides, elles ne seraient qu'une autre forme d'offrande. La mise à mort par arrachement du cœur, pratique avérée chez les anciens Mexicains, a un scénario immuable, qui prend appui sur l'édifice pyramidal. En haut des marches abruptes, près du sanctuaire exigu abritant la caste sacerdotale, on ouvre la poitrine du supplicé et on élève son cœur palpitant vers le ciel, pour assouvir le soleil. Le corps, lui, se vide de son sang, qui dégringole en bas des marches pour nourrir la terre.

**Rafaële Brillaud**



Amérique du Nord

# Quand les Indiens recréaient le monde

Une architecture unique dans le monde des pyramides : nulle part ailleurs on n'a utilisé ce matériau, la terre, pour bâtir des univers aux formes aussi diversifiées.



Une étonnante silhouette de serpent se dessine sur un des tumulus de l'Ohio. Nombre d'entre eux ont servi de tombes. (Main en feuille de mica accompagnant la dépouille d'un Indien, Ohio.)

de mica joliment découpées. Amateurs et spécialistes s'enflamment: ces anciens monuments, dont certains rappellent les pyramides mayas, ne peuvent venir des tribus indiennes peuplant alors le territoire. Une mystérieuse race, sûrement blanche et autrement plus civilisée que ces autochtones, a dû les construire avant de disparaître, pense-t-on alors.

C'est ainsi que le mythe des « Mounds Builders » s'est épanoui tout au long du XIX<sup>e</sup> siècle. Peut-être ces bâtisseurs de tumulus venaient-ils des Indes? Ou bien d'un continent perdu, l'Atlantide? Il faudra attendre la fin du siècle et des fouilles plus sérieuses, accompagnées d'études comparatives avec les cultures modernes, pour se rendre à l'évidence: ces ouvrages sont bel et bien l'œuvre de nos ancêtres des Américains. On en compte aujourd'hui des milliers, dispersés dans tout l'Est des Etats-Unis. Mais ils devaient être plus nombreux encore, beaucoup ayant été rasés pour faciliter les plantations ou les constructions. Le plus grand encore sur pied, le Monk's Mound (ainsi baptisé car des moines s'installèrent un temps à son sommet), se dresse au bord du fleuve Mississippi, près de Saint-Louis. Avec ses 30 mètres de haut, ses quatre plates-formes et sa base de plus de 60000 mètres carrés – soit une surface supérieure à celle de la pyramide de Khéops – il recèle des dizaines de milliers de tonnes de terre.

On sait maintenant que ces monticules aux formes variées n'ont pas été érigés par un seul peuple, mais par une série de cultures successives – ou parfois contemporaines. Les plus anciens sont cinq fois millénaires: ils ont été bâtis au sud des Etats-Unis, près du Mississippi, entre -4000 et -3000 avant J.-C. Les 11 tumulus en forme de cône ou de dôme et d'une hauteur maximale de 7,5 m de Watson Brake, en Louisiane, sont ainsi disposés autour d'un grand ovale et reliés par des murets en terre. Leur fonction reste très énigmatique – même si les traces d'occupation indiquent que leurs bâtisseurs ont habité un temps à leur sommet, avant de les abandonner. Un millénaire et demi plus tard, dans la même région, apparaît l'étonnant site de Poverty Point: un ensemble de tumulus en forme de dôme ou aplatis au sommet et organisés autour de six rangées semi-circulaires de murets en terre, qui n'en finit pas d'intriguer les archéologues. Le complexe, l'un des plus grands jamais construits en Amérique du Nord, semble suivre un alignement astronomique et devait être utilisé pour des cérémonies. Mais lesquelles? Cette seconde génération de bâtisseurs disparaît tout aussi mys-

**E**n défrichant les terres du Middle West et du centre des Etats-Unis, les colons américains des XVIII<sup>e</sup> et XIX<sup>e</sup> siècles tombent sur d'étranges monticules de terre. Sous les arbres et les fourrés, leurs formes régulières trahissent la main de l'homme. Coniques ou pyramidaux, les plus grands atteignent 30 mètres et leur largeur dépasse 200 m. D'autres, moins élevés, dessinent des silhouettes de tortue, d'oiseau ou de serpent. D'emblée, les excavations sont fructueuses. Si certains tumulus ne contiennent que de la terre, d'autres abritent des dizaines de squelettes et une multitude d'objets exotiques, parfois groupés dans des caches: pointes en obsidienne, bracelets de cuivre, perles en coquillage, pipes finement sculptées en pierre à savon ou en argile, dents d'ours perforées, masques en mâchoires de carnivores, feuilles



# Tous ont charrié et déversé des paniers de terre sur les tumulus

térieusement vers l'an 1000 av. J.-C. et plus aucun tumulus, ou presque, ne sera érigé dans la région pendant huit siècles.

Mais l'action se déplace plus au nord. Nous sommes entre 600 av. J.-C. et 100 apr. J.-C., dans la vallée de l'Ohio. De petits groupes d'Indiens appartenant à la culture dite de « Adena » se mettent eux aussi à construire d'imposants tumulus, de forme conique. Le plus grand, celui de Grave Creek, mesure plus de 18 m de haut et 240 m de diamètre. Cette fois, leur fonction est claire: servir de dernière demeure aux défunts incinérés ou inhumés dans de simples fosses ou dans des tombes en bois entourées de terre, avec nombre d'ornements et d'objets utilitaires indiquant la croyance en une vie après la mort. Placés pour la plupart au sommet de collines ou d'autres sites géographiques bien visibles, ces cimetières verticaux n'ont pas de formes bien régulières, mais ils s'agrandissent à mesure que de nouvelles tombes viennent élargir et élever le tumulus. Ils sont souvent entourés d'un muret de terre circulaire et parfois d'un fossé, peut-être rempli d'eau pour éloigner les esprits. Les sites ont aussi été des lieux de rituels, comme l'attestent les vastes structures circulaires en bois découvertes sous les tumulus – et donc présentes avant leur érection. Ces poteaux, groupés par paquets, servaient sans doute de palissades protégeant les espaces cérémoniels, peut-être d'écran pour observer le lever ou le coucher du soleil.

Au premier millénaire après J.-C., cette tradition funéraire se poursuit avec la culture dite de « Hopewell », dont l'influence s'étend à tout l'est du sous-continent. Moins hauts, les tumulus sont davantage planifiés, avec des salles entourées de murs en bois où devaient se dérouler des rituels comme la préparation des corps. Les morts sont enterrés au côté d'innombrables objets exotiques prouvant l'intensité des échanges entre groupes éloignés. Mica

extrait des Appalaches, dents de requin venues du golfe de Floride, obsidienne en provenance des Rocheuses, cuivre des Grands Lacs, ce vaste troc de matériaux a probablement aidé à consolider une même culture de bâtisseurs. Avec le temps, d'une région à l'autre, les ouvrages en terre prennent d'autres formes, certains reproduisant des silhouettes animales, d'autres ménageant de grandes plates-formes circulaires ou rectangulaires où l'on plantait des poteaux et où l'on allumait des feux.

## De la tombe au temple

C'est alors qu'apparaissent, au sud, les premiers monticules en forme de pyramides tronquées. Discrets au départ, hauts de quelques mètres seulement, ils se multiplient en Louisiane avec la culture dite de « Coles Creek », entre 500 et 900 après J.-C., et sont vite détrônés par les énormes édifices pyramidaux des Indiens « Mississipiens », construits avant l'arrivée des premiers explorateurs européens. Ces monuments, comme le Monk's Mound, coexistent avec les tumulus funéraires coniques, mais ont une tout autre fonction: à leur sommet s'élevaient les demeures des chefs et des prêtres. Avec leurs plates-formes superposées, leurs rampes menant aux espaces cérémoniels et leur disposition autour d'une place alignée selon les points cardinaux, ils rappellent beaucoup les pyramides méso-américaines. La longue histoire des Mounds Builders permet cependant d'en rendre la paternité aux Indiens d'Amérique du Nord – même si des connexions possibles entre ces derniers et les peuples du Mexique tout proche sont envisagées par les archéologues.

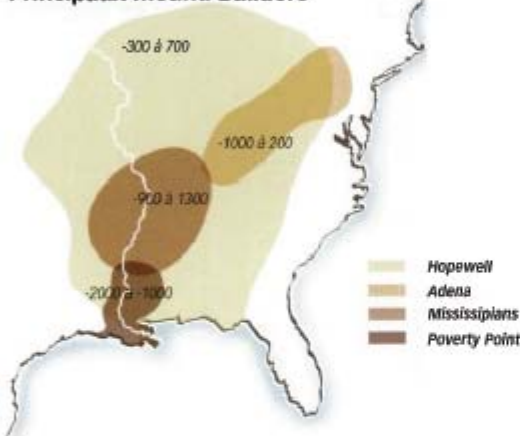
Cette tradition autochtone bouscule un dogme en archéologie, qui veut que les constructions monumentales soient forcément le fait de sociétés sédentaires, complexes et stratifiées. Car si les tumulus les plus récents ont bien été construits par des sociétés





A partir de -900 apparaissent les pyramides tronquées des Mississipiens à usage cérémoniel (à g. à Etowah, Ohio ; à droite, Monk's Mound, la plus large pyramide encore debout, Illinois). Elles tranchent avec les monticules coniques de la culture Adena (au centre, à Miamisburg, Ohio).

### Principaux Mound Builders



Les différentes cultures amérindiennes ont laissé des milliers d'ouvrages dans l'Est des États-Unis. Elles vont des sociétés égalitaires (Poverty Point, Adena) aux plus complexes qui ont maîtrisé l'agriculture (Mississipiens).

organisées en chefferies et maîtrisant l'agriculture, tout indique que les premiers ont longtemps été érigés par des sociétés égalitaires, vivant principalement de chasse, de pêche et de cueillette. Comment ces petits groupes ont-ils pu par exemple concevoir et exécuter, vers 1500 av. J.-C., un ensemble d'ouvrages en terre aussi complexe que celui de Poverty Point ? On le sait d'après les marques visibles dans les profils d'excavations : au fil des millénaires, les différents bâtisseurs ont utilisé la même technique de construction, l'accumulation de paniers de terre, charriés et déversés les uns après les autres sur les tumulus, par paquets d'environ 25 kg. Le site de Poverty Point a dû en nécessiter quelque 30 millions. Si la tâche paraît impossible à réaliser en peu de temps par de petits groupes, elle devient en revanche accessible si l'on considère, comme le font certains archéologues, que le site est le fruit de cinq siècles d'efforts, menés par des générations successives de chasseurs-cueilleurs. De même, les tumulus de la culture Adena ont été érigés en plusieurs étapes, à mesure que de nouveaux corps étaient ensevelis.

Plusieurs groupes voisins devaient converger vers ces sites, localisés à la frontière de leurs territoires, pour participer ensemble aux travaux de construction. Etalés sur des dizaines d'années, ceux-ci devaient être facilement à la portée de petites communautés fonctionnant sur un mode égalitaire : même si des leaders communautaires et des chamanes devaient coordonner les travaux et les cérémonies funéraires, rien n'indique une hiérarchie sociale transmise de génération en génération.

Reste une grande question : pourquoi ces bâtisseurs nord-américains ont-ils utilisé la terre, et non la pierre, comme matériau de construction ? « Dans certaines zones, comme en Louisiane, il n'y avait pas de pierre disponible. Mais ce n'est pas le cas partout, indique Chris Hay, anthropologue à l'université du Wisconsin. Une première réponse possible réside dans le fait que les bâtisseurs utilisant la pierre, comme au Mexique, appartiennent à des sociétés plus complexes. Construire des structures comme les temples mayas exige des spécialistes. La tradition fournit une autre explication. Le type d'architecture élaborée en terre qu'il s'observe en Amérique du Nord est unique au monde. C'est une tradition originale, comme celle des mégalithes en Europe, par exemple ». Elle est parfois rattachée à un mythe amérindien très répandu, celui du « plongeon cosmogonique », dans lequel une créature aquatique plonge au fond de l'océan primordial pour en rapporter de la boue, et créer ainsi la terre ferme. En construisant leurs tumulus, les premiers habitants d'Amérique du Nord jouaient peut-être ainsi leur propre mythe de la création du monde.

**Laure Schachli**



# Engloutie dans les eaux japonaises

Sa silhouette rappelle vaguement les pyramides précolombiennes, mais elle est immergée au large de Yonaguni, en mer de Chine orientale. Ce monument de grès est-il véritablement l'œuvre de l'homme? Les archéologues explorent minutieusement les indices.

与那国





Y  
o  
n  
a  
g  
u  
n  
i

与那国

La structure géométrique ordonnée des parois bordant la terrasse principale suggère qu'elle aurait pu avoir été façonnée par l'homme.



Lionel Crooson

Dans la mer de Chine orientale, à l'extrême sud du Japon, s'étend l'archipel japonais des îles Yaeyama. A 100 m au large de l'île de Yonaguni, un rocher affleure. En 1986, un plongeur découvre, par 25 m de fond, que cet écueil est le sommet d'une structure pyramidale composée de murailles lisses, verticales et anguleuses. Selon une étude récente, il pourrait s'agir d'un site aménagé par l'homme voilà plus de deux mille ans.

Une première mission d'exploration est menée en 1992 par Masaaki Kimura, un professeur de géologie de l'université des Ryukyus, passionné d'archéologie. Au moyen de sonars, est dressée une carte en trois dimensions très précise, révélant une silhouette monumentale haute de 26 m, sur une base rectangulaire en plan oblique, longue de 290 m et large de 120 m. Le profil en escalier évoque celui d'une pyramide précolombienne aplatie. Il ne s'agit pas d'un assemblage de blocs mais d'une gigantesque masse monolithique de grès autour de laquelle semblent se dessiner un chemin, un escalier et même une entrée. Sur des plans horizontaux, certains reliefs évoquent de grandes tortues de pierre. L'ensemble étant très érodé, il semble néanmoins difficile de faire la part de l'imaginaire. Des pierres plates gravées, et d'autres ressemblant à des outils, sont découvertes. En haut de parois, des séries de petits trous de section rectangulaire, espacés de 20 à 30 cm, auraient pu servir à briser la roche selon la technique de la dilatation du bois mouillé. En 1992, Masaaki Kimura pense que cette « pyramide »

aurait été taillée et façonnée par des hommes vivants voilà dix mille ans, période à laquelle le site se serait trouvé juste au-dessus du niveau de la mer, avant la montée des eaux qui suivit la dernière grande glaciation. Les années qui suivent voient fleurir sur l'Internet des pages consacrées à la « pyramide engloutie ». D'aucuns y voient le mythique continent Mu ou même l'Atlantide. Ce trop bel enthousiasme occulte la rigueur des travaux du professeur Kimura dont le sérieux ne peut être mis en doute. Cependant, peut-on exclure que le site ne soit que le fruit d'un processus géologique ? En effet, de telles configurations peuvent être naturelles. Ce qu'explique le géologue Serge Lallemant, directeur du laboratoire Géosciences Montpellier : « En 1989, lors d'une plongée avec le Nautile dans les eaux japonaises, j'avais pu observer des parois verticales semblant avoir été coupées au couteau selon une géométrie très ordonnée, comme sur les photos de Yonaguni. Elles résultent d'un champ de contraintes provoquant des fractures, sans déplacement, à l'intérieur d'un massif rocheux. Cependant à Yonaguni, un fait est troublant : il n'y a aucun débris à la base de ces facettes. Or pour les mettre à nu il a forcément fallu qu'un énorme bloc de roche soit tombé à côté. » C'est précisément cette absence de débris qui fait penser au professeur Kimura qu'il y aurait eu des gens pour les évacuer. En effet, il est difficile d'imaginer des courants marins capables de déplacer des masses de plusieurs tonnes. Mais alors comment cette population aurait-elle pu disparaître sans laisser de traces

alors que la montée des eaux n'était que de quelques centimètres par an, pour ne réapparaître que des millénaires plus tard ? En effet, aucune recherche n'a pu mettre en évidence de véritable peuplement préhistorique dans les îles Yaeyama. Un tel « trou » de huit mille ans ne pourrait donc qu'infirmes l'hypothèse. Or, en 2007, Masaaki Kimura fait une nouvelle découverte<sup>10</sup> : « Une datation des coraux par le carbone 14 a démontré que le site pyramidal principal était immergé il y a cinq mille ans. J'ai alors fait faire une autre datation, par le béryllium 10. Il est apparu que le socle de grès se trouvait à l'air libre il y a plus de deux mille ans. Ce site ne serait donc vieux que de deux mille à cinq mille ans, bien que les structures plus profondes pourraient être plus anciennes. Cela pourrait s'expliquer par le fait que l'île est située sur une zone de subduction où les séismes de très grande ampleur sont fréquents. Les mouvements verticaux peuvent atteindre entre 10 et 20 m et un site peut être immergé brutalement. » Un tel phénomène a pu être observé à Banda Aceh, au nord de Sumatra, lors du séisme de décembre 2004. « Il n'y aurait donc rien d'étonnant à ce que cela ait pu se produire dans le passé à Yonaguni. » explique Jean-Claude Sibuet, géophysicien à l'Irremer de Brest. Cette pyramide devenue moins ancienne, l'idée que des hommes aient pu la façonner ne peut plus être exclue. D'autres découvertes viendront peut-être un jour lever le voile du mystère.

10 → Selon une étude publiée dans la revue scientifique *Journal of Geology* (vol. 135, no. 6, 2007), une datation par le béryllium 10 a permis de déterminer que le socle de grès se trouvait à l'air libre il y a plus de deux mille ans. *Journal of Geology*, 135(6), Juin 2007



Sur la terrasse supérieure, une large cavité bien délimitée aurait pu constituer un réservoir d'eau.

Ces trous pourraient avoir été forés pour y loger des piliers de bois.



Les facettes, parfaitement lisses, peuvent n'être que le résultat de bouleversements géologiques naturels. La parfaite netteté du sol, exempt de tout débris, constitue cependant une énigme.



与那国

# Les vraies-fausses pyramides bosniaques

Octobre 2005, une nouvelle venue de Bosnie ébranle le monde des archéologues. Cinq « pyramides » sont alors prêtes à s'affirmer comme les plus vieilles construites de main d'homme...

**V**isoko, cette petite ville au nord-ouest de Sarajevo (Bosnie), est devenue depuis 2005 un pôle d'attraction. Dans ses environs s'élèvent ce que certains tiennent pour les premières pyramides européennes: cinq collines aménagées au moyen de plaques de roche, et recouvertes aujourd'hui de sédiments. Leur âge et leur taille (12.500 ans et 213 m pour la plus haute), ridiculisent leurs cousines égyptiennes (4500 ans et 137 m pour Khéops). Une conférence scientifique internationale est prévue fin août 2008 pour présenter un « des événements les plus mémorables de l'histoire ».

Pourtant, l'Association européenne des archéologues (EAA) fait entendre un autre son de cloche, et dénonce un « canular cruel ». Jean-Paul Demoule, ancien président de l'Institut national de recherches archéologiques préventives (INRAP) et membre de l'EAA explique: « En 2006, une délégation d'experts ayant inspecté les fouilles a rendu des conclusions négatives, ce qui a dissuadé l'Unesco d'officialiser la découverte ».

A l'origine de la théorie: Semir Osmanagic, qui se présente comme un archéologue spécialiste des pyra-

mides. Après avoir découvert la première colline, il crée une fondation chargée de l'organisation et du financement des fouilles puis s'entoure de scientifiques venus d'horizons différents. Très vite, des photos sont mises en ligne sur le site internet de la fondation: dalles et terrasses en grès, réseau de tunnels reliant les pyramides, mystérieuses sphères de pierre et même alphabet proto-bosnien...

Cependant, ces informations souffrent d'un manque total de crédibilité. « Les rapports de fouilles publiés sur leur site internet ne sont jamais soumis à la validation scientifique », affirme Jean-Paul Demoule. Pire, le site n'hésite pas à s'abriter derrière des noms de scientifiques reconnus ou d'organisations sans s'inquiéter de leur consentement. « Ils ont ainsi utilisé abusivement le logo du WAC [NDLR: World Archaeological Congress] dans leurs documents », déplore de son côté Predrag Novakovic, professeur d'archéologie à l'université de Ljubljana (Slovénie) et secrétaire général de l'EAA, qui ajoute ne connaître aucun spécialiste annoncé à cette conférence ayant des références en archéologie du Sud-Est de l'Europe.

A grand renfort de trucages, on présente ces « pyramides » sous leur plus beau jour: orientation (factice) selon les points cardinaux, photos aériennes des collines prises de manière à souligner leurs formes géométriques. Des documents viennent-ils à contredire la théorie qu'ils disparaissent mystérieusement, tel ce rapport d'une équipe de géologues de l'Université de Tuzla (Bosnie), ayant effectué des analyses pétrographiques et minéralogiques en 2006.





Le profil vaguement géométrique de la colline de Visoko, a été façonné par l'homme, prétendent les tenants de la théorie de la pyramide. Les géologues y voient, eux, l'œuvre de soulèvements sismiques et de l'érosion. Malgré tout, des montages ont été réalisés pour donner corps à ce qu'on a appelé la « pyramide du soleil ».

Exaspérés par les thèses pseudo-scientifiques d'Osmanagic et craignant que les fouilles n'endommagent d'authentiques sites archéologiques médiévaux, des archéologues se sont attaqués au cœur de cette théorie. La date de 12 500 ans est bientôt jugée fantaisiste. A cette période du Paléolithique, « *les seuls occupants étaient des chasseurs-cueilleurs [...] qui n'avaient ni les outils ni les connaissances pour construire [de tels] monuments* », affirme Curtis Runnels, professeur d'archéologie à l'université de Boston (Etats-Unis) et expert en préhistoire des Balkans. Quant aux galeries, elles datent de l'époque médiévale. La forme des collines, les plaques de grès ou les sphères de pierre, loin d'être d'origine humaine, peuvent être de nature géologique.

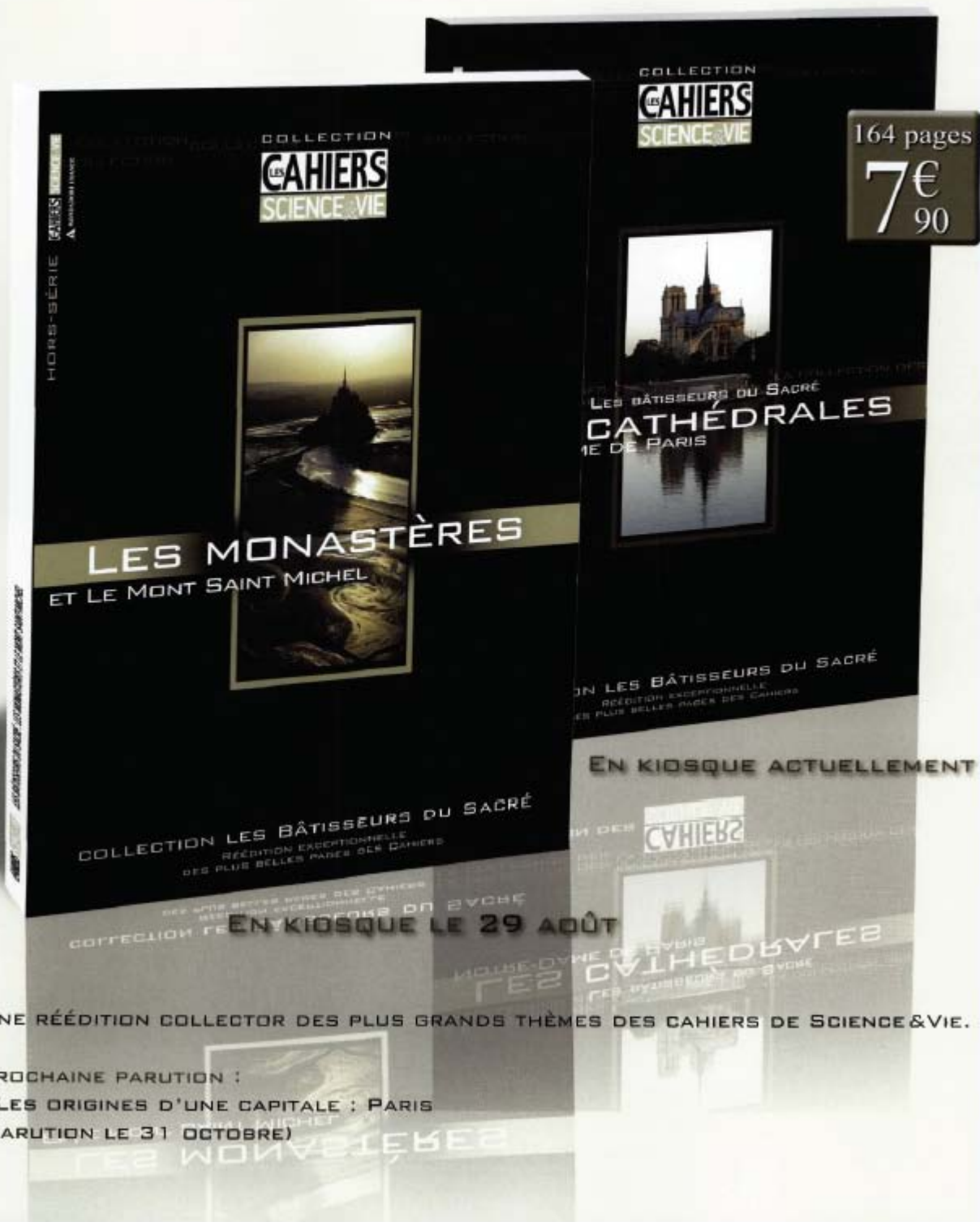
Jean-Paul Demoule remarque que les « pyramides » viennent « *s'inscrire dans l'histoire mouvementée de la Bosnie. C'est une tentative de construction d'un sentiment d'appartenance nationale, à laquelle s'ajoute la fascination qu'exerce l'archéologie « fantastique* ». Rappelons que Semir Osmanagic, en fait homme d'affaires à Houston, s'était déjà singularisé par des théories sur l'origine extraterrestre de la civilisation maya.



L'affaire prêterait à sourire si elle ne cachait pas des intérêts douteux. La fondation attire des subventions locales et nationales au détriment d'autres recherches archéologiques. Selon Jean-Paul Demoule, les scientifiques ont la responsabilité de déromper l'opinion publique par leurs arguments. Leur tâche sera rude car la fondation prévoit des fouilles durant au minimum les prochaines années.

**Marion Sabourdy**

# DÉCOUVREZ LA COLLECTION DES CAHIERS DE SCIENCE & VIE

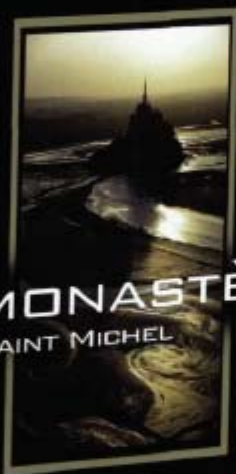


164 pages

7€  
90

HORS-SÉRIE **LES CAHIERS**  
A ASSOCIATION FRANCE

COLLECTION  
**LES CAHIERS**  
SCIENCE & VIE



## LES MONASTÈRES ET LE MONT SAINT MICHEL

COLLECTION LES BÂTISSEURS DU SACRÉ  
RÉÉDITION EXCEPTIONNELLE  
DES PLUS BELLES PAGES DES CAHIERS

DES PLUS BELLES PAGES DES CAHIERS  
RÉÉDITION EXCEPTIONNELLE  
COLLECTION LES BÂTISSEURS DU SACRÉ

EN KIOSQUE LE 29 AOÛT

COLLECTION  
**LES CAHIERS**  
SCIENCE & VIE



## LES BÂTISSEURS DU SACRÉ CATHÉDRALES DE PARIS

COLLECTION LES BÂTISSEURS DU SACRÉ  
RÉÉDITION EXCEPTIONNELLE  
DES PLUS BELLES PAGES DES CAHIERS

EN KIOSQUE ACTUELLEMENT

**LES CAHIERS**



COLLECTION LES BÂTISSEURS DU SACRÉ  
RÉÉDITION EXCEPTIONNELLE  
DES PLUS BELLES PAGES DES CAHIERS

UNE RÉÉDITION COLLECTOR DES PLUS GRANDS THÈMES DES CAHIERS DE SCIENCE & VIE.

PROCHAINE PARUTION :

- LES ORIGINES D'UNE CAPITALE : PARIS  
(PARUTION LE 31 OCTOBRE)

LES MONASTÈRES



# 4



## Présent et futur

- 106** > La pyramide du Louvre  
de la controverse  
à l'évidence
- 110** > Une pyramide  
pour votre dernière  
demeure
- 112** > La pyramide  
le défi de toujours



# La pyramide du Louvre De la controverse

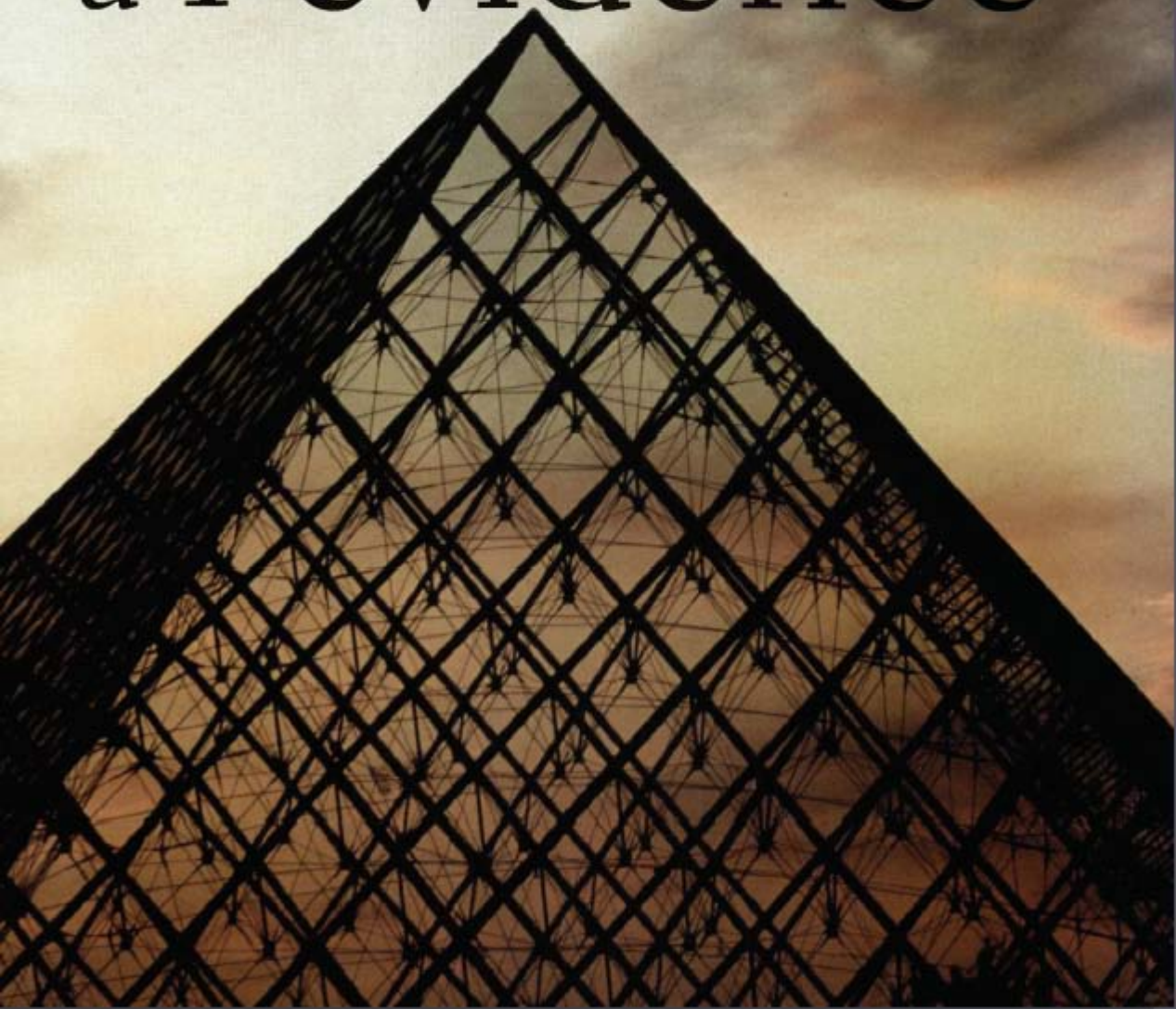
Elle est devenue un emblème de Paris. Presque aussi incontournable que la tour Eiffel. Comment cet édifice, avatar moderne de la pyramide de Khéops, est-il parvenu à s'imposer dans le cœur historique de la capitale?



Les justes proportions des pyramides de Giza, ont inspiré l'architecte Pei pour sa grande verrière.



à l'évidence



# E

n 1983, le projet de la pyramide du Louvre, conçu dans le cadre de l'agrandissement du musée, est au centre d'une violente polémique. Son allure avant-gardiste ne risque-t-elle pas de

mettre à mal les huit cents ans d'histoire du Palais? Ce prisme de verre et d'acier, imaginé par l'architecte sino-américain Ieoh Ming Pei, ne va-t-il pas défigurer la capitale? La confrontation des architectures ancienne et moderne n'est pas sans donner quelques soucis au commanditaire même du projet: François Mitterrand.

Le choix de Pei, auteur de l'extension de la prestigieuse National Gallery de Washington mais relativement inconnu en France, a fait grincer quelques dents, reconnaît Françoise Mardrus, chargée de mission pour la coordination des aménagements du Palais auprès de la direction générale du Louvre. Mais

la construction de la Transamerica Pyramid, le plus haut gratte-ciel de San Francisco, et celle, en France, des immeubles de la Grande Motte et d'Evry, ou encore de l'église inachevée Saint-Pierre de Firminy, imaginée par Le Corbusier. Elle reste donc un synonyme de modernité. Toutefois, par son formalisme classique et la pureté de ses lignes, le projet de Pei signe aussi un grand retour à un archétype intemporel et chargé de symboles.

Ce choix ne doit rien au hasard. Il s'est imposé à l'architecte après plusieurs visites au Louvre. Pei se rend vite compte que la disposition en U du musée ne facilite pas la circulation des visiteurs. Une forme en U autour de la cour Napoléon lui semble plus adéquate, mais l'entrée devrait alors se trouver au centre de cette cour, en sous-sol. « Si on construit un tel espace en sous-sol [...], l'espace [est] très large [...], alors que la hauteur n'atteint au plus que 7 mètres. Cela ressemble à un paysage souterrain, comme le métro, et ce n'est pas acceptable. Aussi doit-on donner au nouveau Louvre un centre qui soit accueillant, généreux, avec de la lumière, de l'espace... », explique Ieoh Ming Pei, interviewé en 1984 au journal de 20 heures d'Antenne 2. Plutôt que de surmonter l'entrée d'un arc, d'un dôme ou d'un cube,

il a choisi de lui donner volume et lumière grâce à une verrière en forme de pyramide. « plus

atrayante esthétiquement » car elle n'alourdit pas l'architecture existante et n'arrête pas le regard, conservant une vision d'ensemble des bâtiments. Son projet finira par remporter l'adhésion des conservateurs du Louvre.

## Une orientation idéale des façades

Pour surprenante qu'elle soit, l'idée n'est pas tout à fait neuve. Près de deux cents ans plus tôt, le père d'Honoré de Balzac, disciple des encyclopédistes, voulait déjà faire construire à cet endroit une pyramide en l'honneur de Napoléon. Mais l'inspiration de Pei ne doit rien à Napoléon. « Il s'est plongé à fond dans l'histoire du Palais et s'est beaucoup intéressé

## A partir de 1970, la pyramide ponctue le paysage occidental

*c'est au moment où sa proposition s'est portée sur cette pyramide qu'il y a eu une véritable levée de boucliers.* Des associations françaises de défense de l'environnement écrivent au ministre de la culture qu'une telle pyramide « serait sans aucun doute superbe dans la nudité du désert, mais carrément incongrue dans un site auquel il n'est plus possible d'apporter de retouches importantes tant il est saturé d'architecture et d'histoire ».

Si le choix d'une pyramide les heurte, c'est qu'il est particulièrement audacieux. Bien que la forme pyramidale ne soit pas tout à fait une nouveauté dans le répertoire de l'architecture occidentale, elle n'y figure guère que depuis les années 1970, avec notamment

Au cœur de la cour Napoléon, la pyramide recouvre la nouvelle entrée du musée. Une confrontation de styles architecturaux qui fut au centre de la polémique...





à *Le Vau* et à *Le Nôtre*, architecte et jardinier de Louis XIV», explique Françoise Mardrus. La rigueur des jardins «à la française» a séduit ce moderniste, amoureux depuis toujours des formes géométriques pures (le principe de la pyramide est d'ailleurs récurrent dans son œuvre, y compris à la National Gallery de Washington, mais sous forme d'allusions ou à très petite échelle). «*Sa pratique de l'architecture a toujours été extrêmement scientifique. Pour la construction de la pyramide, tout part du carré. Il s'est imposé des correspondances numériques très contraignantes, nécessitant des calculs précis*», poursuit-elle.

Plus mathématique qu'ésotérique, cette architecture ne refuse toutefois pas la référence aux pharaons, puisque les proportions reprennent celles de la pyramide de Giza, harmonieuses et permettant une orientation idéale des façades de verre, évitant des reflets trop présents. Sans doute Peï est-il aussi sensible au symbole d'éternité. De part et d'autre du jardin des Tuileries, l'obélisque de Louxor, sur la place de la Concorde, et le prisme de verre, qui domine la cour Napoléon du haut de ses 21,65 m, ne sont-ils pas, aussi, des témoins de la permanence du génie bâtisseur humain à travers les âges? On est frappé par le soin apporté au moindre détail, par l'utilisation de pierres nobles et de bétons très travaillés, par la transparence du verre. «*un vrai défi pour Saint-Gobain*». Malgré l'apparente simplicité des formes, des études d'ingénierie très poussées ont été menées sous la houlette de Yann Weymouth, architecte associé à Peï. Pour les entreprises françaises engagées dans cette aventure, comme Eiffel Constructions, ce fut une véritable prouesse technologique.

En mars prochain, la pyramide du Louvre aura vingt ans. L'architecte souhaitait favoriser la déambulation libre des visiteurs sous la verrière, et voulait inscrire sa construction dans un projet urbain, qui requalifiait l'ensemble du quartier, avec notamment la création de commerces et services. Il a rempli son contrat, et même davantage... En 2007, le temple de la culture française attirait 8,3 millions de visiteurs, contre à peine 2,5 à 3 millions avant l'aménagement du Grand Louvre. «*Le cahier des charges prévoyait de 4 à 5 millions de visiteurs. L'effet «pyramide» fonctionne à 100 %!*», précise Françoise Mardrus. La saturation guette, au point qu'il faut désormais repenser complètement l'accueil du public. Un nouveau grand chantier attend la pyramide... Aujourd'hui âgé de 91 ans, Peï ne le dirigera pas. «*Mais rien ne se fera sans son accord*», conclut Françoise Mardrus.

**Marielle Mayo**

## Pyramides d'aujourd'hui

L'architecture contemporaine décline le concept de pyramide. Cette forme simple issue du carré est à la base des bâtiments en gradins de la Marina Baie des Anges, près de Nice.



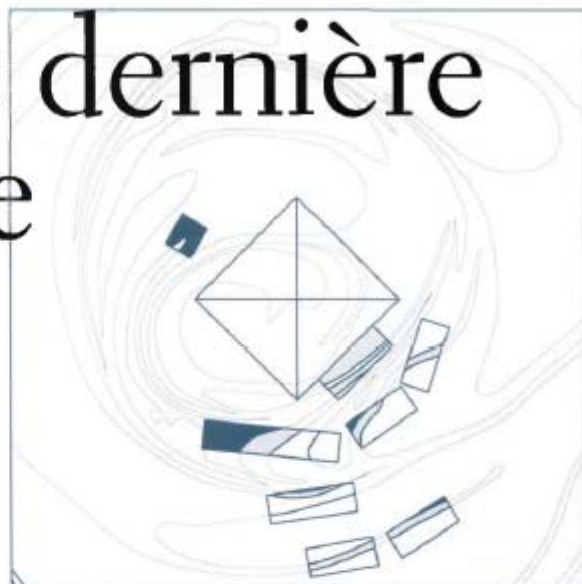
Achevée en 1991 la tour Canada de Cesar Pelli domine Londres. Elle est surmontée d'une pyramide.



En plein désert de l'Arizona, une pyramide tronquée a abrité la démesure du projet scientifique Biosphère 2.

Dessinée en 1968 par William Pereira, la Transamerica Pyramid de San Francisco est devenue un symbole de la ville...

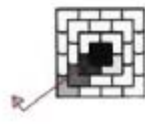
# Une pyramide pour votre dernière demeure



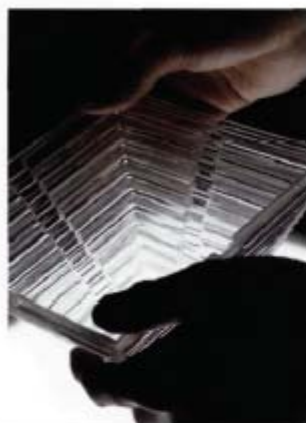
Un projet pharaonique, quelque peu utopique, est en passe de se transformer en un vrai concept architectural et économique. Il s'agit d'ériger la pyramide la plus haute du monde pour accueillir la sépulture de millions de personnes.

**C**onstruire la plus grande pyramide du monde, devant faire office de sépulture possible pour toute l'humanité: le pari lancé par l'écrivain allemand Ingo Niermann et son complice Jens Thiel, entrepreneur et artiste, semble un peu fou. Pourtant, il pourrait être en passe de se réaliser. Fin 2006, le concept a reçu le soutien financier de la Kulturstiftung des Bundes (Fondation fédérale allemande pour la culture), qui a débouqué 90 000 euros pour mener une étude de faisabilité dans la région sinistrée de Dessau, en Allemagne de l'Est. Plus récemment, l'idée de cette vaste nécropole « ouverte à toutes les

nations et à toutes les religions » a séduit des personnalités comme l'architecte néerlandais Rem Koolhaas, lauréat en 2000 du prix Pritzker de l'architecture (l'équivalent du Nobel). Pour un prix modique d'environ 700 euros, chacun devrait pouvoir apporter sa pierre à l'édifice – plus précisément, une urne funéraire contenant ses cendres ou un objet matérialisant son souvenir. Le principe retenu est celui d'une architecture modulaire agrandie à mesure des besoins. « Il n'y a rien d'ésotérique dans ce choix. C'est une forme géométrique très pratique », souligne Jens Thiel. Ainsi, une pyramide formée de 5 millions de pierres « mémorielles » dominerait le paysage de 150 mètres, dépassant la hauteur de la pyramide de Kheops. A terme, la gigantesque sépulture serait, selon ses concepteurs, visible de l'espace...







La « Dimaryp » de l'agence MADA s.p.a.m. (Shanghai & Los Angeles) est un vaisseau flottant qui s'évase vers le sommet.

« A l'origine, nous oscillions entre un projet d'art médiatique conceptuel et un véritable projet économique », indique Jens Thiel. Ingo Niermann, qui a le premier évoqué l'idée de la pyramide dans une série d'essais, a dès l'origine mis en avant la possibilité de créer des emplois et de revitaliser le tissu économique par l'application du concept. Brouillant les frontières entre les champs artistique, économique et philosophique, la grande pyramide joue avec nos codes culturels et interroge le rapport de la société contemporaine à la mémoire et à l'éternité, à la mort et à ses morts, relégués en marge des villes dans des cimetières sans âme. Provocateur dans la mesure où il assume ouvertement une certaine marchandisation de la mort, le projet revendique la nécessité de repenser les rites funéraires pour pallier les carences des religions. Il fascine par ses références aux pyramides égyptiennes et par sa volonté d'universalisme, traduite dans sa forme même: la pyramide se voulant une forme neutre par rapport aux religions actuelles.

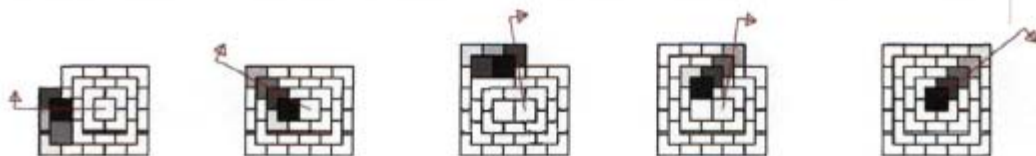
« Nous sommes très sérieux. Nous ne vouons pas un culte à la mort, et ne sommes pas plus cupides



que quiconque. Simplement, nous sommes conscients que la grande pyramide ne sera jamais réalisée si nous ne lui offrons pas une chance commerciale », se défend Jens Thiel. Les réservations sont ouvertes sur Internet et quelque 1 200 personnes, issues de 46 pays, se sont déjà inscrites. La pyramide devrait être hébergée dans une sorte de « parc à thème » susceptible d'accueillir à la fois des services funéraires, un mémorial pour l'humanité, des expositions d'art contemporain, des infrastructures touristiques, etc. En janvier 2008, séduits par cette façon peu conventionnelle d'aborder la mort, quatre ateliers internationaux d'architecture et de design ont participé à un concours destiné à explorer le potentiel du concept. Leurs projets ont été soumis à un jury présidé par Rem Koolhaas, composé de personnalités comme le directeur exécutif de la Fondation Bauhaus de Dessau ou la designer Miuuccia Prada. Séduit par la diversité des approches proposées, le jury n'a pas désigné de vainqueur mais a invité les participants à poursuivre ensemble la réflexion. Des fonds doivent être levés dès cet été et la construction pourrait commencer dès 2010, après le choix définitif du site.

**Marielle Mayo**

Une spirale vers quelque chose de plus grand : c'est ainsi qu'Al Weiwei, de l'agence chinoise Fake Design (Pékin) envisage la construction de la pyramide, comme une métaphore du passage vers l'au-delà. En page de gauche, le plan du site.



Philippe Prost est architecte et professeur à l'Ecole nationale supérieure d'architecture de Paris-Belleville (ENSAB). Il est l'auteur de nombreux ouvrages dont le récent *Vauban. Le style de l'intelligence : une œuvre source pour l'architecture*, réédité en 2008 aux éditions Archibooks.

A portrait of Philippe Prost, an architect, looking slightly to the right. He is wearing a dark corduroy jacket over a dark turtleneck and a red scarf. The background is a textured, light-colored wall.

# La pyramide le défi de toujours

Grande source d'inspiration pour les architectes, la forme pyramidale est néanmoins particulièrement difficile à aborder. Il faudra sans doute la réinventer pour qu'elle puisse s'insérer dans la ville de demain.



**Cahiers de Science & Vie : La pyramide intéresse-t-elle l'architecte d'aujourd'hui d'un point de vue uniquement formel ou pour son lien avec le passé ?**

**Philippe Prost :** La pyramide est pour moi une forme particulièrement difficile à utiliser. Tout d'abord, elle fait partie d'un certain nombre de volumes de base comme le cylindre, la sphère et le cube à partir desquels l'architecte travaille et elle est sans doute la plus dure à employer pour des questions techniques et typologiques. En effet, que peut-on faire avec une pyramide et comment l'occuper ? Ensuite, elle a un poids symbolique très fort dont on ne peut pas faire abstraction. Face à l'existence des pyramides de l'Antiquité dont celle de Khéops à Gizeh qui est première dans la liste des Sept Merveilles du monde, il faut trouver une application particulièrement judicieuse ou répondre à un programme architectural spécifique pour pouvoir s'emparer d'une telle forme sans tomber dans le grotesque.

**CSV : La pyramide aurait-elle une vocation essentiellement monumentale et funéraire ou pourrait-elle malgré tout répondre à d'autres fonctions ?**

**P. P. :** Quelle affectation donner à une forme pareille autre que sa finalité de monument funéraire ? Pour l'humanité, la pyramide véhicule cette dimension symbolique et a de tout temps fasciné les hommes. Cette forme est indéniablement associée à l'usage funéraire comme dans l'architecture « parlante » de Louis Etienne Boullée au XVIII<sup>e</sup> siècle. La réutiliser dans sa monumentalité est presque impossible, on risque de faire du kitch ou une copie littérale. Dans le désert, la pyramide fait paysage. Elle crée à l'horizon un point de rencontre entre le ciel et la terre. Elle a donc aussi une fonction de signal qu'on peut exploiter et certains l'ont fait avec brio comme Ioh Meng Pei au Louvre. Quand on regarde l'histoire de la création architecturale, la pyramide fait partie d'un ensemble de bâtiments historiques qui ont été, au temps de leur réalisation, source de nouveauté. Ils constituent donc un réservoir d'idées disponibles pour l'architecte. En Occident on s'est inspiré des pyramides égyptiennes dès la Renaissance (Quattrocento italien) et pendant la toute la période néo-classique. Les architectes et les artistes à la recherche de principes esthétiques et concepts abstraits tels que les formes pures, le plan centré, la symétrie etc. redécouvrent l'architecture antique gréco-romaine et égyptienne et s'en inspirent. Le tombeau pyramidal de Canova à Venise est un bon exemple néo-classique de l'emprunt formel et symbolique de la pyramide.

**CSV : Quelles sont donc ces idées et les valeurs que la pyramide véhicule encore de nos jours ?**

**P. P. :** La pyramide est une source d'inspiration majeure pour le bâtisseur contemporain mais d'une façon indirecte. Comme le montre l'architecte suisse Livio Vacchini dans son livre *Capolavori, Chefs-d'œuvre* (Editions du Linteau, 2006), la pyramide possède le caractère idéal du chef-d'œuvre puisqu'elle articule, dans une cohérence parfaite, trois registres fondamentaux que sont le symbolique, la construction et l'usage. Elle incite à réfléchir sur les moyens de construire, sur les rapports que le bâtiment instaure avec son environnement et sur sa durée. Les techniques utilisées dans la construction d'une pyramide

continuent d'intriguer nos ingénieurs actuels. Ces derniers émettent des hypothèses, dont on pourrait tirer leçon encore de nos jours, sur la tractation des blocs de pierre en hauteur ou encore sur l'utilisation de rampes extérieures ou intérieures.

La logique de l'implantation de la pyramide dans un désert est exemplaire et nous montre l'intelligence de ses concepteurs. De par sa géométrie à facettes, elle accroche de façon unique la lumière, ce que ne ferait pas un dôme. Dans cet environnement, le choix de cette forme a été judicieux pour son rapport au vent, au sable et au soleil. Ces considérations sont toujours d'actualité pour l'architecte qui conçoit la forme de son ouvrage en fonction de son emplacement et des contraintes extérieures.

Je suis intimement convaincu que la forme de la pyramide participe de sa longévité. Il faut savoir que la configuration naturelle de l'agrégation des éléments est pyramidale. Dans l'architecture militaire, les talus qui servent à amortir les boulets sont renforcés artificiellement au-delà d'une pente naturelle de 40° parce qu'ils sont en terre. La pyramide égyptienne fonctionne parce qu'elle est la combinaison parfaite et idéale d'une forme autostable et d'un matériau, la pierre, qui lui permet d'atteindre cette inclinaison importante. Cette équation contribue à sa longévité. Et en tant qu'architecte, il est nécessaire de se poser la question de la pérennité de nos réalisations. C'est une problématique fondamentale qui nous concerne tous aujourd'hui à l'heure du développement durable de haute qualité environnementale.

“ La pyramide possède un poids symbolique très fort dont on ne peut pas faire abstraction... ”

**CSV : La pyramide de Norman Foster, érigée en 2006 au Kazakhstan, porte un nouveau symbole, celui de la paix. Qu'en pensez-vous ?**

**P. P. :** Il s'agit d'un emprunt formel pour un centre de la paix et de la concorde, judicieux sur le plan esthétique car sa forme est pure et identifiable. Mais je ne suis pas sûr qu'elle fonctionne sur le plan symbolique. Au départ, la pyramide a une fonction funéraire, ici elle véhicule des valeurs différentes : dialogue interreligieux, abandon de la violence et promotion de la justice. Elle pose la question de la signification et de la pertinence d'un tel bâtiment dans un pays qui possède d'autres références que les nôtres. Elle est un exemple type de « l'architecture décontextualisée » dont parle Jean Nouvel, soit une architecture « globalisée » qui ne prend pas en compte la culture et le pays où elle est construite.

**CSV : Quelles sont les pyramides modernes qui vous paraissent les plus abouties ?**

**P. P. :** Indiscutablement, la pyramide de Ioh Meng Pei au Louvre. Pei a brillamment employé la pyramide en la détournant de son usage initial. Il l'a repensée et elle est devenue une enveloppe qui abrite un hall. Celle-ci est généralement du plein, une masse de millions de mètres cubes dans laquelle on creuse des galeries. Pei a utilisé un matériau actuel, le verre, pour en faire une architecture transparente. Du point

**REDACTION**

1, rue du Colonel Pierre Avia 75003 Paris Cedex 15.  
Tel : 01 46 48 48 64. Fax : 01 46 48 18 54  
Directeur de la rédaction : Matthieu Villers  
Rédactrice en chef : Isabelle Bourdail  
Assistante de Elisabeth Latsague  
et de Elisabeth Mélio (par internet)  
Rédacteur : Jean-François Mondot  
Secrétaire générale de la rédaction : Najat Nehme  
Directrice artistique : Valérie Paulic  
Iconographe : Sophie Donny  
Services lecteurs : [serviceslecteurs@mondadori.fr](mailto:serviceslecteurs@mondadori.fr)  
Tel : 01 46 48 48 66

**Ont collaboré à ce numéro :**

Rakelle Billaud, Lionel Cocozin, Eric Henriques, Corélie Haroic, Maryannick Le Cohu, Fabienne Lemaillard, Monique Mayo, Marie-Catherine Méral, Jean-Philippe Noël, Marc Sabatou, Laura Schalkh, Diana Semeska, Philippe Testard-Vallat.

**DIRECTION-EDITION**

Direction Pw : Jean-Luc Breyer  
Directeur délégué : Vincent Couzin

**DIFFUSION**

[www.mondadori.com](http://www.mondadori.com)  
Directeur de la diffusion : Jean-Charles Guibault  
Responsable diffusion marché : Stéphan Desjeux

**MARKETING**

Directrice marketing : Agnès Nicolas  
Responsable marketing : Sébastien Petit  
Chargé de promotion : Michèle Gallot  
Abonnements : Johanna Gavaletti

**PUBLICITE**

Directrice commerciale : Laurence Couabin ; directrice de publicité : Fabienne Marquet ; directrice adjointe : Valérie Ledoux ; directeur de clientèle : Lionel Dufour ; chef de publicité : Horace Coulan ; assistantes commerciales : Sylvie Apollonio ; Inric : Virginie Barbat.  
Tel : 01 46 48 48 77 ; fax : 01 46 48 49 96

**FABRICATION**

Chef de fabrication : Gérard Laurent Gieck  
et Alessandro Nilot

**FINANCE MANAGER**

Patrizia Faggiano

**DÉPARTEMENT INTERNATIONAL**

Maria-Regina Donatelli de Napolitano ;  
[correspondents@mondadori.com](mailto:correspondents@mondadori.com)

**RELATIONS EXTÉRIEURES**

Michèle Hillig

**EDITEUR** - Edizioni Publications S.A.S

Siège social : 4E, rue Guyonnet  
92095 Issy-les-Moulineaux Cedex 9

Président : Ernesto Mast

Directeur général et directeur de la publication :

Jean-Luc Breyer

Actionnaires : Edizioni Mondadori France S.A.S

Prototypes : Dupret

Imprimerie : Sige-Parco 110-10000 FAN Mauro,  
Torino, Italie. ISSN 1151-4881

Commission paritaire : n° 0410 K17905. Tarif  
d'abonnement légal : 1 an 6 n° : 32 euros et  
2 ans 12 n° : 52 euros.

Dépôt légal : Août 2009

**Relations clients abonnés**

1, rue du Colonel Pierre Avia, 75003 Paris Cedex 15.  
Tel : 01 46 48 47 08 (du 9h à 12h et 13h à 17h30),  
mercredi et vendredi : 16h30. Fax : 01 46 48 47 53

Courriel : [relations.client@mondadori.fr](mailto:relations.client@mondadori.fr)

Commandes d'anciens numéros et reprints :  
Carlo Zanagone. Tél : 01 46 48 47 18 ; Éditions L'Espresso  
Corse : Express Mag, 8105, rue Larrey, Ajaccio/Quilès  
H.J.J. 215. Tél : 1 800 363 1310 (français)

et 1 877 363 1310 (anglais). Fax : 01 41 355 3332

Suisse : Dymagress, Case Postale 1211,  
Genève 1 - Suisse ; Belgique : Excelsior Publications,  
BP 23, poste 6, 1050 Bruxelles.

de vue symbolique, la pyramide antique crée un point de contact entre le mort et son devenir, entre le vivant et le divin. Pei reprend cette idée pour établir un lien entre le monde extérieur et l'intérieur du Louvre. Il réutilise aussi la notion de parcours mais cette fois-ci à l'attention du visiteur. L'autre projet moderne que je retiens est celui de Jean Balladur à la Grande Motte. Il a repris le principe des mastabas à degrés pour construire un ensemble de logements à retraits avec balcons. Il détourne la forme pour un nouvel usage et redonne une seconde jeunesse à la pyramide. Il a su exploiter un volume difficile à occuper pour loger des gens. Ses constructions questionnent sur le mode de vie des habitants dans ce type d'architecture. Elles sont intéressantes au regard des recherches environnementales actuelles sur la captation et le stockage de l'énergie solaire dans la conception d'un bâtiment.

## Les tours tomberaient en ruines sans l'intervention de l'homme; ce n'est pas le cas des pyramides

**CSV: La pyramide participe-t-elle d'un engouement pour les gratte-ciel des grandes capitales internationales?**

**P. P.:** Aujourd'hui, en effet, la question des tours se pose en réponse à la densification des grandes métropoles et aux besoins des grandes entreprises. Elles sont parfaitement adaptées au développement et au maintien de l'activité de bureaux. Néanmoins, ce ne sont pas des formes pérennes mais des structures contre-nature. Elles sont soumises de plein fouet aux intempéries, au vent, aux tremblements de terre. Historiquement, les grands ouvrages antiques verticaux tels le colosse de Rhodes ou le phare d'Alexandrie ont disparu. Pas les pyramides. Même si elles sont le fait de l'homme par leur caractère artificiel, elles se rapprochent de la nature dans leur stabilité et leur forme que l'on peut identifier à celle des montagnes. Contrairement aux tours qui deviennent des ruines si l'homme n'intervient pas, elles n'ont pas besoin d'entretien. C'est un des critères de leur éternité qui doit retenir l'architecte contemporain.

Les barres de logements réalisées dans les années 1960 sont l'exemple d'un échec total. 35 ans après leur élévation, elles sont dynamitées. On détruit ce qui a été construit avec des budgets importants et cela nous renvoie à la bien triste idée que notre société de consommation ne s'interroge pas suffisamment sur la durée et l'usage de son bâti. Depuis les Trente Glorieuses, depuis l'industrialisation extrême du bâtiment, toutes les productions architecturales calculées au minimum des ratios de construction ne sont pas réutilisées. Tout a été défini pour une utilisation unique qui conduit fatalement à la démolition. L'engouement des architectures spectaculaires et festives participe de cette tendance à l'éphémère. Mais heureusement, Les architectes tiennent davantage compte de la dimension environnementale et réfléchissent à l'utilisation de matériaux « naturels » tels

que la pierre et le bois au lieu du béton. Ils cherchent à concevoir des bâtiments qui tireraient partie des éléments avec des panneaux solaires ou encore l'utilisation du vent pour produire l'énergie nécessaire à la climatisation.

Ces nouvelles préoccupations environnementales remettent en question le système qui régit la production architecturale. Il faut savoir que l'architecte n'est responsable de ses bâtiments auprès des assurances que pendant 10 ans, voire 30 ans, pour certaines structures. L'économie du coût de construction a des répercussions sur la pérennité du bâtiment. Une fois encore, la pyramide est exemplaire pour faire comprendre au maître d'ouvrage, à l'investisseur, à l'ensemble des instances concernées que les rapports entre les coûts de construction, d'entretien et d'usage sont à envisager sur du long terme et non sur quelques décennies. Littéralement, le coût de construction d'une pyramide est très élevé mais son coût de fonctionnement et d'entretien est minime voire nul contrairement à beaucoup de bâtiments modernes.

**CSV: La pyramide a-t-elle un avenir?**

**P. P.:** La pyramide est une forme disponible qui fascine. Elle peut être amenée à trouver sa place dans une image de la ville future grâce à sa dimension subliminale. L'utiliser pour une activité humaine est une autre question. Je pense qu'elle peut avoir une deuxième vie à travers l'emploi d'un matériau tel que le verre. Elle fait signal dans l'environnement urbain et peut permettre de descendre en sous-sol. Aujourd'hui, nous sommes dans un processus de densification des villes qui nous conduit généralement à chercher des mètres carrés sous terre, notamment pour certains édifices quand il n'y a plus de place pour loger l'amphithéâtre ou la salle d'auditorium. L'urbanisme commercial aussi se développe beaucoup sous terre comme à Vancouver, par exemple. La pyramide peut jouer son rôle dans l'accès à ces galeries et dans l'éclairage, même si dans beaucoup de cas cela se termine par des pyramidons vides de sens et uniquement fonctionnels. La pyramide possède une charge symbolique et historique forte. C'est au départ un tombeau et un lieu à dimension spirituelle, des données donc incontournables pour concevoir une pyramide nouvelle et intelligente. En tant qu'enveloppe monumentale dans sa dimension magistrale, la pyramide a certainement un avenir et à mon avis la pyramide de Pei fera référence.

**Propos recueillis par Maryannick Le Cohu**





# Les origines de l'écriture

C'est à Sumer, vers -3400, que fut pour la première fois tracée dans l'argile la plus ancienne écriture connue. L'Égypte s'apprêtait alors à dessiner ses premiers hiéroglyphes. A ces deux foyers antiques de l'écrit viendront s'ajouter ultérieurement la Chine, au XIII<sup>e</sup> siècle, puis la terre des Mayas, au III<sup>e</sup> siècle avant notre ère. A quatre reprises, donc, l'écriture s'invente en des lieux, des temps et des sociétés différentes. De nombreux systèmes scripturaux vont par la suite voir le jour, dont la première écriture alphabétique, purement phonétique, qui apparaît vers -1700 dans la péninsule du Sinaï. Quels sont les processus impliqués dans leur genèse ? Qu'a apporté l'écriture aux civilisations qui l'ont adoptée ? Et aux hommes ? Aurait-elle pu modifier leurs capacités cognitives ?

**A découvrir  
dans le prochain  
numéro**

**LES CAHIERS** DE  
**SCIENCE & VIE**

le 10 octobre 2008

# Voyages culturels sur les cinq continents

- CIRCUITS - SÉJOURS - ESCAPADES -



- Programmes en formule tout compris ■ Transports aériens sur vols réguliers ■
- Option Remboursement-Annulation sans condition ■ Voyages avec accompagnateurs et guides locaux ■

[www.artsetvie.com](http://www.artsetvie.com)

Tél. 01 40 43 20 27

ARTS ET VIE  
VOYAGES CULTURELS

