

Rampe ou enveloppes ?

De nouvelles hypothèses remettent en cause l'utilisation de rampes pour la construction des pyramides d'Égypte.

Vous êtes l'architecte du pharaon Khéops et, il souhaite pour tombeau la plus grande pyramide jamais construite. Ses désirs étant des ordres divins – votre tête est en jeu – vous convoquez aussitôt votre cabinet d'étude pour réfléchir au problème. Comment peut-on assembler des milliers de blocs de calcaire de 2,5 tonnes et 90 blocs de granit de 25 tonnes ?

Les égyptologues se perdent encore en conjectures sur les méthodes des architectes égyptiens. Deux écoles s'opposent. La plus répandue propose la construction d'une rampe inclinée progressivement rehaussée et prolongée, sur laquelle des hommes tiraient les blocs de pierre. Selon la deuxième, des machines en bois utilisant le principe du levier hissaient les blocs de pierre d'une

couche horizontale à l'autre. Parmi les tenants de la thèse «machiniste», l'architecte Pierre Crozat a récemment proposé un système en accord avec les écrits de l'historien grec Hérodote (–484 ; –420).

Les partisans des rampes se réfèrent aux textes de Diodore de Sicile (premier siècle avant notre ère). La plus répandue des théories «rampistes» est due à l'égyptologue français Jean-Philippe Lauer qui indique qu'une rampe frontale rectiligne est le système d'érection de la pyramide de Khéops le plus probable (voir la figure). Ses détracteurs opposent le gigantisme nécessaire de cette rampe. En 1983, l'égyptologue Georges Goyon a proposé une rampe hélicoïdale qui enveloppe la pyramide à mesure qu'elle croît. Le volume de cette rampe, qui bénéficie de l'appui de la pyramide, est plus petit que celui de la rampe frontale. Néanmoins, le millier d'hommes nécessaire pour tracter un bloc de 25 tonnes devait manœuvrer difficilement dans les virages à angle droit.

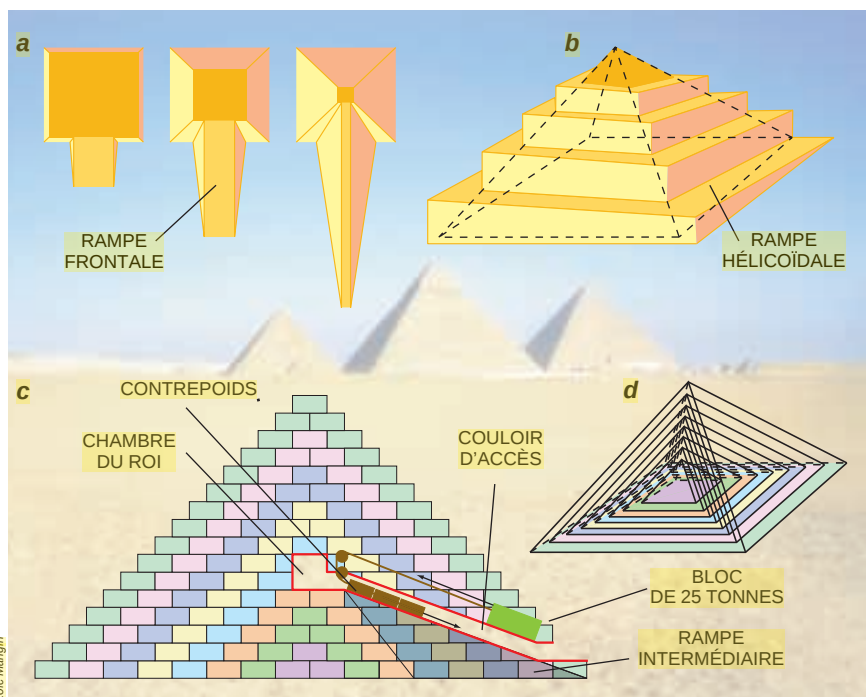
Hérodote évoque, dans *Histoires II*, des pierres utilisées tantôt comme *krossaï*, c'est-à-dire, en grec, des pierres en surplomb qui dépassent de celles sur lesquelles elle sont posées, tantôt comme

bomides, des pierres d'appui. Ces pierres étaient soulevées par des leviers de bois. P. Crozat a reexaminé ce texte et observé l'agencement des blocs rocheux au sommet et sur les arêtes endommagées de la pyramide de Khéops. Il propose que la pyramide a été construite par juxtaposition d'enveloppes successives (voir c et d sur la figure) : une petite pyramide a été recouverte d'une couche de pierres pour former une nouvelle pyramide un peu plus grande ; puis une nouvelle couche uniforme a été ajoutée à la manière des enveloppes successives d'un oignon. D'une pyramide de cinq blocs (un bloc posé au-dessus de quatre autres arrangés en carré), on construit par ce système récurrent une pyramide qui atteindra, par exemple, les 147 mètres de hauteur de la pyramide de Khéops. Lorsqu'une pierre est soulevée et posée, elle sert d'appui pour la suivante.

Cette théorie expliquerait aussi la construction des couloirs internes qui mènent à la Grande galerie, à la chambre du roi et à la chambre de la reine : sur un côté d'une pyramide intermédiaire (la pyramide orange de la figure c), des ébauches des futures enveloppes sont construites de moins en moins hautes (les blocs sombres de la figure c). Elles créent ainsi une rampe qui devient le plancher du couloir d'accès, lorsque les enveloppes rocheuses sont complétées. Selon P. Crozat, des contrepoids qui glissaient dans cette galerie hissaient les blocs de granit de 25 tonnes. Placés au-dessus de la chambre du roi, ces blocs répartissent la pression exercée par le haut de la pyramide et évitent ainsi l'écrasement de la chambre. Une fois tous les blocs de granit hissés, les contrepoids ont été laissés en place pour obstruer le couloir.

Une vue aérienne du plateau de Gizeh montre que chacune des pyramides est située dans une dépression. De ce constat, ainsi que de la concordance d'orientation de la pyramide avec les fracturations du sol, qui suivent l'une des diagonales, l'architecte propose que les pierres des pyramides ont été prélevées sur le lieu même des constructions. De la même manière que la terre retirée pour creuser un fossé forme un talus à proximité, les pierres ont été prélevées et taillées sur le site de la pyramide.

Depuis 4 500 ans, les pyramides d'Égypte gardent le secret de leur construction et défient la sagacité des historiens. La question a-t-elle enfin sa réponse ?



Selon certains égyptologues, une rampe a été utilisée pour hisser les pierres d'une couche à une autre : elle a pu être frontale (la figure a montre trois étapes de la construction) ou hélicoïdale (b). Pierre Crozat propose un système où, par un mécanisme récurrent, une pyramide est progressivement enveloppée de couches régulières de pierres (c et d). Cette hypothèse permet la construction d'une rampe intermédiaire (blocs foncés de la figure c) qui devient, lorsque les enveloppes rocheuses sont complétées, le plancher du couloir d'accès. Dans celui-ci, des contrepoids (en marron) glissaient pour hisser des blocs de 25 tonnes (en vert).

Une minimouche

La mutation d'un gène montre que la croissance et la prolifération cellulaire sont indépendantes.

Chez certaines espèces de fourmis, lorsqu'une colonie devient trop importante, elle se scinde en deux et chacun des groupes prend possession d'un nouveau domaine. Cependant, en deçà d'un nombre critique d'individus, le groupe reste uni. Après des expériences sur les levures, les biologistes pensaient que toutes les cellules ont un comportement similaire : elles déclenchent le processus de division, nommée mitose, seulement après avoir atteint une taille critique. Or, Jacques Montagne, de l'Institut Friedrich Miescher, à Bâle, a montré que l'absence d'une protéine, nommée S6 kinase, déclenche, chez la drosophile, la division des cellules avant qu'elles n'aient la taille normale : les mécanismes de croissance et de division sont indépendants, l'un pouvant être perturbé sans que l'autre le soit.

La S6 kinase, présente également chez les mammifères, est une enzyme qui active la synthèse des ribosomes, c'est-à-dire des petits éléments cellulaires qui fabriquent toutes les protéines nécessaires à un organisme. Lorsque la S6 kinase est présente, les ribosomes et les protéines sont synthétisés en quantité suffisante, et les cellules croissent normalement jusqu'à avoir la taille nécessaire pour se diviser. Que se passe-t-il lorsque la S6 kinase est absente ?

J. Montagne a créé des mouches où le gène codant la S6 kinase est inactivé par une mutation : la plupart des insectes meurent pendant le stade

larvaire. Cependant, quelques-uns survivent jusqu'à l'âge adulte. Tandis qu'une drosophile normale se développe en neuf jours, ces drosophiles ont une croissance qui dure cinq jours de plus, et elles ont une taille réduite d'environ 40 pour cent par rapport à une mouche normale.

Un examen au microscope des cellules des ailes et des yeux a révélé que l'organisme est plus petit, car toutes les cellules de l'organisme sont réduites. Les insectes porteurs de la mutation sont des copies réduites des mouches normales ; cependant, ils ont autant de cellules que les insectes normaux (voir la figure). Malgré l'absence de S6 kinase, les drosophiles parviennent à se développer grâce aux ribosomes synthétisés en infime proportion et, surtout, à ceux hérités de l'ovocyte maternel, qui se répartissent à mesure du développement dans toutes les cellules de l'organisme.

Après l'observation des cellules d'une mouche adulte, J. Montagne a vérifié que la mutation a déjà des conséquences au cours du développement : il a observé des groupes de cellules, nommés disques imaginaux, situés à l'intérieur de la larve, qui formeront les ailes de l'insecte après la métamorphose. Les disques imaginaux présentent le même aspect en cercles concentriques (voir la figure ci-dessus) ; cependant, ceux des drosophiles porteuses de la mutation sont plus petits que ceux des drosophiles normales. De plus, les cellules des premiers sont également plus petites que celles des seconds, dans les mêmes proportions que les cellules des mouches adultes. C'est bien la preuve que la S6 kinase commande la taille des cellules.

La mise en évidence de l'action d'une enzyme sur la taille des cellules constitue un pas vers l'élucidation des mécanismes toujours inconnus par lesquels un organisme ou un organe «sait» qu'il a atteint sa taille normale.

BRÈVES

Métrique ou pas métrique

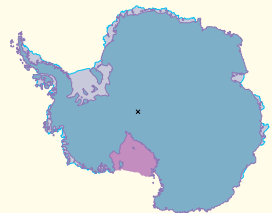
Dans son film *Brazil*, le cinéaste Terry Gilliam décrit des techniciens incapables de réparer une maison en raison d'un changement d'unités de mesure intervenu quelque temps plus tôt. La réalité dépasse parfois la fiction : c'est pour une erreur d'unités que le satellite de la NASA *Mars Climate Orbiter* a percuté la surface martienne le 23 septembre dernier. Une équipe de la Société *Lockheed Martin*, principal artisan de la sonde, a transmis des données exprimées en unités anglo-saxonnes (pieds, pouces, etc.) aux ingénieurs chargés de la navigation de la sonde, qui, eux, ont utilisé les unités du système international. Avant de penser à la mondialisation du commerce, pensons à la mondialisation des unités, entre les pays, et aussi entre les sociétés.

Ebola, es-tu là ?

Depuis 1976, les épidémies de fièvres hémorragiques dues au virus *Ebola* se manifestent de façon épisodique en Afrique centrale. Un tel comportement nécessite l'existence d'un «réservoir» où le virus se terre ; l'agent pathogène contamine l'homme au cours de contacts – directs ou indirects – occasionnels. Jusqu'à présent, les épidémiologistes situaient ce réservoir au cœur de la forêt équatoriale. Or, une équipe de l'Institut Pasteur a découvert des traces de ce virus chez des rongeurs et des musaraignes vivant à la périphérie des forêts, en bordure de la savane. Ce ne sont pas encore les réservoirs, mais ils pourraient nous y conduire.

Ainsi fond, fond,...

Le niveau de la mer remontera de six mètres... dans 7 000 ans lorsqu'en Antarctique, la banquise de Ross, qui s'étend sur la mer sur 1 000 kilomètres de longueur et 800 kilomètres de largeur (en rose sur la carte de l'Antarctique), se sera décrochée. L'équipe de Howard Conway, de l'Université de Washington, a établi cette prévision après avoir modélisé les courants internes de la calotte glaciaire d'après des données enregistrées par un satellite, et après avoir étudié le passé géologique des glaces et des terres qui bordent la calotte. Ils ont ainsi retracé le recul de la calotte et estimé, par extrapolation, la date de sa disparition.



L'absence de l'enzyme S6 kinase réduit la taille d'une drosophile adulte (à droite) d'environ 40 pour cent par rapport à une mouche normale (à gauche). Elle entraîne également la réduction des organes en cours de développement, tels les disques imaginaux, qui forment les ailes après la métamorphose (voir en haut). Sans influencer sur la prolifération, la mutation réduit la taille des cellules qui se divisent avant d'atteindre leur taille normale.