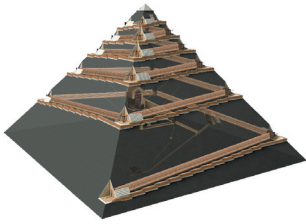


Come back Kheops



Une pièce identifiée dans la structure de Kheops par l'architecte Jean-Pierre Houdin validerait l'hypothèse de sa construction par une rampe intérieure. En exclusivité, récit et images de cette découverte.

C'est une petite encoche, un coin frappé dans l'arête nord-est de la pyramide, environ aux deux tiers de sa hauteur. Vue du sol, un simple accroc ; du ciel, une plate-forme de 2 à 3 mètres de côté. Une anomalie infime dans cette géante de plus de 146 mètres, accumulant près de 2,6 millions de mètres cubes de pierres. Mais une anomalie dans Kheops vaut la peine qu'on y regarde de près : car 4500 ans après sa construction, personne ne sait comment a été élevé ce

monument, l'un des plus mystérieux de l'humanité (lire l'encadré p. XX). C'est en tout cas ce que pense Jean-Pierre Houdin. En ce mois d'avril 2008, il piétine au pied du colosse, impatient de savoir ce qui se trouve 80 mètres plus haut. Voilà dix ans que l'architecte français consacre totalement sa vie à une hypothèse originale sur l'édification de la Grande Pyramide : celle d'une rampe intérieure aménagée en pente douce dans l'épiderme du

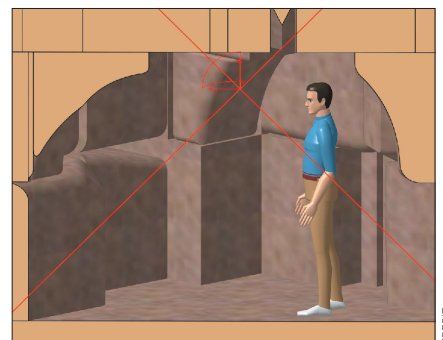
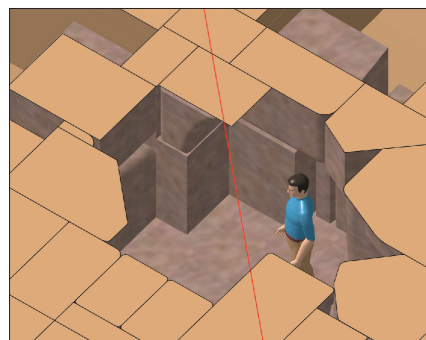
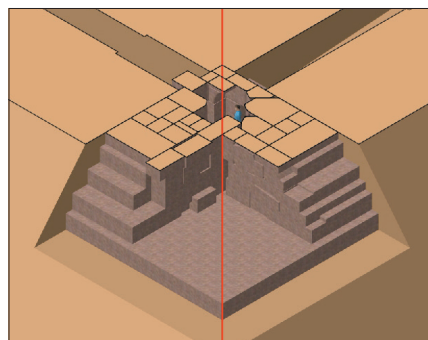
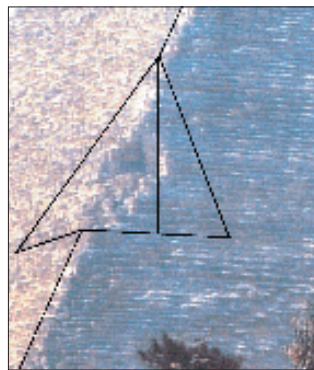
colosse (lire Sciences et Avenir n° 722 avril 2007). Cette rampe aurait permis aux ouvriers de monter sans trop d'efforts, sur des chariots de bois, les blocs de calcaire jusqu'aux parties hautes de l'édifice. Or l'encoche, qui n'est identifiée précisément sur aucun plan, pourrait corroborer sa théorie. « Elle me semblait correspondre à l'un des paliers qui permettait de faire tourner les pierres d'une face à l'autre de la pyramide, au croisement de chaque volée de la rampe », explique-t-il aujourd'hui (lire l'encadré p. XX).

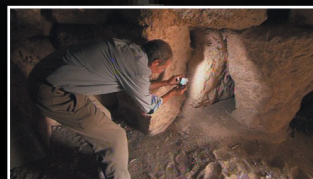
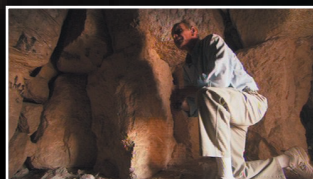
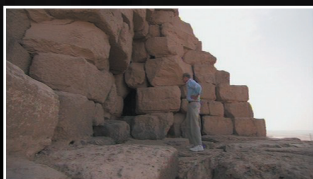
Loin des innombrables farfelus qui alimentent l'interminable chronique de Kheops, Jean-Pierre Houdin a réalisé un travail qui réunit les critères d'une hypothèse scientifique. A partir de 2005, sa théorie a été soumise aux instruments de simulation les plus sophistiqués, grâce à une collaboration avec Dassault Systèmes. Modélisation géométrique, prise en compte

des données physiques des matériaux, du facteur temps – la pyramide aurait été construite en une vingtaine d'années – mais aussi du facteur humain : durant un an et demi des machines habituellement utilisées pour la conception de voitures ou d'avions ont mouliné toutes les données, affinant peu à peu la théorie. Passionnés par le projet, les ingénieurs sont allés plus loin, reconstituant le chantier millénaire en trois dimensions. Le film est projeté le 30 mars 2007 à la Géode, à Paris, devant un public de scientifiques de renom et de journalistes, dont François de Closets, séduit par la démonstration. L'événement propulse la théorie autour du monde : elle tourne au rythme des fuseaux horaires de la côte est des Etats-Unis à la côte ouest, et de l'Australie au Japon. Le « french architect » devient une vedette. Un livre, écrit avec son vieux complice l'égyptologue américain Bob Brier, est publié aux Etats-Unis

XXX

Vue de loin, l'encoche dégagée dans l'angle nord-est de Kheops ressemble à un éboulement. Reconstituée en images 3D à partir des images prises à l'intérieur, elle s'intègre parfaitement au dispositif de rampe intérieure. Le personnage est au centre de la pièce qui permettait de faire tourner les pierres d'un angle à l'autre de la pyramide (voir p. 18), et qui a été rebouchée à la fin du chantier.





par les prestigieuses éditions du Smithsonian Institute, traduit en français (éditions Fayard), en japonais et en chinois. Et deux films sont lancés l'un par la chaîne du National Geographic, l'autre pour France Télévision. C'est à l'occasion de ces tournages que Jean-Pierre Houdin se retrouve ce jour d'avril à l'ombre de la pyramide... et de la fameuse encoche ! Pas moyen, pour lui, de monter sur Kheops. L'escalade est interdite par les autorités, à moins d'une autorisation spéciale, qui ne peut être accordée qu'à un égyptologue. Bob Brier, complice des films, peut se prévaloir de ce titre. Il demande donc, et obtient, l'autorisation. Jean-Pierre Houdin l'abreuve de consignes, lui enjoignant de prendre un maximum de mesures et de photos, d'être attentif à l'aménagement des blocs. « Cette encoche ne pouvait pas être le seul fait

d'un éboulement ou d'un pillage, explique-t-il. De nombreuses pierres ont été volées sur la pyramide par des carriers, au Moyen Âge. Mais sous les premiers rangs de blocs bien taillés se trouvent des blocs de remplissage. Or l'encoche montre, à 6 mètres des faces d'origine, un angle droit et des murs verticaux. » Il se remémore une anecdote qu'on lui a rapportée quelques années auparavant. Un ingénieur, qui avait participé en 1987 à une série de mesures de microgravimétrie en certains points de la pyramide, avait lui aussi approché l'encoche. Et il se souvenait avoir vu un fennec y grimper et disparaître.

« Bob devait être mes yeux là-haut, poursuit Jean-Pierre Houdin. Avec tous les problèmes que pose la différence de regard entre un égyptologue qui travaille sur des momies et un architec-

te qui travaille sur une pyramide. » Surnommé Mister Mummy aux Etats-Unis, Bob Brier est en effet un spécialiste des rites funéraires. Mais aussi un marathonien ! Le cameraman qui l'accompagne dans sa mission est, quant à lui, alpiniste. Des « qualifications » qui vont s'avérer bien utiles pour l'éprouvante escalade du monument : une demi-heure à grimper sous une chaleur de plomb sur des blocs de 70 centimètres à un mètre de haut, avec une pente de plus de 50 degrés, et des marches étroites, 45 centimètres à peine parfois. « On se demande comment des gens peuvent encore imaginer qu'on a construit Kheops en installant des machines élévatrices sur ces "gradins" », sourit Jean-Pierre Houdin.

Parvenu à l'encoche, Bob Brier est étonné par sa taille : environ 4,50 mètres sur 4,50 mètres,

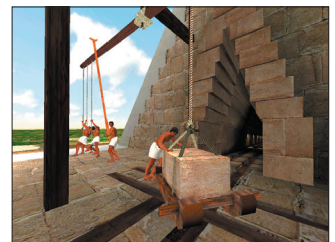
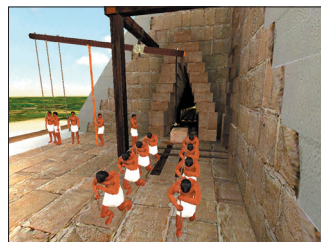
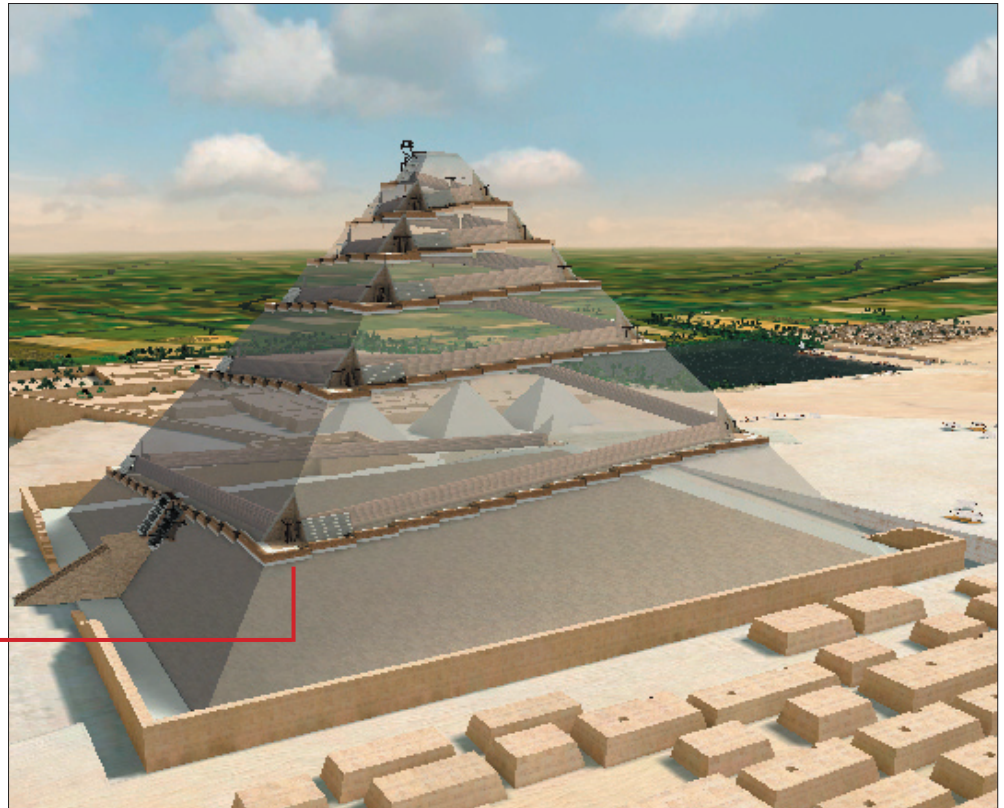
Titre Légende

La pièce que découvre Bob Brier dans l'angle de l'encoche est d'environ 3 mètres sur 3, pour une hauteur de 2,20 mètres. Lorsqu'il s'y glisse, il descelle avec surprise les traces d'une architecture pensée : sol parfaitement plat, murs à angle droit, et plafond en demi-voûte.

plus grande que ce qu'avait imaginé Jean-Pierre Houdin. Puis c'est une surprise plus grande encore : dans l'arête verticale, il aperçoit une sorte de fente haute d'environ 70 centimètres et large de 35. Il s'y glisse en se contorsionnant, une petite lampe de poche à la main. Derrière, il découvre une cavité, dont le plafond est à environ 2,20 mètres. Il y fait frais et noir. Bob Brier se redresse et commence à balayer les parois du faisceau jaune de sa lampe. La première chose qui le frappe, c'est ☒☒☒

Titre Légende khjfkfkf

Aménagée dans l'épiderme de la pyramide, la rampe intérieure est une succession de 21 galeries parallèles aux façades de la pyramides. A chaque volée, elle débouche sur un palier en encoche, avant de repartir à angle droit sur l'autre face. Ces encoches permettent la rotation à 90° des traîneaux qui portent les pierres. Elle sont équipées d'une machine de levage, ancêtre de l'actuel «chadouf», qui est manoeuvrée par une équipe de grutiers.



☒☒ le sol, parfaitement plat, contrairement à celui de l'encoche à l'extérieur. Il voit ensuite deux murs qui composent un angle parfait. Mieux encore, trois blocs formant un plafond en demi-voûte. « *En architecture, on appelle ça une "intention"* », commente Jean-Pierre Houdin, *il ne s'agit ni d'un caprice, ni d'un accident de construction.* » Encore moins d'un trou aménagé par des voleurs de pierres, qui auraient laissé des traces de leurs incisions. Sans compter l'impossibilité de faire sortir des blocs par l'étroite ouverture que vient de franchir Bob Brier.

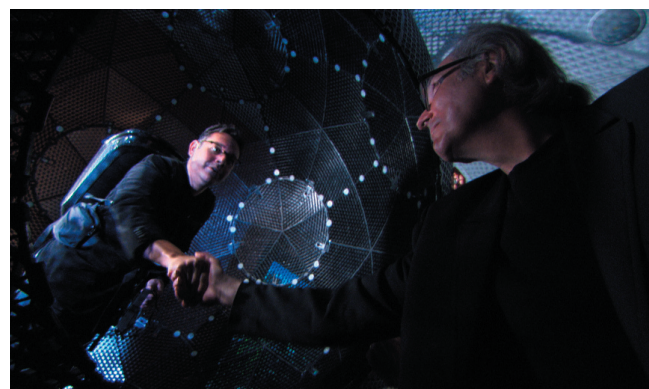
Malgré son excitation, l'égyptologue ne peut s'attarder. La pyramide est louée 8000 dollars (6000 euros environ) par soirée

pour la réalisation des documentaires, il lui faut redescendre très vite à cause du tournage ! Quant à Jean-Pierre Houdin, c'est seulement au retour dans sa chambre d'hôtel qu'il peut enfin examiner les images nu-

mériques rapportées par Brier. Il y passe des heures, reconstituant au crayon un premier plan de l'encoche et de la cavité, qui ressemble de plus en plus à une pièce minutieusement aménagée ; positionnant chaque pier-

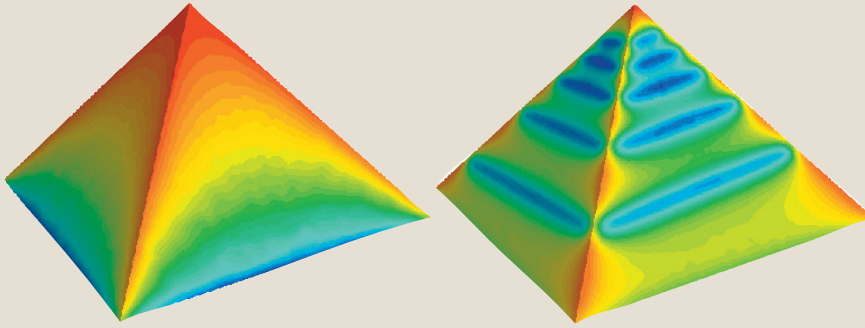
re, cherchant à comprendre comment fonctionne le dispositif. Pour lui c'est évident, la découverte est cohérente avec son hypothèse : ce que Bob a découvert est bien le palier sur lequel les grutiers égyptiens tournaient les blocs de pierre à l'aide d'un engin de levage. Derrière ces murs photographiés par Mister Mummy, il en est sûr, se trouve « sa » rampe intérieure. Elle est là, à un mètre, 1,50 mètre au plus !

A Paris, l'équipe de Dassault Systèmes se reprend au jeu. Elle analyse toutes les mesures et les photos de Bob Brier, décompose plan par plan la vidéo tournée par le cameraman, modélise l'encoche et la pièce en 3D, bloc par bloc, et les repositionne dans les simulations pré-



Jean-Pierre Houdin (à droite) avec Medhi Tayoubi de Dassault Systèmes.

Des mesures de température pour valider l'hypothèse



CREDIT

C'est la plus récente contribution de Dassault Systèmes aux travaux de Jean-Pierre Houdin : une étude comparative du champ thermique de Kheops avec et sans rampe intérieure. L'impact du rayonnement solaire dépendant de la position de l'astre, l'étude a choisi un jour de forte luminosité, soit le 15 juin 2008 à 12 heures.

Les conditions thermiques et environnementales appliquées au modèle ont permis de montrer que les taux d'absorption et de restitution de la chaleur par le monument sont

très différents selon qu'elle soit homogène ou non. Car dans une pyramide « pleine » (1), le rayonnement solaire se diffuse de façon régulière dans le sol et vers l'intérieur de l'édifice. La température est, par ailleurs, légèrement plus importante vers le haut, plus 0,2 degré, le sommet de la pyramide absorbant plus de rayonnement avec moins de masse pour la diffuser. Dans le cas d'une pyramide avec rampe intérieure (2), l'air des rampes scellées est moins chaud que le corps de la pyramide. Et le sommet plus froid de 0,5 degré.

cédentes. Et pour terminer reconstitue en 3D la visite de la pièce à travers les yeux de Bob Brier. Montée parallèlement avec les images prises par le cameraman, dont nous avons pu obtenir des images exclusives, cette séquence a été intégrée au documentaire de France 2.

De son côté, Bob Brier, qui possède une bibliothèque phénoménale sur l'Égypte, se remet à fouiller toutes les études publiées sur Kheops depuis l'expédition de Bonaparte et s'intéresse particulièrement aux relevés architecturaux établis par les Italiens Vito Maragioglio et Celeste Rinaldi dans les années 1960. Mais il ne trouve aucune mention de l'encoche, encore moins de la pièce. « Il est évident que cette cavité avait été déjà visitée, précise Jean-Pierre Houdin. Bob y a trouvé des graffitis, dont une inscription datant du XIX^e siècle. Mais elle n'a jamais été relevée ni étudiée scientifiquement. » Dans son livre de bord, datant de 1819, un certain lieutenant-colonel George A. F. Fitzclarence raconte comment, lors d'une

rencontre avec les égyptologues Henry Salt et Giovanni Belzoni au cours d'un périple en Égypte, il les abandonne au pied de la pyramide pour l'escalader. Et découvre sur l'angle nord-est ce qu'il appelle « une caverne ou un trou » d'environ 20 pieds de profond et de haut. « Ça s'arrête là, personne n'a cherché à en savoir plus à l'époque. Ni depuis », insiste Jean-Pierre Houdin.

L'architecte aimerait pouvoir convaincre Zahi Hawass, le tout-puissant patron des Antiquités égyptiennes, de vérifier sa théorie. Un moment favorable à l'hypothèse de Jean-Pierre Houdin dont il disait en mars 2007 qu'elle était valable, Zahi Hawass affirme aujourd'hui qu'elle est erronée. L'homme a repris d'une main de fer le destin d'une archéologie égyptienne que les Occidentaux et particulièrement les Français ont longtemps considérée comme leur pré carré (lire Sciences et Avenir n° XXX). Et Kheops paraît plus que jamais intouchable.

Il existe pourtant des méthodes

non invasives qui permettraient d'en avoir enfin le cœur net. Et notamment l'infrarouge, une technologie capable de détecter des différences de température jusqu'à 0,04 degré au sein d'un monument. Comme l'a montré une récente simulation de Dassault Systèmes (lire l'encadré ci-dessus), la pyramide, selon qu'elle comporte ou non une rampe intérieure, ne restituera pas le rayonnement solaire de la même manière. « L'infrarouge est une technique à la fois précise, et très légère, insiste Jean-Pierre Houdin. Nous pouvons travailler à 50 mètres de Kheops, avec une caméra thermique, ce qui n'occasionnera pas plus de dérangement que les milliers de touristes qui la filment chaque jour. » Et de conclure : « Il suffirait qu'on autorise une équipe à tourner 24 heures autour de la Grande Pyramide, et la messe serait

Le documentaire «Kheops révélé», réalisé par Florence Tran, sera diffusé sur France 2 dimanche 28 décembre.

Les énigmes de Kheops

Érigée sur le plateau de Gizeh, près du Caire, pour abriter la dépouille de Kheops, pharaon de la IV^e dynastie (2538-2516 av. J.-C.), la Grande pyramide est le plus volumineux monument en pierres de taille jamais réalisé. Six millions de blocs ont été nécessaires à son édification, parmi lesquels des dalles de granit, pesant jusqu'à 63 tonnes, qui ont été montées à plus de 60 mètres de hauteur au-dessus de la chambre du roi. Comment un tel chantier a-t-il pu être réalisé à une époque où l'on ne connaissait ni la roue, ni le palan ou la poulie ? Ni écrit, ni dessin de l'époque ne lèvent le mystère. Parmi les nombreuses hypothèses émises, « aucune ne fonctionne » reconnaît Rainer Stadelmann, de l'Institut d'archéologique allemand du Caire (lire Sciences et Avenir, avril 2007). La plus connue met en œuvre une rampe frontale, perpendiculaire à la pyramide, qui aurait permis de faire monter les blocs sur des traîneaux de bois. Mais plus la pyramide s'élève, plus la rampe doit monter avec elle. Résultat : soit une pente trop raide, soit un chaussée trop longue. Quant à l'hypothèse des machines élévatrices, elle butte sur l'impossibilité de soulever des blocs de plusieurs tonnes sur des assises raides et étroites. L'hypothèse de Jean-Pierre Houdin permet de lever ces obstacles. Une rampe extérieure en pente douce permet de monter la pyramide à 43 mètres de haut, soit plus de 70 % du volume de pierres. La rampe intérieure, intégrée à environ

Proportionnellement, il y en effet plus de vide que de plein vers le haut, les volées de la rampe se rapprochant.

* Les chambres et couloirs intérieurs n'ont pas été pris en compte dans l'étude car trop éloignés des faces pour avoir une influence sur le comportement thermique du monument.

10 à 15 mètres sous la surface, prend le relais pour les parties hautes. Les matériaux nécessaires, des blocs de petite taille, sont alors prélevés sur la rampe extérieure devenue inutile. A chaque volée de la rampe, un palier en encoche permet la rotation des traîneaux. C'est une de ces encoches qu'aurait découverte Bob Brier au mois d'avril 2008.

