

ART & SCIENCE

Le mystère de la pastèque blanche

Dans une nature morte italienne du XVII^e siècle, une pastèque coupée montre une chair essentiellement blanche. Pourquoi ? Pour le savoir, retraçons l'épopée de ce fruit, régal des anges, de la tombe de Toutânkhamon jusqu'au Japon actuel.

Loïc MANGIN

L'été est déjà loin, mais vous vous souvenez encore de Céline, de Catherine, d'Alana et de celle qu'on appelle Sugar Baby... Ne vous méprenez pas, il ne s'agit pas de vos conquêtes estivales, mais de variétés de... pastèques (*Citrullus lanatus*). Cette cucurbitacée est l'un des fruits les plus rafraîchissants qui soient et Mark Twain fait dire à son héros de *La Tragédie de Pudd'nhead Wilson* que la pastèque est « le roi, par la grâce de Dieu, de tous les fruits de la création. En avoir goûté, c'est savoir ce que mangent les anges ».

Un tel luxe ne pouvait mériter que les honneurs des peintres et, de fait, on trouve

Les anges peuvent se délecter de la pastèque – le roi de tous les fruits – depuis au moins 5 000 ans.

plusieurs représentations de la pastèque, par exemple dans une nature morte du Flamand Abraham Brueghel (1631-1690), ou bien dans une œuvre de l'Italien Giovanni Stanchi (1608-1675). Dans cette dernière (voir page ci-contre), on distingue bien au moins deux pastèques, mais elles ne ressemblent guère à celles de votre été. Certes, parmi les variétés actuelles, on en trouve à chair rouge bien sûr, jaune, verte ou couleur crème, mais là, le cœur du fruit est surtout blanc et un peu rouge. Comment l'expliquer ?

James Nienhuis, agronome à l'Université du Wisconsin, s'est intéressé au problème. D'abord, rappelons que l'essentiel de la chair d'une pastèque est le placenta hypertrophié où sont nichées les graines, le placenta reliant les ovules (avant fécondation) dans l'ovaire de la plante. Selon James Nienhuis, les pastèques actuelles résultent de sélections opérées par les cultivateurs de façon à obtenir un enrichissement en lycopène (un pigment rouge que l'on trouve aussi dans les tomates), et donc une chair bien rouge.

Pourtant, la pastèque qui apparaît dans la nature morte de Brueghel, peinte à la même époque que celle de Stanchi, est bel et bien rouge. La pastèque de l'Italien ne serait-elle pas mûre ? Si, la présence de graines noires est sans équivoque : le fruit a bien été cueilli à maturité.

Cette diversité illustrerait le processus de sélection en cours à cette époque pour l'obtention de la pastèque idéale. Il se poursuit aujourd'hui ; en témoignent les nouvelles variétés « sans pépins » (ou plutôt à pépins atrophiés) que l'on trouve dans nos commerces. Cette caractéristique résulte d'une triploïdie (les plants ont trois jeux de chromosomes au lieu de deux). La pastèque noire Densuke, qui ne pousse que dans le nord de l'île d'Hokkaido, au Japon, est aussi une variété récente. Sa rareté et son goût font qu'elle s'arrache à prix d'or : plusieurs milliers d'euros par spécimen !

Si la pastèque a conquis le monde (on en produit quelque 100 millions de tonnes

© Courtoisie de Christie's

LA PASTÈQUE de Giovanni Stanchi, peintre italien du XVII^e siècle, est intrigante : pourquoi ne ressemble-t-elle pas à celle que nous dégustons l'été ?





par an], on sait peu de choses sur son origine. En d'autres termes, la question est de savoir depuis combien de temps les anges mangent de la pastèque. À en croire les travaux de Harry Paris, du centre de recherches Newe Ya'ar, en Israël, ils peuvent s'en délecter depuis au moins 5 000 ans. En réunissant tous les traces historiques, il est parvenu à reconstituer l'épopée de la pastèque.

Les plus anciens vestiges archéologiques, des graines, ont été découverts en Libye. On a aussi trouvé des graines, ainsi que des représentations picturales, dans des tombes égyptiennes (dont celle de Toutânkhamon)

datant pour certaines de 4 000 ans. Étonnamment, l'une des images montre un fruit oblong, semblable à ceux d'aujourd'hui, et distinct des variétés sauvages, plutôt sphériques et par ailleurs au goût amer. Les Égyptiens cultivaient donc des pastèques.

La capacité de stockage de l'eau était un atout dans ces régions sèches. Sans doute est-ce cela qui explique leur présence dans les tombes, les morts ayant besoin de se désaltérer durant leur long voyage. De tous ces témoignages, Harry Paris déduit que la pastèque est apparue dans le nord-est de l'Afrique, où elle a été domestiquée.

Des écrits révèlent que la pastèque a ensuite quitté sa région d'origine pour s'étendre autour de la Méditerranée. Dans son *Histoire naturelle*, au 1^{er} siècle, Pliny l'Ancien en vante les qualités réfrigérantes. Les médecins Dioscoride et Hippocrate ont également loué ses vertus curatives.

Prudence tout de même : on se souvient qu'en 2011, en Chine, trop dopées au forchlorfenuron, un engrais, des centaines de pastèques ont... explosé !

H. Paris, *Origin and emergence of the sweet dessert watermelon, Citrullus lanatus*, *Annals of Botany*, vol. 116(2), pp. 133-148, août 2015.



CHAQUE MOIS



CHAQUE TRIMESTRE

Retrouvez vos magazines en kiosque ou directement chez vous

POUR LA SCIENCE

La référence de l'actualité scientifique internationale



LES VERSIONS NUMÉRIQUES
feuilletables en PDF sur le site



L'APPLICATION
téléchargeable sur Appstore
et Google Play pour consulter
vos magazines



Suivez Pour la Science
également sur :



DES CONTENUS INÉDITS
sur le site



WWW.POURLASCIENCE.FR

IDÉES DE PHYSIQUE

L'escalier chantant de Maoshan

Un bruit émis face à des marches d'escalier ou une autre structure périodique peut devenir un son d'une hauteur bien déterminée.

Jean-Michel COURTY et Édouard KIERLIK

Un visiteur est debout devant l'escalier du monument à la victoire du mont Maoshan, dans la province du Jiangsu, en Chine. Un feu d'artifice est tiré au-dessus de lui. En écho de chaque explosion, le visiteur entend distinctement le son cuivré d'un clairon jouer une brève mélodie de six notes (voir la figure ci-dessous).

On retrouve ce phénomène sous diverses formes au théâtre grec d'Épidaure ou à la pyramide de Kukulcán sur le site maya de Chichén Itzá, au Mexique. Ces architectures ont toutes en commun de présenter des structures périodiques, escaliers ou rangées de

sièges, dont les multiples échos s'additionnent pour produire des notes musicales. Comment peut-on l'expliquer ?

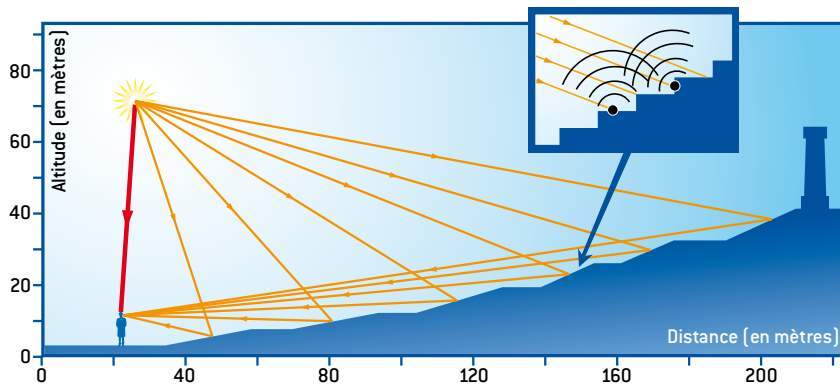
Quand l'écho donne une hauteur à un bruit

Avant de nous attaquer à la mélodie du mont Maoshan, commençons par un phénomène plus simple, constaté dès 1693 par le physicien néerlandais Christiaan Huygens devant l'escalier de pierre du château de Chantilly, en France. Quand la fontaine face à l'escalier fonctionnait, Huygens entendait un son de même hauteur que celui produit en soufflant dans un

tuyau de même longueur que la profondeur des marches, soit presque 46 centimètres.

L'effet est toujours présent aujourd'hui, comme un claquement de mains face à l'escalier du château vous le révélera. Chacune des marches renvoie un faible écho de ce claquement, mais notre cerveau interprète la succession rapide de ces échos comme un signal périodique. La période de ce son correspond au temps de trajet supplémentaire pour passer d'une marche à la suivante, c'est-à-dire à la durée que met le son pour parcourir deux fois la largeur d'une marche, ici 2,7 millisecondes. À partir d'un bruit, claquement de mains ou clapotis d'une fontaine, nous





Dessins de Bruno Vacaro

LES MARCHES DU MONUMENT

du mont Maoshan réfléchissent différemment selon leurs caractéristiques (hauteur, profondeur et position) et la longueur d'onde acoustique, les ondes sonores qui forment le bang initial – et cela en chacun de leurs points (*cartouche*). L'écho est la somme de toutes les ondes réfléchies. Le calcul confirme que cette somme est perçue comme une succession rapide de six notes, liées aux six volées dont est constitué l'escalier.

récoltons un son périodique, c'est-à-dire une note de musique, dont la fréquence, l'inverse de la période, est ici de 370 hertz.

Cet effet est plus spectaculaire avec l'escalier de la pyramide de Kukulcán où l'écho du claquement de mains imite, dit-on, le gazouillis du quetzal. Il y a une dizaine d'années, le physicien néerlandais Frans Bilsen a intégré dans ses calculs les grandes dimensions de la pyramide pour tenir compte du fait que, à mesure que la position des marches augmente, l'inclinaison des ondes réfléchies par rapport au sol augmente aussi et, avec elle, le délai entre deux ondes successives. Ainsi, les premières ondes réfléchies reçues par l'auditeur proviennent du bas de la pyramide et sont séparées par les durées les plus courtes ; elles sonnent plus aiguës que les ondes plus tardives réfléchies par le haut de l'escalier. On a ainsi un effet de *glissando* marqué.

En fait, de façon surprenante, il suffit d'une seule réflexion pour que notre cerveau attribue une hauteur à un son, même si ce dernier en est dépourvu. Il suffit que notre oreille reçoive successivement et sans recouvrement, dans un laps de temps très court, le signal acoustique et ce même signal renvoyé par une surface acoustiquement réfléchissante. Contrairement à une situation d'écho où l'oreille arrive à discriminer le signal original et le signal réfléchi, l'écart entre les deux est suffisamment bref (en deçà de quelques centièmes de seconde) pour que l'oreille entende un seul signal, mais ce dernier est comme « coloré » par un son dont la fréquence caractéristique est l'inverse du délai de réception entre les signaux.

Ce phénomène serait à l'origine des sons curieux que l'on entend parfois dans les parkings ou du léger *glissando* que l'on perçoit

lorsqu'un avion nous survole et que le bruit original est bien réfléchi sur une chaussée ou un mur en béton.

Ces considérations permettent-elles de comprendre l'origine de la mélodie du mont Maoshan ? Qualitativement, oui : la grande longueur de l'escalier (200 mètres, pour 36 de hauteur) explique que les réflexions par les différentes marches s'étendent sur une durée de près d'une seconde, tandis que l'échelonnement de l'escalier en six volées de dimensions différentes explique la succession de six notes de musique bien identifiées.

Quantitativement, toutefois, on est loin du compte, car la durée du bang d'un feu d'artifice (40 millisecondes) est bien plus longue que l'intervalle des réflexions entre deux marches successives : les échos d'au moins une dizaine de marches successives se recouvrent alors et peuvent interférer. Il faut aussi tenir compte d'autres conséquences de la nature ondulatoire du son, notamment la diffraction. Elle est notable lorsque les objets qui réfléchissent ou diffusent les ondes ont des tailles de l'ordre des longueurs d'onde présentes dans les signaux, comme c'est le cas ici (les marches d'escalier ont des tailles correspondant à des sons de quelques centaines de hertz).

Un escalier formant un réseau acoustique

On s'attend ainsi à ce que les ondes acoustiques ne soient pas simplement réfléchies comme une balle sur un mur lisse, mais largement diffractées dans toutes les directions. Xu Chen et ses collègues, à l'université de Nankin, se sont récemment intéressés au phénomène. Ils sont revenus aux sources de la physique ondulatoire et ont appliqué le principe dit de Huygens-Fresnel.

Il s'agit d'abord de décomposer le bang de l'explosion en sons purs de fréquences bien définies. Le résultat est une superposition d'une multitude d'ondes de fréquences différentes sans qu'aucune ne soit caractéristique : notre oreille a donc du mal à lui associer une hauteur, comme face à un vrombissement de moteur, le froissement d'une feuille ou un claquement. Pour chacun de ces sons purs incidents, chaque élément de la surface de l'escalier réémet dans toutes les directions une

LES AUTEURS



Jean-Michel COURTUY et Édouard KIERLIK sont professeurs de physique à l'université Pierre-et-Marie-Curie, à Paris. Leur blog : <http://blog.idphys.fr>



Retrouvez la rubrique
Idées de physique sur
www.pourlascience.fr

onde sonore sphérique de même fréquence et de même amplitude (en négligeant ce qui est transmis dans la pierre). On examine alors la somme des ondes élémentaires, sur toutes les fréquences présentes dans le bang et sur le monument tout entier, que l'auditeur récolte.

Le calcul est fastidieux, mais ne pose pas de problèmes particuliers. Que montre-t-il ? D'abord, que les volées d'escalier contribuent chacune à un son particulier. Comme elles sont bien échelonnées, les sons résultants sont reçus successivement par l'auditeur, avec des écarts de 0,2 seconde environ ; l'oreille les distingue donc bien, d'où la perception d'une brève mélodie.

Ensuite, la hauteur de chacun des six sons est parfaitement déterminée et dépend à la fois des caractéristiques des marches de la volée (hauteur et profondeur) et des positions de la volée, de la source sonore et

de l'auditeur. Cette sélectivité en fréquence résulte de l'interférence des ondes réfléchies par les différentes marches de la volée (une cinquantaine au total) : seules certaines fréquences donnent lieu à des interférences constructives et subsistent, les autres disparaissent. C'est l'analogie acoustique de l'irisation que l'on peut observer lorsqu'on éclaire un CD avec de la lumière blanche ; le réseau optique constitué par les traits de la gravure ne renvoie dans une direction donnée que certaines couleurs du spectre.

Quantitativement, l'accord entre théorie et mesures expérimentales semble excellent. Les chercheurs, prudents, aimeraient vérifier leur travail sur des monuments similaires, telle mausolée de Sun Yat-sen (1866-1925), mais ils n'ont pas obtenu les autorisations nécessaires. Alors pourquoi pas un petit feu d'artifice face à l'escalier du château de Chantilly ? ■

■ BIBLIOGRAPHIE

X. Chen *et al.*, **Unraveling the mystery of the "Maoshan bugle"**, *American Journal of Physics*, vol. 82, pp. 135-141, 2014.

F. A. Bilsen, **Huygens on pitch perception ; staircase reflections reconsidered**, *NAG-Journaal*, n° 178, mars 2006.

■ SUR LE WEB

Feux d'artifice au mont Maoshan, avec le son : www.youtube.com/watch?v=yLfuplZzQLQ

Écho de la pyramide de Kukulcán : www.youtube.com/watch?v=WaLRMq8sgYM



LES RENDEZ-VOUS DU MUSÉUM

Partagez les savoirs

COURS PUBLICS

Cycle Préhistoire, préhistoriens, Préhistoriques : Naissance, pratiques et imaginaire de la Préhistoire au XIX^e siècle

Jeudi 8 octobre – 18h : Préhistoriens. La Préhistoire entre aventure individuelle et indifférence des pouvoirs publics

Jeudi 15 octobre – 18h : Préhistoriques. La construction d'une image des hommes fossiles

A. Hurel, historien des sciences, ingénieur de recherche au Muséum, Centre Koyré

Grand Amphithéâtre du Muséum — 57 rue Cuvier, Paris 5^e

Bar des Sciences

Dimanche 11 octobre – 17h30 : Le climat, comment ça marche ?

Dans le cadre de la Fête de la Science. Animé par **M.-O. Monchicourt**, journaliste

Avec **S. Bony**, spécialiste de la modélisation des climats, IPSL ; **F. Gaill**, océanographe, coordinatrice du comité scientifique de la plateforme Océan-climat, CNRS ; **F. Sarrazin**, écologue, UPMC-Muséum

Café-restaurant de la Baleine — 47 rue Cuvier, Paris 5^e

CONFÉRENCES / DÉBATS

Cycle Changement climatique et biodiversité

Lundi 19 octobre – 18h : Les insectes fossiles et les changements climatiques du passé

Par **R. Garrouste**, paléontologiste, Muséum

Lundi 26 octobre – 18h : Les changements climatiques : une aubaine pour les végétaux ?

Par **N. Machon**, professeur d'écologie, Muséum

MÉTIER DU MUSÉUM

Dimanche 25 octobre – 15h : Médecin anthropologue, **A. Epelboin**

Auditorium de la Grande Galerie de l'Évolution

36 rue Geoffroy St-Hilaire, Paris 5^e



Au Jardin des Plantes

Détails sur mnhn.fr, rubrique : "les rendez-vous du Muséum"

POUR LA SCIENCE

 QUESTION AUX EXPERTS

Peut-on contrôler ses rêves ?

*Nombre de personnes – peut-être toutes – en sont capables.
Si vous n'y êtes jamais parvenu, certaines techniques
permettent de s'y exercer.*

Daniel ERLACHER

Vous êtes assis en haut d'un escalier. Vous pensez qu'il serait tout de même plus pratique de le descendre en volant et... vous commencez à vous élever dans les airs ! Enchaînez-vous quelques loopings comme si de rien n'était ou une petite alarme cérébrale vous suggère-t-elle qu'il s'agit d'un rêve ?

Dans le second cas, vous expérimentez un rêve lucide, c'est-à-dire que vous avez conscience d'être en train de rêver. Parfois, le rêveur prend même le contrôle du rêve – il se met à y agir délibérément – ou décide de se réveiller. Les enquêtes révèlent que ce phénomène est répandu : selon les nationalités et les échantillons statistiques, entre 26 % et 82 % des participants déclarent avoir expérimenté le rêve lucide au moins une fois dans leur vie. Mais pour la majorité d'entre eux, cela reste rare : au maximum quelques pourcents ont un rêve lucide plusieurs fois par semaine.

Le rêve lucide s'apprend-il ? Il est en tout cas possible d'augmenter sa fréquence en appliquant certaines techniques. En revanche, il est difficile de savoir si tout le monde peut y arriver. Certains participants aux études échouent, mais cela ne signifie pas qu'ils n'auront jamais de rêve lucide. Peut-être qu'ils n'ont juste pas eu assez de temps, qu'ils n'étaient pas assez motivés ou que d'autres techniques fonctionneraient sur eux.

Une pléthore de techniques ont été proposées et certaines ont été rigoureusement testées en laboratoire. Celle dont l'efficacité a recueilli le plus de preuves expérimentales est

la technique MILD (pour *Mnemonic Induction of Lucid Dreams*, « induction mnémorique de rêves lucides »), proposée vers 1980 par le psychophysiologiste américain Stephen LaBerge. Cette technique est fondée sur un entraînement de la mémoire dite prospective : il s'agit de la capacité à ne pas oublier d'effectuer telle ou telle action dans le futur – par exemple donner un livre à un ami quand on le voit. Le plus souvent, un élément déclencheur (« je vois mon ami ») nous rappelle ce qu'on doit faire (« je lui donne ce livre »).

Le chemin du rêve lucide

La technique MILD doit être pratiquée en sortant d'un rêve, avant de se rendormir. À ce moment, répétez-vous à vous-même : « La prochaine fois que je rêve, je veux me rappeler d'en prendre conscience ». Dans le même temps, revivez mentalement votre rêve (ou un autre rêve récent) en vous imaginant qu'à l'intérieur, vous devenez conscient que ce n'est pas la réalité. Choisissez en outre un élément assez incongru pour révéler qu'il s'agit d'un rêve et dès qu'il survient dans votre projection mentale, pensez : « je suis en train de rêver » ; cet élément servira de déclencheur lorsque vous serez effectivement retourné au pays des songes. Plus généralement, vous vous habituerez ainsi à exercer un regard critique sur vos pensées.

Vous pouvez même vous entraîner à prendre le contrôle de votre rêve. Vous avez envie de voler ? Quand vous vous remémorez

votre rêve, imaginez-vous en train de décoller. Vous augmenterez ainsi la probabilité de prendre votre envol dans votre prochain rêve.

Dans notre laboratoire, nous avons testé une version « optimisée » de la technique MILD sur des participants qui n'avaient jamais eu de rêve lucide, ou très rarement (une fois par an maximum) : après environ six heures de sommeil, le sujet devait rester éveillé pendant une heure tout en pratiquant la technique, avant de se rendormir pour deux ou trois heures. Environ la moitié des participants ont réussi à avoir un rêve lucide dès le premier essai.

D'autres méthodes ont fait leurs preuves : la technique réflexive, par exemple, consiste à interrompre régulièrement ses activités pendant la journée, pour se demander si l'on est bien éveillé ou si l'on est en train de rêver. Là encore, on exerce ainsi son regard critique sur ses pensées. Personnellement, c'est la première technique que j'ai pratiquée ; elle m'a permis d'avoir un rêve lucide en deux mois.

Quelle que soit la méthode, certains réussissent du premier coup, tandis que d'autres ont besoin de multiples séances. En outre, quand on cesse de s'exercer, la fréquence du rêve lucide revient au niveau initial. C'est un peu comme dans un marathon : chacun a ses propres prédispositions et doit s'entraîner plus ou moins intensément. Mais peut-être qu'en fin de compte, avec de la persévérance, tout le monde peut y parvenir. ■

Daniel ERLACHER est chercheur à l'université de Berne, en Suisse.