

Échos du bang

J'ai été très intéressé par l'article *Le bang sonique* de François Coulouvrat (voir *Pour la Science*, août 1998), mais quelle est, finalement, la raison pour laquelle on perçoit un «bang»?

Pierre FAESSEL, Meudon-la-Forêt

L'article de F. Coulouvrat explique qu'il n'existe pas de «mur du son». J'ai pourtant entendu des pionniers des vols supersoniques raconter les vibrations subies par l'avion à l'approche de la vitesse supersonique, et la difficulté d'atteindre celle-ci.

Hyppolite BAECKER, Thann

Réponse de François COULOUVRAT

Contrairement à l'opinion courante, le phénomène du bang sonique ne se produit pas uniquement lorsque l'avion vole exactement à la vitesse du son (lorsqu'il franchit le «mur du son»), mais continuellement pendant toute la phase de vol supersonique. Comme il est expliqué dans l'article, en vol supersonique, le son émis par l'avion est contenu à l'intérieur du cône de Mach. Un observateur fixe, au sol par exemple, subit, lorsqu'il passe à travers le bord du cône de Mach, une brusque variation de pression, appelée «onde de choc», qui produit la sensation auditive de «bang» sonique, la plus gênante du point de vue de la perception auditive. Pour un avion de forme compliquée, il se produit plusieurs ondes de chocs successives, mais, comme je l'ai expliqué dans l'article, elles se propagent à des vitesses légèrement différentes et ont tendance à fusionner.

À l'intérieur du cône de Mach, derrière l'onde de choc, le son total résulte d'un processus d'interaction complexe entre les bruits émis par tous les points de l'avion à différents instants. Si l'on se place suffisamment loin de l'avion (à quelques fois sa longueur ou son envergure), seules les contributions se propageant dans les directions normales au cône de Mach interfèrent de manière constructive. Ceci fait que l'ensemble du bruit significatif se propage le long des mêmes rayons normaux au cône de Mach que les ondes de chocs.

Quel rapport alors entre le bang sonique et les déboires des premiers avions qui ont tenté de franchir le mur du son ? Lorsqu'un avion vole un peu au-dessous de Mach 1 (la valeur précise dépend de la géométrie particulière de l'avion), même si globalement l'écoulement est subsonique, localement il peut devenir supersonique, par exemple sur le profil supérieur de l'aile, où l'air est accéléré. Il existe alors une petite zone d'écoulement supersonique autour de l'aile, avec un choc local. On dit que l'écoulement est

transonique. Lorsque l'avion accélère et se rapproche de Mach 1, cette zone augmente en taille et se déplace, jusqu'à former le cône de Mach.

Cette modification rapide de l'écoulement autour de l'avion modifie la portance et la traînée, et donc l'équilibre de l'avion. Lors des premières tentatives de franchissement du mur du son, ces phénomènes étaient inconnus. Les avions n'étaient pas conçus, et les pilotes pas préparés, pour y faire face, ce qui a conduit à des accidents parfois dramatiques. Aujourd'hui, heureusement, ils sont parfaitement maîtrisés, et même les avions de ligne usuels volent en régime transonique (à environ Mach 0,8) sans dommage. En raison de la stratification de la température atmosphérique, les rayons sonores sont déviés vers le haut : le bang émis à vitesse faiblement supersonique est renvoyé vers la haute atmosphère avant de toucher le sol. On n'entend donc pas *Concorde* franchir le «mur du son» ! En revanche, si un avion (de chasse) vole en régime transonique à faible altitude, la zone locale d'écoulement supersonique peut toucher le sol. C'est le seul cas où le bang correspond vraiment au cas d'un avion atteignant la vitesse du son.

Autodidactes et créativité

Philippe Boulanger s'interroge sur les relations entre les autodidactes et les scientifiques professionnels (voir *Comment apprécier les autodidactes ?*, *Pour la Science*, septembre 1998). Les autodidactes qui réussissent, tel Foucault, me semblent avant tout doués d'une grande créativité, comme les grands «scientifiques professionnels». Sans doute le système éducatif devrait-il favoriser l'émergence de cette créativité autant que développer les capacités à emmagasiner et à restituer de vastes étendues de connaissances.

Albert ARNAUD, Brives

Dangers contraceptifs

Sophie Christin-Maître et Philippe Bouchard (voir *La contraception masculine*, *Pour la Science*, juillet 1998) mentionnent, parmi les méthodes non hormonales potentiellement intéressantes pour bloquer la mobilité des spermatozoïdes et leur maturation, le traitement par le gossypol : en Inde, quelques équipes étudieraient la toxicité du gossypol et la cause de son effet irréversible. Le gossypol est une molécule que les biologistes cellulaires utilisent pour bloquer la communication intercellulaire portée par les membres d'une famille de protéines appelée connexines. Ces protéines

s'assemblent sous forme de plaques jonctionnelles formées de canaux intercellulaires. Ces structures, appelées «jonctions gap», permettent aux cellules d'échanger très rapidement, sans passer par le milieu extracellulaire, des métabolites de petite taille (sucre, pyruvate, ATP, peptides...), des ions et les seconds messagers hormonaux (AMPcyclo, phosphoinositides, calcium). La fonctionnalité de ces réseaux dynamiques de jonctions intercellulaires est physiologiquement essentielle dans l'embryon au cours du développement et dans un très grand nombre d'organes, y compris dans les cellules testiculaires. La circuiterie du muscle cardiaque est ainsi constituée par un réseau complexe de jonctions gap formées par plusieurs types de connexines. Le gossypol ne semble pas spécifique d'une connexine particulière au testicule. Cet inconvénient, joint à son mécanisme d'action, explique, entre autre, pourquoi cette molécule est toxique, et pourquoi elle n'est plus à l'essai en tant que contraceptif masculin.

Danièle SALTARELLI, Villejuif

Foucault et l'électricité

Je m'étonne que l'article de William Tobin *Léon Foucault* (voir *Pour la Science*, septembre 1998) ne mentionne pas les travaux de celui-ci sur l'électricité. Tous les électriciens connaissent les «courants de Foucault», à l'origine de pertes d'énergie dans les machines tournantes et parfois mis à profit pour produire de la chaleur ou pour freiner un rotor.

François GALLET, Orsay

Réponse de William Tobin

Le rôle de Foucault dans la découverte de «ses» courants est à nuancer. Faraday a découvert les courants d'induction vers 1831 en cherchant à expliquer une observation d'Arago, de 1824 : les mouvements de l'aiguille d'une boussole sont freinés par la proximité d'une plaque de cuivre. En 1855, alors que les idées sur la conservation de l'énergie et sur l'équivalence mécanique de la chaleur se répandaient en France, Foucault s'est rendu compte que le travail nécessaire pour maintenir un conducteur en rotation entre les pôles d'un aimant contre la résistance produite par les courants d'induction devrait «suivre les nouvelles doctrines...se retrouver en chaleur». Il a démontré l'effet en utilisant le tore en bronze de son gyroscope et «un fort électro-aimant», obtenant une chaleur «sensible à la main». Toutefois, Joule avait déjà publié une expérience équivalente en 1843, et avait même obtenu une valeur numérique pour l'équivalence mécanique de la chaleur.

D.R.



Espèces de truffes

HERVÉ THIS

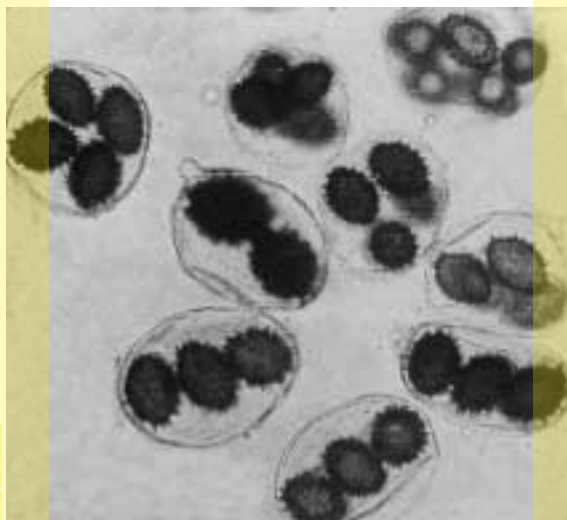
Les truffes noires sont toutes de la même espèce. La génétique montre que les truffes chinoises sont bien différentes.

Le diamant noir! Que d'encre élogieuse n'a-t-il pas fait couler! Pas un chroniqueur gastronomique ne l'a omis, et pas un restaurateur ne le méprise quand il vise des étoiles. Depuis des siècles, on discute ses mérites : la truffe noir du Périgord est bien différente de la truffe de Bourgogne, et les truffes françaises seraient naturellement bien supérieures à celles d'Espagne ou d'Italie... La science objectivera-t-elle de tels jugements? À Montpellier, une équipe de biologistes a examiné la génétique de la truffe noire : les différences de goût proviennent plus de l'environnement que de différences génétiques.

Il existe en Europe dix espèces de truffes, c'est-à-dire de champignons du genre *Tuber*. La truffe noire, encore nommée truffe du Périgord, *Tuber melanosporum*, se récolte principalement en Espagne, en France et en Italie, mais ses qualités gastronomiques diffèrent selon les régions. Afin d'expliquer ces différences, Michel Raymond et ses collègues du CNRS, de l'INRA et de l'ORS-TOM, à Montpellier, ont cherché si elles avaient un fondement génétique. Plus de 200 échantillons provenant de diverses régions de France et d'Italie ont été analysés : dans l'ADN, les biologistes étudiaient des séquences dites satellites, qui diffèrent beaucoup selon les espèces d'un même genre. Aucune variabilité génétique n'a été observée parmi les échantillons de truffe noire. Les généticiens ont également comparé les truffes noires à des truffes d'été et à des truffes de Bourgogne : des différences notables sont apparues entre la truffe noire et la truffe d'été, ce qui était attendu, mais les limites d'espèces entre truffes d'été et truffes de Bourgogne sont floues ; les études génétiques confirment qu'on doit considérer ces deux types comme deux variétés, ce que les biologistes nomment un complexe d'espèces.

Comment expliquer l'homogénéité génétique de l'espèce *Tuber melano-*

sporum? Les biologistes montpelliérains supposent que la dernière glaciation a coincé une petite population de truffes noires contre la Méditerranée, en même temps que les arbres sur lesquels elle se développe (le champignon forme un réseau souterrain, associé aux racines, et la truffe n'est que l'organe reproducteur). Comme la truffe noire mûrit en hiver, de novembre à février, sa population a été confinée aux zones les plus méridionales. Lors du réchauffement climatique ultérieur, la truffe noire aurait recolonisé les régions où ses arbres de prédilection se développaient, quand le climat s'y prêtait : en 10 000 ans, la colonisation de l'Europe méridionale se serait effectuée sans que l'espèce ait le temps d'évoluer.



Ces spores des truffes chinoises sont groupés par deux à six, contrairement aux spores des truffes noires, qui vont par paire.

En revanche, lors de la dernière glaciation, les truffes d'été et de Bourgogne, qui mûrissent respectivement au printemps et en automne, auraient conservé une aire de répartition plus septentrionale : leur observation dans des pays plus au Nord et plus à l'Est que la France montre que ces deux truffes tolèrent des climats plus froids. Ainsi s'explique leur diversité génétique actuelle : les truffes actuelles seraient issues d'une population nombreuse et variée.

Les études de génétiques ont complété ces résultats en éclairant le problème des truffes chinoises, que des fraudeurs cherchent chaque année à faire passer pour des truffes françaises. Il y a deux ans, Marie-Claude Janex-Favre et ses collègues de l'Université Paris VI avaient étudié la truffe chinoise, que l'on avait initialement attribuée aux espèces *Tuber himalayense*, *Tuber indicum* et *Tuber sinense*. Ces truffes proviennent des contreforts de l'Himalaya, où elles sont récoltées à environ 2 000 mètres d'altitude, à moins d'une dizaine de centimètres sous la surface du sol. On les confond facilement avec la truffe française, et leur prix de revient est bien inférieur.

Les truffes chinoises ont une forme variable, très irrégulière ou fortement bosselée. Leur diamètre atteint sept centimètres, et elles sont couvertes d'écailles basses, en forme de pyramides inversées à base carrée. Cet aspect général est quasi identique à celui d'une des truffes du Périgord : le type à grandes écailles planes, dépourvu d'aspérités marquées. Au microscope, toutefois, on voit que les spores sont différentes pour les deux types de truffes. Ces différences sont-elles dues à des conditions de croissance différentes plutôt qu'à une différence d'espèces? Les études génétiques effectuées par Delphine Gandeboeuf et ses collègues de Clermont-Ferrand ont démontré que les espèces sont différentes : le faible goût des truffes chinoises n'est pas dû aux conditions de développement, mais à l'espèce.

Revenons à la truffe noire : si l'environnement est responsable des différences de qualités gastronomiques, la science ne nous a pas encore dit comment le terroir s'exprime. Les biologistes sont au travail...

Prochain rendez-vous France Info et Pour la Science le 27 octobre 1998, avec la chronique Info Sciences de Marie-Odile Monchicourt.



Les pandémies de choléra

Elles sont apparues au début du XIX^e siècle, en raison d'une augmentation de la population mondiale ; l'amélioration des communications a favorisé la diffusion de la maladie.

Des textes sanscrits datant de 2 500 ans environ mentionnent des foyers de choléra. De l'Antiquité au XIX^e siècle, le choléra est resté confiné aux frontières de l'Inde, sans doute parce qu'il s'agit d'une maladie contagieuse strictement humaine : contrairement à la peste, à la fièvre jaune ou au paludisme, dont la diffusion dépend des populations de rongeurs ou d'insectes, les pandémies de choléra suivent les déplacements des populations humaines, car le micro-organisme pathogène n'est pas transmis par un animal. Au fil des pandémies, les zones touchées par la maladie se sont étendues. Aujourd'hui, l'agent infectieux reste présent, plus ou moins latent, dans diverses régions du monde. Les pandémies se sont également rapprochées dans le temps et l'on s'interroge : saura-t-on empêcher la huitième pandémie ?

Les premières épidémies de choléra empruntent les voies d'échanges, au rythme des caravanes. Ce rythme est si lent et les distances parcourues si longues que la caravane est parfois anéantie avant d'avoir atteint sa destination. Plus le nombre des personnes en mouvement est élevé et plus les contacts avec les populations sont fréquents, plus la maladie se propage. La modification des moyens de transport, l'augmentation des distances parcourues, de la rapidité des moyens de communication et du nombre des personnes transportées modifie l'ampleur des pandémies.

Pendant plusieurs siècles, la maladie est confinée au sous-continent indien. En 1503, un officier de Vasco de Gama est le premier Européen à décrire une épidémie de diarrhées cataclysmiques, mortelles en moins de dix heures

et ayant provoqué la mort de 20 000 personnes à Kozhikode, en Inde. En 1817 se déclare la première pandémie qui frappera l'Asie, l'Europe et même l'Afrique. En 1814-1815, les armées anglaises combattent au Népal, puis dans le Deccan. Toute l'Inde est envahie. Les relais infectieux vers l'Ouest sont assurés par les liaisons commerciales qui se multiplient, par des troupes anglaises dans les émirats, puis, vers le Nord, par des troupes persanes et turques. Cette flambée s'éteint aux confins de l'Empire russe. Pourtant la maladie continue à progresser à bas bruit et, en 1829, le choléra touche les rives de la mer Caspienne, suit les grandes voies de communication intérieures, pour atteindre les ports de la mer Baltique.

Un conflit russo-polonais achemine de nombreuses troupes contaminées vers les pays d'Europe occidentale. L'en-

semble de l'Europe est parcouru, l'Atlantique Nord traversé, le continent américain touché. Simultanément, une nouvelle flambée se déclenche au Bengale. La Grande-Bretagne est atteinte, puis la France : la mortalité est élevée dans le Pas-de-Calais, dont la population entretient un commerce de contrebande avec l'Angleterre. Des médecins s'étant rendus en Pologne contribuent vraisemblablement aussi à la dissémination de la maladie à Paris. La deuxième pandémie aurait tué 100 000 Français.

Les itinéraires de la troisième pandémie se multiplient à mesure que les moyens de transport terrestres ou maritimes s'améliorent. La main-d'œuvre recrutée pour le percement du canal de Suez, en 1869, favorise la diffusion de la maladie, de la mer Rouge vers le bassin méditerranéen. Le canal facilite les relations commerciales entre l'Inde et le bassin méditerranéen et raccourcit la durée des voyages : au cours de la quatrième pandémie, le continent américain est, lui aussi, envahi.

L'ISOLEMENT DU BACILLE

En 1855, l'anesthésiste anglais John Snow est intrigué par la forte mortalité, dans un quartier très circonscrit de la capitale britannique. En examinant un plan détaillé de la ville, il découvre que toutes les familles touchées tirent leur eau à la même fontaine publique. Le médecin fait enlever la poignée de la fontaine : l'épidémie diminue de façon spectaculaire (l'eau contaminée n'est plus consommée et l'autre véhicule de l'agent pathogène, la poignée, est supprimé). Un exemple similaire est constaté à Paris : les habitants de la rue de Chaillot présentent une



La distribution d'eau contaminée a favorisé la diffusion des épidémies de choléra.