

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 continûment 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-Maitre 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 (AMPcyclolique, 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 «suivant 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.