

tions osseuses mineures sur l'os périphérique indiquent que l'homme, qui avait plus de trente ans lors de son décès, a vécu au moins un an après la mise en place de la prothèse.

Cet implant était-il fonctionnel ? La corrosion de sa surface empêche toute analyse de traces, mais la position anatomique correcte de la dent artificielle et son intégration laissent penser qu'elle a effectivement été utilisée pour broyer des aliments. Il est de toute façon certain qu'elle a été mise en place dans ce but, et non par souci esthétique, la seconde prémolaire supérieure étant une dent peu visible.

Le succès de cette implantation est dû en grande partie à la qualité de la dent artificielle en fer : l'habileté des forgerons gaulois, mentionnée par Jules César, s'est exercée ici. La personne qui a forgé l'implant, par une succession de martelages à chaud et de repliements (selon l'analyse métallographique), devait avoir en main la dent initiale, tombée ou extraite, dont elle a fait une copie quasi conforme. Par ailleurs, la mise en place de la prothèse, par percussion, peu de temps après la perte de la dent initiale, la vascularisation n'étant pas encore trop perturbée, aurait aussi été un facteur de succès.

La population inhumée à Chantambre est d'origine rurale, vraisemblablement composée d'indigènes gaulois. Malgré le mauvais état dentaire des 500 individus exhumés, lors de la fouille dirigée par Louis Girard, un seul portait une prothèse. Pourquoi a-t-il bénéficié d'un tel acte médical ? Rien ne le distingue de ses contemporains, ni l'inhumation en pleine terre avec quelques céramiques, ni sa morphologie. La perte précoce de ses molaires supérieures gauches l'a-t-elle incité à conserver un côté droit actif ?

Pascal MURAIL
Laboratoire d'anthropologie,
Université de Bordeaux I

Allergie au latex

Les risques d'allergie au latex ont augmenté quand la fabrication des gants a changé.

Le changement d'un procédé industriel peut nuire à la santé publique. Ainsi, la modification du procédé de fabrication de la farine de mouton dont on nourrissait les vaches déclencha l'épidémie de la vache folle. Un autre exemple est la fabrication des gants de latex. Pourquoi le nombre et la gravité des allergies au latex ont-ils tant augmenté au cours des dix dernières années ? Aujourd'hui, plus d'une personne sur dix parmi le personnel de santé est allergique au latex. Les réactions cutanées ou les crises d'asthme contraignent souvent les personnes atteintes à changer de métier.

Le personnel hospitalier et les dentistes sont particulièrement touchés. Les étudiants en chirurgie dentaire ne présentent aucune allergie en première et deuxième années d'études (ils ne pratiquent pas eux-mêmes d'actes chirurgicaux), mais près de 15 pour cent des étudiants de cinquième année sont devenus allergiques.

Pourquoi les gants de latex déclenchent-ils davantage d'allergies ? Pour deux raisons : le latex contient des protéines allergisantes, notamment l'hévéine, et les usines de fabrication des gants sont toutes aujourd'hui près des sites de récolte de latex (en Extrême Orient). Naguère, ce latex était conservé dans l'ammoniaque et acheminé jusqu'aux usines européennes où il était transformé, plusieurs mois après sa récolte. Or, l'ammoniaque détruit les protéines de l'hévéa, notamment l'hévéine. Aujourd'hui, les gants sont fabriqués avec un latex « frais », dont l'ammoniaque n'a pas dégradé l'hévéine : c'est pourquoi le caoutchouc contient plus de protéines aller-



Les premiers gants chirurgicaux utilisés dans les années 1950 étaient épais et malcommodes. Toutefois, le personnel de santé, qui n'était pas encore sensibilisé, n'était pas allergique au latex.

gisantes qu'auparavant. On pourrait dégrader ces protéines en utilisant des solutions de déprotéinisation, mais cette opération augmenterait le prix de revient.

Comment l'hévéine pénètre-t-elle dans l'organisme ? Par l'intermédiaire de la poudre d'amidon de maïs lubrifiante où l'on plonge les gants après leur fabrication. Cette poudre adsorbe les protéines allergéniques contenues dans le latex. Quand les utilisateurs mettent leurs gants, la poudre se répand dans la salle d'opération. Elle est inhalée, et la barrière pulmonaire est facilement franchie. L'hévéine risque de déclencher des mécanismes allergiques surtout chez les personnes génétiquement prédisposées.

Pour éviter ces allergies, les fabricants proposent des gants sans poudre ou des

gants en matière synthétique (dépourvus de toutes protéines potentiellement allergisantes). Les gants sans poudre sont généralement soumis à l'action du chlore, qui réagit avec la surface du caoutchouc, la rendant plus lisse. De surcroît, les protéines allergisantes sont ainsi dénaturées.

Selon Francisque Leynadier, de l'Hôpital Rothschild, à Paris, les maladies allergiques dues à l'usage de gants de latex poudrés devraient diminuer parmi le personnel de santé au cours des prochaines années ; malheureusement, ces gants sont aujourd'hui disponibles dans les grandes surfaces et l'on peut craindre que les allergies au caoutchouc naturel se multiplient chez les personnes qui les utilisent régulièrement.

La facture de la Nature

Des étudiants de l'Université Cornell aux États-Unis ont évalué le coût des services que Dame Nature nous prodigue gracieusement chaque année.

	MILLIARDS DE FRANCS
Élimination de déchets	4560
Fixation de l'azote	540
Pollinisation	1200
Tourisme	3000
Fixation du gaz carbonique	810

Le véhicule du prion

On contamine aisément des souris en injectant dans leur cerveau des extraits de tissu cérébral contenant des prions, responsables d'encéphalopathie spongiforme. Toutefois la contamination est aussi possible quand le prion anormal est administré en dehors du cerveau, à condition que les prions finissent par y parvenir. Une équipe suisse a montré que les lymphocytes B différenciés seraient les véhicules des prions vers le cerveau : les souris dépourvues de telles cellules matures seraient protégées.

Virus marqueurs de migrations

Certains virus ont coévolué avec l'homme. Lorsque deux populations sont issues d'une même population ancestrale infectée par un virus, on déduit de la

divergence des génomes des virus qui continuent à infecter ces deux populations, la date où elles se sont séparées. Ainsi l'étude du polyomavirus chez les Amérindiens, notamment chez les

Navajos, a confirmé que ces derniers descendent de groupes venus du Nord-Est de l'Asie par le détroit de Béring, il y a 12 000 à 30 000 ans. Par ailleurs, le polyomavirus aurait commencé à infecter l'homme il y a 100 000 à 50 000 ans.

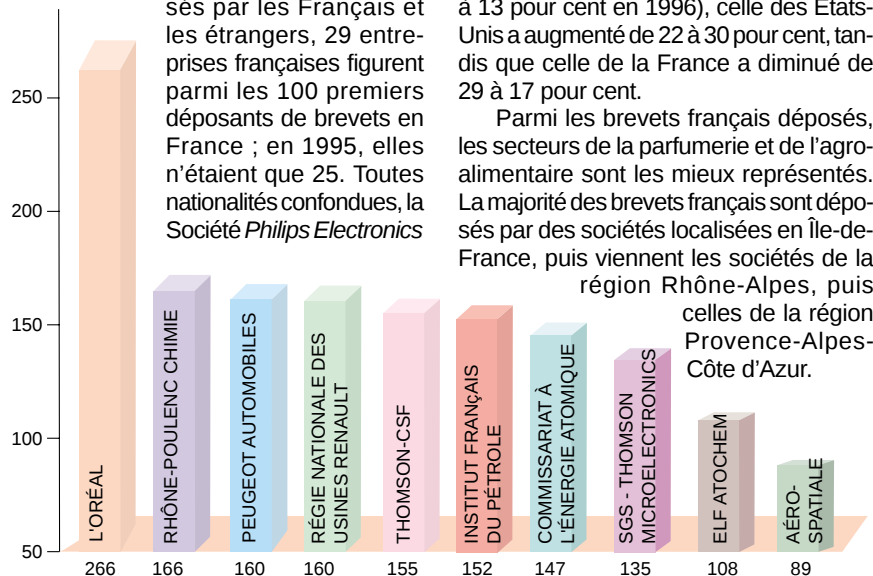
Un détecteur d'odeurs à la caisse

Vous êtes dans la file d'attente à la caisse du supermarché. La personne devant vous achète dix kiwis, deux mangues, trois bananes, etc. La caissière ne trouve pas les bons codes. Un détecteur d'odeurs qui vient d'être breveté aux États-Unis devrait vous éviter l'impatience de l'attente. Un courant d'air passe sur le fruit ou sur le légume et le détecteur l'analyse, le reconnaît, et le code de caisse, donc le prix, s'affiche automatiquement.

Brevets en 1996

La première société française par le nombre de brevets déposés en 1996 est au 14^e rang mondial.

Le nombre de brevets déposés par un pays indique sa santé économique. Où se situe la France par rapport aux autres pays ? D'après l'Institut national de la propriété industrielle (INPI), qui enregistre tous les brevets déposés par les Français et les étrangers, 29 entreprises françaises figurent parmi les 100 premiers déposants de brevets en France ; en 1995, elles n'étaient que 25. Toutes nationalités confondues, la Société *Philips Electronics*



Nombre de brevets déposés, en France, en 1996 par les dix premières sociétés françaises.

est l'entreprise qui a déposé le plus de brevets en 1996 (774), puis viennent *Canon* (717), *Siemens* (588), *Eastman Kodak* (445) et *IBM* (428 brevets). Sur les 98 487 brevets en vigueur sur le territoire français en 1996, les États-Unis viennent en tête avec 29 481 brevets, suivis de la France (17 155), de l'Allemagne (14 786), du Japon (12 392) et de la Grande-Bretagne (4 863). Jusqu'en 1987, la France déposait le plus grand nombre de brevets. Parmi ces cinq plus grands déposants en France, la part de l'Allemagne et de la Grande-Bretagne a peu évolué depuis 20 ans, celle du Japon a doublé (passant de 6 pour cent en 1976 à 13 pour cent en 1996), celle des États-Unis a augmenté de 22 à 30 pour cent, tandis que celle de la France a diminué de 29 à 17 pour cent.

Parmi les brevets français déposés, les secteurs de la parfumerie et de l'agroalimentaire sont les mieux représentés. La majorité des brevets français sont déposés par des sociétés localisées en Île-de-France, puis viennent les sociétés de la région Rhône-Alpes, puis celles de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur.

Turbulence nouvelle

L'apparition de vermisseaux dans la turbulence.

On a demandé au physicien Enrico Fermi quelle question il poserait à Dieu s'il en avait la possibilité. La solution au problème de Fermat, avait-il répondu. Pourquoi pas l'explication de la turbulence, s'étonna son interlocuteur ? Pour ne pas embarrasser Dieu, car la turbulence est l'un des problèmes les plus difficiles à résoudre, répondit-il.

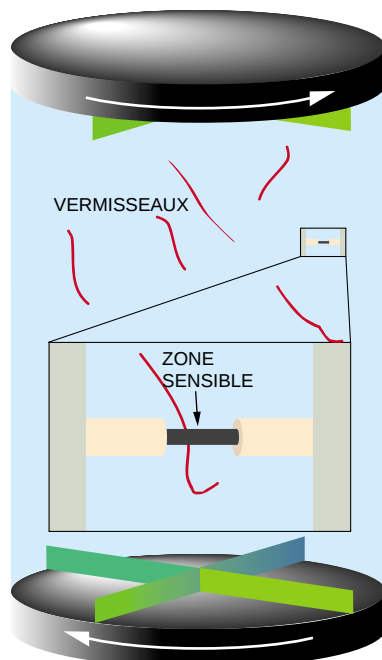
Devant les piles d'un pont, l'écoulement de la rivière est laminaire : les mouvements de l'eau sont à peu près parallèles. Derrière une pile, le mouvement est turbulent : l'eau s'écoule en volutes et tourbillons. Ce phénomène de turbulence est mal expliqué et le désordre du mouvement est imprévisible. À l'aide d'une expérience d'hydrodynamique qui utilise de l'hélium gazeux en rotation, nous

avons montré que la turbulence n'est pas un régime unique : nous avons découvert une transition dans la turbulence.

Les forces d'inertie transfèrent l'énergie du mouvement global aux mouvements à plus petite échelle : les grands tourbillons se divisent en tourbillons de plus en plus petits, jusqu'à ce que les forces dues à la viscosité l'emportent sur les forces d'inertie ; l'énergie est alors dissipée par échauffement du fluide. Le rapport des forces d'inertie par les forces de viscosité est le nombre de Reynolds, et la turbulence apparaît lorsque ce rapport est supérieur à dix. Dans le cours d'un torrent, par exemple, le nombre de Reynolds est de quelques centaines. Pour explorer les régimes d'écoulement très turbulents, nous avons utilisé l'hélium gazeux, dont la viscosité varie notablement avec la pression et la température. En ajustant ces paramètres, nous explorons une gamme de nombres de Reynolds compris entre 10^4 et 10^7 .

Dans un cylindre, nous entraînons de l'hélium gazeux à l'aide de deux disques munis d'ailettes et tournant en sens opposé. Le dispositif est refroidi dans un cryostat contenant de l'hélium liquide. La vitesse du gaz est mesurée à l'aide d'anémomètres, dont le refroidissement, résultant du courant de gaz, est fonction de la vitesse locale de l'hélium.

Nous nous sommes intéressés à l'étude des structures qui apparaissent dans les bouffées agitées de gaz. Lors de simulations numériques, on observe des structures tourbillonnaires (vermisseaux) analogues à de petites tornades. Comment détecter de telles structures ? Les simulations montrent que, lorsqu'elles passent dans l'anémomètre, ces structures créent une variation de vitesse mesurée caractéristique. Grâce à cette signature, observée sur nos enregistrements de vitesse, nous avons observé des vermisseaux pour la première fois. Leur rayon est égal à une dizaine de micromètres.



Entre deux disques munis de pales tournant en sens inverse, de l'hélium refroidi est mis en mouvement. Lorsque un vermisseau (en rouge) passe sur la partie sensible du détecteur, on enregistre un signal caractéristique. On compte ainsi le nombre de vermisseaux en fonction de la turbulence.

À partir des mesures, on calcule le nombre moyen de vermisseaux à chaque rotation des disques. Lorsque le nombre de Reynolds est inférieur à 10^5 , le nombre de vermisseaux est constant : nous en observons huit à chaque rotation des disques. Pour des nombres de Reynolds supérieurs, le nombre de vermisseaux augmente, puis sature lorsque le nombre de Reynolds dépasse 5×10^5 .

Ainsi, nous avons mis en évidence des structures tourbillonnaires très petites, mais nous avons surtout montré l'existence d'une transition à nombre de Reynolds élevé. Bien que ce résultat n'ait pas encore été confirmé dans d'autres systèmes, il n'est nullement en désaccord avec les autres expériences de turbulence. Par ailleurs, ce résultat n'est toujours pas expliqué théoriquement et remet en cause l'idée de la continuité des mesures lorsque l'on augmente le degré de turbulence : on pourrait trouver une succession de telles transitions.

Hervé WILLAIME,
Lab. de physique statistique, ENS, Paris

Rétrovirus, diabète et sclérose en plaques

Quand ils sont activés, deux virus, normalement silencieux, déclencheraient ces maladies.

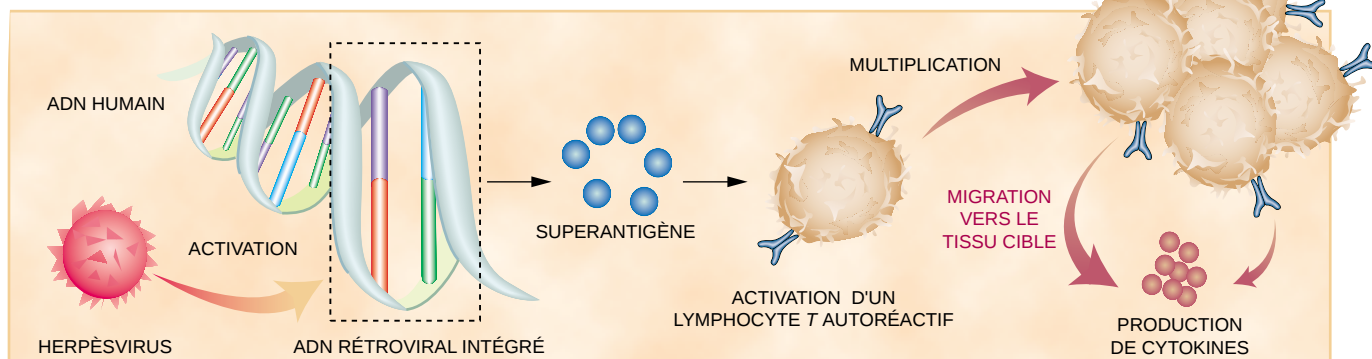
Les maladies auto-immunes restent mystérieuses. Pourquoi l'organisme se suicide-t-il ? Diverses hypothèses ont été proposées, mais les rétrovirus endogènes semblent être l'une des causes possibles.

Les rétrovirus, tel celui qui cause le SIDA, parviennent à intégrer leur génome dans celui des cellules des personnes qu'ils infectent. Lorsqu'ils ne sont pas trop patho-

gènes, ils épargnent les personnes contaminées ; quand, en outre, ils s'intègrent dans le génome des cellules de la reproduction, ils sont transmis de génération en génération et pérennisés. Au cours de l'évolution, nombre de rétrovirus se sont ainsi insérés dans le génome des mammifères. Certains de ces gènes viraux sont dormants, d'autres s'expriment partiellement (seuls des ARN messagers sont synthétisés), d'autres produisent des protéines, mais pas de particules virales, et une petite minorité produit des particules virales, généralement non infectieuses. Toutefois, la réémergence de virus infectieux n'est jamais exclue. Lorsque des rétrovirus endogènes s'expriment au cours du développement, leurs protéines sont considérées comme des

antigènes du soi : elles sont tolérées par le système immunitaire. En revanche, quand un rétrovirus était dormant, mais qu'un facteur environnemental ou endogène (des hormones sexuelles, par exemple) le réveille, il risque d'activer le système immunitaire et, éventuellement, des lymphocytes T spécifiques du soi.

Pourquoi peut-on accuser ces rétrovirus endogènes silencieux ou provirus d'être responsables de maladies auto-immunes ? Chez certains animaux, un rétrovirus déclenche une polyarthrite ; de plus, des particules rétrovirales ont été visualisées en microscopie électronique dans des prélèvements effectués sur des personnes atteintes de diverses maladies auto-immunes.



Lorsqu'un agent extérieur, par exemple un virus de la famille des herpesvirus, active la séquence d'un rétrovirus intégré dans le génome humain depuis des millénaires, la fabrication d'un superantigène est déclenchée. Ce dernier entraîne la prolifération de nombreux lympho-

cytes T, dont certains reconnaissent des éléments du soi. Ils se multiplient, migrent vers l'organe cible et y libèrent de grandes quantités de cytokines, qui endommagent les tissus. Dans le cas du diabète, ces dernières détruisent les cellules qui produisent l'insuline.

Dans le cas du diabète insulino-dépendant, l'équipe de Bernard Conrad, à l'Université de Genève, a montré qu'un rétrovirus endogène humain s'exprime dans des cellules sanguines, et que ces dernières activent des lymphocytes T spécifiques des cellules bêta des îlots de Langerhans (ces cellules du pancréas produisent normalement l'insuline, mais elles sont détruites chez les patients atteints de diabète insulino-dépendant). Ces lymphocytes T se multiplient et migrent en grand nombre vers le pancréas (tant qu'ils ne sont pas activés, les lymphocytes T , qui réagissent contre le soi, sont peu nombreux et restent tapis, inoffensifs, dans des «sanctuaires» inaccessibles).

De surcroît, ce rétrovirus endogène produit un «superantigène», une molécule qui active plusieurs types (plusieurs clones) de lymphocytes T , ce qui déclenche une violente réaction immunitaire et crée de graves lésions cellulaires et tissulaires. L'activation du rétrovirus et la production du superantigène seraient déclenchées par un cofacteur, peut-être une infection simultanée par un virus de la famille des herpèsvirus, ou par des hormones

sexuelles (l'incidence du diabète est maximale près de la puberté). Les superantigènes sont encore plus efficaces que les antigènes pour activer le système immunitaire, de sorte que les bataillons de lymphocytes activés qui arrivent dans le pancréas libèrent de grandes quantités de substances toxiques ; ces dernières déclenchent et entretiennent une inflammation locale excessive, qui finit par détruire les cellules à insuline.

Le mécanisme de la sclérose en plaques serait du même type. Cette maladie neurologique est due à une destruction de la gaine de myéline qui entoure les neurones et facilite la transmission des messages nerveux. Les malades ont des troubles moteurs qui aboutissent parfois à une paralysie, des troubles de la coordination et des troubles sensitifs.

L'équipe d'Hervé Perron, à la Société bioMérieux de Lyon, et celle de Jean-Marie Seigneurin, à la Faculté de médecine de Grenoble, ont détecté des particules extracellulaires de type rétroviral dans le liquide céphalorachidien et dans des cellules sanguines et des lymphocytes prélevés chez des patients atteints de sclérose en plaques.

Ce rétrovirus, nommé MSRV, ressemble beaucoup à un rétrovirus endogène, mais on devra déterminer sa séquence génétique complète et la comparer à la séquence humaine correspondante pour prouver que ce rétrovirus est bien endogène.

L'équipe lyonnaise a aussi montré que des protéines produites par un herpèsvirus activent l'expression du rétrovirus MSRV. Ainsi, la présence du rétrovirus endogène, dans le génome de certaines personnes, dénoterait une susceptibilité génétique à développer une sclérose en plaques. L'expression du génome rétroviral, réveillé par un herpèsvirus, par exemple, deviendrait pathologique. Le rétrovirus synthétise peut-être, comme dans le cas du diabète, un superantigène qui exacerberait les réactions immunitaires locales ; les substances libérées en excès (des cytokines) lésaient la myéline.

Ces découvertes auront-elles des conséquences thérapeutiques ? À mesure que l'on déchiffre des mécanismes, on se rapproche d'un traitement, mais saura-t-on un jour bloquer l'expression d'un de ces rétrovirus endogènes, qui font partie intégrante du génome humain ?

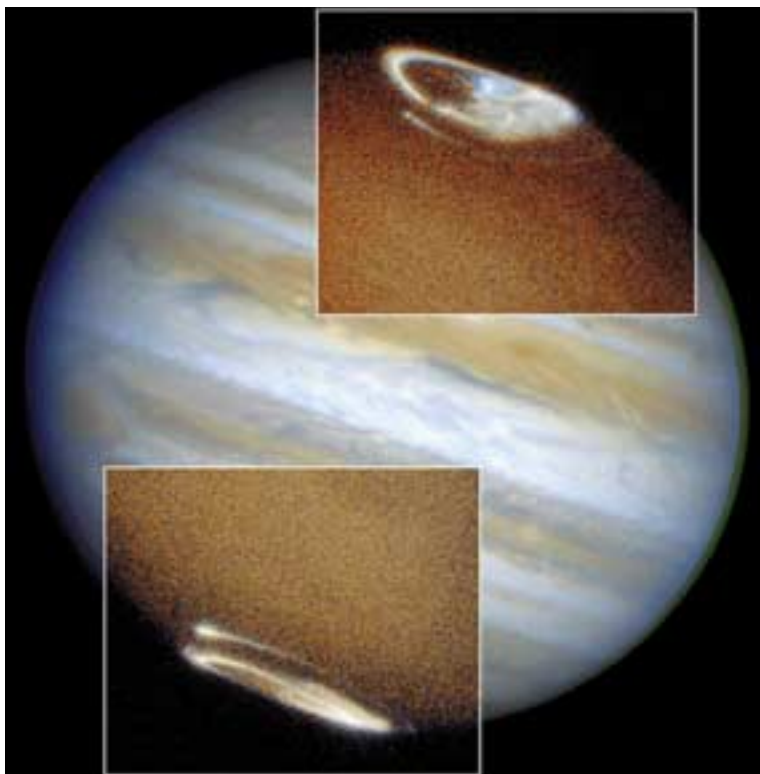
Aurores joviennes

Les habitants et visiteurs des régions polaires ont parfois la chance d'observer des aurores polaires. Ces phénomènes résultent de l'interaction de particules chargées du vent solaire, qui s'engouffrent vers les pôles, guidées par le champ magnétique terrestre. Ces particules excitent, par collision, des molécules de l'atmosphère qui, en se désexcitant, émettent un rayonnement visible et ultraviolet.

La planète Jupiter possède un champ magnétique ; cependant, ce géant du Système solaire est trop éloigné du Soleil et les particules du vent solaire sont en nombre insuffisant pour créer des aurores. Comment expliquer, alors, les aurores polaires détectées sur Jupiter ? Par les émissions de Io, l'un des quatre gros satellites joviens. Chaque seconde, cette planète au volcanisme actif éjecte dans l'atmosphère jovienne une tonne de gaz et de poussières. Une partie de ces particules crée les aurores polaires, tandis qu'une autre partie suit les lignes de champ magnétique qui lient Io à Jupiter. Ces particules dessinent alors une trace que l'on distingue à proximité des aurores. La partie brillante de cette trace (à gauche des traces) matérialise l'empreinte magnétique, l'endroit où les lignes de champ magnétique provenant de Io pénètrent dans l'atmosphère jovienne.

La bonne résolution de cette image, cinq fois meilleure que les résolutions précédentes, résulte de la mise en service d'un nouveau

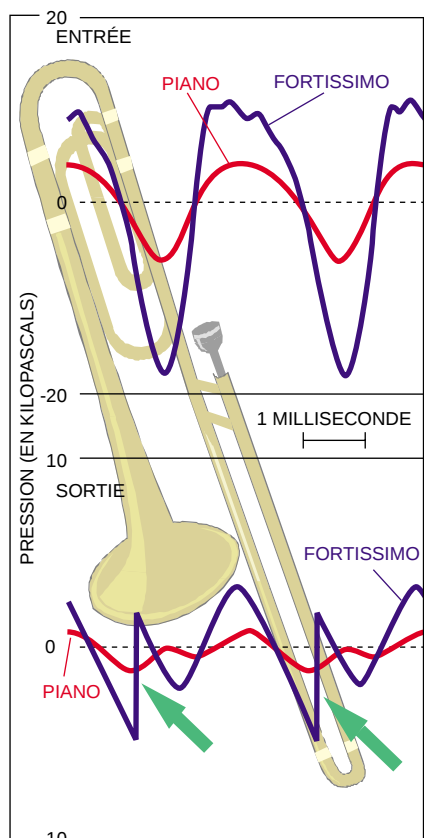
spectrographe imageur à bord du Télescope spatial Hubble. Ces études expliqueront la formation des aurores polaires joviennes et la nature du générateur électrique qui lie Jupiter et Io.



Chocs cuivrés

Des discontinuités de pression produisent les sons «cuivrés» des instruments à vent.

Verdi, en composant *Aïda*, pensait-il que l'on en retiendrait surtout «les trompettes»? Comme chaque fois que les cuivres jouent très fort, les notes émises dans ce morceau ont un timbre brillant caractéristique, que l'on qualifie de «cuivré», par analogie avec la composition métallique des instruments. Toutefois ni le matériau ni les vibrations de l'instrument ne sont responsables des caractéristiques de ces sons (pas plus que des autres sons émis par les instruments à vent) : en adaptant une embouchure de trombone sur un tuyau de plastique assez long, un instrumentiste expérimenté obtient aisément une note cuivrée. Cette sonorité résulte en fait



À l'entrée de la coulisse d'un trombone, la forme de l'onde sonore dépend peu de la puissance de la note (*en haut*). En revanche, à la sortie (*en bas*), l'augmentation périodique de la pression est d'autant plus rapide que l'instrumentiste joue fort, jusqu'à devenir quasi discontinue (*flèches vertes*). La propagation de cette discontinuité jusqu'à l'oreille de l'auditeur forme une onde de choc, dont le son est «brillant».

de brusques variations de pression dans la colonne d'air, à l'intérieur de l'instrument, qui vont de pair avec l'amplification de la partie aiguë des notes.

Lorsqu'un musicien souffle dans l'embouchure d'un trombone, l'oscillation des lèvres y crée une onde de pression, l'onde sonore. La plupart du temps, l'onde se déforme peu en se propageant à l'intérieur du tube : l'énergie n'est dissipée que par frottement et par échange thermique avec la paroi intérieure du tube, ainsi que par l'émission du son à travers le pavillon. Cette situation est décrite dans le cadre de l'approximation acoustique : on néglige, dans les équations de propagation du son, tous les termes faisant intervenir le carré (et les puissances supérieures) de l'amplitude sonore.

En revanche, lorsque le tromboniste joue très fort, l'amplitude de l'onde est grande et l'on ne peut plus négliger les termes de puissances élevées dans les équations de propagation. Le signal se déforme au cours de sa propagation.

L'enregistrement, à l'intérieur d'un trombone, de l'onde de pression dans le cas d'une note jouée *fortissimo* révèle les détails de cette déformation : à mesure que l'onde se propage dans le tuyau, l'augmentation de la pression, à chaque période de l'onde, est de plus en plus rapide. Pour de très fortes amplitudes de l'onde, la variation de la pression devient quasi discontinue. La propagation de cette discontinuité est une onde de choc : le signal émis à l'extérieur de l'instrument, qui est entendu par l'auditeur, est une succession d'impulsions. Lorsque l'on décompose un tel signal en ondes sinusoïdales, de fréquences multiples de la fréquence fondamentale de la note émise (les harmoniques), l'amplitude des harmoniques aiguës est grande, et les auditeurs entendent un son brillant.

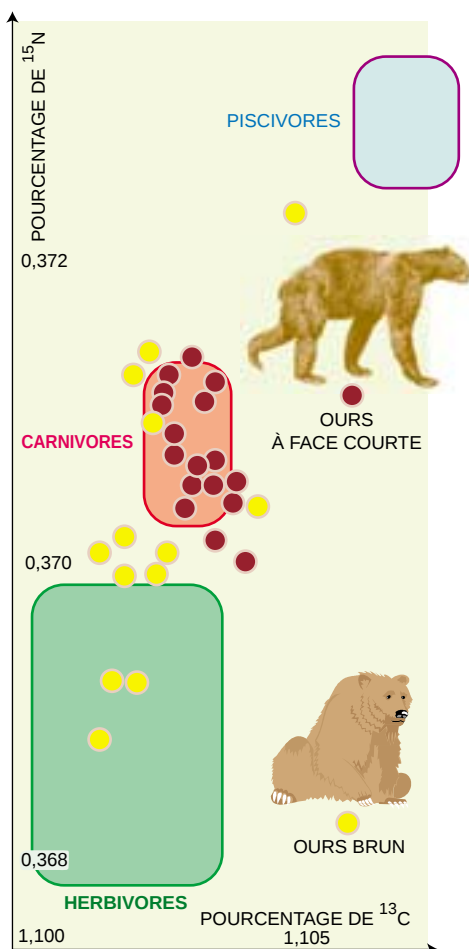
La connaissance de ces phénomènes permet la synthèse de sons cuivrés avec un instrument virtuel formé de modèles numériques des lèvres et du trombone : l'onde qui se propage dans la coulisse se déforme, l'amplitude des harmoniques graves diminuant et celle des harmoniques aiguës augmentant. Après le filtrage des fréquences les plus basses, qui simule la propagation dans le pavillon et le rayonnement du son vers l'auditeur, nous obtenons des signaux sonores cuivrés, identiques à ceux qui sont produits par l'instrument d'orchestre. Nous pouvons alors varier les nuances, et produire, paradoxalement, des sons cuivrés... *pianissimo*.

Joël GILBERT, Laboratoire d'acoustique de l'Université du Maine, Le Mans
Régis MSALLAM, IRCAM, Paris

Le menu de l'ours

L'ours à face courte, aujourd'hui disparu, était carnivore.

Comment vivaient nos ancêtre chasseurs-cueilleurs? Quels animaux chassaient-ils et par qui étaient-ils menacés? Pour répondre à ces questions, et notamment distinguer les animaux carnivores et végétariens, nous cherchons à reconstituer le comportement alimentaire de nombreuses espèces aujourd'hui disparues. Depuis Georges Cuvier, les paléontologues étudient les traits caractéristiques des organes fossilisés, tels que dents et mâchoires, qui dénotent les habitudes de vie, notamment alimentaires des animaux. Dans le cas de l'ours à face courte géant (*Arctodus simus*),



Les pourcentages de carbone 13 et d'azote 15 dans le collagène fossile des ours géants à face courte (*ronds marrons*) indiquent qu'ils étaient carnivores (*zone rouge*), comme les loups ou les lions. L'ours brun actuel (*ronds jaunes*), en revanche, adapte son régime alimentaire aux ressources : il est végétarien (*zone verte*), carnivore, voire piscivore (*zone bleue*), selon son environnement.