

TRIBUNE DES LECTEURS

Mascarets atmosphériques

J'ai lu avec passion l'article *La fin de l'effet Papillon* (voir *Pour la Science*, mai 2001). Je m'interroge sur le lien qu'il pourrait exister entre les structures stables à grande échelles au sein des atmosphères planétaires, tel l'anticyclone des Açores ou la tache de Jupiter et ce qui est appelé en physique de la matière condensée, un soliton. Les solitons sont des ondes solitaires, à une ou quelques crêtes, qui se propagent par exemple à la surface de l'eau ou encore dans une fibre optique. L'exemple le plus typique est le mascaret, une onde de surface qui remonte par l'embouchure d'un fleuve, lorsque la marée monte. Ne pourrait-on envisager que les structures stables des milieux turbulents soient des solitons?

Gérôme Taillandier, Paris

Réponse de Raoul Robert

On pourrait penser que les structures cohérentes, tels les grands tourbillons, comme la tache rouge, ou bien les couples de tourbillons accolés (ou modons) qui se propagent à vitesse constante puissent être des ondes solitaires. Une telle explication a effectivement été avancée, pour la tache rouge notamment. L'obstacle c'est que, dans leur définition même, les solitons sont des ondes progressives particulières qui possèdent une propriété remarquable d'interaction non linéaire (quand deux solitons se croisent, ils ne se superposent pas, mais interagissent de manière non linéaire, puis se séparent en retrouvant leur forme antérieure). Or ce n'est pas du tout ce qui est observé avec les tourbillons. Les tourbillons de même signe ont tendance à fusionner et, en quelque sorte, le plus gros mange le plus petit qui disparaît définitivement. On peut donc dire que ces tourbillons sont des ondes progressives, mais pas des solitons.

Quatre-vingt-dix-sept ou 97?

Je me permets d'attirer votre attention sur la bizarrerie de la langue française dans sa dénomination des nombres. Pourquoi en effet dire le nombre 97, quatre-vingt-dix sept, quand septante-sept aurait été plus rapide et plus logique? Cette fantaisie de la langue française provoque l'amusement des autres francophones, tels les Suisses qui utilisent, pour soixante-dix, quatre-vingt et quatre-vingt-dix, respectivement septante, huitante et nonante. Soixante-dix utilise une addition, celle de 60 et 10, et quatre-vingt-dix, une multiplication plus une addition ($4 \times 20 + 10$). Quatre-vingt-dix sept va encore plus loin puisqu'il comporte une multiplication, puis deux additions successives ($4 \times 20 + 10 + 7$). Professeur de physique, je m'amu-

sais de voir, en dictant le nombre 97 lors d'une correction, des élèves pressés d'écrire se précipiter sur leur stylo-correcteur pour les uns effacer un huit et les autres un quatre. À l'école, en 1926, dans la petite commune où nous vivions, j'apprenais septante, octante et nonante. Aujourd'hui, même s'il y est précisé qu'on ne les emploie plus, les trois termes figurent encore dans le dictionnaire.

Yves Boudoint, Le Puy

La taille du photon

La lecture de l'article *La détection des étoiles par interférométrie* (voir *Pour la Science*, mai 2001) me conduit à poser deux questions. Pour que les photons interfèrent à l'intérieur des deux télescopes, il faut que l'extension transversale (perpendiculaire à la direction de propagation) des ondes soit supérieure ou égale à la distance entre les deux télescopes, en l'occurrence plusieurs dizaines de mètres. Un photon qui a traversé l'espace possède-t-il cette «taille»? D'autre part, la lumière d'une étoile n'est pas une lumière cohérente, de sorte que deux sources naturelles distinctes n'interfèrent pas. Comment alors mesurer le diamètre d'une étoile en utilisant des photons provenant de deux points diamétralement opposés de l'étoile?

Michelle Feuillée, Franconville

Réponse de Fabien Malbet

Pour interférer, deux ondes doivent d'abord se recouvrir. Dans une étoile, les ondes quittent les atomes sous une forme quasi sphérique. Quand elles arrivent sur la Terre, leur extension latérale est quasi illimitée, et peuvent donc interférer même si les télescopes sont très éloignés. Se pose ensuite le problème de l'extension longitudinale de l'onde (le long de la direction de propagation). Les ondes émises par les atomes ne sont pas purement monochromatiques : elles sont constituées d'un «paquet» d'ondes de longueurs d'ondes très proche (le paquet d'ondes possède une certaine largeur spectrale) qui se déplace avec une extension spatiale longitudinale finie. C'est le rôle des lignes de retard de l'interféromètre que de rattraper le retard que prend la partie de l'onde entrant dans un des télescopes sur celle entrant dans l'autre télescope pour que les deux se superposent.

Des ondes doivent être de longueurs d'onde voisines pour interférer. La lumière issue d'une étoile comporte de nombreuses longueurs d'onde. Avec un filtre, on sélectionne un faible intervalle de longueurs d'ondes.

Enfin, les ondes doivent être en phase pour interférer. L'addition d'ondes de même longueur d'onde, mais de phases différentes, est un signal uniforme, sans franges d'in-

terférences. Les paquets d'ondes émis par un seul atome d'une étoile respectent cette condition et interfèrent avec eux-mêmes. Au contraire, les ondes émises par des atomes différents de l'étoile n'ont aucun lien de phase et n'interfèrent pas.

Comment utiliser les interférences produites par chaque onde avec elle-même pour mesurer le diamètre de l'étoile? Sur l'interférogramme, les franges d'interférence dues à deux atomes très proches se chevauchent et restent donc visibles. Quand les atomes sont diamétralement opposés dans les étoiles, les franges sont légèrement décalées, ce qui diminue le contraste de la superposition des deux systèmes de franges. Le but de l'interférométrie en astronomie est de faire varier ce contraste en modifiant la distance entre les deux télescopes et d'en déduire le diamètre de l'étoile.

Fabien Malbet, Observatoire de Grenoble

Un superpanache de fumée

Dans *La sculpture des reliefs terrestres* (voir *Pour la Science*, mai 2001), Michael Gurnis explique le soulèvement depuis 20 millions d'années du continent Africain par l'action d'un superpanache, constitué de roches très chaudes et peu denses, qui remonte du noyau terrestre. Or, d'après la théorie de la tectonique des plaques, la plaque continentale africaine s'est déplacée vers le Nord-Est durant cette période. Ces deux interprétations ne sont-elles pas incompatibles? L'Afrique n'a-t-elle pas quitté au cours de cette période la région où le panache s'élève?

Liliane Fugas, Orléans

Réponse de Michael Gurnis

On sait de récentes analyses du manteau par ondes sismiques que le superpanache Africain est incliné à l'intérieur du manteau : il naît à la verticale de l'Atlantique Sud et rejoint la croûte terrestre sous la mer Rouge. Des simulations numériques expliquent cette inclinaison : la base du panache n'a pas bougé depuis sa formation, tandis que le haut s'est étalé vers le Nord-Est suivant ainsi, telle la fumée d'une cigarette emportée par le vent, le déplacement de la plaque continentale Africaine.

Écrivez à *Pour la Science* vos réactions, vos commentaires et vos réflexions sur l'actualité scientifique et vos relations avec la science. L'adresse de *Pour la Science* sur Internet est : tribune@pouirlascience.fr. Découvrez d'autres contributions de lecteurs sur le site Web www.pouirlascience.com.



J.-M. Thinet

Les saveurs amères

HERVÉ THIS

Nous savons qu'il existe plus de quatre saveurs (sucré, salé, acide, amer) et les physiologistes ont découvert plusieurs types de saveurs «amères».

En 1995, la physiologie de l'olfaction a progressé d'un coup : les méthodes de la biologie moléculaire ont identifié les protéines qui constituent les récepteurs des cellules olfactives du nez. En revanche, les récepteurs des cellules des papilles gustatives de la langue et de la bouche, sensibles aux saveurs, restaient inconnus. Ces lacunes sont peu à peu comblées : à l'Université de Miami, Alejandro Caicedo et Stephen Roper ont montré que l'appareil gustatif distingue plusieurs sortes d'«amers».

Ce dernier progrès est le point d'orgue de plusieurs études publiées dans les 12 derniers mois : les biologistes qui avaient découvert les familles de «gènes de l'olfaction» ont trouvé une vaste famille de récepteurs de ce que l'on nommait la saveur amère. Puis d'autres équipes ont montré que les récepteurs individuels réagissent sélectivement à des composés d'une amertume particulière. Parallèlement, il est apparu que chaque cellule réceptrice des saveurs exprime plusieurs ARN messagers, codant plusieurs récepteurs : il semblait alors naturel que les cellules réceptrices réagissent à plusieurs composés sapides.

Des études neurologiques et comportementales menées sur des rats, des singes et des sujets humains, indiquaient que les diverses espèces animales distinguent plusieurs stimuli amers. Quelle était la base cellulaire de cette distinction ? Les cellules réceptrices des saveurs réagissaient-elles spécifiquement à un stimulus ou à plusieurs ? La question était lancinante, mais on doutait des résultats de neurophysiologie, car les interférences sont nombreuses sur la voie nerveuse qui conduit des papilles au cerveau...

Les chercheurs de l'Université de Miami ont attaqué le problème à l'aide d'une nouvelle méthode d'imagerie, qui montre, *in situ*, l'activation des cellules réceptrices des saveurs par les mouvements d'ions calcium engendrés : à l'aide d'une micro-pipette, on injecte un colorant sensible aux ions calcium dans les cellules, et l'on observe les

réactions des cellules aux divers stimuli en détectant en temps réel la répartition de ces ions calcium à l'aide d'un laser, qui excite le colorant, et d'un microscope confocal, qui permet l'observation des cellules dans les profondeurs du tissu. Les biologistes ont ainsi examiné plusieurs centaines de cellules gustatives, qu'ils excitaient par divers composés amers.

Ainsi, le cycloheximide provoque de fortes variations transitoires de la concentration en ions calcium dans les cellules réceptrices. Les autres molécules testées, tels le denatonium, l'octaacétate de saccharose et la phénylthiocarbamide produisent des réactions inférieures, mais prolongées (jusqu'à plusieurs minutes). La concentration en molécule amère à partir de laquelle les cellules réagissent diffère pour chaque type de molécule amère, et l'intensité de la réaction dépend de la concentration en molécule stimulante. Mieux encore, les réactions ainsi enregistrées correspondent aux réactions comportementales des rats auxquels on fait boire des solutions de ces molécules amères (les molécules n'agissent qu'à partir d'une concentration seuil).

5 TYPES D'AMERTUME...

Après une minutieuse étude, les biologistes de Miami ont établi que seules 18 pour cent des 374 cellules testées réagissaient à un ou plusieurs des cinq composés amers testés, quand on appliquait ces derniers à une concentration modérée. Parmi ces cellules sensibles aux composés amers, les réactions aux divers composés dépendaient des cellules : 14 pour cent des cellules réagissaient au cycloheximide, 4,5 pour cent à la quinine, 3,7 pour cent au dénatonium, 2,4 pour cent à la phénylthiocarbamide, 1,6 pour cent à l'octaacétate de saccharose. Au total, la proportion de cellules réceptrices de l'amer dans les papilles gustatives est analogue à la proportion de cellules sensibles à l'amer dans la population complète de cellules du goût testées :

aucune des papilles étudiées (les papilles regroupent plusieurs cellules réceptrices) ne semblait spécifique de l'amer, et la proportion, ainsi que la répartition de cellules sensibles à l'amer était analogue à celle des ARN messagers de récepteurs amers. Ces études montrent, une fois de plus – mais au niveau cellulaire – que les diverses parties de la langue ne sont pas spécifiques des diverses saveurs, contrairement à une hypothèse «gastronomique» répandue.

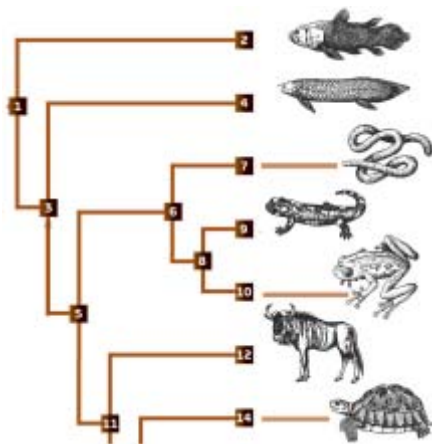
Les cellules réagissent-elles différemment aux cinq molécules amères testées, ou bien certaines cellules sont-elles spécifiques de certaines molécules ? Les physiologistes ont appliqué successivement les cinq stimuli aux mêmes cellules et observé que la plupart des cellules sensibles à l'amer ne réagissent qu'à un des cinq composés testés, leurs voisines réagissant à d'autres composés.

Un quart des cellules testées sont activées par deux composés amers, et sept pour cent de la population cellulaire réagit à plus de deux des cinq composés. Les réactions sont indépendantes : il n'y a pas d'association entre deux stimuli dans les cellules de la saveur, et des concentrations supérieures en molécules amères n'augmentent pas les proportions de cellules sensibles.

La spécificité des cellules réceptrices des amers – et non de l'amer – expliquerait les réactions comportementales et, notamment, la capacité de distinguer sensoriellement les divers amers : les fibres nerveuses issues des cellules spécifiques de chaque amer particulier sont sans doute groupées en faisceaux spécifiques de cet amer, irriguant une zone particulière du cerveau.

Reste maintenant à trouver des mots pour désigner les diverses saveurs amères. Sourions : l'une d'elle se dénommera-t-elle Michèle ?

Prochain rendez-vous France Info et Pour la Science, le 25 juillet 2001, avec la chronique Info Sciences de Marie-Odile Monchicourt.



Il faut renouveler la systématique...

GUILLAUME LECOINTRE • SIMON TILLIER

... et la vision qu'en ont les non-systématiciens : la systématique fait plus que nommer, elle pense la nature.

Le 24 mars 2000, la revue américaine *Science* publiait le génome complet de *Drosophila melanogaster*. Énorme retentissement ! On sait moins qu'il ne subsiste en Europe que deux scientifiques en activité, deux systématiciens, capables de comparer et d'identifier avec précision les 3 000 espèces connues de drosophiles. Silence accablant !

Dans deux ans, il n'y aura plus, en France, un seul spécialiste des méduses ou des ascidies en activité. Car on ne recrute plus depuis trente ans : 50 pour cent des zoologistes, botanistes, paléontologistes, anatomistes et phylogénéticiens français, tous confondus, ont entre 50 et 70 ans. La biologie risque, à court terme, de devenir borgne, privée de sa dimension descriptive et historique – c'est-à-dire de son fondement même – si venait à disparaître la biologie comparative, appliquée à la classification et à l'évolution des êtres vivants, dénommée aussi systématique. Nous sommes aujourd'hui sur ce chemin : à l'Université et au CNRS, la systématique a pratiquement disparu. C'est l'une des conclusions du rapport de l'Académie des sciences présenté au ministre de la Recherche en octobre 2000 (*Systématique : ordonner la diversité du Vivant*, Rapports sur la science et la technologie, n° 11, *Tec & Doc*).

Récemment questionné sur *Canal +*, Vincent Courtillot, ex-directeur de la Recherche, affirmait que la systématique n'est concevable qu'exportée vers d'autres champs de recherche. Si nous comprenons bien que toute discipline scientifique doit impérativement prendre en compte les besoins de la science et de la société, il nous apparaît stérilisant, et stérile, de vouloir limiter la science à la satisfaction de ces besoins. Si l'on suit Vincent Courtillot, les sciences naturelles n'auraient ainsi pas droit à leur recherche fondamentale.

La plupart des biologistes réduisent la systématique à une tâche d'étiquetage d'espèces supposées préexister à toute

interprétation ; or, elle se préoccupe, au contraire et avant tout, de déterminer quelles sont les unités de classification, et ce avant de leur donner un nom qui n'est qu'une étiquette. Les systématiciens définissent d'abord des concepts, et y attachent ensuite une appellation pour permettre l'application du concept par les utilisateurs.

Avant de nommer, la systématique dit comment on définit les groupes, et elle les définit. C'est donc la systématique qui détermine comment nous voyons le monde vivant, d'abord sur le plan conceptuel, puis, dans un deuxième temps, du point de vue de son utilisation. Ceux qui, par ignorance, réduisent la systématique à la satisfaction de leurs besoins de dénomination d'organismes vivants ou fossiles mènent tout droit la discipline à un état où elle sera totalement incapable de fournir les réponses pertinentes qu'ils attendent.

Les progrès ont pourtant été foudroyants au cours des dernières décennies grâce aux développements théoriques de la systématique phylogénétique, associés, plus récemment, aux nouveaux outils de la biologie moléculaire. Il est particulièrement frustrant pour les systématiciens qui ont mené et mènent leur révolution pour mieux répondre aux exigences de la recherche scientifique et aux besoins de la société d'être constamment renvoyés à des pratiques, à des méthodes et à des théories obsolètes qui servent d'argument pour tuer progressivement la discipline en tentant de la réduire à un ensemble de techniques.

L'EFFORT DE FORMATION A ÉTÉ FAIT

Même si l'effort de formation à la systématique moderne reste très insuffisant dans notre système d'enseignement supérieur, la formation de jeunes systématiciens rompus aux concepts les plus modernes de la discipline a pourtant été efficace : les jeunes chercheurs que la

profession a été sommée de former il y a dix ans sont maintenant là, prêts à prendre les postes qui ne sont toujours pas au rendez-vous.

UN RECRUTEMENT... AVEC DISCERNEMENT

Nous ne prétendons pas que tous doivent être recrutés tout de suite, car vouloir disposer d'un spécialiste de chaque groupe vivant ou fossile ne saurait tenir lieu de véritable politique scientifique. En revanche, la concertation entre organismes de recherche français et européens devrait permettre de mieux répartir le nombre de spécialistes en fonction de l'intérêt de la recherche scientifique, des besoins socio-économiques et de la diversité réelle des taxons dans la nature. Dans le même temps, il faut soutenir les efforts de recherche sur les outils et les concepts de la description et de la dénomination des taxons, ainsi que la création de tout l'outillage informatique associé à l'expertise de spécialistes. Il est vrai, et peut-être inéluctable, que la zoologie, la botanique, l'anatomie comparée disparaîtront dans les formes sociales où nous les avons connues ; mais nous sommes convaincus que c'est par le renouveau des concepts et des méthodes qu'elles peuvent et doivent être redynamisées, non plus en tant que telles, mais dans le cadre unifié de la recherche en systématique.

Le développement de la systématique a été identifié internationalement, et sans ambiguïté, comme la priorité pour la mise en œuvre des accords sur la diversité biologique. Pour que le développement durable, que les politiques intègrent peu à peu dans leurs discours, devienne une réalité, il faut que nos gouvernements successifs procurent à la systématique un appui durable.

Guillaume LECOINTRE et Simon TILLIER sont chercheurs au Muséum national d'histoire naturelle.