

JEU-CONCOURS

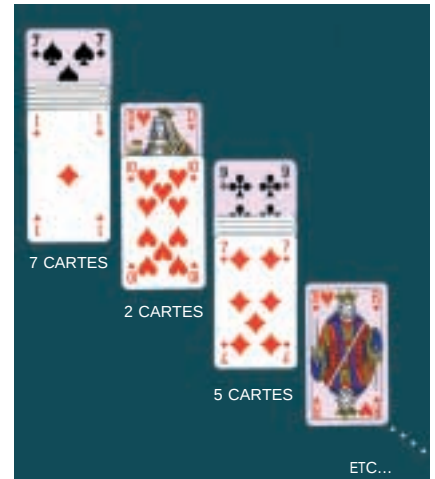
PIERRE TOUGNE

N°26

DÉCOMPTE DE CARTES

Prenez un jeu de 52 cartes faces visibles et distribuez-le en différents tas, faces visibles de la façon suivante : à partir de la valeur de la première carte (valet, dame, roi comptant respectivement pour 11, 12 et 13), formez un tas en comptant depuis cette valeur jusqu'à 13. Ainsi si la première carte est un sept, on formera un paquet de sept cartes ; si la première carte est une dame, un paquet de deux cartes, etc. Le premier paquet constitué, on continue selon le même procédé jusqu'à épuisement du jeu.

Deux cas peuvent se présenter : soit on épuise exactement le jeu, soit on n'a pas assez de cartes pour compléter le dernier paquet, auquel cas on conserve en main les cartes que l'on n'a pu distribuer. Maintenant choisissez au hasard trois tas que vous retournez faces cachées et ramassez les tas restants. Retournez la carte du dessus de deux tas quelconques. Comment deviner la valeur de la carte du dessus du troisième paquet à partir des deux cartes retournées et des cartes que vous avez en main ?



Envoyez vos réponses aux questions sur carte postale à *Pour la Science*, 8, rue Férou, 75006 Paris. Parmi les réponses exactes reçues pendant le mois d'août 1996, dix gagnants tirés au sort recevront le livre *Les abeilles*, Collection *Univers des Sciences*.

RÉPONSE AU JEU-CONCOURS N°24

Les réponses au Jeu-concours sur les sigles réinterprétés ont été parfois trop agressives pour ne pas être calomnieuses... Citons néanmoins quelques clins d'œil.

DTT : Du Très Toxique. **FN** : Français Nuisible (la rédaction attend le procès). **IRA** : Intransigeant Rebelle Anglophone. **LSD** : Les Sentiers Détournés. **OPA** : On Peut Aimer. **ONU** : On Nous Utilise. **RER** : Roule En Rolls! **IBM** : Inventa la Bonne Machine. **SDF** : Seul Dans la Foule. **TTC** : Tente Ta Chance. **SPA** : Si Peu Aimés. **RMI** : Retiens Mon Ire. **SARL** : Sans Aucun Rêve Ludique (ou Lubrique). **USA** : Union Sans Avenir. **CQFD** : Chaque Question Fait Doubter. **CGT** : C'est la Grève Totale. **CNRS** : Cherche Nobel Ristant Sérieux ou Chercheur Novice Cherchant Situation ou Crânes Nourris de Rutilants Savoirs ou Compote Neuronale et Rata Synaptique. **SNCF** : Stabilisons Nos Coûts Faramineux. **ESA** : Échec Satellisation Ariane. **URSS** : Union Repoussée Sans Suite. **CERN** : Chercheur Espérant Repérer des Neutrinos. **INRA** : Isolez Nous des Ruminants Anglais. **ADN** : À Déchiffrer Naturellement. **VSOP** : Versez Sans Oublier Personne. **EPR** : Étrange et Paradoxe Relative. Enfin pour les anglophones qui ne craindraient pas de prendre l'avion en Chine, la compagnie nationale **CAAC** (Civil Aviation Administration of China) devient : Chinese Aircraft Always Crash.

Dans les papilles

On découvre le fonctionnement des cellules qui perçoivent la saveur des aliments.

Il y a deux ans, Richard Axel et Linda Buck annonçaient la découverte des protéines qui, présentes dans la membrane des cellules du nez, captent les molécules odorantes et permettent l'olfaction. La nouvelle fit alors grand bruit ; néanmoins ceux qui s'intéressent à la saveur, perçue par les papilles restent... sur leur faim : la biochimie de la gustation demeurait mystérieuse. Aujourd'hui Gwendolyn Wong, Kimberley Gannon et Robert Margolskee, à New York, présentent les résultats d'une étude de la gustducine, une protéine trouvée dans les cellules des papilles gustatives, clonée il y a quatre ans, mais dont la fonction dans la gustation était inconnue. En inhibant la synthèse de la gustducine dans des cellules gustatives de souris, les biochimistes ont observé que les animaux perdent leur aversion contre les saveurs amères et, ce qui est plus étonnant, perdent aussi leur sensibilité aux molécules sucrées.

La gustation commence quand une molécule sapide se lie à des récepteurs ou à des canaux, dans la membrane d'une cellule sensorielle des papilles : à la suite d'une série de réactions, le potentiel électrique de la cellule est modifié et, quand la modification est suffisante, la cellule réceptrice excite des neurones, qui, de

proche en proche, convoient l'information jusqu'au cerveau.

Toutes les molécules sapes n'agissent pas de la même façon. Si les ions hydrogène (saveur acide) ou les ions sodium (saveur salée) agissent directement sur des canaux des membranes cellulaires, modifiant immédiatement le potentiel électrique des cellules réceptrices en ajoutant leur charge électrique à la charge totale de la cellule, les composés de saveur sucrée, amère ou autres (régliste, par exemple) se lient à des molécules nommées récepteurs (sans doute des protéines), placées dans la membrane des cellules réceptrices et en contact avec le milieu extracellulaire.

On suppose que ces récepteurs sont couplés à d'autres protéines déjà identifiées, les protéines G ; celles-ci déclenchent l'émission de molécules nommées seconds messagers, qui agissent dans la cellule. Toutefois les récepteurs eux-mêmes n'ont pas été isolés, parce qu'ils ne se lient que faiblement aux molécules sapes. C'est un inconvénient pour l'analyse, mais un avantage gastronomique : si des molécules sapes se liaient trop fortement aux récepteurs, nous ne percevrions pas les successions trop rapides de saveurs.

En attendant la découverte des récep-

teurs, R. Margolskee et ses collègues se sont intéressés aux protéines G des papilles. À l'aide de la méthode d'amplification de gènes par l'enzyme polymérase, ils avaient multiplié les gènes des sous-unités alpha de plusieurs protéines G particulièrement abondantes dans les cellules réceptrices, s'intéressant tout particulièrement à la gustducine, qui est une de ces protéines G, exprimée seulement dans les cellules des papilles.

L'ŒIL ET LA PAPILLE

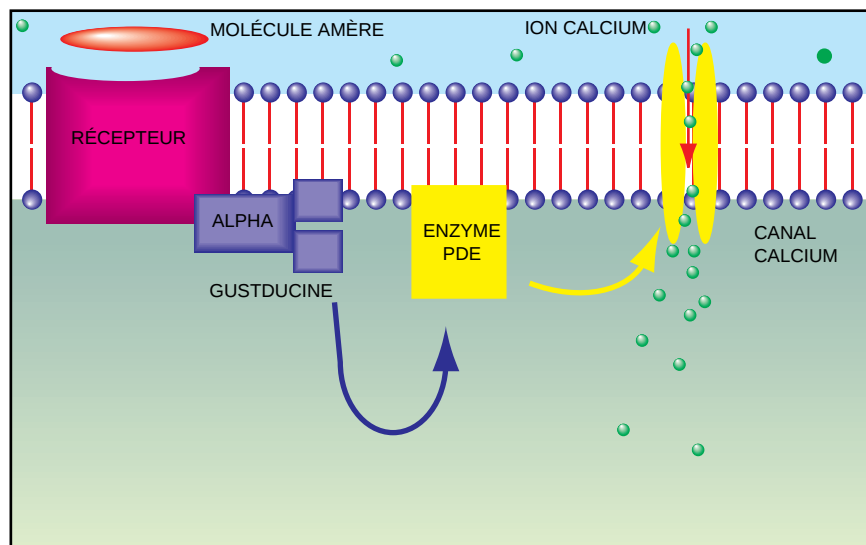
Ces études avaient confirmé des ressemblances entre la gustation et la vision : la gustducine ressemble aux transducines, des protéines G des cellules réceptrices de l'œil ; mieux encore, les neurophysiologistes new-yorkais ont retrouvé la transducine des cônes et des bâtonnets dans les cellules réceptrices de la saveur.

La ressemblance est éclairante : si les cellules des papilles fonctionnent comme celles de l'œil, la gustducine et la transducine activent une enzyme qui diminue la production d'AMP cyclique ; la raréfaction de ce «second messenger» modifierait alors les canaux ioniques et des enzymes, ou bien perturberait les échanges d'ions calcium entre l'intérieur et l'extérieur des cellules.

Afin de tester cette hypothèse, l'équipe new-yorkaise a inactivé le gène qui code la sous-unité alpha de la gustducine et a étudié le comportement de souris nées avec ce gène inhibé quand on leur proposait à boire des solutions diversement sapes ; simultanément les neurophysiologistes enregistraient les signaux électriques des nerfs de la corde du tympan, qui conduit au cerveau les informations gustatives : les réactions étaient normales, pour les saveurs salées ou acides, mais considérablement affaiblies pour les stimuli amers, tels ceux du sulfate de quinine ou du benzoate de dénatorium (deux composés amers), ainsi que du saccharose (le sucre de table) et d'un édulcorant synthétique normalement très intense.

Pourquoi la perception des sucrés et des amers n'était-elle pas complètement annihilée ? Les neurophysiologistes expliquent que la transducine n'était pas éliminée, et qu'elle participerait, avec la gustducine, à la perception de ces saveurs. La prochaine expérience consistera donc à inhiber les deux gènes de la transducine et de la gustducine.

Hervé THIS



La perception d'une saveur amère commence quand une molécule sapide se lie à un récepteur de la surface d'une cellule des papilles. Ce récepteur interagit avec des protéines G, telle la gustducine, qui modifie la différence de potentiel électrique entre l'intérieur et l'extérieur de la cellule. Quand la stimulation est suffisante, la cellule émet un signal vers le cerveau.

Prochain rendez-vous France Info et Pour la Science, le 29 août 1996, avec la chronique Info Sciences de Marie-Odile Monchicourt.

Matériaux mous

On explore les bases microscopiques de l'adhésion et du frottement.

Galilée eut le génie de comprendre que notre intuition du mouvement nous trompe : comme les objets qu'on lance finissent toujours par s'arrêter, on croyait, avant lui, que le mouvement résulte d'une force. Il comprit qu'il n'est que modifié par les forces ; la vitesse d'un corps sur lequel n'agit aucune force n'est pas nulle, mais constante. Les phénomènes de frottements, que Galilée a ainsi su séparer de celui de mouvement, sont restés, avec l'adhésion, un des Graal de la physique moderne.

Les nouveaux outils d'analyse donneront-ils les bases atomiques de ces phénomènes ? L'idée commence à courir. À l'École supérieure de physique et de chimie de Paris, Christian Frétny et Charlotte Basire utilisent un microscope à force atomique pour examiner les frottements et l'adhésion à une échelle presque atomique.

Ces nouveaux microscopes sont composés d'une pointe très fine (quelques atomes de diamètre à l'extrémité), que l'on déplace à la surface des échantillons ; la pointe permet de faire des expériences de «nanomécanique». Par exemple, les physiciens observent que la pointe, placée juste au-dessus de la surface d'un matériau polymère, s'enfonce sous l'action des forces d'adhésion : comme le mouvement constant des électrons autour des noyaux d'atomes engendre des dipôles électriques instantanés, des forces de van der Waals s'exercent entre les atomes de la pointe et les atomes de la surface. En mesurant la vitesse d'enfoncement, on détermine la viscosité et l'élasticité des matériaux testés... et l'on retrouve les valeurs obtenues par les mécaniciens, qui avaient observé qu'une

bille de verre posée sur une surface s'enfonce spontanément.

En quoi la reproduction des expériences macroscopiques est-elle alors utile ? Comme le microscope à force atomique explore de tout petits domaines, on peut choisir, à l'aide de sa fonction d'imagerie, un site particulier pour déterminer les réactions de matériaux bien définis. On analyse alors les diverses zones des matériaux hétérogènes, tels les composites. En outre, la nanomécanique explore les échantillons minces ou petits, dont les propriétés étaient inaccessibles par les méthodes macroscopiques. Enfin, en validant les résultats macroscopiques, on s'approche d'une interprétation des phénomènes à l'échelle atomique. La nanomécanique est ainsi une fenêtre ouverte sur l'adhésion.

CHARRUE MICROSCOPIQUE

Elle éclaire également les phénomènes de frottement. La pointe enfoncée, on peut la ressortir brusquement, ou la déplacer latéralement afin de mesurer les forces que l'échantillon exerce sur cette «charrue microscopique».

Dans le premier cas, on observe que la pointe laisse un sillon qui s'estompe progressivement. Les réactions sont variées : le caoutchouc «cicatrise» si rapidement que le microscope ne permet pas d'en suivre la déformation, mais d'autres polymères ne retrouvent leur forme qu'après plusieurs heures. La microscopie à force atomique ne donne pas encore les mouvements macroscopiques de la cicatrisation, mais elle révèle le phénomène.

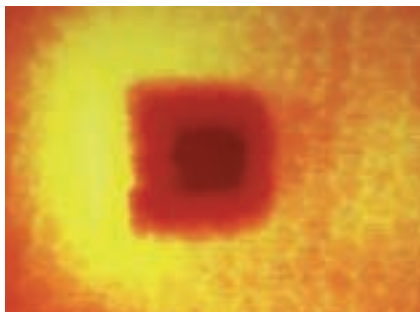
Avec l'équipe de Mathieu Joannicot et de Vincent Granier, au Centre de

recherches *Rhône Poulenc*, à Aubervilliers, les physiciens de l'E.S.P.C.I. ont caractérisé plus finement ces déformations. Ils ont notamment testé des films composés de microbilles de latex qui avaient été collées par l'évaporation du solvant où elles baignaient initialement ; dans le film finalement formé, chaque bille était une protubérance du film. La déformation du réseau de billes, lors du retrait de la pointe, a montré que l'échantillon ne glisse pas sous la pointe qui s'enfonce : chaque bille s'enfonce en restant à la verticale de sa position d'origine, contrairement à l'eau devant un bateau. L'absence de glissement, dans le film de latex, résulte de la forte adhérence de la pointe et du matériau.

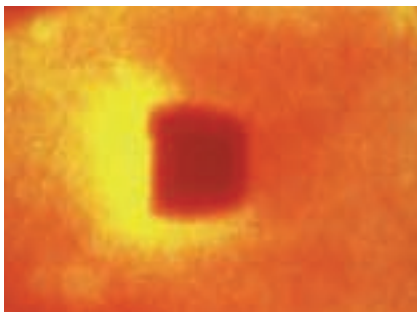
Dans le second cas, un balayage de peu d'amplitude donne accès aux forces de frottement statique, telles celles qui s'exercent sur un caillou qui ne glisse pas, sur une pente peu inclinée. Ces forces sont accessibles si le balayage est lent. En effet, les polymères que la pointe laboure se déforment, parce que les longues molécules dont ils sont constitués se déplacent, devant la pointe ; or ces déplacements dépendent de la rapidité de la sollicitation. L'effet est le même que lorsqu'on tire un spaghetti d'une assiette pleine ; si l'on tire lentement, seul le spaghetti sollicité est extrait ; en revanche, une traction rapide fait venir tout le plat.

Avec un balayage rapide de la pointe, d'autre part, on mesure le coefficient de frottement dynamique, qui prévaut quand un corps posé sur un plan incliné se met à glisser. Là encore, la méthode microscopique a, sur les études de mécanique classique, l'avantage qu'elle évite les effets, normalement inévitables, de la rugosité : à l'échelle microscopique, les surfaces qui frottent l'une contre l'autre (celle de la pointe et celle du matériau), ont une forme bien définie.

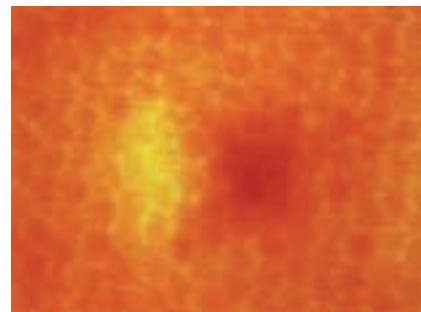
La nanomécanique de surface éclaire ainsi le comportement des matériaux mous, notoirement difficiles à étudier. Elle jette également un pont entre les phénomènes d'adhésion et de frottement. □



La déformation d'un film polymère mou où l'on enfonce une pointe microscopique. Une fois la pointe retirée, le matériau cicatrise pro-



gressivement. À partir de cette cicatrisation, on étudie les propriétés visqueuses et élastiques du matériau.



Un soja bien mal squatterisé

L'introduction d'un nouveau gène dans le soja entraîne des allergies.

Le mieux est l'ennemi du bien : maxime éternelle. La manipulation du soja avec un gène de la noix du Brésil prouve les dangers des améliorations forcées : des allergènes ont accompagné le gène transféré au soja pour enrichir ses qualités nutritives, avec les inconvénients que l'on devine.

Pour nourrir les animaux, on utilise surtout des végétaux riches en protéines, notamment le pois sec et le soja. Les techniques de sélection classiques par hybridation ont déjà amélioré les rendements ou la qualité des plants, mais les tourteaux de soja, constitués de résidus obtenus après chauffage et pressage des graines, restent pauvres en méthionine, un acide aminé soufré, indispensable à une bonne nourriture animale. L'addition de méthionine en poudre étant très onéreuse, des chercheurs travaillant pour la firme américaine d'agro-alimentaire *Pioneer Hi-Bred International* ont voulu pallier cette déficience en transférant au soja le gène d'une protéine de la noix du Brésil, protéine dite 2s car riche en deux acides aminés soufrés : la méthionine et la cystéine.

Comme tout matériel originaire de la famille des noix (noix ordinaires, noix de cajou, noisettes et cacahuètes...), la noix du Brésil est très allergisante. Or le soja «complété» a également intégré le gène inopportun d'un allergène de la noix du Brésil.

Les chercheurs ont identifié que la protéine 2s était l'allergène le plus actif, ou majeur, de la noix du Brésil. D'autre part, des tests sérologiques et de réactivité cutanée ont montré que les personnes sensibles aux extraits de noix du Brésil réagissaient aussi aux extraits de soja transgénique, alors qu'elles restaient insensibles au soja normal.

Bien que ce soja manipulé ne soit destiné qu'à la seule alimentation animale, *Pioneer Hi-Bred International* a décidé de ne pas l'exploiter. Les jeunes

animaux, porcelets ou veaux, pourraient en effet reconnaître les mêmes allergènes que les humains ; la proportion de ceux qui développent une allergie après le sevrage est environ deux pour cent, comme chez les enfants ! Il est vraisemblable que ce qui ne convient pas aux uns, ne conviendrait pas d'avantage aux autres !

ALLERGIES INDUITES PAR DES PRODUITS EXOTIQUES

De nombreux travaux éludent les «mystères» des allergies. Chaque individu est génétiquement prédisposé à répondre à certaines molécules, pourvu qu'il les rencontre. C'est ainsi qu'aujourd'hui des produits exotiques, tels les kiwis, encore inconnus dans nos contrées il y a une vingtaine d'années, induisent parfois des réactions allergiques. D'autres allergies «émergent» aussi à la suite de modifications des habitudes alimentaires : ainsi en est-il de la fréquence des allergies au pois chiche, en augmentation depuis que cet aliment est plus fréquent dans nos assiettes.

À l'Institut Pasteur, l'équipe de G. Peltre établit un répertoire des allergènes provenant de plantes ou d'aliments d'origines diverses. Ces chercheurs ont ainsi observé que de nombreuses allergies alimentaires proviennent de fruits secs et de graines, et que l'arachide occupe la deuxième position derrière la farine de blé. Il est d'ailleurs étonnant de constater que la proportion de réactions – parfois très graves – à l'arachide a doublé en France au cours des dix dernières années.

N'en déplaise aux végétariens, le soja, comme beaucoup de plantes, est lui aussi allergisant, mais il existe des variétés dites hypoallergéniques vis-à-vis desquelles la réactivité est moindre. Deux allergènes majeurs ont été reconnus, mais la fonction d'un seul a été identifiée : il s'agit d'un inhibiteur de protéase empêchant la dégradation des protéines de la graine. Peut-être pourrait-on envisager, suggère G. Peltre, de «raccourcir» le gène concerné pour tenter de supprimer l'effet allergène sans inhiber la fonction de cette molécule et améliorer ainsi la qualité nutritive du soja (en réservant la transgénèse pour une étape ultérieure). Toutefois, du même coup, en manipulant le génome du soja, court-on le risque de démasquer un nouvel allergène ?

À la technique d'insertion d'un gène nouveau, les chercheurs préfèrent souvent celle qui consiste à «tuer l'allergène dans l'œuf». En intervenant directement sur le génome, ils tentent d'éliminer un gène ciblé ou de supprimer son expression. Au Japon, une équipe est parvenue à obtenir un riz transgénique dépourvu d'allergène majeur, tandis qu'un autre groupe est intervenu, sur un gène différent du précédent, pour améliorer la qualité d'un riz destiné au saké.

Les généticiens agro-nomes tendent à utiliser des plantes «donneuses» dont l'allergénicité n'est pas reconnue – ce qui, inversement, présente l'inconvénient de rendre le dépistage plus difficile. Il est d'autant plus surprenant d'avoir choisi la noix du Brésil comme «donneur» car outre le soja, le gène de la protéine 2s a déjà été introduit dans plusieurs autres plantes : tabac, colza, haricot... Comme le préconisent le Parlement et le Conseil Européen, il ne paraît pas superflu d'envisager un étiquetage des produits issus de plantes génétiquement transformées.

Marie-Thérèse LANDOUSY



Graines de soja stylisées.

Vent solaire

L'hémisphère Sud du Soleil émet plus de particules que l'hémisphère Nord.

Le Soleil émet un vent de particules, principalement des protons, à une vitesse comprise entre 400 et 800 kilomètres par seconde. Deux jours après leur émission, ces protons arrivent près de la Terre et suivent les lignes de champ magnétique terrestre. Les émissions radio que ces particules produisent perturbent les communications radio terrestres.

Comment le vent solaire se forme-t-il ? Les astrophysiciens n'ont pas encore la réponse, mais la détection des rayonnements ultraviolets émis par l'espace autour du Soleil révèle que l'hémisphère Sud du Soleil et son équateur émettent plus de protons que l'hémisphère Nord.

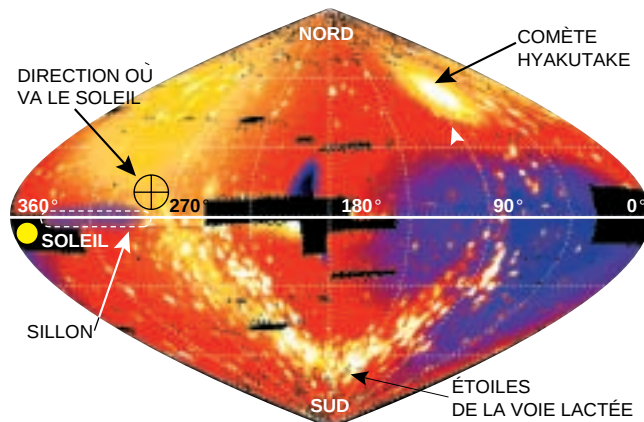
En décembre 1994, une sonde spatiale, *Ulysse*, avait quitté le plan de l'écliptique (le plan de l'orbite de la Terre) et mesuré au-dessus, puis au-dessous de ce plan, une différence d'intensité du vent solaire. Cette différence était-elle un phénomène local et transitoire ou s'agissait-il d'une caractéristique du vent solaire ? Pour le savoir sans déployer une flottille de sondes tout autour du Soleil, les astrophysiciens ont imaginé une méthode indirecte : mesurer la lumière émise par des atomes d'hydrogène présents dans le milieu où se déplace le Soleil.

En effet, dans sa course autour du centre de notre Galaxie en 120 millions d'années, le Soleil traverse des nuages d'hydrogène à une trentaine de kilomètres par seconde. Les protons du vent solaire arrachent leur électron à ces atomes, qui sont ainsi ionisés. Tel un navire, le Soleil, qui pénètre le nuage d'hy-

drogène en émettant un vent destructeur, laisse derrière lui un sillage où l'hydrogène neutre est raréfié.

Simultanément, la lumière du Soleil excite les atomes d'hydrogène neutre, qui, en se désexcitant, émettent des rayonnements ultraviolets à la longueur d'onde de 121,6 nanomètres (millardième de mètre), la raie Lyman- α de l'hydrogène. Les détecteurs de l'instrument SWAN, réalisés au Service d'aéronomie du CNRS, à Verrières-le-Buisson, sont sensibles à cette raie, non observable du sol de la Terre (ces ultraviolets sont arrêtés par l'atmosphère). Les cartes du ciel à la longueur d'onde de cette raie révèlent les zones qui contiennent le moins d'hydrogène neutre : ce sont les moins brillantes.

Dans la région du ciel où se dirige le Soleil, on note une première anisotropie : la moitié située au Sud de l'écliptique est moins lumineuse que la moitié située au Nord, indication que le vent

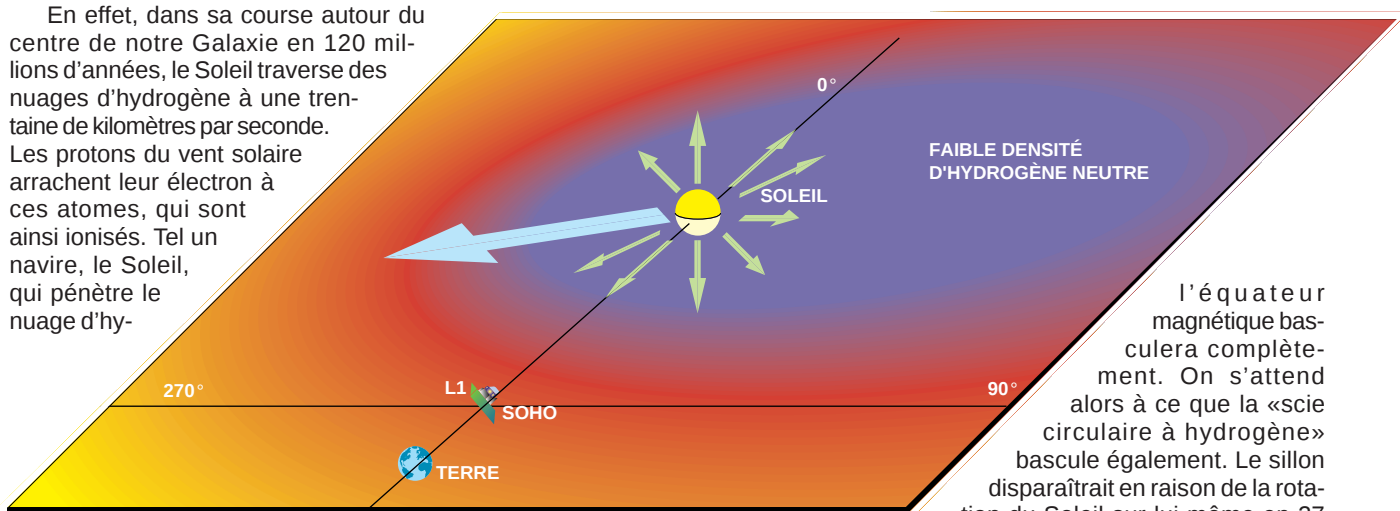


Cette carte indique l'intensité des rayonnements ultraviolets captés autour de la sonde SOHO, le 28 mars 1996. La couleur jaune représente les fortes intensités, la couleur violette les faibles intensités. La lumière diffuse provient d'atomes d'hydrogène éclairés par le Soleil. La partie Nord de la carte, plus lumineuse que la partie Sud, prouve que l'hémisphère Sud du Soleil émet plus de vent solaire que l'hémisphère Nord ; un sillon sombre le long de l'écliptique (ligne blanche) montre que l'équateur solaire est particulièrement actif.

solaire a plus ionisé d'hydrogène au Sud qu'au Nord. On retrouve ainsi les observations de la sonde *Ulysse*. De surcroît, on détecte, dans le plan de l'écliptique, une étroite bande sombre qui montre que l'équateur solaire, actuellement voisin de l'écliptique, émet beaucoup de particules chargées, une sorte de scie circulaire qui détruit l'hydrogène, dans le plan de son équateur.

LES ZONES ACTIVES DU SOLEIL

L'intérêt de cette cartographie sera accru par la surveillance permanente du Soleil lors du passage de son état actuel de minimum d'activité, à son état de maximum d'activité dans cinq ans, tandis que



Le Système solaire se déplace (flèche bleue) dans un nuage d'atomes d'hydrogène. Les protons du vent solaire (flèches vertes) ionisent cet hydrogène, le Soleil laisse derrière lui un sillage où la densité d'hydrogène neutre est inférieure (plus la couleur est claire plus l'hydrogène est abondant, ici on n'a indiqué que les densités dans le plan de l'écliptique). L'instrument SWAN de la sonde SOHO produit des cartes en observant dans toutes les directions les atomes d'hydrogène éclairés par le Soleil. Sur la ligne de visée correspondant à 90°, la faible densité d'hydrogène neutre produira une luminosité plus faible que sur la ligne de visée correspondant à 270°, où l'hydrogène neutre est abondant.

L'équateur magnétique basculera complètement. On s'attend alors à ce que la « scie circulaire à hydrogène » bascule également. Le sillon disparaîtrait en raison de la rotation du Soleil sur lui-même en 27 jours. D'autre part, les mesures des flux du vent solaire par l'instrument SWAN, loin de l'écliptique, donneront des données utiles pour les simulations de production du vent solaire, utilisées pour comprendre comment la couronne solaire accélère ces particules. □