

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.

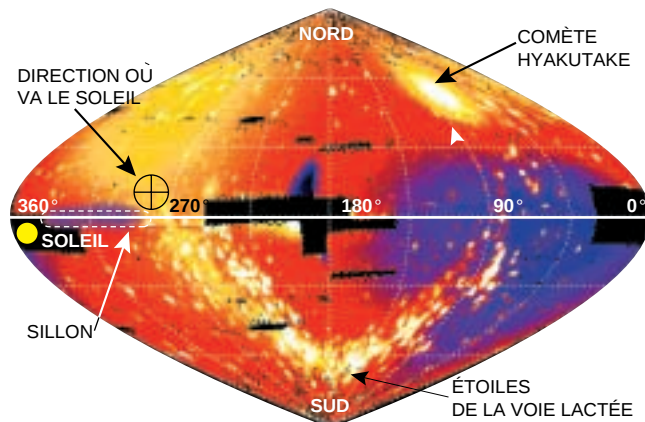
En décembre 1994, une sonde spatiale, *Ulysse*, avait quitté le plan de l'écliptique (le plan de l'orbite de la Terre) et mesuré au-dessus, puis au-dessous de ce plan, une différence d'intensité du vent solaire. Cette différence était-elle un phénomène local et transitoire ou s'agissait-il d'une caractéristique 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

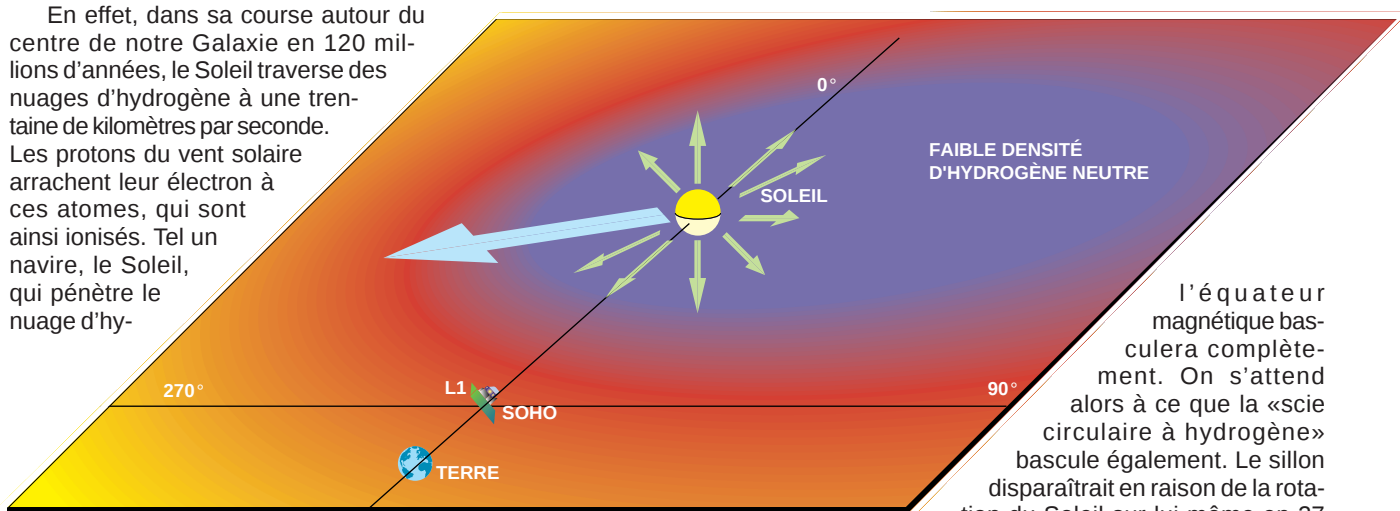


Cette carte indique l'intensité des rayonnements ultraviolets captés autour de la sonde SOHO, le 28 mars 1996. La couleur jaune représente les fortes intensités, la couleur violette les faibles intensités. La lumière diffuse provient d'atomes d'hydrogène éclairés par le Soleil. La partie Nord de la carte, 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. □

Parfum antique

Dans l'Antiquité, les parfumeurs utilisaient l'huile d'olive pour fixer les parfums.

Dans l'*Odyssée*, Ulysse s'enduit d'huile parfumée apportée par Nausicaa. Aujourd'hui, l'alcool est la base des parfums, mais, les anciens, qui ne l'avaient pas découvert, utilisaient les corps gras pour fixer les arômes. Ils employaient des huiles de ben (une sorte de noix), de sésame, de raifort, d'amandes et surtout l'huile d'olive, aisée à produire en grande quantité. Des vestiges archéologiques de la ville de Paestum, récemment mis au jour en Campanie et que l'on pensait être des pressoirs agricoles, sont des pressoirs à huile pour les parfums.

Dans l'Antiquité, le parfum joue un rôle important dans la vie religieuse, les funérailles et la vie profane. Aux III^e et II^e millénaires, les parfumeurs travaillent dans les palais et les temples mésopotamiens, égyptiens ou crétois pour les besoins du culte et de la cour. Le parfum est alors un produit aristocratique et il faut attendre le VII^e siècle avant notre ère pour qu'il fasse l'objet d'un commerce de masse, notamment à partir de Corinthe. À l'époque hellénistique, puis romaine, le parfum se démocratise en même temps que la fréquentation des thermes et des palestres (la partie du gymnase où se pratiquait l'exercice physique). Pour augmenter la production de parfum, les architectes conçoivent des installations fixes qui laissent des vestiges archéologiques

identifiables, mais rares. Hormis quelques fourneaux, presses et mortiers mis au jour près de Jérusalem et sur l'île de Délos, en Grèce, seuls des représentations picturales et des textes attestent cette activité.

Dès le III^e siècle avant notre ère, la région de Campanie est réputée pour la fabrication des parfums. Capoue, au Nord de Naples, est le grand centre de production : les *seplasiarii*, parfumeurs, tiraient leur nom d'une célèbre place de la ville. Tous les ingrédients sont disponibles : l'huile d'olive de Vénafre, excellente pour les parfums, les fleurs de Campanie (en particulier la rose, l'iris et la violette) et les épices d'Orient que l'on débarque au port de Pouzzoles. Durant tout l'Empire romain, la Campanie est l'une des plus célèbres régions de fabrication des parfums, notamment le parfum de rose.

Sur plusieurs peintures de Pompéi et d'Herculanum, des Amours détaillent la préparation des parfums : extraction de l'huile d'olive qui servira d'excipient au moyen d'un pressoir à coins, chauffage de l'huile et des substances aromatiques pour dissoudre les huiles essentielles de fleurs, addition de colorants, de résines, de fixateurs dans un mortier, vente de parfum à des clientes. À Pompéi même, des inscriptions mentionnent des parfumeurs et l'on a retrouvé la base d'une presse qui aurait servi à extraire de l'huile pour parfum.

UNE PARFUMERIE ROMAINE

En octobre 1995, des fouilles ont mis au jour les traces de cet artisanat dans la ville de Paestum au Sud de la Campanie. *Poseidonia* est fondée par les Grecs de Sybaris 600 ans avant notre ère. Trois siècles plus tard, au cours de la guerre entre Pyrrhus et Rome, *Poseidonia* est prise par les Romains et transformée en colonie sous le nom de Paestum (273 avant notre ère). Elle est alors dotée d'une vaste place centrale entourée de boutiques, le forum. Dans l'angle Nord-Ouest du forum, les fouilles ont dégagé une échoppe contenant un mortier en basalte, un bloc de marbre blanc élégamment taillé et pourvu d'une rigole ainsi que les pierres de calage de poteaux verticaux.

Ces vestiges sont interprétés comme les restes d'un pressoir à coins, analogue à ceux représentés sur les peintures de Pompéi et d'Herculanum. Le pressoir a été installé au cours du I^{er} siècle de notre ère et a dû être utilisé jusqu'au IV^e siècle. La présence d'un tel instrument agricole est incongrue sur la place principale de la cité, sauf s'il s'agit d'une presse servant dans une parfumerie et symbolisant son activité. Or, la région de Paestum était réputée à la fin de la République et au début de l'Empire romain pour ses roses. Les poètes Virgile, Ovide, Properce et Martial évoquent leur parfum et l'étendue des roseraies. Dans les Géorgiques, Virgile écrit : «*Peut-être chanterais-je l'art de fertiliser et d'orner les jardins, ainsi que les roseraies de Paestum qui fleurissent deux fois l'an*». On peut donc penser que l'on a trouvé les vestiges d'une parfumerie qui produisait à grande échelle du parfum de rose, une spécialité exportée dans tout le bassin méditerranéen, notamment en Égypte.

Jean-Pierre BRUN,
CNRS, Centre C. Jullian, Aix-en-Provence



Sur cette peinture découverte à Pompéi, des Amours préparent les parfums. Les personnages de droite extraient l'huile d'olive au moyen d'un pressoir à coins, tandis qu'à gauche, un Amour dissout les essences aromatiques dans de l'huile chauffée.



Ce bloc de marbre blanc, mis au jour dans une échoppe de la ville de Paestum, en Italie, appartient à un pressoir à l'aide duquel, entre le I^{er} et le IV^e siècle de notre ère, on fabriquait de l'huile d'olive qui entrait dans la composition du parfum de rose.

Protection invisible

Anatomie des couches superficielles qui protègent les objets métalliques.

Les métaux sont instables : à l'air, il s'oxydent. On méconnaît le progrès considérable que fut la mise au point de métaux et d'alliages inoxydables, quand les métallurgistes comprirent que des couches d'oxydes protectrices se formaient à la surface de certains métaux ou alliages. Aujourd'hui les techniques d'analyse chimique des surfaces, au niveau atomique, explorent ces couches et permettent une maîtrise de leur formation.

La corrosion des métaux correspond à leur réaction chimique avec les composés de l'air ou de l'eau qui les entourent, formant des oxydes métalliques de surface. Si certains métaux et alliages sont apparemment protégés, c'est parce que les minces couches d'oxydes qui se forment à leur surface – les couches passives – ont une structure qui bloque la diffusion ultérieure de l'oxygène, de l'eau et du métal, ralentissant l'oxydation des couches plus profondes. On connaît ainsi la passivation du fer trempé dans l'acide nitrique fumant, ou la passivation spontanée de l'aluminium dans l'air. Les couches passives ont une épaisseur de quelques nanomètres, ou milliardièmes de mètre ; elles sont invisibles à l'œil nu et si minces que la surface conserve l'éclat du métal.

Ainsi les feuilles d'aluminium que

l'on utilise en cuisine ont l'aspect brillant du métal, bien qu'elles soient recouvertes par une couche d'un ou deux nanomètres d'oxyde d'aluminium, ce qui leur garantit une exceptionnelle durée de vie. Toutefois cette couche gêne l'industrie aéronautique, qui souhaiterait coller des pièces d'aluminium ; pour obtenir des assemblages robustes, elle doit apprendre à maîtriser les couches d'oxydes qui recouvrent le métal de façon invisible. De même, les dentistes ne peuvent utiliser que des alliages dentaires qui résistent au milieu corrosif qui les baigne, sans relâcher dans la bouche des métaux toxiques.

LES PREMIÈRES COUCHES

Familiales, omniprésentes, utiles ou gênantes, ces couches d'oxydes sont dignes d'intérêt. Au Laboratoire de physico-chimie des surfaces de l'École nationale supérieure de chimie de Paris, nous les avons explorées par les techniques modernes d'analyse des surfaces : la

mesure de l'énergie des électrons émis par des échantillons soumis à l'irradiation par des rayons X.

Les couches d'oxydes croissent jusqu'à ce qu'elles atteignent une épaisseur stationnaire de l'ordre de un ou deux nanomètres (quelques couches d'atomes) sur des métaux tels que le nickel ou le chrome dans de l'eau acidifiée. La quantité d'atomes qui forment la couche passive est infime, par unité de surface, mais la protection est efficace : la vitesse de corrosion des surfaces passivées est réduite à moins d'un centième de millimètre par an, au lieu de plusieurs millimètres.

Les liaisons chimiques entre atomes d'oxygène et atomes de métal modifient les énergies des électrons des atomes métalliques : comme ces liaisons chimiques participent à l'émission d'électrons, lors de l'irradiation par les rayons X, on identifie la nature des éléments chimiques présents dans la couche superficielle en mesurant l'énergie des électrons émis. L'épaisseur analysée étant environ égale à trois fois le libre parcours moyen des électrons dans le solide, cette méthode détecte la structure des premiers plans d'atomes sous la couche mince d'oxyde.

Les études ont révélé l'existence d'une stratification de ces couches : une couche interne d'oxyde, au contact du métal, est couverte d'une couche d'hydroxyde, du côté exposé aux solutions aqueuses où les métaux sont plongés. Le principe de cette structure bicouche est assez général : son existence a été retrouvée sur le nickel, sur le chrome, sur les alliages fer-chrome (aciers inoxydables ferritiques), sur les alliages fer-nickel-chrome (aciers inoxydables austénitiques) et sur les alliages inoxydables à base de nickel.

Dans le cas des alliages, un des constituants peut devenir prépondérant dans la couche superficielle d'oxyde, qui n'a alors plus la même teneur en

divers métaux que la masse métallique. C'est le cas du

chrome, dont la concentration augmente dans la couche passive des aciers inoxydables. Parallèlement, lors de la formation des couches passives, la composition des alliages est souvent modifiée sous la couche d'oxyde.

Couche passive d'oxyde à la surface d'un échantillon de nickel. Cette couche, formée dans l'eau, protège le métal contre la corrosion. La plage observée mesure deux nanomètres (ou milliardièmes de mètre) de côté. Le cycle hexagonal (en noir) montre un motif du réseau cristallin d'oxyde de nickel. Cet oxyde forme une structure en gradins à la surface du métal. La partie violette de la partie supérieure de l'image montre une des marches de la structure en gradin que forme l'oxyde de nickel de la couche passive. Parfois l'oxyde est recouvert d'hydroxyde.

