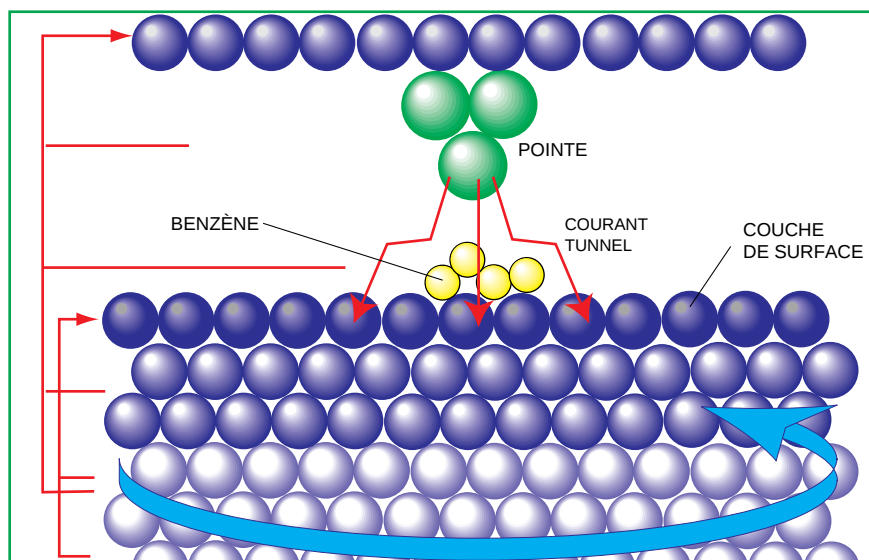




2. Pour calculer le courant tunnel, on représente les solides comme une répétition d'un motif de base. On recolle les bords latéraux afin d'éviter les conditions aux limites et l'on calcule la fonction d'onde des électrons de proche en proche, groupe d'atomes par groupe d'atomes (flèches rouges à gauche).

faces indique que la molécule se place à plat sur le platine, car cette position correspond à une énergie d'interaction minimale. Cependant les monocristaux de platine ne sont pas parfaitement plats et uniformes, à l'échelle atomique : dans les cristaux utilisés par D. Eigler, la surface apparaît comme un arrangement triangulaire d'atomes. Ainsi la molécule de benzène peut disposer son motif hexagonal au-dessus de plusieurs sites (de symétries différentes) du platine.

Les positions de haute symétrie, qui minimisent l'énergie d'interaction entre le benzène et la surface, sont : un site ternaire, où le benzène est lié à trois atomes de platine ; un site « ponté », où le benzène est lié à deux atomes ; et un site « apical », où la molécule est au-dessus d'un atome de platine seulement. Pour chaque site, plusieurs orientations du benzène sont possibles, mais l'examen des modèles atomiques ne prévoit pas de déformation du benzène sur les différents sites, alors que les trois images expérimentales sont très différentes.

Les simulations expliquent les images : avec les sites ternaires, on obtient des images simulées qui possèdent une forte symétrie d'ordre trois ; pour une orientation du benzène par rapport au métal, on obtient des images à trois lobes, et, pour une autre orientation, l'image calculée présente une seule bosse, mais de forme triangulaire. Lorsque la molécule est en position pontée, l'image présente une bosse simple très proche de la deuxième image expérimentale, tandis que le site apical conduit à une image avec une symé-

trie d'ordre six et une apparence proche d'un volcan.

Ces études ne se limitent pas à expliquer les images surprenantes qui avaient été obtenues ; elles révèlent en outre les mécanismes de la formation des images et, notamment, du courant tunnel. Ce dernier est composé de deux parties : le courant qui « passe par la molécule », c'est-à-dire qui résulte de l'interaction de la pointe avec les orbitales de la molécule adsorbée, et qui n'est important que lorsque la pointe est juste au-dessus de la molécule, et le courant qui « passe par la surface », uniforme loin de la molécule, mais modifié à son voisinage. L'image donnée par le microscope résulte de la combinaison de ce courant par la surface et du courant par la molécule, lequel dépend de son interaction avec les atomes de la surface et explique la structure du motif moléculaire en fonction de la symétrie du site.

Cet exemple démontre que les simulations donnent plus à voir que les images seulement : assistée par la simulation, la microscopie à effet tunnel est une sonde exceptionnelle, qui renseigne indirectement sur la constitution atomique des surfaces et de leurs adsorbats. Elle indique, en outre, la probabilité de présence électronique pour les niveaux moléculaires proches de l'énergie de Fermi de la surface. Cette information est cruciale pour comprendre la réactivité potentielle de la molécule et les mécanismes atomiques des réactions chimiques sur les surfaces.

Philippe SAUTET et Marie-Laure BOCQUET
École normale supérieure de Lyon
et Institut de recherches sur la catalyse

FRANCE
Culture

de la
Palais
découverte

POUR LA
SCIENCE

VOUS INVITENT
À L'ENREGISTREMENT
PUBLIC
DE L'ÉMISSION :
L'IMPOSSIBLE

**Les impossibles
de
l'agriculture**

avec
GUY PAILLOTIN,
président de l'I.N.R.A.

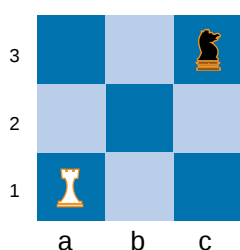
LE SAMEDI 9 MARS 1996
À 15 HEURES
AU PALAIS DE LA DÉCOUVERTE
SALLE DE CINÉMA
AVENUE FRANKLIN D. ROOSEVELT
75008 PARIS

JEU-CONCOURS

par Pierre TOUGNE N°20

TOUR CONTRE CAVALIER

Aux échecs, le Cavalier, du fait de son déplacement particulier, échappe toujours, sauf dans quelques positions particulières, à une pièce à longue portée comme la Tour. Cependant, sur un échiquier plus petit, il n'en est pas de même. Ainsi sur un échiquier 3×3 , la Tour étant sur la case a1 et jouant la première prend un Cavalier situé sur la case c3 en au plus trois mouvements.



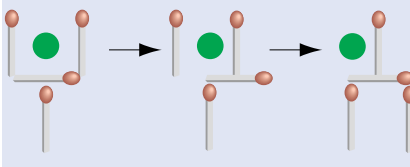
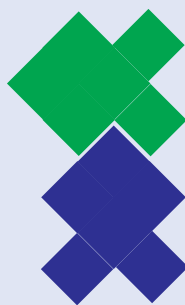
1. Tc1;Ca2
2. Tc2;Cc2 (ou Cc3)
3. Tx.C.

Pour ce jeu-concours, sauriez-vous trouver le nombre maximal de mouvements et la stratégie d'une Tour jouant la première à partir de la case en bas et à gauche de l'échiquier pour capturer un Cavalier partant de la case en haut et à droite de l'échiquier sur des échiquiers 4×4 , 5×5 et 6×6 ?

Envoyez vos réponses à *Pour la Science*, 8, rue Férou, 75006 Paris. Parmi les réponses reçues en février 1996, dix gagnants recevront un livre.

RÉPONSE AU JEU-CONCOURS N°18

Au premier problème, les lecteurs ont trouvé une autre solution, symétrique, mais pas superposable.



L'origine des rayons cosmiques

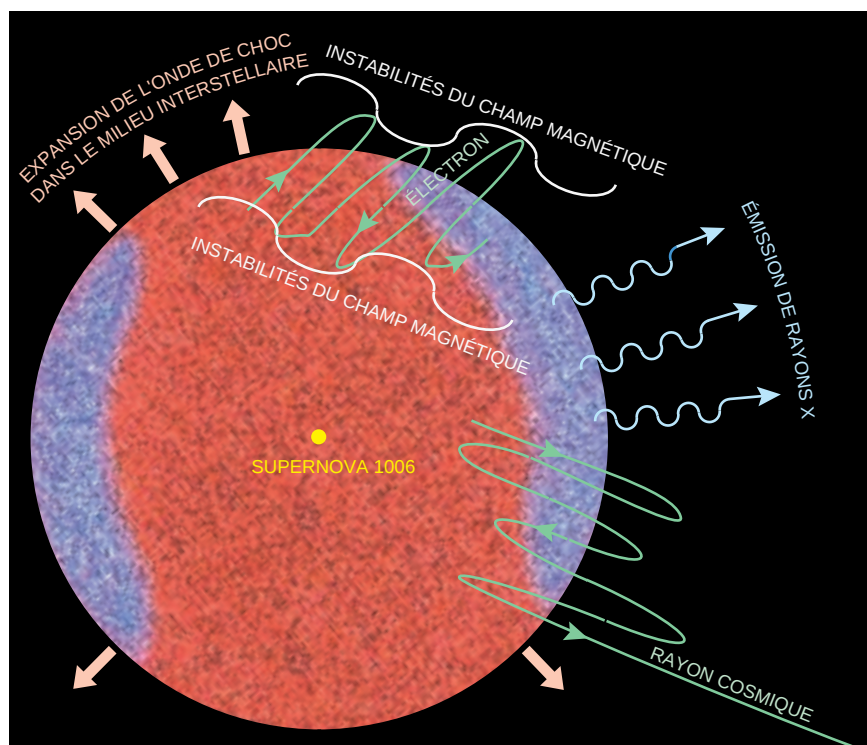
Les supernovae sont des sources de rayons cosmiques de haute énergie.

Malgré leur nom trompeur, les rayons cosmiques sont des particules ; ce sont même les particules les plus énergétiques de l'Univers. Depuis leur découverte au début du siècle, deux mystères ont confondu les astrophysiciens. Le premier est l'origine des rayons cosmiques galactiques, et le second, la cause de leurs fabuleuses énergies. En utilisant le satellite X japonais ASCA pour observer les restes d'une étoile qui a explosé en l'an 1006, K. Koyama et ses collègues ont détecté, au bord de la sphère dispersée lors de la supernova, ou explosion stellaire, des rayons X engendrés par des électrons accélérés jusqu'à 10^{14} électronvolts.

Les rayons cosmiques galactiques sont des noyaux atomiques, principalement d'hydrogène (des protons), mais

aussi de tous les autres éléments de la Classification périodique ; des électrons et quelques antiparticules sont également présents dans ce flux cosmique. Sur la Terre, le nombre de ces particules par unité de surface et par unité de temps est proportionnel à leur énergie à la puissance $-2,7$ (loi de puissance), à partir d'une énergie de l'ordre de 10^8 électronvolts (aux énergies inférieures, ils sont noyés dans le flot de particules produites par le Soleil), jusqu'à plus de 10^{20} électronvolts, soit une dizaine de joules. Une telle énergie est inégalée sur la Terre : l'énergie maximale à laquelle le futur grand collisionneur européen accélérera les particules est dix millions de fois inférieure.

On détecte les rayons cosmiques soit à partir de satellites, soit, pour les plus énergétiques, par les produits de leurs



L'onde de choc de la supernova 1006 (*bord du disque*) se propage à grande vitesse dans le milieu interstellaire. Des rayons cosmiques (*flèches vertes*), créés par la supernova, sont accélérés en rebondissant de part et d'autre de l'onde de choc, entre des instabilités du champ magnétique. Les électrons ainsi accélérés émettent des rayons X (*zones violettes*) par un mécanisme différent de celui qui s'observe au centre du reste de supernova (*zone rouge*). Les rayons cosmiques finissent par s'échapper de la région accélératrice.

collisions avec les molécules de l'atmosphère. Malheureusement, les rayons cosmiques, chargés électriquement, ont une trajectoire hélicoïdale autour des lignes de champ magnétique du cosmos, de sorte qu'il est impossible d'en discerner la provenance.

L'ACCÉLÉRATION DES RAYONS COSMIQUES

Comment ces rayons cosmiques sont-ils produits? Lorsqu'une balle rebondit entre deux raquettes qui se rapprochent, son énergie cinétique augmente. La théorie de l'accélération des rayons cosmiques, proposée en 1977, se fonde sur le même phénomène : les particules acquerraient leur énergie en rebondissant entre des zones où le champ magnétique est irrégulier, de part et d'autre de l'onde de choc d'un reste de supernova en expansion dans le milieu interstellaire. À l'intérieur de la bulle formée par la sphère en expansion, les irrégularités sont produites par la turbulence ambiante. Dans le milieu interstellaire, ce sont les rayons cosmiques eux-mêmes qui engendrent les instabilités nécessaires aux rebonds. Cette théorie explique le flux observé jusqu'à 10^{14} électronvolts.

Le satellite ASCA a observé deux composantes dans l'émission X du reste de la supernova 1006. Au centre, une émission résulte du rayonnement thermique d'un plasma à une température de 20 millions de degrés. Cette température est atteinte par la matière qui se trouve derrière l'onde de choc, laquelle se propage dans le milieu interstellaire à plusieurs milliers de kilomètres par seconde. Aux bords du reste de supernova, des rayons X ont, comme les rayons cosmiques un spectre en loi de puissance. Ce spectre, qui s'étend jusqu'à 10 000 électronvolts, est caractéristique de l'émission d'électrons se déplaçant à des vitesses proches de celle de la lumière. En estimant le champ magnétique dans l'onde de choc (un milliardième de tesla soit 40 000 fois moins que le champ magnétique terrestre) on trouve, pour les électrons émettant les photons X observés, une énergie maximale d'environ 10^{14} électronvolts.

À ces énergies, les protons et les autres ions sont accélérés par le même mécanisme. Cette observation est donc la première confirmation observationnelle de la théorie de l'accélération. Pour le moment, la supernova 1006 est l'unique exemple d'accélération des rayons cosmiques jusqu'à une énergie de 10^{14} électronvolts, mais les astrophysiciens prévoient d'utiliser les prochains satellites X, afin de rechercher d'autres sources de rayons cosmiques. □

La myrrhe

Elle contient des substances analgésiques.

Les Rois mages ont offert à l'Enfant Jésus de l'or, de l'encens et de la myrrhe. La myrrhe était utilisée par les Égyptiens pour les embaumements, et par les Juifs comme huile d'onction. Hippocrate la recommandait pour accélérer la cicatrisation des plaies, et les Romains pour traiter les infections oculaires et buccales, ou encore la toux. Du vin contenant de la myrrhe a été offert au Christ avant la Crucifixion.

Cette résine aromatique tirée du balsamier, un arbuste des régions chaudes, a-t-elle réellement des vertus thérapeutiques? Pour le savoir, Piero Dolara, de l'Université de Florence, a administré à des souris une solution contenant de la myrrhe et a observé leurs réactions : placées sur une plaque chauffante, elles résistent plus longtemps à la douleur que les souris témoins. L'équipe italienne a ensuite analysé par diverses méthodes les constituants d'une telle solution. Elle a découvert des sesquiterpènes, des molécules connues, mais dont on ignorait les effets biologiques.

Le composé le plus abondant du mélange (90 pour cent) est le furanoeudesma 1, 3-diène ; les deux autres sont le curzarène et le furanodiène. Ce dernier n'a pas d'action analgésique, mais les deux autres semblent interagir avec les récepteurs cérébraux des opiacés ; le furanoeudesma 1, 3-diène a une action analgésique proche de celle de la morphine (à concentrations équivalentes). La présence de deux analgésiques dans la myrrhe confirmerait la sagesse des Anciens.



La résine de myrrhe (en brun), qui suinte du tronc, contient deux analgésiques.

Réformes de l'orthographe

Depuis 300 ans, la moitié des mots ont changé d'orthographe.

Faut-il simplifier l'orthographe ? Les adversaires des réformes essaient d'entretenir la « pureté de la langue » en organisant des concours de dictée où ils accumulent les difficultés et les exceptions. Plus de la moitié des mots de la première édition du *Dictionnaire de l'Académie française*, en 1694, ne nous sont toutefois parvenus qu'après une ou plusieurs modifications graphiques. Les arbitres des concours d'orthographe auront donc fort à faire si les candidats se réclament du *Dictionnaire historique de l'orthographe française* (1995, éditions Larousse, par N. Catach, J. Golfand, O. Meltas, L. Pasques-Biedermann, C. Sorin et S. Baddeley), qui rassemble l'histoire de ces transformations. Ces variantes témoignent de l'hésitation et de la lutte entre le courant d'orthographe étymologique, et une graphie simplifiée et modernisée.

Nous avons étudié les modifications graphiques des 17 242 entrées de la première édition du *Dictionnaire de l'Académie française*. L'orthographe de ces mots a été comparée à celle sous laquelle ils apparaissent dans les sept éditions postérieures, dont la dernière date de 1935 (la publication d'une nouvelle édition est en cours), ainsi que dans les trois premiers dictionnaires français qui précédaient : le *Dictionnaire francoislatin* de Robert Estienne, paru en 1549, sa révision par Thierry en 1564 et le *Thresor de la langue françoise, tant ancienne que moderne*, publié par Nicot en 1606.

Les modifications graphiques qui concernent l'accentuation sont, de loin, les plus fréquentes : 27,69 pour cent du nombre total. L'introduction de l'accent aigu, comme dans *délit*, ou en remplacement de l'ancien s muet, comme

dans *dépit*, représente 21,22 pour cent de l'ensemble des modifications répertoriées.

Cette mise en place des accents correspond à la modernisation du système graphique du français, mettant en jeu les deux grands principes qui caractérisent l'histoire de son écriture. Le principe d'écriture phonogrammique assure un meilleur accord entre le son et la graphie, et facilite l'écriture et la lecture. Le principe d'écriture sémiographique, ou distinctif, qui explique par exemple l'introduction des accents dans les homophones grammaticaux (tels à et a, où et ou) répond au souci de la distinction des sens au moyen de la gra-

Après que l'Académie Française eut été établie par les Lettres Patentes du feu Roy, le Cardinal de Richelieu qui par les mesmes Lettres avoit esté nommé Protecteur et Chef de cette Compagnie, luy proposa de travailler premièrement à un Dictionnaire de la Langue Française, et ensuite à une Grammaire, à une Rhétorique et à une Poétique.

Elle a satisfait à la première de ses obligations par la composition du Dictionnaire qu'elle donne presently au Public, en attendant qu'elle s'acquitte des autres.

L'utilité des Dictionnaires est universellement reconnue. Tous ceux qui ont étudié les Langues Grecque et Latine, qui sont les sources de la nostre, n'ignorent pas le secours qu'on tire de ces sortes d'Ouvrages pour l'intelligence des Auteurs qui ont écrit en ces Langues, et pour se mettre soy-mesme en estat de les parler et de les écrire. C'est en qui a engagé plusieurs sçavans hommes des derniers siècles à se faire une occupation sérieuse de ranger sous un ordre méthodique tous les mots et toutes les plus belles façons de parler de ces Langues, pour le soulagement de ceux qui s'y appliquent avec soin.

La préface de la première édition du *Dictionnaire de l'Académie française*, en 1694 (ici reproduite dans l'édition de 1878) permet de mesurer l'évolution de l'orthographe du français.

graphie, présent dans les plus anciens traités d'orthographe.

Les changements de catégorie grammaticale entrent pour 12,39 pour cent dans les modifications orthographiques. Ils concernent l'histoire de la notation du pluriel, du genre, le changement de désinence et l'apparition de nouvelles désinences du féminin ou du masculin.

DISTINGUER LE MASCULIN DU FÉMININ

Les modifications des marqueurs de genre sont particulièrement intéressantes. Elles vont souvent dans le sens de l'apparition d'une marque audible pour noter l'opposition entre le masculin et le féminin. Dans des adjectifs tels que *verd* /

verte, écrit ainsi en 1549 et 1564, le *d* muet final du masculin, d'origine étymologique (du latin *viridis*), que l'on retrouve dans *verdure* par exemple, s'aligne au XVIII^e siècle sur le féminin et devient *vert* / *verte*.

En revanche, la série des finales développées du féminin en *isse*, ou en *ive*, du type *apprentif* / *apprentive*, *apprenti* / *apprentisse*, que l'on trouve en 1694, disparaît au début du XIX^e siècle au profit de la finale courte du féminin en *ie*, alignée sur l'ancien masculin en *i*. L'opposition entre le masculin et le féminin en *i* / *ie* qui, aux XVIII^e et XIX^e siècles, reposait sur une opposition de durée perceptible à l'oral a été réduite à une opposition graphique.

Les mots composés ont aussi subi de nombreuses modifications. La tradition ancienne d'écriture soudée (les signes auxiliaires tels que l'apostrophe et le trait d'union n'étant pas en usage avant le XVI^e siècle) s'est opposée à l'écriture en termes séparés qui met en valeur la composition.

Pour un mot du vocabulaire courant, tel *plafond*, au XVI^e siècle, composé de *plat* et de *fond*, Thierry et Nicot retiennent la forme soudée, au pluriel, *plafonds*, avec maintien de la consonne finale muette du

premier élément. En 1694, l'Académie retient le mot au singulier et présente cinq variantes graphiques : *plafond*, *plafond*, *plat fond*, *plat-fond* et *pla-fond*. L'édition de 1718 retient la forme soudée, *plafond* et la forme en deux termes avec trait d'union, *plat-fond*, qui fait apparaître la composition mor-

phologique. Ces deux variantes sont soudées dans l'édition de 1740 : *plafond*, *plafond*. La soudure, accompagnée de la suppression de la consonne finale du premier élément, conformément à la prononciation, l'a emporté en 1762.

Une dernière victoire du courant d'orthographe modernisée mérite d'être mentionnée : en 1835, l'Académie admet l'écriture en *ais* / *ait* des désinences de l'imparfait (il *allait*), en remplacement des formes anciennes en *ois* / *oit* (il *alloit*). Les traités de grammaire attestent que ce choix n'est que le reflet d'un usage de prononciation en cours depuis le XVII^e siècle. Près de deux siècles ont été nécessaires pour que l'écrit, ici, rejoigne l'oral.

Liselotte BIEDERMANN-PASQUES
CNRS – HESO

Chémokines

*Elles bloquent
la réplication du VIH.*

Le virus de l'immunodéficience humaine, le VIH, responsable du SIDA, endommage le système immunitaire, jusqu'à le détruire. Dès 1986, Jay Levy, à l'Université de San Francisco, avait montré que les lymphocytes CD₈ (une catégorie de globules blancs) peuvent empêcher le virus de se multiplier, mais la (ou les) substance responsable de cette inactivation n'avait pas encore été identifiée. Elle l'est aujourd'hui : une combinaison de trois molécules vient d'être identifiée comme étant le «facteur de Levy».

J. Levy avait montré que les lymphocytes CD₈ inhibent la réplication du VIH, en libérant des facteurs solubles, et que le pouvoir inhibiteur des lymphocytes CD₈ des patients ayant atteint le stade SIDA diminue. Robert Gallo, à l'Université de Maryland, et Paolo Lusso, à l'Institut Saint Raphaël de Milan, ont cherché à savoir quels sont ces facteurs : ils ont analysé les molécules libérées par une lignée particulière de lymphocytes CD₈, et ont identifié trois chémokines (des molécules qui participent aux mécanismes inflammatoires) : RANTES, M1P1 α et M1P1 β .

Effectivement, ces molécules bloquent *in vitro* la réplication des lymphocytes CD₄ infectés par le VIH ; RANTES a une action supérieure à celle des deux autres facteurs, mais un mélange des trois facteurs est notablement plus efficace que chacun des facteurs pris séparément. De surcroît, ces facteurs agissent à faible concentration.

Simultanément, Reinhard Kurth, de l'Institut Paul Ehrlich, à Langen, en Allemagne, a montré qu'un messager chimique récemment découvert, l'interleukine 16, inhibe aussi la réplication du VIH.

Plusieurs questions restent ouvertes : ces chémokines sont-elles bien les facteurs de Levy ? Dans quelle mesure contrôlent-elles la multiplication virale, *in vivo* ? Leur concentration détermine-t-elle la durée de la phase asymptomatique ? Et surtout, quelles sont les applications thérapeutiques potentielles de ces molécules ? Quoi qu'il en soit, tandis que l'on mesure les limites des traitements antiviraux dont on dispose aujourd'hui, et qu'un vaccin contre le VIH reste encore hypothétique, ces molécules semblent être une voie de recherche à explorer. □

Hipparcos : premiers résultats

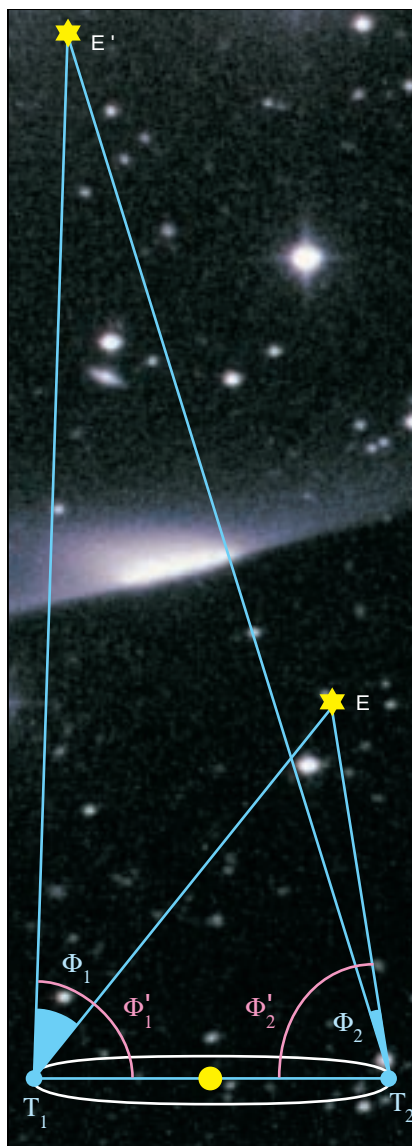
De nombreuses étoiles de notre voisinage sont plus éloignées et, donc, plus lumineuses et plus massives qu'on ne le croyait.

Emportant la première mission spatiale dédiée à des mesures astronomiques, et lancé par *Ariane 4* en août 1989, le satellite HIPPARCOS a accumulé les observations pendant 37 mois. Depuis qu'il s'est arrêté de fonctionner, deux équipes se sont employées à réduire, par des méthodes indépendantes, la gigantesque quantité de données accumulées ; elles viennent de publier un premier aperçu de leurs résultats, parfaitement concordants : la précision des mesures est excellente, meilleure même que celle que l'on espérait au départ, avant le malheureux événement qui, peut-être après le lancement, avait failli réduire à néant la mission. Les premiers résultats portant sur les distances sont spectaculaires : plus du tiers des étoiles que l'on situait jusqu'ici à moins de 85 années de lumière se révèlent nettement plus éloignées.

On s'en souvient, le moteur qui devait placer le satellite sur l'orbite géostationnaire, à 36 000 kilomètres d'altitude, n'a pas fonctionné et HIPPARCOS est resté sur une orbite très excentrique, avec tous les inconvénients que cela entraîne : traversée régulière (quatre fois par jour) des ceintures de radiations dommageable au télescope, relativement longues périodes pendant lesquelles les observations ne sont plus possibles, nécessité d'équiper deux autres stations au sol, de telle sorte qu'il y en ait au moins une, à chaque instant, susceptible d'observer le satellite et, donc, de recueillir les données qui ne peuvent être stockées à bord.

PRÉCISION DE MESURE ACCRUE SUR SATELLITE

L'une des missions principales d'HIPPARCOS était de mesurer la distance des étoiles avec une précision inégalée, due au fait que la turbulence atmosphérique ne brouille plus les images, comme c'est le cas au sol, et que l'état d'impeccable réduit beaucoup les déformations mécaniques subies par le télescope et les instruments de mesure. Alors qu'on



La méthode classique pour mesurer la distance d'une étoile E consiste à mesurer deux angles de visée Φ pour deux positions de la Terre à six mois d'intervalles. L'angle Φ est l'angle que fait la direction de visée de l'étoile par rapport à une étoile lointaine dont on connaît l'éloignement. De la valeur de ces deux angles Φ_1 et Φ_2 , on détermine la distance de l'étoile E . HIPPARCOS mesure directement les angles Φ'_1 et Φ'_2 avec suffisamment de précision pour déterminer le triangle ET_1T_2 , sans passer par une étoile E' .

connaissait jusqu'ici de façon relativement précise la distance de quelques centaines d'étoiles, HIPPARCOS vient d'effectuer cette mesure pour 118 000 étoiles : les astronomes sont maintenant en passe de connaître la distance et, en conséquence, les propriétés physiques telles que la masse ou la luminosité de l'ensemble de ces étoiles.

Les astronomes déterminent les distances des étoiles relativement proches en mesurant leurs parallaxes ; pour cela, ils mesurent les positions angulaires des étoiles à six mois d'intervalle : connaissant la distance entre les deux positions diamétralement opposées de la Terre sur son orbite (300 millions de kilomètres) et les deux angles de visée, ils résolvent le triangle formé par l'étoile et les deux positions de la Terre, ce qui permet d'en déduire l'éloignement de l'étoile (voir la figure). Évidemment, plus l'étoile est éloignée et moins la mesure est précise ; grâce à HIPPARCOS, le nombre d'étoiles dont la distance est connue à mieux que 20 pour cent est passé de quelques centaines à plus de 30 000... Un tel accroissement du volume d'espace arpenté permet d'atteindre, pour la première fois, des étoiles rares, parce qu'elles ont une durée de vie courte, et, en particulier, celles de grande luminosité.

L'étude préliminaire des données accumulées pendant les 30 premiers mois d'observation montre que, parmi les 1 770 étoiles observées par HIPPARCOS et que l'on pensait plus proches que 85 années de lumière, 718 d'entre elles sont en fait plus éloignées : la luminosité qu'on leur attribuait, en fonction de leur éclat apparent et de leur distance sous-estimée, était donc trop faible. Un tel effet était prévisible, les mesures de distances étant affectées d'erreurs importantes ; parmi l'ensemble des étoiles dont on pensait que leur éloignement était inférieur à 85 années de lumière un nombre important sont plus éloignées : leur distance a été sous-estimée. On ne s'attendait pas à ce que les différences soient aussi importantes.

Comme les étoiles très lumineuses sont justement celles qu'il est possible d'observer individuellement dans les galaxies extérieures, on conçoit que cette découverte ait une conséquence importante sur la mesure des distances extragalactiques ; si la luminosité des étoiles est plus grande que ce qu'on imaginait, cela signifie que leur éclat apparent, tel qu'on l'observe dans ces galaxies, résulte d'une distance supérieure à celle qu'on avait évaluée jusqu'alors. Il faut attendre les études plus détaillées pour connaître l'importance de cet effet sur l'échelle des distances extragalactiques et l'âge de l'Univers.

Lucienne GOUGUENHEIM