

minces couches où les propriétés du vent solaire changent brusquement.

Les mesures effectuées par les sondes qui ont précédé *Ulysse* ont démontré que de telles ondes de choc accélèrent parfois les particules considérablement. Voilà pourquoi les particules énergiques apparaissent régulièrement dans le voisinage de la Terre, deux fois par rotation solaire : l'axe magnétique du Soleil étant un peu incliné vers l'écliptique, notre planète reçoit alternativement un vent solaire lent, issu des environs de l'équateur solaire, et un vent rapide venant d'abord d'une calotte polaire, puis de l'autre ; les alternances engendrent les ondes de choc, et les particules rapides.

Entre la Terre et Jupiter, la sonde *Ulysse* a observé de nombreuses concentrations de particules énergiques associées à de telles ondes de choc.

Toutefois, après avoir quitté les basses latitudes, elle cessa d'observer des ondes de choc, parce qu'elle était dans une région où le vent solaire, émis par les calottes polaires du Soleil, est toujours rapide. Pourquoi enregistrait-elle encore des bouffées régulières de particules énergiques ? Les astrophysiciens étudient ce mystère. Notamment, une équipe du CEA analyse les électrons des rayons cosmiques.

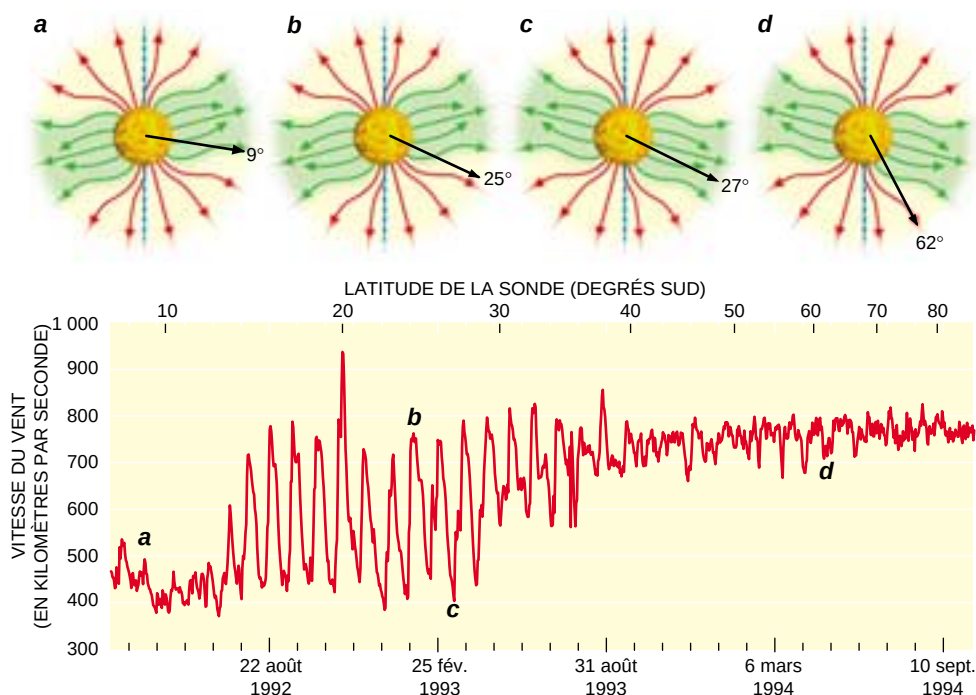
D'autres types de particules solaires énergiques restent également à étudier. Quand des champs magnétiques de directions opposées se rencontrent, une situation qui se produit communément près du Soleil, les deux champs opposés s'annulent, et l'énergie magnétique est transférée aux particules chargées, à proximité. La nature de certaines particules énergiques détectées indique qu'elles provenaient de régions de la basse atmosphère solaire, où l'annihilation de champs est fréquente. Il reste à élucider comment ces particules y ont été accélérées.

Les « rayons cosmiques anormaux » sont également des particules qui sont accélérées dans l'héliosphère. Ce sont initialement des atomes neutres du gaz interstellaire (de l'hélium, de l'azote ou de l'oxygène), qui dérivent lentement dans l'héliosphère. Leur neutralité élec-

trique leur permet de traverser le champ magnétique qui barre l'accès de l'héliosphère interne à la plupart des autres particules. Cependant, au voisinage du Soleil, ces atomes sont ionisés par le rayonnement solaire ou par des collisions avec des ions du vent solaire. Les ions formés sont alors immédiatement happés par le champ magnétique environnant, et ils s'éloignent du Soleil, avec les autres particules. En révélant la nature des ions happés, la sonde *Ulysse* donnera une meilleure compréhension de l'évolution des ions piégés au sein de l'héliosphère et de la nature des atomes qui peuplent l'espace interstellaire.

Avant la mission *Ulysse*, on pensait que l'accélération des ions happés, et la création de rayons cosmiques anormaux, avaient lieu dans l'onde de choc qui limite l'héliosphère, une frontière fixe où le vent solaire ralentit brusquement et s'échauffe. La sonde *Ulysse* a démontré que des ondes de choc qui se propagent à l'intérieur du choc frontalier accélèrent aussi les ions happés.

Le nombre de ces ondes de choc, et de la plupart des phénomènes enregistrés par la sonde *Ulysse* pendant son premier tour polaire de l'héliosphère, varie périodiquement avec une période de onze ans, égale à celle de l'activité solaire.



5. LA VITESSE DU VENT SOLAIRE a été mesurée par la sonde *Ulysse*. Elle varie selon la latitude de la sonde (flèches noires) et selon l'orientation des pôles magnétiques du Soleil. Tant que la sonde était aux basses latitudes (a), elle ne rencontra que des vents équatoriaux lents (en vert). À des latitudes australes supérieures, la sonde s'est heurtée à des vents polaires rapides (en jaune) quand le Soleil tournait son pôle magnétique Sud vers la sonde (b) et à des vents lents quand ce pôle s'écartait (c). Puis, près de l'axe des pôles, les vents étaient continuellement rapides (d).

Par un heureux hasard, la sonde est passée au-dessus des deux pôles en 1994 et en 1995, quand le Soleil était calme ; les conditions aux calottes polaires du Soleil semblaient très simples. Quand la sonde repassera au-dessus des pôles, en 2000 et en 2001, l'activité du Soleil sera maximale. L'équipe d'astrophysiciens qui pilote *Ulysse* est impatiente de découvrir les modifications de l'espace péri-solaire à ce moment. La sonde fonctionne très bien ; elle envoie continuellement ses résultats de mesures vers la Terre, tout en tournant autour du Soleil. Les astrophysiciens ont déjà beaucoup appris, mais ils s'attendent encore à des moissons de résultats importants.

Edward SMITH et Richard MARSDEN sont coordinateurs scientifiques de la mission *Ulysse*.

The High Latitude Heliosphere, sous la direction de R.G. Marsden, Kluwer Academic Publishers, 1995.

R.G. MARSDEN et E.J. SMITH, *Ulysses : Solar Sojourner*, in *Sky and Telescope*, vol. 91, n° 3, pp. 24-31, mars 1996.

Ulysse est présentée sur le réseau Internet à l'adresse : <http://ulysses.jpl.nasa.gov/> and at <http://helio.estec.esa.nl/ulysses/welcome.html>, et <http://www.ifctr.mi.cnr.it/ulysses>

Lise Meitner et la fission nucléaire

RUTH LEWIN SIME

En critiquant des résultats expérimentaux et en indiquant les expériences à mener, Lise Meitner, exilée en Suède, fit découvrir la fission nucléaire à Fritz Strassmann et à Otto Hahn. Pourtant, seul ce dernier reçut le prix Nobel.

Tous les historiens savent qu'à la fin de l'année 1938 la surprise de la communauté scientifique fut générale quand des physiciens et des chimistes découvrirent qu'un neutron pouvait dissocier le noyau d'un atome. Aucune théorie physique n'avait prévu la fission nucléaire, et les découvreurs n'imaginaient pas que la fission nucléaire servirait à fabriquer des bombes ou à construire des centrales nucléaires.

La grande question d'histoire des sciences est de savoir qui a découvert la fission nucléaire. Elle a été longtemps débattue. La physicienne Lise Meitner et deux chimistes, Otto Hahn et Fritz Strassmann, ont travaillé pendant quatre ans, dans leur laboratoire de Berlin, avant de découvrir le phénomène. Pour échapper à la persécution des juifs par les nazis, Lise Meitner a fui l'Allemagne en 1938. Peu après, Otto Hahn et Fritz Strassmann annonçaient leur découverte ; quelques semaines plus tard, Lise Meitner et son neveu Otto Frisch publièrent l'interprétation théorique de la fission. Pourtant, Otto Hahn fut le seul lauréat du prix Nobel de chimie de 1944, décerné en 1945.

On suppose que Fritz Strassmann n'obtint pas le prix Nobel parce qu'il était le plus jeune de l'équipe et que les comités Nobel récompensent en général des scientifiques confirmés, plus âgés. En revanche, Lise Meitner avait la même expérience professionnelle qu'Otto Hahn. Pourquoi a-t-elle été exclue ? Pendant longtemps, Otto Hahn expliqua que la découverte reposait uniquement sur des expériences de

chimie qui avaient été réalisées après le départ de Lise Meitner. Ni elle, ni aucun physicien n'avaient contribué à son succès ; peut-être même l'avaient-ils retardé, affirmait-il.

Fritz Strassmann, dans l'ombre d'Otto Hahn, n'était pas de cet avis. Selon lui, Lise Meitner avait été leur guide intellectuel, et elle l'était restée après son départ de Berlin, par la correspondance régulière qu'elle avait avec Otto Hahn. Les documents récemment analysés par les historiens des sciences accréditent la thèse de Fritz Strassmann. Les publications scientifiques, tout d'abord, montrent combien les recherches qui menèrent à la découverte de la fission étaient pluridisciplinaires. Ce sont des questions de physique nucléaire qui ont été à l'origine de ces travaux ; des données et des hypothèses relevant à la fois de la chimie et de la physique les firent progresser dans la bonne (ou parfois la mauvaise) direction. De plus, des lettres privées révèlent que Lise Meitner apporta une contribution précieuse à la découverte.

Dans des circonstances normales, les comités Nobel auraient certainement reconnu sa contribution, mais plus rien n'était normal pendant la guerre. La politique antisémite du régime nazi chassa Lise Meitner de son laboratoire et de son pays, l'empêchant de cosigner avec Otto Hahn et Fritz Strassmann la publication de la découverte de la fission. Par crainte du pouvoir, Otto Hahn prit ses distances avec Lise Meitner et avec la physique juste après la découverte. Quelques années plus tard, les comités Nobel entérinèrent

cette injustice : des documents récemment publiés montrent que les comités ignoraient à quel point la découverte résultait d'une coopération étroite entre chimistes et physiciens, et qu'ils n'ont pas compris qu'Otto Hahn avait écarté Lise Meitner, non pas pour des raisons scientifiques, mais par opportunisme.

Lise Meitner s'exprima peu en public sur cette affaire, mais, en privé, elle disait qu'Otto Hahn « avait simplement oublié le passé », l'époque où ils avaient été des collègues et même des amis. Sans doute pensait-elle qu'avec le temps justice lui serait rendue, mais il fallut attendre 50 ans.

Les recherches sur l'uranium

Née à Vienne, où elle fit ses études, Lise Meitner s'installa à Berlin en 1907, alors qu'elle avait 29 ans. Elle fit équipe avec Otto Hahn, un chimiste de son âge, pour étudier la radioactivité, c'est-à-dire le mécanisme par lequel un noyau se transforme en un autre par émission de particules alpha (des noyaux d'hélium) ou bêta (des électrons). En 1918, ils découvrirent le protactinium, un élément radioactif de numéro atomique égal à 91 (il se trouve juste avant l'uranium dans la Classification périodique des éléments). Leurs carrières progressèrent de la même façon, et ils restèrent égaux tant sur le plan scientifique que professionnel : ils étaient tous deux professeurs à l'Institut de chimie Kaiser Wilhelm, Otto Hahn dirigeait le département de radiochimie et Lise Meitner celui de physique.

Au cours des années 1920, Otto Hahn explora les techniques de radiochimie, tandis que Lise Meitner s'intéressa à la physique nucléaire. Selon Otto Hahn, les recherches que fit Lise Meitner pendant cette période valurent une renommée internationale à l'Institut (bien plus que ses propres travaux). Sa notoriété et sa nationalité autrichienne protégèrent Lise Meitner lorsque Hitler accéda au pouvoir en 1933 : contrairement à la plupart des autres juifs, elle conserva son poste. Malgré le grand nombre de ses étudiants qui étaient de fervents nazis, elle ne partit pas d'elle-même, car elle était trop passionnée par la physique.

Les expériences d'Enrico Fermi et de ses collègues, à Rome, l'intéressaient tout particulièrement. Ces physiciens bombardaient les divers éléments chimiques avec des neutrons et ils observaient que les noyaux cibles changeaient peu : le neutron incident expulsait généralement un proton ou une particule alpha du noyau cible, rien de plus. Les noyaux lourds absorbaient parfois un des neutrons incidents ; dans le cas d'un élément radioactif, le noyau lourd se désintégrait en émettant invariablement un rayonnement bêta, se transformant en l'élément immédiatement supérieur dans la Classification périodique des éléments.

Toutefois, lorsque Enrico Fermi irradiait l'élément le plus lourd, l'uranium, avec des neutrons, il observait la formation de plusieurs nouveaux éléments émetteurs de rayonnement bêta, mais aucun n'avait les propriétés de l'uranium ou des éléments voisins. Il supposa prudemment qu'il avait synthétisé de nouveaux éléments situés au-delà de l'uranium : les «transuraniens». Les scientifiques du monde entier étaient fascinés.

Lise Meitner avait vérifié les résultats d'Enrico Fermi. Ces travaux correspondaient parfaitement à ses domaines d'intérêt et de compétence : elle fut l'une des premières femmes à faire partie de l'élite scientifique allemande et l'une des plus éminentes spécialistes de physique nucléaire de son temps. Toutefois, pour étudier ces nou-

veaux éléments transuraniens, il lui fallait le concours d'un radiochimiste expérimenté. D'abord réticent, Otto Hahn finit par accepter de l'aider, et Fritz Strassmann, chercheur à l'Institut de chimie analytique, se joignit à eux. Les trois scientifiques avaient des points de vue politiques convergents : Lise Meitner n'était pas aryenne, Otto Hahn était antinazi et

Fritz Strassmann avait refusé de faire partie de la Société chimique allemande liée au Parti national-socialiste, de sorte qu'il ne pouvait plus travailler ailleurs qu'à l'Institut.

Vers la fin de 1934, ils montrèrent que les émetteurs de rayonnement bêta observés par Enrico Fermi ne pouvaient être attribués à



1. LISE MEITNER (vers 1930 ; elle avait alors une cinquantaine d'années) fut un des physiciens les plus éminents de son temps. Bien qu'elle ait fumé et qu'elle ait été exposée à des substances radioactives durant toute sa carrière, elle vécut jusqu'à 90 ans.

© Atelier Lotte Meitner-Grat, Max-Planck-Gesellschaft, Berlin