



*Le Pr Martin Fleischmann (avec le crayon) montre la cellule électrolytique dans laquelle le Pr Pons et lui-même pensent avoir obtenu des réactions de fusion à froid.*

## La révolution scientifique de la fusion froide

par Marjorie Hecht

En annonçant le 29 mars 1989 qu'ils avaient obtenu des fusions nucléaires à des températures ordinaires dans une cuve électrolytique utilisant une cathode de palladium, les Drs Martin Fleischmann et Stanley Pons ont provoqué un choc dans la communauté scientifique mondiale. Cette conférence de presse organisée à l'Université de l'Utah a fait la une de la presse internationale, et des chercheurs du monde entier se sont précipités dans leurs laboratoires pour essayer de reproduire l'expérience apparemment simple qui produisait de la chaleur excédentaire à partir de l'eau lourde.

La promesse d'une source d'énergie virtuellement inépuisable grâce à la fusion thermonucléaire n'est pas nouvelle. Quarante ans de recherche assidues destinées à domestiquer le phénomène qui produit l'énergie du Soleil — la fusion de noyaux d'hydrogène avec la libération d'énergie — ont amené la fusion «chaude» tout près d'une utilisation commerciale. Mais la fusion conventionnelle requiert le chauffage et le confinement de gaz hydrogène ionisé (plasma) à des températures se mesurant en centaines de millions de degrés, dans de gigantesques réacteurs. Fleischmann et Pons parlaient quant à eux

d'un processus ayant lieu aux températures ordinaires, à l'état solide, et dans une cuve de petites dimensions.

Les travaux de Fleischmann et Pons remettaient en question certains concepts fondamentaux de la physique nucléaire et de la chimie. Des idées nouvelles étaient nécessaires. Aussi ne faut-il guère s'étonner que la communauté scientifique, la presse, les gouvernements et le public aient commencé à se polariser «en croyants et en non-croyants», pour reprendre l'expression d'un chercheur.

Les sceptiques doutaient que Fleischmann et Pons aient découvert quoi que ce soit de nouveau ; ils attribuaient les résultats rapportés à des erreurs de mesures, à la négligence ou même, comme l'ont prétendu deux chercheurs du laboratoire national de Brookhaven dans un article publié par le *New York Times*, à «de la science pathologique». Lors d'un séminaire scientifique organisé à Baltimore le 2 mai par l'American Physical Society, les sceptiques se montrèrent particulièrement désagréables et insultants à l'égard des partisans de la fusion froide. Ils allèrent même jusqu'à voter pour savoir si l'expérience marchait (comme si la vérité scientifique était affaire d'opinion...). Une attaque en règle vint également d'éco-

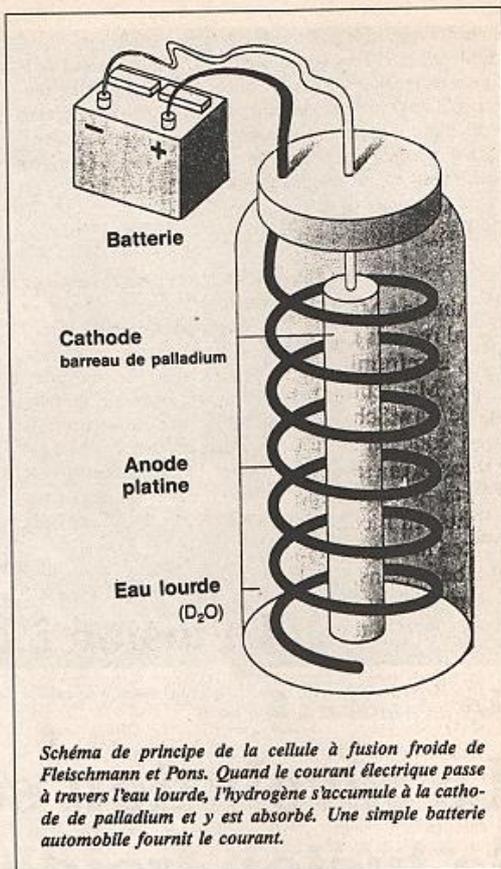
logistes comme Jeremy Rifkin, Barry Commoner et Paul Ehrlich, terrifiés à l'idée que la fusion froide, si elle marche, constitue une source inépuisable d'énergie qui mènerait à un redoublement de la croissance démographique. Comme l'a dit Rifkin, une telle source d'énergie bon marché serait «la pire chose qui puisse arriver à notre planète».

Mais dès la mi-avril, on apprenait que d'autres chercheurs commençaient à obtenir des résultats qui confirmaient, au moins en partie, les découvertes de Fleischmann et Pons. D'autre part, le Dr Steven Jones, chercheur à l'Université Brigham Young de Provo (Utah), fit état de ses propres recherches indépendantes (poursuivies depuis 1986) sur la fusion électrolytique dans toutes sortes de matériaux. Jones avait obtenu des quantités minuscules de fusion (cent mille milliards de fois moins que Fleischmann et Pons). Parmi les laboratoires américains qui annoncèrent des résultats positifs, on peut citer l'équipe du Pr John Bockris (Texas A&M), celle du Pr Robert Huggins (Stanford University), l'Université de Washington et Case Western Reserve.

Fleischmann, Pons et des représentants de l'Université de l'Utah ont comparu le 26 avril devant la commission des sciences, de l'espace et de la technologie de la Chambre des représentants pour obtenir des crédits fédéraux destinés à la fusion froide, tout en déclarant clairement qu'ils pensaient qu'il fallait financer à la fois la fusion froide et la fusion «chaude» (c'est-à-dire les programmes conventionnels). Fleischmann déclara notamment que, tandis que la fusion chaude produirait de l'électricité à l'échelle industrielle, les applications de la fusion froide seraient sans doute de plus petite échelle. Les représentants de l'Etat d'Utah suggérèrent un budget de 25 millions de dollars et annoncèrent que l'Utah avait déjà décidé d'y consacrer cinq millions de dollars.

Le ministère américain de l'Energie (DoE) organisa un séminaire de travail sur la fusion froide à Santa Fé (Nouveau Mexique) du 23 au 25 mai. Certaines communications confirmaient les résultats de Fleischmann et Pons, d'autres présentaient des résultats négatifs ou des raisons théoriques pour lesquelles la fusion froide était jugée impossible. Par la suite, un comité du DoE estima que la fusion froide méritait des recherches supplémentaires, mais préconisa une politique lente et prudente, en partie par crainte que les crédits accordés à la fusion chaude ne soient amputés.

Mais, tandis que les sceptiques accentuaient leur hostilité envers la fusion froide, prétendant qu'elle provenait d'une erreur, les annonces de résultats positifs (dégagement net de chaleur, production de neutrons et de tritium) continuaient de plus belle. Comme l'a remarqué un chercheur texan, c'est dans les «universités du tiers monde» (il voulait dire les universités moins prestigieuses, même aux Etats-Unis) que les chercheurs sont parvenus à répliquer les résultats de Fleischmann et Pons, et il faudrait donc travailler deux fois plus dur pour convaincre l'establishment scientifique des grandes universités de la célèbre *Ivy League* de la réalité du phénomène. La situation s'est si fortement polarisée que beaucoup d'expériences ne furent pas rendues publiques, tant les chercheurs et organismes craignaient d'essayer les quolibets de la



presse et de l'establishment scientifique. Dans certains cas, les expériences positives furent également tenues secrètes à l'instigation d'avocats spécialisés dans les affaires de brevets.

Le budget de cinq millions de dollars accordé par l'Utah permit l'ouverture en août 1989 d'un Institut national de la fusion froide, à l'Université de l'Utah, qui entreprit immédiatement une série d'expériences avec l'aide de chercheurs venus de tout le pays. A la fin de l'été, plusieurs équipes d'Inde et du Japon annonçaient des résultats positifs, et le gouvernement indien annonçait son intention de se préparer à commercialiser cette technique, car les résultats préliminaires indiquaient qu'il devait être possible de reproduire le phénomène en grand pour la production industrielle d'électricité à un coût compétitif.

Lors d'un séminaire à huis-clos organisé à Washington par la National Science Foundation et l'Electric Power Research Institute, du 16 au 18 octobre, auquel participèrent une cinquantaine de savants, dont Edward Teller (père de la bombe H américaine) et Paul Chu (l'un des pionniers de la supraconductivité à haute température), on aboutit à un consensus nettement plus «positif» que lors de manifestations analogues antérieures. La réunion

démontra que, si le phénomène n'était toujours pas compris, il était indiscutable que *quelque chose* produisait de la chaleur excédentaire, des neutrons et du tritium. Teller suggéra qu'il ne s'agissait peut-être pas de fusion à proprement parler, mais de réactions nucléaires autres dans lesquelles il y aurait échange catalytique de neutrons entre des noyaux de différents types, avec libération possible d'énergie.

### Qu'amènera l'avenir ?

Les chercheurs qui ont reproduit avec succès les résultats de Fleischmann et Pons sont convaincus que la fusion froide remplira ses promesses, pourvu qu'ils disposent de crédits suffisants pour poursuivre leurs recherches. Hal Fox, du Fusion Information Center, une compagnie privée créée pour promouvoir le développement de la fusion froide, essaie de mobiliser des investissements privés pour mettre au point rapidement des applications de la fusion froide. Comme Fox le montre dans l'article publié ci-dessous, les Japonais sont passés maîtres dans ce type de transfert de technologie, et les Etats-Unis devraient s'inspirer de ce modèle.

## La fusion à l'état solide

*Hal Fox, un ingénieur, a créé dès avril 1989 le Fusion Information Center, une société privée cherchant à promouvoir la recherche sur la fusion froide et ses applications. Cette société a commencé à publier un bulletin mensuel, Fusion Facts, qui est rapidement devenu l'une des meilleures sources d'information sur qui fait quoi dans le domaine de la fusion froide.*

*Fox et ses collègues au Fusion Information Center travaillent sur des applications possibles de la chaleur à relativement basse température que l'on obtient actuellement des cellules électrolytiques à fusion froide. Ils ont examiné notamment les possibilités suivantes : chauffe-eau pour les usages domestiques ou pour l'industrie ; production de vapeur à basse pression à des fins sanitaires ; chauffage central et chauffage des serres, des bâtiments agricoles, etc. ; dessalement des eaux saumâtres et salées et distillation de l'eau potable ; pompage à des fins d'irrigation ; traitement des eaux usées ; systèmes de chauffage pour l'industrie chimique ; traitement des aliments (cuisson) ; déshydratation de produits alimentaires ; systèmes de prévention du gel ; protection des vergers ; etc. En connectant un réacteur de fusion froide à des systèmes de conversion thermodynamique pour la production d'énergie mécanique ou électrique, on multiplie naturellement les applications possibles : petites sources d'énergie électrique dans les régions rurales isolées ; systèmes de conversion thermoélectrique directe ; petites voitures électriques (sans doute avec des batteries) ; systèmes d'alimentation électrique d'urgence (en cas de panne) ; source d'énergie pour des opérations à distance ; etc. D'après Fox, le coût de système de fusion froide pourrait être relativement élevé, mais le prix du carburant (le deutérium de l'eau lourde) est très bon marché (à peine*

Les dernières communications sur la fusion froide, présentées le 12 décembre à la réunion annuelle de la Société américaine des ingénieurs mécaniciens, à San Francisco, étaient suffisamment positives pour amener les sceptiques qui se respectent à bouffer leur chapeau. Une équipe du Laboratoire national d'Oak Ridge fit état de ses succès et remarqua : «La fusion froide est un fait. On ne peut la nier.»

Les nouveaux résultats annoncés par Robert Huggins, de Stanford, sont également impressionnants. Huggins, qui a fondé le laboratoire des ions dans les solides, est spécialisé dans le déplacement d'espèces chimiques dans les cristaux métalliques. Il fit état des résultats d'une seconde série d'expériences, dans lesquelles une cellule électrolytique isolée a produit un dégagement net de chaleur de l'ordre de 36 mégajoules (dix kilowattheures) en deux semaines. Il a déclaré à notre confrère *Twenty-First Century Science & Technology* que dès le printemps 1990, il aurait publié suffisamment de détails sur cette expérience et sur d'autres pour que n'importe quel laboratoire soit en mesure de produire un dégagement net d'énergie à partir de la fusion froide.

*plus d'un centime pour l'équivalent énergétique d'un litre d'essence). Ceci devrait donc rendre ces systèmes de fusion très intéressants.*

*Hal Fox a publié dans l'hebdomadaire Executive Intelligence Review deux articles dont nous reprenons ici la plus grande partie.*

### par Hal Fox

Le titre de «père de la fusion froide» pourrait être conféré au Dr Steven E. Jones, professeur de physique à l'université Brigham Young. Son équipe et lui-même ont démontré que la fusion peut avoir lieu pratiquement aux températures normales. Ils ont également montré ultérieurement qu'elle pouvait avoir lieu dans des électrolyseurs avec des métaux comme le palladium et le titane.

Le titre de «commercialisateurs de la fusion froide» doit être réservé aux Drs Stanley Pons et Martin Fleischmann qui, travaillant indépendamment et sans connaître les travaux de Jones, ont découvert que la fusion froide pouvait produire un excès de chaleur. Fleischmann et Pons ont mis au point leur cellule électrochimique à fusion froide sur leurs propres fonds, dans l'Université de l'Utah.

Après avoir soumis leur communication pour publication<sup>1</sup>, les Drs Fleischmann et Pons ont accepté d'organiser une conférence de presse pour annoncer leur découverte et contribuer à faire en sorte que les précautions expérimentales fussent prises par ceux qui chercheraient à reproduire leurs résultats. Cette découverte remarquable a été largement rapportée par la presse.

Il y a une explication simple à la réticence à accepter facilement cette découverte scientifique capitale. Une définition acceptable d'un fait scientifique est «un accord

étroit d'une série d'observations du même phénomène». C'est pourquoi beaucoup de savants ont cherché à reproduire l'effet Fleischmann-Pons, afin de juger des faits par eux-mêmes. Mais il n'y a pas d'explication simple à l'hostilité de plus en plus violente et aux campagnes de presse qui ont suivi.

Beaucoup de chercheurs ont entendu ou lu une déclaration de Fleischmann et Pons semblant indiquer que l'expérience de fusion pouvait être reproduite avec l'équipement simple dont dispose un étudiant de chimie de premier cycle. Ils annonçaient également qu'ils avaient travaillé depuis cinq ans pour obtenir ces résultats. On promulgua malheureusement l'idée qu'il était facile de reproduire l'expérience de Fleischmann et Pons. Tel n'est pas le cas. L'effet Fleischmann-Pons est une expérience électrochimique complexe, et n'est pas aisée à reproduire pour une personne sans expérience en électrochimie.

Un autre problème est la division des sciences en domaines de plus en plus étroits de recherche. Les chimistes doivent découvrir de nouveaux produits chimiques, et les physiciens de nouveaux «produits physiques». Avec la découverte de l'effet Fleischmann-Pons, on se retrouvait devant une fusion des disciplines de l'électrochimie et de la physique nucléaire. Jusqu'à présent, les chercheurs de l'une de ces disciplines ne lisaient pas les revues de l'autre.

Un physicien nucléaire du MIT a illustré une autre difficulté quand on l'a interrogé sur son air sombre : «Comment vous sentiriez-vous si vous étiez les frères Wright et si l'on vous apprenait que quelqu'un venait de construire un vaisseau spatial ?» Les physiciens nucléaires travaillant sur la fusion ont mis au point des machines complexes et chères pour mener des expériences de fusion requérant de hautes températures et de fortes pressions. Il ne fait guère de doute qu'ils virent dans la fusion à l'état solide une menace pour leurs budgets et leur travail.

En dépit de ces difficultés, il n'y a pas de raison scientifique honorable expliquant les actes hostiles de certains savants : (...)

— Les nombreux savants qui n'ont pas réussi à reproduire l'effet Fleischmann-Pons et ont accusé les deux chercheurs d'avoir commis une imposture.

— Les savants qui ont participé au séminaire de travail de Santa Fé (Nouveau Mexique) en mai 1989, qui étaient physiquement présents aux discussions sur les taux deutérium/palladium ; sur l'empoisonnement des électrodes de palladium ; sur les additifs non nommés aux électrolytes ; sur la difficulté de l'expérience ; etc., et qui n'ont absorbé aucune de ces complexités, sont retournés à leurs universités pour écrire de longs articles sur les résultats négatifs. Un exemple en est donné en référence 4.

— Les attaques personnelles sur l'intégrité de Pons, de Fleischmann et de ceux qui annonçaient des résultats favorables.

— Un vote sur la foi en la fusion froide. La science n'est pas fondée sur des croyances, mais sur des faits scientifiques.

— L'aveuglement et le refus de changer. On a affirmé que l'absence inattendue de neutrons démontrait qu'il n'y avait pas de réaction de fusion. La réalité est que des phénomènes nouveaux et importants avaient été observés.

## Progrès en Inde et au Japon

Des chercheurs indiens, travaillant dans des laboratoires nationaux du pays, avaient déjà fait quelques travaux sur l'électrolyse de l'eau lourde. C'est pourquoi, trois semaines seulement après l'annonce de l'effet Fleischmann-Pons, dix équipes de recherche indiennes avaient déjà reproduit tout ou partie de l'effet Fleischmann-Pons. De plus, une équipe a étendu ces recherches à l'utilisation du titane.<sup>5</sup>

Les chercheurs indiens ont conclu de leurs travaux que la quantité de chaleur dégagée actuellement par la fusion froide pourrait être utilisée pour concevoir une centrale électrique de puissance ayant approximativement la même densité énergétique qu'une centrale thermique au charbon. Avec 800 millions de bouches à nourrir, l'Inde considère que l'énergie est un aspect vital de sa croissance nationale. La fusion froide a ainsi rapidement obtenu le soutien des autorités gouvernementales, notamment du Dr Raja Ramanna, conseiller aux affaires de défense du premier ministre Rajiv Gandhi (Tous deux ont été remplacés depuis — NDLR).

Bien que les chercheurs japonais n'aient pas obtenu des résultats positifs aussi rapidement que leurs homologues indiens, ils se sont montrés persévérants, acharnés et peu enclins à condamner sans preuve les travaux des autres. Lors du séminaire de travail sur le phénomène de fusion froide de Santa Fé<sup>6</sup>, 13 savants japonais (Université de Tokyo, Institut de recherches physiques et chimiques, Université Yamanashi, Laboratoire national de physique des hautes énergies) signaient une communication portant sur la fusion dans la matière condensée.<sup>7</sup>

Les Japonais ont aussi appris à ce séminaire de Santa Fé. Dès le 31 juillet 1989, les chercheurs japonais ont pu organiser leur propre conférence de presse sur la fusion froide et annoncer que dix équipes avaient réussi à reproduire certaines parties au moins de l'effet Fleischmann-Pons. Le 1er août 1989, la presse japonaise a annoncé que 85 chercheurs appartenant à 15 organismes différents s'étaient organisés en trois groupes de recherche scientifique. Ces chercheurs sont chargés de promouvoir la fusion froide par des expériences, des études théoriques et des recherches sur les applications.

Aux Etats-Unis, en revanche, le pays de la découverte, le ministère de l'Energie a mis sur pied un Conseil sur la fusion froide. (...) Son rapport provisoire, publié en juillet 1989, recommandait entre autre de ne pas allouer pour l'instant de crédits publics à la recherche sur la fusion froide. Espérons que le rapport final sera modifié.

## Recherche aux Etats-Unis

L'Electrical Power Research Institute (EPRI), qui représente la plupart des compagnies électriques américaines, fut l'un des premiers organismes à financer la recherche sur la fusion froide. Une subvention existante à Texas A&M fut modifiée pour inclure les recherches sur la fusion froide. Les excellents travaux de divers professeurs de cet institut (...) ont permis de reproduire rapidement l'effet Fleischmann-Pons.<sup>8</sup>

L'EPRI s'est associé à la National Science Foundation

(NSF) pour organiser du 16 au 18 octobre un séminaire technique de trois jours dans la ville de Washington. (...) Les nombreuses communications positives ont fini par changer l'opinion de la presse, et la conférence de presse du 18 octobre a fait l'objet de nombreux articles favorables. Il faut féliciter l'EPRI, tant en raison des subventions qu'il a rapidement accordées que pour son rôle dans l'organisation de cette conférence importante.

En même temps, beaucoup de compagnies privées américaines ont participé activement aux recherches. Beaucoup des grandes compagnies, sinon la plupart, ont chargé un ou plusieurs chercheurs de suivre les progrès de la fusion froide. On estime que plus de vingt de ces laboratoires ont reproduit l'expérience Fleischmann-Pons, mais n'ont pas annoncé publiquement leurs résultats. (...)

#### Références

1. J. Rafelski et S. Jones, *Scientific American*, 267, pp. 84-89 (juillet 1987).
2. S.E. Jones, E.P. Palmer, etc., «Observation of Cold Nuclear Fusion

in Condensed Matter», *Nature*, 338, pp. 737-740 (1989)

3. M. Fleischmann, S. Pons et M. Hawkins, «Electrochemically Induced Nuclear Fusion in Deuterium», *J. Electroanal. Chem.*, 261, pp. 301-308, et *Erratum*, 263, p. 187 (1989).

4. D. Albagi, R. Ballinger, etc., «Measurement and Analysis of Neutron and Gamma Ray Emission Rates, Other Fusion Products, and Power in Electrochemical Cells Having Pd Cathodes», préparé en vue d'une publication dans *Journal of Fusion Energy*.

5. P. K. Iyengar (Bhabha Atomic Research Center, Trombay, Inde) dans «Cold Fusion Results in BARC Experiments (Fifth Internat. Conf. on Emerging Nuclear Energy Systems)», Karlsruhe (3-6 juill. 1989) déclare dans son résumé : «La très haute probabilité de la branche tritium dans les réactions de fusion froide (D-D) indiquerait un processus de transfert de neutrons à travers la barrière de potentiel, comme l'avait déjà postulé Oppenheimer il y a plus d'un demi-siècle et comme l'a élaboré plus récemment Rand McNally.» (Cf. Oppenheimer et Phillips, «Note on the Transmutation Function for Deuterons», *Phys. Rev.*, 48, 500 (1935)).

6. «Séminaire de travail sur les phénomènes de fusion froide», Santa Fé (Nouv. Mex.), 23-25 mai 1989.

7. Nagamine, etc., «Evidence Against Condensed Matter Fusion Induced by Cosmic-Ray Muons», Séminaire de travail de Santa Fé.

8. Jerry E. Bishop, «Fusion Test Matched But Mystery Persists», *Wall Street Journal*, mardi 11 avril 1989, p. B4.

## Ce que doit expliquer la théorie de la fusion

Par Hal Fox

Des travaux excellents sont en cours pour démontrer la réalité de la fusion froide. Comme des chercheurs de Texas A&M l'ont expliqué à juste titre : «Nous sommes conscients que, selon la théorie classique de la physique nucléaire, quand une réaction D-D (deutérium-deutérium) a lieu, le taux de production de neutrons doit être approximativement égal à celui de production de tritium. Ce n'est pas le cas dans le programme expérimental en question. Nous croyons qu'il est important de d'abord établir les faits sur la production de tritium aux électrodes. La théorie du confinement électrochimique sera discutée ailleurs.»<sup>1</sup>

Le but de cet article est de passer en revue les diverses observations scientifiques qui ont été faites à propos de la fusion à l'état solide et qu'il faut maintenant expliquer par une théorie générale.

**Production de neutrons dans des cristaux deutérés.** On a montré que des neutrons étaient libérés quand on fracturait un diélectrique deutéré. Deriagine et son équipe<sup>2</sup> ont fait état en 1985 d'une production de neutrons quand on cassait de la glace lourde (glace d'eau lourde D<sub>2</sub>O). Les mêmes chercheurs ont rapporté en 1989 la production de neutrons avec la fracture de titane.<sup>3</sup>

**Accroissement de la production de neutrons dans l'azote liquide.** La production de neutrons augmente quand les expériences sont réalisées dans l'azote liquide.

**Production de neutrons dans des cellules électrochimiques.** Beaucoup de savants ont démontré la production de neutrons dans une cellule électrochimique. Fleischmann et Pons (4) ont observé des neutrons au-dessus du bruit de fond avec l'utilisation d'un équipement inapproprié, et sont ultérieurement revenus en arrière. Wolf et Cie<sup>5</sup>, de Texas A&M, ont non seulement mesuré des neu-

trons, mais ont aussi montré que l'on peut dans une certaine mesure contrôler la réaction nucléaire qui produit des neutrons (communication personnelle). Jones et Cie, à l'Université Brigham Young, ont fermement établi que la fusion froide existe dans des réseaux métalliques dans des cellules électrochimiques sur la seule base de la mesure de neutrons. (6)

**Production de tritium.** Beaucoup de chercheurs dans le domaine ont établi la production de tritium par réactions nucléaires dans des électrolyseurs. La première communication fut celle de Fleischmann, Pons et Hawkins (4). Ce rapport a en outre été confirmé par Wolf et Cie<sup>5</sup>, et plus méticuleusement par Packham et Cie, à Texas A&M.<sup>1</sup> D'autres ont trouvé du tritium, notamment Iyengar en Inde. (7)

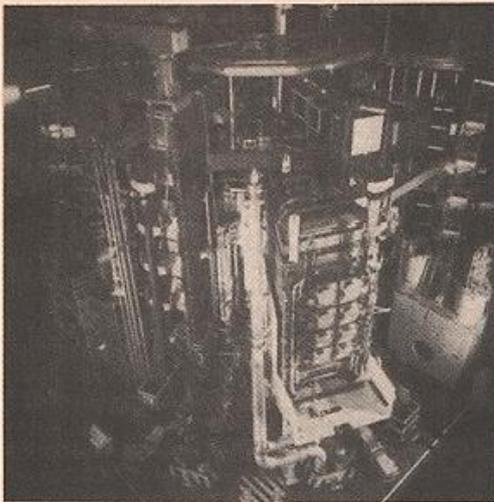
**Excès de chaleur.** Au moins deux réactions nucléaires qui ont lieu dans des cellules électrochimiques ont été clairement établies par la mesure des produits de réaction, des neutrons et du tritium. Ces deux réactions sont :



Fleischmann et Cie (4) remarquent : «L'aspect le plus surprenant de nos résultats est que les réactions 1 et 2 ne sont qu'une faible fraction de la réaction globale et que la plus grande partie de l'énergie libérée est due à un processus nucléaire, ou plusieurs, jusqu'à présent inconnu (sans doute dû aux deutérons).»

Beaucoup d'autres chercheurs, comme Oriani et Cie (8), ont mesuré un dégagement excédentaire de chaleur. Les autres ayant démontré ce dégagement de chaleur sont Huggins (9) et Appleby (10).

**La configuration de l'électrolyseur influe sur les réactions nucléaires.** Le Dr Kevin Wolf (communication per-



Le tokamak européen JET (à g.) et le laser américain SHIVA-NOVA (à dr.) sont à l'heure actuelle les deux plus grosses expériences de fusion «chaude» au monde.

sonnelle) a rapporté que l'utilisation d'une anode de platine semble favoriser la reproduction de neutrons — la réaction 1 — alors qu'une anode de nickel semble favoriser la production de tritium — la réaction 2.

En outre, le Dr Wolf a remarqué que pour une certaine configuration spécifique de la cellule électrochimique, l'accroissement de l'intensité du courant au-dessus de 150 milliampères par centimètre carré dans la cathode de palladium arrêteait la production de neutrons.

Le Dr Glen Schoessow, qui travaille à l'Université de Floride à Gainesville, affirmerait être en mesure de contrôler les réactions nucléaires dans un électrolyseur à fusion.

La théorie de la fusion nucléaire, en se développant, devra expliquer ces phénomènes observés.

**Réactions nucléaires dans le titane.** Plusieurs chercheurs ont découvert que le titane, après avoir été chargé de deutérium gazeux, produira des neutrons ou des bouffées de production neutronique. La référence 3 concerne la fracturation de titane. Ninno et Cie (11), à Frascati (Italie), ont réalisé des expériences dans lesquelles du titane était chargé de deutérium gazeux sous une pression d'environ 50 atmosphères, réfrigéré dans l'azote liquide puis laissé à se réchauffer. Iyenyar (7) fait état de disques de titane chargés et placés entre des feuilles de films de radiographie que la formation de tritium et la désintégration radioactive avaient impressionnées.

La théorie devra expliquer pourquoi la production de tritium a lieu de façon sporadique et pourquoi elle dépend de la réfrigération et du réchauffement.

**Réactions nucléaires impliquant le lithium.** Le Dr John Appleby dit à juste titre que les expériences portent «sur le palladium et le deutérium en présence de lithium». Dans la référence 10, Appleby et Cie rapportent une expérience dans laquelle du deutéroxyde de sodium remplace le deutéroxyde de lithium dans la cellule de fusion (alors

qu'elle produit un dégagement mesurable de chaleur). Il en résulte un dégagement très faible (mais non nul) de chaleur excédentaire. Si l'on remet du deutéroxyde de lithium, le dégagement de chaleur reprend.

Il faut réaliser des expériences permettant de déterminer si le lithium participe à la réaction nucléaire, ou s'il joue seulement un rôle de catalyse. Les théoriciens ont besoin de ce type de renseignement spécifique pour pouvoir élaborer une théorie globale.

**Le rapport d'embranchement neutron/tritium.** En physique des hautes énergies, on observe que les réactions nucléaires 1 et 2 ont lieu avec des fréquences approximativement égales. Bien qu'Oppenheimer (12) ait discuté de la question de l'embranchement en 1935, beaucoup de chercheurs de haut niveau s'attendent à trouver des fréquences égales dans les réseaux de palladium à basse énergie (voir la citation du premier paragraphe).

Beaucoup de chercheurs qui ont reproduit l'effet Fleischmann-Pons ont découvert que l'on ne trouvait pas des fréquences identiques pour les deux réactions. En fait, les expériences ont démontré qu'il est beaucoup plus facile de construire une cellule à fusion produisant du tritium que d'obtenir des neutrons. Les références 4, 5 et 7 rapportent toutes des résultats d'expériences dans lesquelles la production de tritium dépasse la production de neutrons.

**On trouve du tritium dans les émanations gazeuses des volcans.** La théorie de la fusion froide devrait expliquer pourquoi les volcans émettent du tritium. (6)

**On ne trouve pas d'hélium dans les réseaux de palladium.** Une vérification expérimentale supplémentaire est nécessaire. Cependant, à l'heure actuelle, il n'y a aucune communication connue dans laquelle on rapporte avoir retrouvé de l'hélium-3 ou de l'hélium-4 dans le réseau de palladium ou dans l'électrolyte de la cellule de fusion en quantités suffisantes pour constituer un sous-produit de

fusion. Dans un cas (Bockris, dans un discours à l'Université de l'Utah), on rapporte que le niveau de tritium a d'abord augmenté, puis a décliné presque exponentiellement.

On a suggéré (communication personnelle de Collins) que l'hélium formé lors de réactions nucléaires pourrait être rapidement détruit par d'autres réactions nucléaires n'ayant pas encore été mises en évidence. Ceci pourrait être la raison de la disparition de tritium dans au moins une des expériences.

**Bouffées de chaleur à court et à long termes.** Des bouffées de chaleur ont été observées par de nombreux chercheurs, dont Fleischmann et Cie (4), Iyengar (7), Oriani (8) et Wadsworth (13). Ces bouffées d'activité nucléaire s'arrêtent et recommencent, et peuvent durer depuis quelques minutes jusqu'à plusieurs jours. On ne comprend pour l'instant pas cet effet.

### Résumé

La liste ci-dessus est longue, mais toutes ces observations sont soit bien démontrées, soit en cours d'analyse pour publication. Dans la plupart des cas, les chercheurs mentionnés poursuivent leurs recherches, et leurs noms doivent donc être utilisés pour toute recherche d'articles. Pour les scientifiques travaillant dans ce domaine nouveau et excitant de la fusion froide, tels sont les faits qui ont été observés. Ces scientifiques multiplient rapidement nos connaissances sur la fusion froide et les phénomènes connexes.

### Référence

1. N.J.C. Packham, K.L. Wolf, J.C. Wass, R.C. Kainthla & J. O'M. Bockris (Texas A&M), «Production of Tritium from D<sub>2</sub>O Electrolysis at a Palladium Cathode» (à paraître).

2. B.V. Deryagine, V.A. Kluev, A.G. Lipson & Y.P. Toporov, «Possibility of Nuclear Reactions During the Fracture of Solids», Institut de chimie physique, Académie des Sciences d'URSS, Moscou, traduit en anglais à partir d'un article publié dans *Kolloidnyi Journal*, Vol. 48, No. 1, pp. 12-14 (janv.-fév. 1986). Article original soumis le 21 octobre 1985. (UDC 539.375:539.1). (Avec dix références.)
3. B.V. Deryagin, A.G. Lipson, V.A. Kluev, D.M. Sakov & Y.P. Toporov, «Titanium Fracture Yields Neutrons?» *Nature*, Vol. 341, Oct. 12, 1989, p. 492. (Avec 8 références.)
4. M. Fleischmann, S. Pons & M. Hawkins, «Electrochemically Induced Nuclear Fusion of Deutérium», *J. Electroanal. Chem.*, pp. 301-308, et erratum, 263, p. 187 (1989).
5. K.L. Wolf, N.J.C. Packham, D.R. Lawson, J. Shoemaker, F. Cheng & J.C. Wass (Texas A&M), «Neutron Emission and the Tritium Content Associated with Deuterium Loaded Palladium and Titanium Metals», comptes-rendus du Séminaire de travail sur les phénomènes de fusion froide, 23-25 mai 1989, Santa Fé, Nouveau Mexique.
6. S.E. Jones, E.P. Palmer, J.B. Czirr, D.L. Decker, G.L. Jensen, J.M. Thorne, S.F. Taylor & J. Rafelski, «Observations on Cold Nuclear Fusion in Condensed Matter», *Nature*, 338, pp. 737-740 (1989).
7. P.K. Iyengar (BARC, Trombay, Inde), dans «Cold Fusion Reseuls in BARC Experiments» (Fifth International Conference on Emerging Nuclear Energy Systems, Karlsruhe, RFA, 3-6 juillet 1989), déclare dans son résumé : «La très haute probabilité de la réaction produisant du tritium dans les réactions de fusion froide (D-D) indiquerait un processus de transfert de neutrons à travers la barrière de potentiel, comme l'avait postulé Oppenheimer il y a plus d'un demi-siècle et comme l'a élaboré plus récemment Rand McNally» (cf. Oppenheimer et Philips, «Note on the Transmutation Function for Deuterons, *Phys. Rev.*, 48, 500, 1935).
8. R.A. Rriani, J.C. Nelson, S.K. Lee & J.H. Broadhurst, «Calorimetric Measurements of Anomalous Power Produced by Cathodic Charging of Deuterium into Palladium», présenté à la réunion de l'Electrochemical Society à Hollywood, Floride, mardi 19 octobre 1989.
9. A. Belzner, U. Bischler, S. Crouch-Baker, R.M. Gur, E. Lucier, M. Schreiber & R.A. Huggins, communication sans titre présentée par Huggins au Séminaire de travail de Santa Fé.
10. A.J. Appleby, S. Srinivasan, Y.J. Kim, O.J. Murphy & C.R. Martin, «Evidence for Excess Heat Generation Rates During Electrolysis of D<sub>2</sub>O in LiOD Using a Palladium Cathode — a Microcalorimetric Study», Séminaire de travail de Santa Fé.
11. A. De Ninno, A. Frattolillo, G. Lollobattista, L. Martinis, M. Martone, L. More, S. Podda & F. Scaramuzzi (Centro Ricerche Energia Frascati), «Neutron Emission for a Titanium-Deuterium System», Séminaire de travail de Santa Fé.
12. J.R. Oppenheimer & M. Philips, «Note on the Transmission Function for Deuterons, *Phys. Rev.*, 48, 500-502 (1935).
13. M. Wadsworth (Univ. of Utah), «To be obtained», NSF/EPRI Workshop on Anomalous Effects in Deuterated Materials, 16-18 octobre 1989.