

*Les recherches sur la fusion froide entrent peu à peu dans une ère plus calme et productive. La 4ème conférence internationale vient d'avoir lieu au début du mois de décembre à Hawaï. La signature nucléaire est maintenant confirmée par de très nombreux chercheurs, dont les Italiens et l'équipe du Massachusetts Institute of Technology, récemment rejointe par le Russe Kuchero. Le MITI japonais a décidé de confier la maîtrise d'œuvre de son programme de recherche à l'IMRA, institut où travaillent Pons et Fleischmann. En France, la situation est relativement bloquée. Espérons que le nouveau Haut-Commissaire, Raoul Dautray, homme ouvert, saura changer le comportement stupide encore en cours au CEA, consistant à menacer tous ceux qui veulent continuer les recherches. Encourageons la liberté de penser !*

Le phénomène de dégagement calorifique attribué à des réactions de « fusion froide » présente des caractéristiques tout à fait particulières qui ne sont explicables par aucune théorie physique connue. Les faits les plus intrigants sont le faible nombre de neutrons observés, le caractère pulsé et aléatoire des réactions observées, et les difficultés à obtenir des résultats reproductibles.

En face d'un phénomène entièrement nouveau, il est parfois nécessaire de répondre par une théorie de même nature. C'est un exercice périlleux, mais il faut quelquefois s'y résoudre. A l'évidence, l'explication correcte du phénomène de fusion froide nécessite un saut conceptuel.

# Théorie de la Diafluidité

par  
Fabrice DAVID

Je propose ici une théorie qui pourra paraître audacieuse mais qui a le mérite de prendre en compte les résultats observés et de pouvoir être confirmée ou infirmée par quelques expériences simples.

Je postule que dans certaines conditions, une certaine proportion des noyaux de deutérium à l'intérieur du réseau cristallin du palladium se trouve découplée de l'agitation thermique et se rassemble dans un niveau d'énergie unique (le niveau fondamental). Les noyaux de deutérium étant des bosons, ils se trouveraient donc décrits par une fonction d'onde unique. Les noyaux de deutérium seraient donc placés, au moins pour une certaine quantité d'entre eux, dans un état analogue à l'état Superfluide de l'hélium-4, mais à l'intérieur du réseau cristallin du palladium. Je propose pour cet état particulier le vocable de « **diafluidité** ».

Il y aurait une différence de température d'environ 300k entre les deutons et le réseau de palladium environnant. C'est difficile à concevoir mais remarquons que la physique des plasmas nous donne des exemples encore plus extraordinaires de découplage thermique : dans certains plasmas, la différence de température entre les électrons et les noyaux peut dépasser plusieurs dizaines de milliers de degrés.

La diafluidité permettrait d'expliquer l'extraordinaire capacité du deutérium à diffuser à travers le palladium massif à température ambiante. Etonnés par cette anomalie, les premiers physiciens qui ont étudié ce métal l'expliquaient par d'hypothétiques « micropores » qui n'ont jamais été mis en évidence.

Par analogie avec l'hélium superfluide, on peut penser que les noyaux *diafluides* sont dispersés dans tout le volume du palladium et non pas localisés en amas. Il est aussi possible que les microcristaux de la pièce de palladium délimitent des microdomaines isolés des autres d'un point de vue quantique. Cela aurait évidemment des conséquences tout à fait différentes. Seule l'expérience pourra nous renseigner sur ce point.

L'énergie produite par la fusion de deux noyaux de deutérium en un noyau d'hélium serait donc transmise à l'ensemble des noyaux de deutérium et ensuite seulement au réseau cristallin du palladium, sous forme de chaleur (dans la fusion classique, l'énergie est emportée sous forme d'énergie cinétique par les produits de fusion : tritium+proton ou hélium-3+neutron, ou plus rarement, sous forme d'un rayon gamma de 24 Mev.).

Dans l'état diafluide, l'énergie transmise à l'ensemble des noyaux

de deutérium pourrait se localiser sous l'effet de fluctuations quantiques dans certains noyaux qui deviendraient des *deutons balistiques virtuels* et fusionneraient immédiatement (fusion en chaîne). Il suffirait que ces deutons balistiques aient une énergie d'environ 20 keV pour fusionner. En supposant un rendement parfait, une fusion libérant 24 MeV pourrait en théorie entraîner un millier de nouvelles fusions.

L'énergie libérée ferait passer rapidement un nombre de deutons important dans un état d'énergie supérieur, ce qui supprimerait la diafluidité et stopperait la réaction au bout d'un laps de temps très court. Ceci expliquerait le caractère pulsé et autolimité du dégagement d'énergie, les quelques neutrons observés étant émis de façon marginale en fin de chaîne, lors de l'extinction du processus. (avec production simultanée d'hélium-3, de tritium et de protons)

L'énergie calorifique finalement transmise au palladium devrait pro-

duire une brusque dilatation pouvant être mise en évidence par des microphones sensibles sous forme de faibles claquements, corrélés avec les bouffées de neutrons (ce qui aurait été observé par une équipe russe).

On voit tout de suite que l'énergie émise à chaque « pulse » doit varier de façon non linéaire avec la masse totale de l'échantillon de palladium. Une telle observation, surprenante a priori, a justement été notée par plusieurs expérimentateurs.

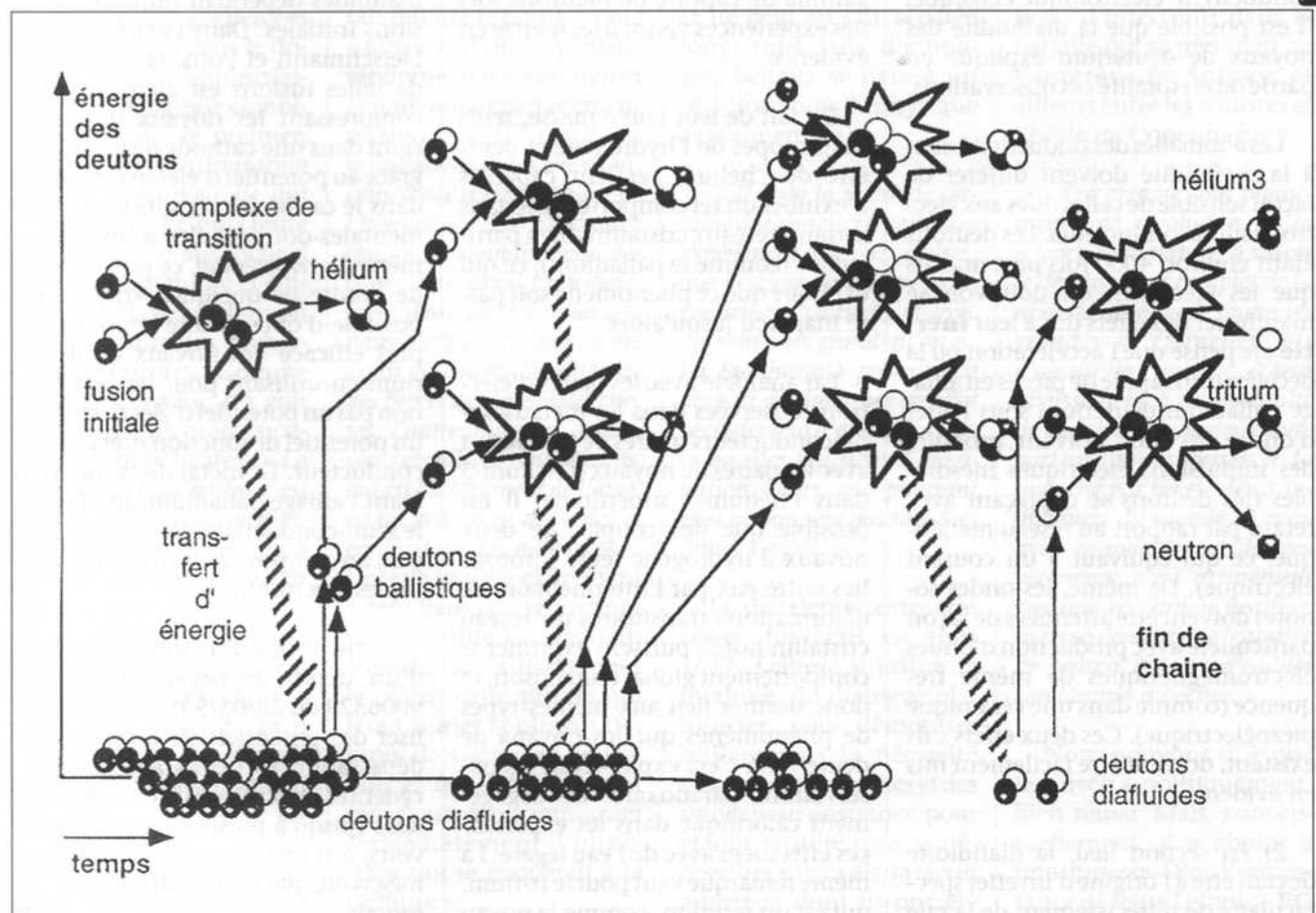
Au bout d'un certain laps de temps, les noyaux de deutérium retomberaient sur le niveau de basse énergie, régénérant ainsi l'état Diafluide et le cycle pourrait ainsi être ré-initié par un événement unique de fusion (ou un nombre limité de tels événements).

La première fusion pourrait être une fusion spontanée (très rare sauf dans la phase métallique du cœur des planètes géantes où la masse énorme de deutérium compense la faiblesse

du taux de fusion spontanée), soit une fusion « facilitée » par un système expérimental adéquat augmentant la densité des noyaux ou leur énergie (à l'aide d'un champ électrique dans l'expérience de Fleischmann et Pons, mais aussi, probablement, par accélération de deutons sur une cible de palladium/deutérium).

Les muons du rayonnement cosmique, par leur pouvoir de catalyseurs de fusion, pourraient aussi provoquer ces fusions initiales. Certains auteurs (Winter, *Phys. rew.* 85-687, 1952) ont affirmé que le palladium naturel était légèrement radioactif, ce qui n'a pas été confirmé. Cela pourrait être dû aux réactions de fusion des faibles quantités de deutérium toujours présentes dans les échantillons de palladium.

Il serait intéressant, dans cette optique, de mesurer la température d'équilibre d'une masse importante de palladium chargé de deutérium isolée dans un calorimètre (en l'absence de toutes connexions électri-



ques). Obtiendrait-on une température supérieure à l'ambiante ?

L'hypothèse de la diafluidité peut facilement être mise à l'épreuve de deux autres façons au moins :

1) Les noyaux de deutérium étant chargés, leur diafluidité produira des anomalies de conductivité mesurables par les méthodes classiques d'étude de la supraconductivité (absorption micro-onde, recherche d'effet Meisner à basse température,...).

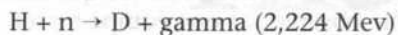
Remarquons tout de suite une conséquence importante de la diafluidité : le phénomène de fusion froide doit avoir lieu d'autant plus facilement que la température est plus basse.

De façon troublante, alors que le palladium pur n'est pas supraconducteur, l'alliage palladium/deutérium présente des propriétés supraconductrices (Johnson et. al. *Modern Physics Letters*, 3, 1989, 795-803). Cela a été interprété en termes de supraconductivité électronique classique. Il est possible que la diafluidité des noyaux de deutérium explique en partie ou en totalité ces observations.

Les anomalies de conductivité dues à la diafluidité doivent différer de façon sensible de celles dues aux électrons supraconducteurs. Les deutons étant environ 4000 fois plus massifs que les électrons, on doit voir se manifester des effets dus à leur **inertie** : je pense que l'accélération ou la décélération rapide de pièces en alliage palladium/deutérium sous l'effet d'ondes de choc doivent produire des impulsions électriques mesurables (les deutons se déplaçant avec retard par rapport au réseau métallique, ce qui équivaut à un courant électrique). De même, les ondes sonores doivent être atténuées de façon particulière avec production d'ondes électromagnétiques de même fréquence (comme dans une céramique piézoélectrique). Ces deux effets s'ils existent, doivent être facilement mis en évidence.

2) En second lieu, la diafluidité devrait être à l'origine d'un effet spectaculaire de rétrécissement de la raie

gamma due à la réaction de capture des neutrons par les noyaux d'hydrogène (toujours présents en faible quantité dans le palladium)



En effet, les noyaux de deutérium étant dans un état d'énergie unique, l'agitation thermique ne vient plus élargir la raie gamma par effet Doppler. Les noyaux étant liés par la même fonction d'onde, il n'y a plus de recul du noyau, ce qui diminue encore la largeur de la raie et la décale vers les courtes longueurs d'ondes. Ces deux effets, décalage et rétrécissement de la raie gamma, devraient être aisément mesurables par les techniques bien rodées utilisées pour les études de l'effet Mössbauer. Cependant, l'effet macroscopique le plus considérable serait la possibilité d'une *absorption résonnante* de cette même raie : le palladium chargé de deutérium deviendrait fortement absorbant pour cette radiation. Ceci pourrait contribuer à expliquer en partie le caractère évanescent des rayons gamma de capture de neutrons lors des expériences visant à les mettre en évidence.

Du fait de leur faible masse, seuls des isotopes de l'hydrogène et peut-être de l'hélium seraient capables d'exhiber un tel comportement dans certains réseaux cristallins bien particuliers (comme le palladium), ce qui explique que ce phénomène soit passé inaperçu jusqu'alors.

Par analogie avec les paires d'électrons observées dans les métaux supraconducteurs (paires de Cooper) et avec les paires de noyaux d'hélium-3 dans l'hélium-3 superfluide, il est possible que des couples de deux noyaux d'hydrogène léger (protons liés entre eux par l'intermédiaire de déformations transitoires du réseau cristallin hôte), puissent exprimer le comportement global d'un boson, et donc donner lieu aux mêmes types de phénomènes que les noyaux de deutérium. Ceci expliquerait les observations paradoxales de dégagement calorifique dans les expériences effectuées avec de l'eau légère. La même remarque vaut pour le tritium, qui est un fermion, comme le noyau

d'hydrogène. La probabilité de la réaction DT étant bien supérieure à celle de la réaction DD, le tritium produit à chaque fin de « pulse » est immédiatement consommé lors des cycles suivants et la quantité totale de tritium se stabilise à un niveau très bas : ceci explique que l'on n'ait jamais pu mettre en évidence de quantités importantes de cet isotope radioactif lors de l'analyse de palladium ayant servi à des expériences de « fusion froide ». Seuls demeureraient parmi les « produits de fusion » l'hélium-4 (ayant tendance à diffuser rapidement hors du palladium et difficile à distinguer de l'hélium atmosphérique) et une petite quantité d'hélium-3, proportionnelle au faible taux de neutrons, c'est-à-dire largement en dessous des possibilités des méthodes d'analyse usuelles.

#### ● Note sur les nouvelles directions expérimentales

Nous venons de postuler que l'intensité du dégagement d'énergie dans un système contenant des deutons diafluides dépendait du taux de fusions initiales. Dans l'expérience de Fleischmann et Pons, la probabilité de telles fusions est augmentée en compressant les noyaux de deutérium dans une cathode de palladium grâce au potentiel d'électrode. Même dans le cas où les conditions expérimentales donnent lieu à un phénomène d'*overpotential*, ce potentiel est de l'ordre de quelques Volts. Il est possible d'obtenir une compression plus efficace des noyaux de deutérium en utilisant pour les confiner, non pas un potentiel d'électrode mais un potentiel de jonction métal-semi-conducteur. Le métal de la jonction étant l'alliage palladium/deutérium, le semi-conducteur étant du silicium ou un composé de même caractéristiques électroniques.

Cette disposition, qui a fait l'objet d'un dépôt de brevet (brevet n. 9006329 du 22/05/90) conduit à utiliser des potentiels de confinement dépassant ceux des expériences précédentes de plusieurs ordres de grandeur (jusqu'à plusieurs centaines de volts, soit un champ de l'ordre de 10 mégavolts par mètre dans la zone de jonction). ■