

**Rapport sur  
L'International Conference on Cold Fusion ICCF9  
Pékin, Chine  
20-24 mai 2002**

**Jean Paul Biberian  
CRMC2-CNRS  
Département de Physique  
Faculté des Sciences de Luminy  
138 Avenue de Luminy  
13288 Marseille cedex 9  
tél : + 33 660 14 04 85  
[biberian@crmc2.univ-mrs.fr](mailto:biberian@crmc2.univ-mrs.fr)**

## 1 - Introduction

La neuvième conférence internationale sur la fusion froide ICCF9 s'est tenue à Pékin en Chine, du 20 au 24 mai. Une centaine de personnes de 15 nationalités différentes y ont participé. Elle était organisée par le Professeur Xing Z. Li, de l'Université de Tsinghua. Ce fut l'occasion de prendre connaissance des derniers développements sur le sujet.

Une analyse globale fait apparaître quelques points intéressants : Cinq pays sont particulièrement dynamiques dans ce secteur de la recherche :

- La Chine, qui travaille depuis le début, voit son programme s'amplifier avec de nouvelles personnes s'intéressant au sujet. En particulier plusieurs thésards sont engagés dans ce programme. Aussi bien des expérimentateurs que des théoriciens. Le financement est entièrement public ;
- Le Japon, continue de manière académique mais aussi dans l'industrie (Mitsubishi Heavy Industries). C'est un des pays les plus actifs. Le financement est à la fois public et privé.
- Les Etats-Unis, qui poursuivent des programmes à la fois universitaires (Portland University, University of Illinois, MIT...), mais aussi des entreprises privées, et des chercheurs isolés.
- L'Italie avec de nombreuses équipes en particulier à l'ENEA, Frascati, mais aussi chez l'industriel Pirelli. C'est une région dynamique avec un soutien officiel. Martin Fleischmann collabore avec l'ENEA.
- La Russie, on y compte 32 équipes qui y travaillent activement sur des fonds privés. Ils organisent des conférences nationales, la prochaine aura lieu en octobre 2002, et des réunions mensuelles.

## 2 Les résultats expérimentaux

### 2.1 - La production de chaleur

Le paramètre qui a été le plus regardé depuis les débuts de la fusion froide en 1989 est la production de chaleur. Cette conférence a été l'occasion de confirmer ces résultats avec différentes techniques :

#### 2.1.1 - La diffusion gazeuse

Plusieurs équipes ont montré que de la chaleur anormale se produisait lorsque du deutérium passait au travers de films de palladium-nickel

- X.Z. Li, Pékin, a fait des expériences de perméation à travers des tubes de palladium chauffé recouverts de nickel montrant un excès de chaleur.
- X.Z. Li, montre dans un calorimètre de type Calvet la production d'excès de chaleur dans un fil de palladium chargé en deutérium, au cours du pompage du gaz .
- Case, produit de la chaleur sur un catalyseur au palladium dans une atmosphère de deutérium à 200°C.
- W.Win a mesuré un excès de chaleur dans un système chargé au deutérium correspondant à 13 keV par atome de palladium.
- Narita a montré un fort dégagement de chaleur quand du deutérium gazeux passe à travers une feuille de palladium recouverte d'une couche de MnOx
- Kirkinski montre la production d'un excès de chaleur par calorimétrie différentielle sur des poudres de palladium chargées en deutérium.

### **2.1.2 - Les expériences en électrolyse en D<sub>2</sub>O**

- Warner et Dash ont montré 30% d'excès de chaleur avec des électrodes de titane écroui et avec des fentes en forme de peigne pour augmenter la surface de contact.
- Miles, observe un excès de chaleur de 15 % dans une électrolyse avec co-déposition de palladium sur une cathode de cuivre.

### **2.1.3 - Les expériences en électrolyse en H<sub>2</sub>O**

- Case observe un dégagement de chaleur dans une électrolyse avec NaOH comme électrolyte, et un catalyseur au Palladium à 0.5% comme cathode.
- Q.M. Wei a reproduit l'expérience de Case avec comme cathode un catalyseur au palladium.
- Miley observe un dégagement de chaleur de 30% avec une cathode faite de multi-couches Ni-Pd.
- Ota a reproduit les expériences de type Patterson, c'est à dire l'électrolyse de billes de nickel recouvertes de palladium. Il observe un dégagement de chaleur de 50 % dans 6 cas, et aucun dégagement de chaleur dans 18 autres expériences.
- Swartz et Hagelstein ont montré que l'électrolyse du nickel en eau légère produisait un excès de chaleur de 50%, mais un rajout de 15% d'eau lourde améliorerait encore les rendements.

### **2.1.4 - Les films minces**

- De Nino de l'ENEA Frascati, en Italie a montré des dégagements de chaleur importants lorsqu'elle fait l'électrolyse d'eau lourde sur une cathode de palladium déposé sur un substrat d'alumine. La cathode a la forme d'un film mince de 100 cm de long, 54µm de large et 2µm d'épaisseur .

## **2.2 - Les rayonnements**

### **2.2.1 - Electrolyse**

- Lipson et Miley montrent la production de protons de 1.7 MeV, et de particules alpha de 13.5 MeV en faisant l'électrolyse en H<sub>2</sub>O de multicouches Ni-Pd.
- Mizuno montre une production de neutrons dans des expériences d'électrolyse d'eau lourde, puis d'eau légère sur des électrodes de palladium.
- Violante observe la production de rayons-X au cours de l'électrolyse de films de palladium déposés sur du polyéthylène. Il n'observe rien dans le cas de cathodes en cuivre ou nickel.

### **2.2.2 - Décharges plasma**

- Dash montre dans une décharge plasma avec cible d'uranium l'émission de rayonnements alpha, bêta et gamma.

## **2.3 - Les transmutations**

### **2.3.1 - Diffusion gazeuse**

- Iwamura, Mitsubishi Heavy Industries, Japon a montré qu'en faisant passer du deutérium gazeux à la pression atmosphérique ordinaire à travers une feuille de palladium de 100  $\mu\text{m}$  d'épaisseur recouverte d'une multicouche CaO/Pd/Pd-Cs, il observe la transmutation du  $^{133}_{55}\text{Cs}$  en  $^{141}_{59}\text{Pr}$ . La mesure a été faite in situ en temps réel par XPS, ceci exclu toute possibilité d'artefact, et ex situ en fin d'expérience par SIMS. Dans les mêmes conditions, avec la multicouche CaO/Pd/Pd-Sr, il observe la transmutation du  $^{88}_{38}\text{Sr}$  en  $^{96}_{42}\text{Mo}$ . Le molybdène qui possède 7 isotopes naturels n'en présente quasiment plus qu'un dans cette expérience, montrant de manière in équivoque que ce matériau a été fabriqué par transmutation à partir du strontium.

### **2.3.2 - Electrolyse**

- Yamada a observé la présence de baryum sur des électrodes de palladium après électrolyse en  $\text{H}_2\text{O}$ .

### **2.3.3 - Décharges plasma**

- Dash a montré dans des décharges plasmas en atmosphère deutérium sur des électrodes en uranium naturel et appauvri une augmentation de la radioactivité de l'uranium après 550 heures de fonctionnement. Il a observé une augmentation de la quantité de thorium-234. Il observe également une augmentation de l'émission  $K\alpha$  et  $K\beta$  de l'uranium
- Ohmuri, a observé la formation de K-41 sur des électrodes de rhénium durant des décharges plasma en électrolyse haute tension.
- Karabut mesure une émission de rayons-X de la surface d'une cathode de palladium et d'autres métaux, avec une énergie comprise entre 1.2 et 2.8 keV, alors que la tension de décharge est comprise entre 0.85 et 1.6 keV.

### **2.3.4 - Sonofusion**

- Par sonofusion, Arata a montré la production d'hélium-4, d'hélium-3 et de tritium. En faisant de la cavitation dans de l'eau lourde avec une cible d'argent.
- Stringham montre la production d'He-3 et He-4 dans des expériences de cavitation en  $\text{D}_2\text{O}$ .

### **2.3.5 - Transmutations biologiques**

- Vysotskii a montré par SIMS – TOF l'apparition de Fe-54 dans des bactéries Azotobakter chroococcum.

## **2.4 - Le chargement en deutérium**

- Celani a montré que le rajout de chlorure de mercure avec de l'alcool deutéré permettait d'obtenir de forts taux de chargement dans l'électrolyse de fils de palladium de 50 $\mu$ m de diamètre
- Biberian et Lonchamp ont montré une nouvelle voie de chargement du palladium en phase gaz avec un électrolyte solide polymère conducteur protonique .
- Gamberale des laboratoires Pirelli, a montré une forte augmentation de la capacité calorifique des composés PdH<sub>x</sub> à fort taux de chargement par électrolyse de fils de palladium.
- Arata a montré que dans des amas de palladium de 5 nm dans ZrO<sub>2</sub>, il obtenait des chargements PdH<sub>x</sub>, avec x=3 pour une pression de 100 atmosphères.
- Spallone a montré un taux de chargement proche de l'unité avec différents types d'électrolytes.

## **3 - Les théories**

### **3.1 - Couplage phonons**

- Hagelstein du MIT a calculé qu'un couplage entre molécules D<sub>2</sub> dans une lacune octaédrique du palladium pouvait être en résonance avec un atome d'He-4 dans le réseau situé à une distance de l'ordre du  $\mu$ m par l'intermédiaire des phonons optiques du réseau. Il en déduit que pour réaliser la fusion du deutérium, il fallait la présence préalable d'He-4, et une excitation des phonons du palladium. Cela serait possible par diffusion du deutérium à travers une couche de potentiel chimique différent. Son modèle qui s'appuie sur un formalisme de mécanique quantique classique explique la quasi totalité des résultats expérimentaux observés.

### **3.2 - Ecrantage électronique**

- Del Giudice d'Italie a montré que des résultats expérimentaux par effet Hall datant de 1970 indiquent que le palladium chargé d'hydrogène PdH<sub>x</sub>, avait un nombre d'électrons libres supérieur à 1 pour x>0.7 et pouvait atteindre 6 pour x=1.2. Alors qu'à faible concentration d'hydrogène, il y a 0.7 électrons dans la bande de conduction. La grande quantité d'électrons dans la bande conduction peut produire un écrantage favorisant les réaction D+D $\rightarrow$  He-4.

### **3.3 - Domaines cohérents**

- Fleischmann l'un des deux découvreurs de la fusion froide avec Pons pense que des domaines cohérents de deutérium se produisent au sein du matériau, et que l'électrodynamique quantique explique les résultats de la fusion froide ;
- Tsuchiya propose un modèle de condensat de Bose dans des lacunes métalliques.

### **3.4 - Micro-cracks**

- Frisone calcule que la probabilité d'une réaction  $D+D \rightarrow He-4$  est augmentée de 2 à 3 ordres de grandeur dans des microcracks du palladium.

## **4 - Les enseignements**

Cette conférence nous a montré que les points importants dans le succès d'une expérience de fusion froide étaient les suivants :

1. Il est nécessaire d'avoir une ou plusieurs interfaces entre des matériaux ayant des travaux de sortie ou des potentiels chimiques différents
2. Un flux de deutérium ou hydrogène créé soit de manière électrique à travers les couches, soit par champ électrique dans les couches elles mêmes, soit par diffusion gazeuse.
3. Un taux de chargement local important en deutérium ou hydrogène

## **5 - Conclusion**

Cette neuvième réunion s'est achevée sur une note positive de la part des participants. Nous avons été satisfaits des progrès réalisés tant du point de vue théorique qu'expérimental. Les preuves de la réalité de cette nouvelle science ont été clairement apportées. Les dégagements de chaleur sont maintenant reproductibles, aussi bien dans les expériences d'électrolyse que dans celles de diffusion gazeuse, ou d'électromigration. Les « cendres nucléaires » sont de plusieurs natures : hélium-3 et hélium-4, tritium, transmutation et fission. Plusieurs théories sont proposées pour expliquer les mécanismes en jeu, mais c'est certainement celle de Hagelstein qui est la plus quantitative, en utilisant le formalisme de la mécanique quantique traditionnel appliqué au solide.

A titre personnel, ce qui m'a le plus marqué au cours de cette conférence est l'expérience de transmutation du césium et du strontium réalisée à Mitsubishi, dont l'importance est primordiale, et qui sera publiée au Japanese Journal of Applied Physics en juillet 2002. L'ensemble des résultats observés en couche mince ou dans des poudres est également très encourageant. Par ailleurs la théorie d'Hagelstein me paraît très séduisante, puisqu'elle donne une explication des phénomènes observés à ce jour, et indique quels sont les paramètres importants pour l'amélioration des résultats.

Cette nouvelle science qui concerne les réactions nucléaires en milieu condensés ne fait que commencer, il reste encore beaucoup de chemin à parcourir pour comprendre toutes les potentialités de ce nouveau domaine de la recherche. Les critiques qui avaient été apportées en 1989 n'ont plus de raison d'être, nous avons maintenant des expériences réalisées dans de nombreux laboratoires qui confirment les premiers travaux de Pons et Fleischmann. Les arguments théoriques qui avaient été avancés à l'époque pour rejeter les observations des deux électrochimistes ne sont pas valables, puisqu'ils utilisaient des résultats théoriques et expérimentaux provenant des milieux dilués. Nous sommes ici dans un tout autre domaine de la science où des effets à  $n$  corps doivent être pris en compte : écrantage électronique dans les solides, couplage avec les phonons du réseau.

Il a été décidé :

- La publication d'un ouvrage collectif de type « review book » regroupant les résultats les plus importants.
- La création d'une revue spécialisée dont le titre serait : Journal of Condensed Matter Nuclear Science.
- La création en parallèle d'une revue électronique.
- La prochaine conférence ICCF10 sera organisée par le Professeur Peter Hagelstein du MIT de Boston, et devrait se dérouler en octobre 2003.