

Les monopôles : une nouvelle fenêtre d'observation sur l'univers physique

Fusion a déjà présenté les aspects expérimentaux et théoriques des monopôles (voir Fusion n°93).

Depuis, les choses ont bien avancé. Au point que l'on retrouve maintenant une convergence entre des expériences de nature très différente, de la fusion froide au laser gamma. Nous en rendons compte ici et présentons quelques applications industrielles possibles pour ces nouveaux phénomènes physiques. Encore exotiques il y a quelques années, ils pourraient prendre une importance considérable au cours de ce siècle.

EMMANUEL GRENIER

Autour des expériences dites de « fusion froide », mais pas seulement, une évolution radicale de la physique est en cours depuis une quinzaine d'années. Les dogmes régnant depuis le début du siècle dernier, selon lesquels il existait une frontière infranchissable entre le monde de la chimie et celui de la physique nucléaire, sont en train d'être balayés.

A travers de nombreux modèles expérimentaux, très divers, on est en train d'établir qu'il est possible de changer les processus nucléaires en intervenant sur les couches électroniques et en utilisant les forces d'interaction dites « faibles ». Donc qu'il est possible de passer du monde moléculaire, où se déroulent les réactions chimiques, au monde nucléaire, que l'on pensait accessible seulement aux appareils gigantesques comme les accélérateurs de particules, les tokamaks capables de maintenir des plasmas à des températures de plusieurs millions de degrés, ou encore les réacteurs nucléaires.

Le monde nucléaire réservé à la « big science », cette idée est en train de tomber. Déjà, les lasers femtosecondes atteignent des densités de flux énergétique suffisantes pour agir sur les processus nucléaires. Carl Collins, directeur du Centre d'électronique quantique de l'université du Texas, arrive à obtenir un rayonne-

ment gamma en bombardant des atomes de hafnium avec des rayons X. On peut désormais envisager d'arriver au « laser ultime », un laser à rayons gamma qui serait un formidable outil d'observation et d'action sur l'univers, aux applications médicales et industrielles multiples.

Pour réaliser des transmutations, il faut obligatoirement modifier le noyau. Non seulement en changeant le nombre de neutrons (ce qui se passe lorsque l'on passe d'un isotope à l'autre) mais encore en changeant le nombre de protons. Or, pour ajouter par exemple un proton (chargé positivement) à un noyau déjà existant (chargé positivement lui aussi), il faut surmonter ce que l'on appelle la « barrière coulombienne », du nom du physicien qui a donné son nom à la charge électrique élémentaire.

L'idée de la barrière coulombienne dérive directement d'une vision réductionniste du monde électromagnétique. Selon cette vision newtonienne, deux particules de même charge se repoussent avec une force d'autant plus élevée qu'elles sont proches l'une de l'autre. Pour vaincre cette force électromagnétique et parvenir à une situation où domine la force nucléaire forte (celle qui assure la cohésion des noyaux), il faudrait donc des énergies considérables, telles que celles qui sont mises en jeu dans les grands instruments que nous avons cités plus haut.

Mais cette notion statique a déjà été réfutée par Gauss et Weber, qui avaient montré que l'interaction de

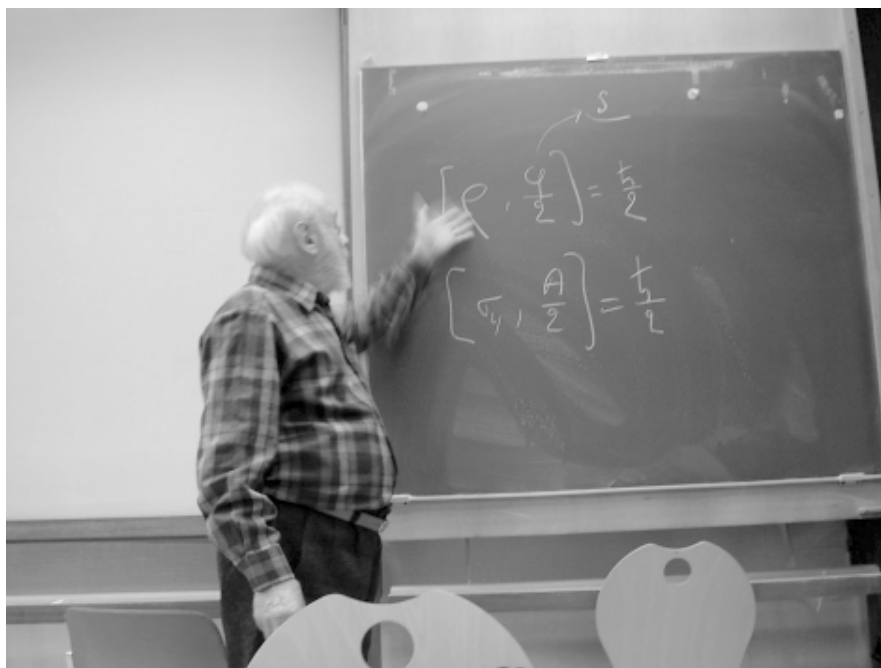
deux particules chargées dépend de leurs vitesses respectives. Weber, particulièrement, avait démontré que les forces électromagnétiques pouvaient avoir un caractère catalytique.

Et il existe désormais un certain nombre d'indices expérimentaux sérieux que l'on peut avoir des transmutations à température relativement basse, voire à température ambiante. Il ne s'agit pas seulement de la fusion froide, dont nous avons longuement parlé dans ces colonnes, en défendant toujours le point de vue que cette anomalie physique méritait des recherches supplémentaires plutôt que des insultes, en dépit de la maladresse de certains de ses zélateurs. Elle est en train de revenir sur le devant de la scène, après avoir vécu dans l'ombre pendant une dizaine d'années. Alors que la prochaine conférence internationale sur la fusion froide (ICCF 11) se tiendra à Marseille en septembre prochain, de nombreuses revues scientifiques reviennent sur leurs positions antérieures. Ainsi, en France, *Science & Vie*, après avoir longtemps qualifié la fusion froide de « science pathologique », consacre sa couverture de son numéro de mai 2004 à « l'alchimie », passant ainsi d'un extrême à l'autre. Sous ce titre accrocheur, elle revient sur la fusion froide et fait un tour très rapide des phénomènes de transmutation. Elle se montre particulièrement impressionnée par le fait que le Département américain de l'énergie ait décidé de rouvrir ce dossier controversé en commandant un rapport sur le sujet qui devrait être rendu début 2005. Comme quoi, il faut souvent un signal venu des Etats-Unis pour faire changer d'avis les journalistes français...

Pas au point toutefois d'aller contre la communauté officielle de la physique française en soutenant les idées de Georges Lochak (voir *Fusion* n°93) en matière de monopôles, qui ne sont qu'effleurées dans leur article.

La conférence de l'Ecole des Mines

Lochak fut pourtant le principal organisateur, avec la Fondation Louis de Broglie qu'il préside, d'une conférence ayant eu lieu à l'Ecole des Mi-



Georges Lochak, l'un des principaux organisateurs, avec la Fondation Louis de Broglie qu'il préside, d'une conférence ayant eu lieu à l'Ecole des Mines de Paris au sujet de la transmutation à basse énergie. Ici, il explicite Dirac, dont les théories sont à la base de ses recherches sur les monopôles.

nes de Paris au sujet de la transmutation à basse énergie (26 et 27 novembre 2003). Au cours de cette conférence, de très nombreux résultats expérimentaux réalisés dans le monde entier ont été présentés. Des tentatives d'explication théoriques ont été proposées et débattues. Outre Georges Lochak, organisateur, on trouvait, parmi les Français, Jacques Dufour. Cet ancien directeur scientifique de Shell-France travaille désormais dans le laboratoire des sciences nucléaires de Jacques Foos au CNAM. Son dispositif expérimental est basé sur un fil de palladium ou de tungstène très fin (diamètre 100 microns), soumis à des impulsions électriques de différentes formes. On mesure la puissance consommée (par le chauffage électrique du fil) et la puissance dégagée (avec un calorimètre à flux). Dufour obtient des puissances additionnelles de plusieurs centaines de milliwatts.

Son explication théorique est basée sur un état métastable de l'hydrogène - l'hydrex - prédit par des calculs d'électrodynamique quantique mais non prouvé expérimentalement. Il aurait la taille nucléaire et une durée de vie comprise entre le centième de seconde et quelques secondes.

Dans le métal expérimenté, il se formerait un cluster d'hydrex autour d'un noyau du réseau métallique. Ce noyau subirait une fission. Les neutrons interagiraient avec l'hydrex pour former de l'hélium, sans émission de rayons gamma puisque l'énergie de la réaction peut être transformée en énergie cinétique distribuée sur les produits mis en jeu dans cette réaction multicorps. Une hypothèse qui a le mérite de faire sauter le problème théorique de la fusion froide (pas ou très peu d'émission gamma dans les réactions nucléaires), mais qui demande encore de nombreux approfondissements.

Assistaient également à cette conférence de nombreux physiciens russes impliqués dans des expériences de transmutation, et notamment Leonid Ouroutskoïev, de l'Institut Kourtchatov, qui est un peu le CEA russe. Ce dernier pense que l'on ne doit pas séparer la physique atomique de la physique nucléaire dans les processus affectant le noyau. Il estime qu'il est désormais confirmé expérimentalement que le changement des états électroniques de l'atome (le comportement des couches d'électron) influence le taux de décroissance radioactive. Il envisage la possibi-

lité de maîtriser ce changement par des champs magnétiques intenses. Des émetteurs bêta, comme le césium, émettent des monopôles lorsqu'ils sont soumis à un champ magnétique.

Devant la conférence de Paris, il a rappelé les résultats qu'il avait obtenus en soumettant des électrodes de titane pur plongées dans de l'eau à une décharge électrique de $5\,000\text{ V}^1$ (voir figure ci-contre) : la teneur en titane 48 diminuait notablement (jusqu'à 10 % alors que la précision de ses mesures est de 1 %) sans constater d'augmentation correspondante pour les autres isotopes du titane (46,

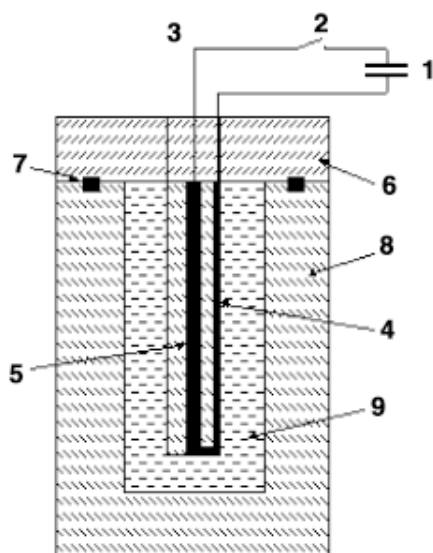
47, 49, 50). Par contre, Ouroutskoïev détectait par spectrométrie de masse une forte augmentation du contenu en impuretés dans l'eau (plus de dix fois le contenu initial), en proportion du titane 48 disparu. Ces résultats extraordinaires furent reproduits et confirmés par l'équipe de Kuznetsov à l'Institut unifié des recherches nucléaires (Joint Institute of Nuclear Research, JINR) de Doubna. ²Le JINR est le correspondant de l'Institut de physique nucléaire de l'université d'Orsay (IPN) avec qui il étudie les désintégrations par cluster sur le modèle de la désintégration exotique du ^{223}Ra .

Dans les deux cas, aussi bien à l'Institut Kourtchatov qu'au JINR, on n'a pas trouvé de rayonnement gamma résiduel, ce qui signifie qu'il n'y a pas eu de noyaux excités au cours du processus. Autrement dit, la barrière coulombienne n'a pas été abattue par un mécanisme de type accélération de particules. De même, le fait que l'on n'ait pas détecté de neutrons en excès significatif au cours de ces expériences montre que les transmutations observées n'ont pas été le fait des forces d'interaction fortes.

Des modèles pour le rayonnement étrange

Voici le modèle général possible. Par une décharge électrique, on fabrique un plasma, les électrodes par lesquelles ce plasma va être généré présentent un caractère « fractal » (qu'il s'agisse d'électrodes de carbone obtenues par frittage, ou de poussières métalliques se formant dans une explosion électrique). Du fait du caractère fractal des électrodes, des électrons sont émis sous forme de clusters d'électrons. A l'intérieur de ces clusters se produisent des interactions entre noyaux. Le phénomène joue sur la notion de « fractale » à l'intérieur du cluster, une anomalie de l'espace qui permet l'enclenchement d'une résonance « Grand Système de Poincaré » dans le plasma, au sens de la conception d'Ilya Prigogine. C'est par cette résonance que se produit le franchissement de la barrière de Coulomb. (Attention à ne pas confondre le caractère fractal des électrodes et le caractère également fractal des clusters d'électrons, c'est la même mathématique mais pas le même registre dimensionnel.)

Cette résonance permet la formation de gros noyaux instables, qui fissionnent rapidement en noyaux plus lourds et plus légers. Préférentiellement Ni-Fe (nickel et fer) et Si-Al (silicium et aluminium) mais bien d'autres éléments sont possibles : sodium, magnésium, chrome, cuivre, zinc, etc. Il y aurait alors émission d'un ou plusieurs monopôles. Ces monopôles laissent des traces sur les plaques photographiques qui pourraient correspondre à des particules électrisées d'une énergie de l'ordre de 900 MeV à 1 GeV. Ce qui expliquerait



1. Batterie de condensateurs. 2. Commutateur. 3. Câble. 4. Feuille.
5. Electrode. 6. Couvercle en polyéthylène. 7. Fixation du couvercle.
8. Chambre d'explosion. 9. Eau distillée.

Schéma de l'expérience d'Ouroutskoïev. La batterie de condensateurs se déchargeait sur la feuille placée dans l'eau. La réserve d'énergie d'une batterie de condensateur avec une tension de charge $U \sim 4,8\text{ kV}$ a été de $W \sim 50\text{ kJ}$. Le commutateur de la batterie était du type trigatron. Avant la charge, l'énergie était transportée dans les câbles (3) d'une inductance $L = 0,4\ \mu\text{H}$. Une feuille de titane (Ti) servait de charge et elle était soudée à des électrodes en titane (5) par chauffage direct. Les électrodes étaient fixées sur le couvercle en polyéthylène (6), lequel à son tour tenait par une fixation (7) à la chambre d'explosion (8), réalisée également en polyéthylène. La chambre d'explosion représentait un tore avec huit orifices (9) répartis à distance égale sur la circonférence et par lesquels on introduisait l'eau. Dans la majorité des expériences décrites, on a utilisé l'eau distillée en tant que liquide de travail. Le nombre de charges dans les différentes expériences variait de 1 à 8. Les oscillographes analogiques et les transformateurs analogiques numériques rapides, connectés à des ordinateurs, enregistraient les signaux électriques.

↳ aussi la balance énergétique de l'opération.

On peut noter d'une part que Ni-Fe et Si-Al sont difficilement transmutables, d'autre part qu'il s'agit des composants préférentiels de notre planète bleue. Ce qui au passage est rassurant quant à sa stabilité !

Les monopôles créés produisent dans leur voisinage proche un champ magnétique très intense de l'ordre du giga-Gauss, ce champ magnétique transforme les cortèges électroniques voisins en vortex, ce qui induit une nouvelle série de transmutions par capture K. D'où des résultats finaux de transmutation très hétérogènes. Seules des tendances générales se dégagent.

Michel Rambaut, un chercheur français qui travaille depuis longtemps sur une explication théorique de la fusion froide, a élaboré un modèle indépendant, mais complémentaire de celui de Georges Lochak : Rambaut justifie la production de monopôles alors que Lochak les caractérise. Rambaut s'est en effet d'abord intéressé aux expériences menées par un autre Russe, Koutchevov^{3,4}. Il s'agissait de décharges lumineuses dans du deutérium gazeux à basse pression, effectuées dans une chambre d'expérience de 10 dm³. La pression du deutérium gazeux était comprise entre 3 et 10 torrs, la tension de décharge entre 100 et 500 V et le courant de décharge entre 10 et 100 mA. Contrairement à la fusion froide, qui ne produit des réactions nucléaires que de façon statistique, ces expériences fournissaient des résultats inattendus de façon systématique, résumés ainsi par Michel Rambaut dans sa présentation à la journée de l'Ecole des Mines.

1) Des mesures calorimétriques faites lors de 78 expériences successives indiquaient qu'il y avait production d'une puissance en excès de 33 W, par rapport à la puissance nécessaire pour maintenir la décharge diffuse dans la chambre, avec un rendement de 500 %. La quantité d'énergie mesurable avec une précision suffisante était de 6 kJ. Les expérimentateurs faisaient remarquer avec raison, qu'une telle quantité d'énergie ne pouvait être d'origine chimique ; la combustion du deutérium aurait fourni 800 J, mais il n'y avait pas d'oxygène dans le dispositif, disponible pour une telle combustion.

2) La chaleur en excès, dont envi-



Guennady Messiat.

ron 90 % était libérée à la cathode, était corrélée avec la variation du flux de neutrons, mais pas avec son énergie.

3) La production de l'isotope ⁴He était privilégiée dans le processus, alors que celle de ³He était qualifiée de « faible ».

4) Il y avait une production prépondérante de particules chargées, transportant 10⁶ fois plus d'énergie que les neutrons.

5) Le spectre gamma indiquait aussi la production de fissions, montrant l'apparition, dans la cathode en palladium, de divers isotopes, en particulier ceux du rubidium.

En résumé, il était montré très nettement, par ces expériences, que le phénomène de fusion nucléaire par mise en condition froide, existait, mais aussi que des processus divers de fission étaient possibles dans le milieu mis en condition.

Accumulations d'électrons

Michel Rambaut a ensuite élaboré une théorie^{5,6} basée sur la résonance harmonique et l'accumulation d'électrons, permettant d'expliquer les phénomènes observés, aussi bien dans le cadre des expériences de fusion froide « classiques » (électrolyse d'eau lourde avec électrodes de palladium) que dans les autres modèles où l'on observe des transmutions. Selon lui, il faut réunir quatre conditions pour que le milieu soit mis en condition pour produire des réactions de fusion nucléaire :

1) l'ionisation doit être aussi bonne que possible, ce qui signifie que le milieu se transforme en plasma froid ;

2) le milieu doit être capable de produire des électrons libres en quantité suffisante ;

3) il doit y avoir lancement d'une résonance de type Grand Système de Poincaré au sens d'Ilya Prigogine, ce lancement se produisant automatiquement par création d'un puits de potentiel entre les deux noyaux ; ce GSP rend quasiment libres les ions du plasma ;

4) l'accumulation d'électrons dans le milieu (la répartition spatiale en trois dimensions est régie par la loi de Poisson), autour de deutérons en collision, ce qui entraîne l'« abaissement » de la barrière de Coulomb (en fait, elle est toujours là, c'est la GSP avec son puits de potentiel qui fait qu'elle semble s'être abaissée).

Ces accumulations d'électrons (*clusters*) ont été mises en évidence par les travaux de Guennady Messiat, actuel vice-président de l'Académie des Sciences russe, et de Kenneth Shoulders, dont les recherches ont été encouragées par Richard Feynman. Messiat découvrit le phénomène dès 1966 et le nomma « émission électronique explosive » ou « ecton ». Shoulders, de son côté, parlait d'« *electrum validum* »⁷. Il s'agit bien du même phénomène, découvert par deux voies très différentes mais possédant néanmoins les mêmes caractéristiques : l'accumulation d'électrons (ou cluster) est un objet macroscopique doté de qualités quantiques.

Si les clusters d'électrons sont peu nombreux et leur dimension très petite, le Grand Système de Poincaré ne démarrera que de façon statistique. Ce qu'ont constaté les nombreux expérimentateurs ayant travaillé sur le modèle classique de la fusion froide (électrolyse d'eau lourde avec électrodes de palladium), parce que le substrat de palladium se dégradait très vite, rendant la reproduction extrêmement aléatoire. Rambaut a de toute façon montré que, même si la réaction démarre, la puissance dégagée est limitée à un maximum de quelques centaines de milliwatts, quelle que soit la dimension du spécimen. Ce qui enterre les applications industrielles possibles de la « fusion froide » telles qu'envisagées initialement, de façon trop enthousiaste, par ses promoteurs.



De gauche à droite, Pierre Olivero, électricien « courant fort », Michel Rambaut, physicien, André Clerc-Renaud, sismologue, Jean-Marie Arnaudès, mathématicien et Henri Lehn, ingénieur consultant Arts & Métiers. Ce dernier et Rambaut ont tous deux joué un grand rôle dans l'élaboration et la diffusion des connaissances sur les réactions nucléaires par mise en condition froide.

Des applications industrielles

Par contre, Rambaut affirme que l'on peut envisager de développer d'autres applications industrielles, au vu des résultats obtenus dans le monde entier :

1) Un générateur d'énergie dont le carburant serait un liquide deutéré (de l'eau lourde ou de l'acétone deutérée, entre autres candidats), liquide qui jouerait en même temps le rôle de caloporteur primaire. « *Les puissances thermiques envisagées peuvent être considérables et non limitées comme dans le cadre de la fusion froide* » souligne Rambaut.

2) Un transmutateur d'éléments utilisable notamment pour le retraitement des déchets nucléaires. « *Les premiers résultats d'essais menés à l'Institut Kourchatov montrent qu'une transmutation des actinides [les éléments radioactifs à vie longue les plus gênants des déchets nucléaires] est possible avec un taux de 15 % en masse sur une seule décharge électrique* » souligne Rambaut. Ces actinides seraient transformés vers des pôles de stabilité du tableau de Mendeleïev que sont Si-Al et Ni-Fe. Le rendement de transmutation serait environ 1 g de métal transformé pour 3 kWh consommés.

A 0,3 euros du kilowattheure (tarif grosse consommation en heures creuses pour la France) et sachant qu'un habitant français génère environ 5 g par an de déchets nucléaires de type C (les actinides à longue durée de vie), le processus devient économiquement envisageable.

3) On peut aussi envisager un nouveau type de réacteur nucléaire : les changements de structure des nuages électroniques (mis en vortex par les champs magnétiques ultrapuissants des monopôles) conduisent à l'augmentation considérable des sections efficaces, jusqu'à des valeurs de l'ordre de 100 barns. Rappelons que la section efficace est la mesure de la probabilité d'interaction d'une particule avec un noyau cible, exprimée en barns ($1 \text{ barn} = 10^{-24} \text{ cm}^2$). Dans le cas du neutron par exemple, elle définit sa probabilité d'interaction avec les noyaux de la matière des différents constituants du cœur. Plus la section efficace est élevée, plus petite est la masse critique. Ce qui veut dire que l'on pourrait envisager un réacteur nucléaire contenant seulement une dizaine de kilos d'uranium naturel, dont les réactions en chaîne seraient entraînées par bombardement de monopôles magnétiques. On n'en est pas là, certes. Mais les résultats obtenus

sont déjà très encourageants.

Au-delà des applications industrielles envisageables, il est clair que les monopôles peuvent représenter pour notre connaissance ce que fut la lunette de Galilée ou encore les observations astronomiques en rayons X : une nouvelle fenêtre d'observation sur l'univers physique. Quelles que soient les incertitudes qui entourent encore les résultats obtenus par les équipes qui travaillent dans le monde entier sur les réactions de transmutation à basse énergie, il est scandaleux que les instituts de recherche occidentaux ne consacrent pas plus de moyens à cette voie de recherche potentiellement si féconde. ■

Références

1. L. I. Ouroutskoïev, V. I. Liksonov, V. G. Tsinoïev, « Observation expérimentale d'un rayonnement « étrange » et transmutation d'éléments chimiques », Journal de radioélectronique, n°3, 2000 (En russe). Traduit en français dans Fusion n°93.
2. V. D. Kouznetsov, Gh. V. Mychinski, V. I. Arbousov, V. I. Jemenik, « Expériences de contrôle portant sur l'effet d'une transmutation froide des éléments », Rapport interne de l'Institut unifié des recherches nucléaires (Joint Institute of Nuclear Research, JINR), Doubna, Russie.
3. A. B. Karabut, Ya. R. Kucherov et I. B. Savvatimova, Fusion Technology, 20 (1991) 924.
4. A. B. Karabut, Ya. R. Kucherov et I. B. Savvatimova, « Nuclear product ratio for glow discharge in deuterium », Physics Letters A, 170 (1992) 265-272.
5. M. Rambaut, « Account of Cold Fusion by screening and harmonic oscillator resonance », Transactions of Fusion Technology, volume 26, Number 4T, 486-492, December 1994.
6. M. Rambaut. Proceedings of the 5th International Conference on Cold Fusion (ICCF5), p. 623, « Experimental Evidences for the Harmonic Oscillator Resonance and Electron Accumulation Model of Cold Fusion ».
7. K. et S. Shoulders, « Observations on the Role of Charge Clusters in Nuclear Cluster Reactions », J. of New Energy, Fall 1996, Vol. 1, no 3.
8. M. Rambaut, Physics Letters A 163 (1992), 335-342, 30 March 1992, « Capillary fusion through Coulomb barrier screening in turbulent processes generated by high intensity current pulses ».
9. M. Rambaut, Physics Letters A 164 (1992), 155-163, 13 April 1992, « Double screened Coulomb barrier accounts for neutrons production in cluster and other fusion experiments ».
10. J. Dufour et al., « Experimental observation of nuclear reactions in palladium and uranium – possible explanation by hydrex mode », Fusion Science and Technology, 2001, 40: p. 91-106.