

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 22.03.90.

30 Priorité :

43 Date de la mise à disposition du public de la demande : 27.09.91 Bulletin 91/39.

56 Liste des documents cités dans le rapport de recherche : *Se reporter à la fin du présent fascicule.*

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71 Demandeur(s) : Société AMPERE (S.A.), VIGIER Jean-Pierre — FR et RAMBAUT Michel — FR.

72 Inventeur(s) : VIGIER Jean-Pierre et RAMBAUT Michel.

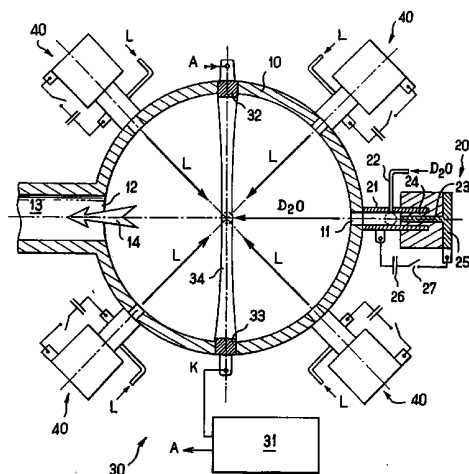
73 Titulaire(s) : Société AMPERE (S.A.).

74 Mandataire : Cabinet Rodhain Claude.

54 Procédé et dispositif pour produire de l'énergie de fusion à partir de l'eau lourde.

57 Le dispositif comprend:  
- une chambre de combustion (10),  
- des moyens pour éjecter dans cette chambre de combustion une masse d'eau lourde, tels qu'un canon à arc dans l'eau (20),  
- des moyens (30) pour produire une décharge électrique permettant de faire passer dans l'eau lourde ainsi éjectée un courant d'intensité telle que la partie coulombienne de la force d'Ampère développée au sein de l'eau lourde y crée une pression propre à déclencher une réaction de fusion, et  
- des moyens pour récupérer l'énergie produite par cette réaction de fusion.

Très avantageusement, l'eau lourde est additionnée d'un activateur de fusion tel que le titane, de manière à aider au déclenchement de la fusion.



## Procédé et dispositif pour produire de l'énergie de fusion à partir de l'eau lourde

La présente invention concerne un procédé et un dispositif pour  
5 produire de l'énergie de fusion à partir de l'eau lourde.

Les techniques qui ont jusqu'à présent été explorées dans l'espoir  
d'une possibilité de produire de façon contrôlée une énergie de fusion  
reposent essentiellement sur deux concepts : l'un est le concept de  
confinement, comme dans le système Tokamak où l'on réalise le  
10 confinement d'un plasma suivant l'axe d'un tore, et l'autre est le con-  
cept d'implosion inertielle d'une masse de matière fusible à l'aide  
d'un faisceau laser ou bien d'un faisceau de particules chargées,  
généralement des ions légers.

Ces diverses voies de recherche n'ont cependant pas jusqu'à pré-  
15 sent abouti à la production d'une énergie de fusion, ne serait-ce  
qu'au stade expérimental.

La présente invention propose de produire de l'énergie de fusion  
en s'appuyant sur un troisième concept, entièrement différent des  
deux précédents et ne nécessitant au surplus qu'un appareillage  
20 relativement simple par rapport aux installations extrêmement  
complexes et coûteuses des systèmes expérimentés jusqu'à présent.

L'un des points de départ de l'invention est la tentative d'explica-  
tion théorique d'un certain nombre d'expériences de décharge élec-  
trique dans l'eau, relatées par P. Graneau notamment dans une  
25 communication au *1988 International Tesla Symposium* de Colo-  
rado College en juillet 1988, intitulée *Space Disposal of Weapon-  
Grade Plutonium with the Water-Arc Launcher*.

Ce document présente en particulier un dispositif appelé « canon  
à arc dans l'eau » (*water-arc gun*) comprenant essentiellement un  
30 tube métallique formant canon, contenant de l'eau et un projectile.  
Une électrode est placée au fond du tube et reliée à l'une des élec-  
trodes d'un banc de condensateurs (formant typiquement une capa-  
cité de quelques microfarads chargée à quelques dizaines de kilo-  
volts), dont l'autre électrode est reliée au tube métallique. Lorsque  
35 l'on décharge le banc de condensateurs, le passage du courant dans

le milieu liquide constitué par le volume d'eau crée dans ce milieu une pression interne considérable, qualifiée de « pression électrodynamique », pouvant éjecter le projectile à des vitesses de propulsion de plusieurs centaines de mètres par seconde : en effet, la version de  
5 laboratoire décrite dans le document précité permet d'atteindre une pression estimée à 2675 bars pour un canon de 1,25 cm de diamètre et de 10 cm de longueur).

De façon surprenante, le noyau d'eau reste froid, ce qui exclut toute possibilité de rendre compte par la thermodynamique de l'énergie cinétique acquise par le projectile.  
10

Par ailleurs, on constate que la cohésion du noyau d'eau reste telle que celui-ci peut, en tant que tel, faire office de projectile et percer sans difficulté des plaques métalliques de plusieurs millimètres d'épaisseur.

15 Pour expliquer le fonctionnement du canon à arc dans l'eau, et donc comprendre l'existence des fortes pressions qu'il permet de générer, la voie la plus satisfaisante semble être celle de l'explication par la partie coulombienne de la force d'Ampère entre éléments de courant.

20 En effet, ce concept de la « force d'Ampère » avait été proposé au siècle dernier (voir notamment A.-M. Ampère, *Mémoire sur la détermination de la formule qui représente l'action mutuelle de deux portions infiniment petites de conducteurs voltaïques*, lu à l'Académie des Sciences le 10 juin 1822) sur des bases empiriques, mais son  
25 existence n'avait pas été confortée par la théorie, compte tenu en particulier du fait que l'on avait jusqu'à présent cru qu'elle contredisait les lois de Maxwell. Les lois proposées par Ampère permettaient en effet d'explicitier les forces mises en jeu entre les éléments de courant. Elles viennent de se révéler parfaitement compatibles avec la  
30 théorie de la Relativité (force de Lorentz).

L'absence de contradiction — et donc la réalité probable des forces d'Ampère — vient en effet d'être reconnue par M. Rambaut et J. P. Vigier comme ne contredisant pas la Relativité, dans un article qu'ils ont publié dans *Physics Letters A*, volume 142, n° 8-9 du  
35 25 décembre 1989, page 447 et intitulé *The Simultaneous Existence*

*of EM Grassmann-Lorentz Forces (Acting on Charged Particles) and Ampère Forces (Acting on Charged Conducting Elements) Does not Contradict Relativity Theory.*

En outre, il a été montré tout récemment, comme relaté dans un  
 5 article de M. Rambaut et J. P. Vigier intitulé *Ampère Forces Approximation Considered as Collective Non-Relativist Limit of the Sum of All Lorentz Interactions Acting on Individual Current Elements : Possible Consequences for Electromagnetic Discharge Stability and Tokamak Behaviour*, en cours de publication dans *Physics Letters A*, que pour comprendre l'origine de cette force il fallait con-  
 10 sidérer la limite non relativiste de la force de Lorentz. En effet, selon cette conception (qui se trouve vérifiée par l'expérience à l'échelle macroscopique), l'élément de courant est constitué par un ion et un électron, l'ion étant l'élément de support du courant représenté par  
 15 l'électron. L'ion lui-même peut être soit un atome ionisé, soit une molécule ayant une charge positive, soit un agrégat de molécules dont la charge électrique totale est égale à la charge élémentaire  $e$ . D'une façon générale, l'énergie d'interaction entre deux éléments de courant ainsi définis est égale à la somme des énergies d'interaction  
 20 des couples électron-électron, ion-électron et ion-ion.

L'énergie  $H$  d'un électron en interaction avec le potentiel d'un  
 autre électron se compose de deux termes : l'un dépendant seule-  
 ment du potentiel coulombien  $\emptyset$  de l'autre électron, l'autre dépend-  
 25 dant seulement du potentiel vecteur  $\underline{A}$  de l'autre électron (les caractères soulignés représentant des vecteurs) :

$$H = e \emptyset + [m_0 c^2 + (\underline{pc} - \underline{A} e)^2]^{1/2}$$

Il a d'autre part été reconnu (Cynthia Kolb Whitney, *On the Lienart-Wiechert Potentials*, in *Hadronic Journal*, volume 11, 1988,  
 30 page 257), que la forme complète du potentiel de Lienart-Wiechert dû à un électron de vitesse  $\underline{\beta}$  créait un potentiel d'univers ( $\emptyset, \underline{A}$ ) tel que, avec les notations standard de la formule de Lienart-Wiechert :

35

$$\emptyset = (e.\Gamma) / (K_0.r) \qquad \underline{A} = (\mu_0.e.\Gamma.\underline{\beta}) / (C_0.r)$$

avec :

$$\underline{\beta} = \underline{v}/c \qquad \Gamma = (1-\underline{\beta}^2)^{-1/2}$$

5

$\underline{v}$  étant la vitesse de l'électron,  
 $c$  étant la vitesse de la lumière dans le vide, et  
 $r$  étant la distance entre les deux éléments de courant.

À la limite non-relativiste, on obtient une première expression de  
 10 H, soit :

$$H = e.\emptyset.\Gamma + m_0c^2 + (e.p.c.\underline{A})/m_0c^2.$$

Comme  $p.c$  peut être remplacé par  $m_0c^2\Gamma\underline{\beta}$ , et  $\Gamma$  par  $(1 + \underline{\beta}^2/2)$ ,  
 15 l'expression finale de l'énergie d'un électron dans le champ d'un  
 autre électron a pour expression :

$$H = e \emptyset (1 + \underline{\beta}^2/2) - (\mu_0 e^2 / c_0 r) \underline{\beta}_1 \cdot \underline{\beta}_2.$$

20 Le deuxième terme peut être qualifié de potentiel de Neumann  
 au niveau des éléments de courant ion-électrons. En faisant l'hypo-  
 thèse que le volume de Fermi caractérisant la répartition de vitesse  
 des électrons dans un élément macroscopique de conducteur est  
 sphérique, en l'absence de tension appliquée, le passage du courant  
 25 a pour conséquence la déformation de la répartition sphérique de  
 vitesse, comme l'indique la figure 1. On peut montrer simplement  
 que la valeur moyenne  $w_N$  du deuxième terme de H est :

$$w_N = - (\mu_0 e^2 / c_0 r) \underline{\beta}_m \cdot \underline{\beta}_n,$$

30

$\underline{\beta}_m$  et  $\underline{\beta}_n$  étant les vitesses relativistes (rapport entre la vitesse  
 réelle et celle de la lumière) de déplacement des électrons, respecti-  
 vement pour l'élément de courant  $m$  et pour l'élément de courant  $n$ .  
 On obtient l'énergie d'un élément de courant  $m$  en présence de l'élé-  
 35 ment de courant  $n$  en remplaçant  $e^2$  par le produit des sommes

$\sigma_m \underline{dm}$  et  $\sigma_n \underline{dn}$  des charges des électrons libres dans les conducteurs de longueur  $\underline{dm}$  et  $\underline{dn}$  ( $\sigma_m$  et  $\sigma_n$  sont les charges par unité de longueur des éléments de courant  $m$  et  $n$ ). Or, les produits  $\sigma_m \underline{dm} \cdot \beta_m$  et  $\sigma_n \underline{dn} \cdot \beta_n$  étant égaux numériquement aux charges électriques déplacées par unité de temps, ils peuvent être remplacés par les valeurs des courants. On obtient ainsi l'élément différentiel de la formule que Franz Neumann proposa en 1845. Cette formule exprime l'énergie  $W_N$  d'un circuit parcouru par le courant  $i_m$  en présence d'un autre circuit parcouru par le courant  $i_n$  (avec  $\varepsilon = (\underline{dm}, \underline{dn})$ ) :

$$W_N = - \mu_o / c_o \iint [(i_m \cdot \underline{dm} \ i_n \cdot \underline{dn}) / r] \cos \varepsilon$$

Cette expression, symétrique en  $m$  et  $n$ , exprime aussi l'énergie d'un circuit parcouru par le courant  $i_n$  en présence d'un autre circuit parcouru par le courant  $i_m$ .

L'expression de cette énergie entre deux circuits implique l'existence de la force d'Ampère  $\Delta F_A$  entre deux éléments de courant  $i_m \cdot \underline{dm}$  et  $i_n \cdot \underline{dn}$ , comme l'a démontré Franz Neumann lui-même :

$$\Delta F_A = - [(\mu_o i_m \cdot \underline{dm} \ i_n \cdot \underline{dn}) / c_o r^2] (2 \cos \varepsilon - 3 \cos \alpha_m \cos \alpha_n),$$

les angles étant ceux définis par la figure 2.

Toutefois cette force d'Ampère, créée par le potentiel vecteur dû au mouvement relatif des électrons, n'est qu'une partie de l'interaction. Si l'on néglige, en première approximation, les mouvements des ions, l'autre partie de l'hamiltonien n'est due qu'au terme coulombien au niveau des couples ions-électrons. L'énergie coulombienne de l'électron 1 en présence de l'électron 2, ou de l'électron 2 en présence de l'électron 1, a pour approximation, pour les vitesses faibles :

$$[e^2 / K_o r] \cdot [1 + (\beta_1 - \beta_2)^2 / 2].$$

L'énergie coulombienne entre ions est, de façon classique :

$$e^2 / K_o r.$$

Quant à celle des couples ion-électrons, elle est :

$$(e^2/K_0 r) \cdot (2 + \beta_1^2/2 + \beta_2^2/2).$$

5 La somme de ces énergies coulombiennes se réduit à une expression  $w_c$  qui est identique, à une constante multiplicative près, au potentiel de Neumann au niveau des éléments de courant ion-électrons :

10 
$$w_c = - (e^2/K_0 r) \beta_m \beta_n.$$

La force  $\Delta F_c$  qui correspond à  $w_c$  entre couples ion-électrons a donc la même forme que la force d'Ampère  $\Delta F_A$ , mais à une constante multiplicative près :

15 
$$\Delta F_c = \Delta F_A (c_0 / \mu_0 K_0) = c^2/c_0$$

Comme, en unités c.g.s.,  $c_0 = 1$ ,  $K_0 = 1$  et  $\mu_0 = 1/c^2$ , le rapport des forces est égal au carré de la vitesse de la lumière.

20 Dans un milieu solide comme le cuivre, cette force agit sur la maille cristalline et, tant que les liaisons moléculaires sont maintenues, il est seulement possible d'observer la force d'Ampère proprement dite, c'est-à-dire dépendant du potentiel vecteur dû au mouvement des électrons.

25 En revanche, dans un milieu liquide les forces de cohésion moléculaires sont plus faibles et l'on peut observer le phénomène ; c'est ainsi que, dans l'eau pure, l'existence de cette force a été constatée.

Toutefois, sa valeur mesurée à l'aide du coefficient précédemment défini est en général de l'ordre de quelques  $10^3$  à  $6 \cdot 10^3$  N/A<sup>2</sup>,  
30 alors qu'elle serait, pour une même géométrie, de l'ordre de 5 à 10 N/A<sup>2</sup> dans un canon-rail. Sur le plan pratique, le rapport  $t$  entre la force purement d'Ampère et la force coulombienne, tel que :

$$\Delta F_c = t \cdot \Delta F_A,$$

35

a donc une valeur de l'ordre de quelques  $10^2$  à quelques  $10^3$  ; cette valeur de  $t$ , faible devant  $c^2$ , semble essentiellement explicable par la faible valeur du taux d'ionisation  $\tau$  de l'eau :

$$5 \quad \tau = t/c^2.$$

Avec les valeurs citées,  $\tau$  est de l'ordre de  $10^{-19}$  à  $10^{-18}$ .

Il résulte de ces calculs que la force d'Ampère est en fait constituée par la limite non relativiste des forces d'Einstein-Lorentz et qu'elle n'est pas incompatible avec l'existence de la force de Lorentz, contrairement à ce que l'on avait toujours estimé jusqu'à présent.

Dans un même milieu conducteur, la force d'Ampère produit en particulier une attraction transversale entre éléments de courant parallèles et une répulsion longitudinale entre éléments de courant colinéaires.

Dans un milieu conducteur liquide (ou un plasma), la partie coulombienne de la force d'Ampère est prépondérante.

Dès lors, si l'on suppose que la force d'Ampère s'applique à des éléments de courant délimités par une surface cylindrique de section élémentaire perpendiculaire à la vitesse de déplacement moyenne des électrons, on aura une déformation de la sphère de Fermi (représentative de la répartition de vitesse des ions dans le milieu liquide) sous l'action du potentiel appliqué aux bornes du circuit.

Les ions n'étant cependant pas liés (à la différence d'un courant se propageant dans un conducteur solide, où les ions subissent l'attraction du réseau cristallin), il est alors nécessaire de tenir compte du potentiel coulombien créé par chaque élément de courant. On peut démontrer alors que la partie coulombienne de la force d'Ampère est tout à fait en accord avec la réalité expérimentale, notamment la loi, jusqu'à présent empirique, selon laquelle l'intégrale en fonction du temps de la force qui s'exerce dans le milieu liquide est proportionnelle au carré de la valeur crête du courant traversant ce milieu.

L'idée de base de la présente invention consiste à utiliser comme milieu liquide recevant la décharge électrique à haute intensité non

plus de l'eau H<sub>2</sub>O mais de l'eau lourde D<sub>2</sub>O, c'est-à-dire de l'eau dans laquelle l'atome d'hydrogène comporte non seulement un proton mais également un neutron supplémentaire.

5 En effet, la force d'Ampère développée par cette décharge électrique va comprimer l'eau lourde à une pression considérable — ce qui, autrement, serait très difficile —, jusqu'à une valeur suffisante pour produire une réaction de fusion.

10 Plus précisément, le procédé de l'invention consiste, essentiellement, à : éjecter une masse d'eau lourde ; produire une décharge électrique permettant de faire passer dans l'eau lourde ainsi éjectée un courant d'intensité telle que la partie coulombienne de la force d'Ampère développée au sein de l'eau lourde y crée une pression propre à déclencher une réaction de fusion ; et récupérer l'énergie produite par cette réaction de fusion.

15 On notera que la fusion obtenue par mise en œuvre du principe de l'invention est une fusion « froide », dans la mesure où il n'est absolument pas nécessaire d'élever la température de l'eau lourde à des valeurs considérables, comme on doit le faire lorsque l'on se base sur les concepts de confinement ou d'implosion inertielle ; l'invention  
20 permet en effet de déclencher la réaction de fusion dans de l'eau lourde « froide » en phase liquide, par exemple dans une gouttelette d'eau lourde.

25 Par ailleurs, deux expériences récentes ont montrées la possibilité de créer des réactions de fusion entre deutons par impact de molécules d'eau lourde sur du titane déjà chargé en deutons.

30 La première expérience, qui est relatée dans un article de R. J. Beuhler, G. Friedlander et L. Friedman paru dans *Physical Review Letters*, volume 63, n° 12 du 18 septembre 1989, page 1292 et intitulé *Cluster-Impact Fusion* a montré que, si l'on utilise simultanément du titane et de l'eau lourde, on obtient plus facilement des réactions de fusion : en effet, on constate que la collision d'agrégats de molécules d'eau lourde sur une cible en titane contenant des deutons absorbés fournit alors effectivement des réactions de fusion.

35 Une autre expérience, relatée dans une correspondance de B. V. Derjaguin, A. G. Lipson, V. A. Kluev, D. M. Sakov et Yu. P.

Toporov parue dans *Nature*, volume 341, n° 12 du 12 octobre 1989, page 492 et intitulée *Titanium Fracture Yields Neutrons ?*, a montré que des copeaux de titane mis en agitation dans de l'eau lourde produisaient un flux de neutrons lorsqu'ils étaient soumis à une action mécanique, l'absorption des deutons par le titane permettant la production d'une réaction de fusion.

De ce fait, dans le procédé de l'invention tel qu'énoncé plus haut, un volume d'eau lourde contenant, par exemple, de la poussière de titane en suspension pourra produire une réaction de fusion avec un courant de décharge bien moindre que celui qui serait nécessaire pour déclencher la réaction de fusion dans de l'eau lourde seule.

D'autres métaux, notamment le palladium, présentent de façon semblable la propriété de fixer les ions de  $D_2O$  pour constituer des agrégats permettant un déclenchement plus facile des réactions de fusion.

L'invention propose comme variante, selon une caractéristique particulièrement avantageuse, d'ajouter l'eau lourde d'un activateur de fusion du groupe comprenant le titane et le palladium (ces deux métaux pouvant éventuellement être combinés), de manière à aider au déclenchement de la fusion.

Pour mettre en œuvre le procédé énoncé plus haut, l'invention propose un dispositif comprenant : une chambre de combustion ; des moyens pour éjecter dans cette chambre de combustion une masse d'eau lourde ; des moyens pour produire une décharge électrique permettant de faire passer dans l'eau lourde ainsi éjectée un courant d'intensité telle que la partie coulombienne de la force d'Ampère développée au sein de l'eau lourde y crée une pression propre à déclencher une réaction de fusion ; et des moyens pour récupérer l'énergie produite par cette réaction de fusion

Très avantageusement, les moyens pour éjecter l'eau lourde comprennent un canon à arc dans l'eau.

De préférence, avant le déclenchement de la réaction de fusion, on forme un écran autour de l'eau lourde éjectée, notamment par injection d'un liquide, par d'autres canons à arc dans l'eau disposés en périphérie de la chambre de combustion, vers le point où se

déclenchera la fusion de l'eau lourde éjectée.

De préférence également, les moyens pour produire la décharge électrique permettant de faire passer un courant dans l'eau lourde éjectée comprennent des moyens pour produire un arc par applica-  
5 tion d'une haute tension entre deux électrodes disposées dans l'en-  
ceinte de part et d'autre du point où doit être déclenchée la fusion de  
l'eau lourde éjectée.

La récupération de l'énergie peut être effectuée de plusieurs  
manières, en elles-mêmes connues, notamment : par voie thermody-  
10 namique, à partir de la source chaude constituée par le plasma pro-  
duit par la réaction de fusion ; par voie magnétohydrodynamique, à  
partir du plasma éjecté produit par la réaction de fusion ; ou encore  
par voie chimique, par dissociation d'eau en hydrogène et oxygène  
par le plasma produit par la réaction de fusion.

15 Dans le cas particulier d'une récupération d'énergie par voie  
magnétohydrodynamique, il est possible de produire l'énergie sous  
forme d'un courant alternatif, avec un dispositif comprenant : deux  
chambres de combustion, disposées en vis-à-vis de part et d'autre  
d'une buse d'échappement commune ; des moyens pour éjecter alter-  
20 nativement, dans chacune de ces chambres de combustion, une  
masse d'eau lourde ; des moyens pour produire, dans chacune de ces  
chambres de combustion, une décharge électrique permettant de  
faire passer dans l'eau lourde ainsi éjectée un courant d'intensité  
telle que la partie coulombienne de la force d'Ampère développée au  
25 sein de l'eau lourde y crée une pression propre à déclencher une  
réaction de fusion ; et des moyens pour récupérer par voie magnéto-  
hydrodynamique l'énergie produite par cette réaction de fusion, ces  
moyens comprenant un circuit secondaire entourant la buse d'échap-  
pement commune, de manière à recueillir aux bornes de ce circuit  
30 une tension pulsée à la cadence à laquelle alternent, dans les deux  
chambres de combustion, l'éjection de l'eau lourde et la production  
de la décharge dans l'eau lourde éjectée.

◇

On va maintenant décrire un exemple de mise en oeuvre de l'invention, en référence aux dessins annexés.

Sur ces dessins, outre les figures 1 et 2 précitées :

- la figure 3 est une vue schématique du dispositif de production d'énergie de fusion selon l'invention, et
- la figure 4 illustre un mode de réalisation perfectionné permettant la production en sortie d'un courant alternatif.

◇

10

Le dispositif de l'invention, illustré figure 3, est essentiellement composé d'une chambre de combustion 10 d'épaisseur suffisante pour confiner l'explosion produite par la réaction de fusion. On injecte dans cette chambre de combustion 10 une gouttelette d'eau lourde à l'aide d'un canon à arc dans l'eau 20 (ou d'un dispositif semblable), à une vitesse typique de l'ordre de 1000 m/s.

Plus précisément, le canon à arc dans l'eau 20 est un dispositif du même type que celui décrit par Graneau dans le document précité, mais dans lequel on remplace le projectile par une simple gouttelette d'eau lourde. Ce dispositif comprend un tube métallique 21 constituant une première électrode, et dans lequel on introduit de l'eau lourde  $D_2O$  par un conduit d'injection 22. Le fond du tube comporte une tige axiale 23 formant seconde électrode, isolée du tube par un manchon isolant approprié 24. La tige 23 est reliée à une plaque de base 25, et l'on relie le tube 21 et la plaque de base 25 aux deux armatures d'un condensateur 26 sélectivement mis en circuit par un commutateur 27 dont la fermeture va produire la décharge, dans la gouttelette d'eau lourde, de l'énergie accumulée dans ce condensateur 26 et l'éjection corrélative de cette gouttelette hors du tube 21 vers le volume intérieur de la chambre de combustion 10, via une ouverture 11.

Lorsque la gouttelette d'eau lourde atteint le centre de la chambre de combustion, on déclenche un générateur à haute tension 30 de telle sorte qu'un courant de très forte intensité traverse la gouttelette d'eau lourde. Le courant dans la gouttelette d'eau lourde est

35

choisi assez élevé pour que la partie coulombienne de la force d'Ampère y crée une pression suffisante pour déclencher la réaction de fusion, compte tenu éventuellement de la concentration en émulsion de titane contenue dans la gouttelette.

5        Pour de l'eau lourde pure (sans activateur), le calcul donne une intensité crête nécessaire de l'ordre de  $5 \cdot 10^6$  à  $10^7$  A. Cette valeur est certes élevée, mais comme il ne doit s'agir que d'une valeur crête, il n'est pas utile que le courant soit établi pendant une durée très  
10        longue. Ce courant pourra donc résulter de la décharge d'une batterie de condensateurs formant une source à très haute tension, puisque le temps de décharge de telles batteries (pouvant être, typiquement, de l'ordre de quelques dizaines de nanosecondes) est très supérieur au temps de déclenchement de la réaction de fusion (de l'ordre de  $10^{-13}$  s).

15        Par ailleurs, du fait que le courant doit traverser la chambre de combustion pour atteindre la gouttelette d'eau lourde, il est nécessaire de créer un arc, et la génération du courant élevé doit donc se faire sous très haute tension. Ainsi, pour une chambre de combustion de deux mètres de diamètre dans laquelle on a fait le vide, une  
20        tension minimale de  $6 \cdot 10^6$  V est nécessaire.

      De telles valeurs de tension et de courant peuvent être obtenus avec des générateurs de Marx de type connu dans lesquels une batterie de condensateurs est chargée en parallèle et déchargée en série, de manière à délivrer une tension élevée (typiquement, supérieure à  $6 \cdot 10^6$  V).

25        Le générateur 31 délivre cette tension entre une anode 32 et une cathode 33 disposées en deux points diamétralement opposés de la chambre de combustion 10 de manière que la décharge puisse traverser la gouttelette lorsque celle-ci atteindra le centre de cette  
30        chambre de combustion.

      Plus précisément, l'onde de tension produite par la décharge des condensateurs est initialement appliquée à la cathode 33 afin d'y créer un plasma d'où seront facilement extraites ensuite de grandes densités de courant. Dans une deuxième phase, les électrons sont  
35        accélérés à une énergie que leur donne la tension appliquée entre

l'anode 32 et la cathode 33, ce qui crée un plasma sur l'anode 32. Enfin, dans une troisième phase, les deux plasmas se rejoignent pour créer un canal de conduction 34 qui va pénétrer dans la gouttelette d'eau lourde au moment où celle-ci va passer au centre de la chambre de combustion. Le courant passant dans ce canal de conduction va créer dans la gouttelette le courant permettant d'y déclencher la réaction de fusion conformément aux explications théoriques données plus haut.

Afin de réduire l'érosion due aux neutrons et aux gammas produits par la fusion, on prévoit un dispositif d'aspersion créant de façon transitoire un écran d'un liquide L (typiquement, de l'eau  $H_2O$ ) entre le point d'explosion (le centre de la chambre de combustion) et la paroi.

Ce dispositif d'aspersion est composé avantageusement d'une pluralité de canons à arc dans l'eau 40, semblables dans leur structure au canon à arc dans l'eau 20, et servant à propulser des noyaux d'eau au moment du passage du courant dans la gouttelette d'eau lourde, de manière à venir s'interposer entre le plasma et la paroi de la chambre de combustion.

Les commandes de fonctionnement du canon à arc dans l'eau 20 injectant la gouttelette d'eau lourde et celles des canons à arc dans l'eau 40 injectant l'écran d'eau devront être convenablement décalées dans le temps de façon que l'écran d'eau interposé entre le plasma de fusion et la paroi de la chambre de combustion soit homogène.

La récupération de l'énergie dégagée par la réaction de fusion pourra se faire de plusieurs manières.

Une première manière consiste à récupérer l'énergie par voie thermodynamique.

À cet égard, outre son rôle de protection des parois de la chambre de combustion, l'écran d'eau interposé entre le plasma de fusion et la paroi de la chambre de combustion peut également servir à récupérer l'énergie produite, constituée essentiellement de neutrons rapides et de gammas. L'interaction avec ces neutrons et ces gammas va alors créer un plasma plus froid qui sera utilisable sans induire de problème d'usure excessive, par exemple dans un échangeur thermi-

que de structure classique.

On notera que, du fait de la température élevée de la source chaude (l'eau de l'écran échauffée par la réaction de fusion), on peut obtenir un excellent rendement thermodynamique.

5 Une seconde manière de récupérer l'énergie produite par la réaction de fusion consiste à utiliser la haute température du plasma dans la buse d'échappement 13 pour dissocier (avec un rendement extrêmement élevé) de l'eau en hydrogène et oxygène, cette dissociation étant effectuée dans une enceinte entourant la buse d'échappement. L'hydrogène est ensuite séparé de l'oxygène par les méthodes  
10 industrielles habituelles.

Une troisième manière de récupérer l'énergie, qui peut être d'ailleurs combinée à la voie thermodynamique, consiste à procéder par voie magnétohydrodynamique.

15 On peut alors obtenir directement de l'énergie électrique, de manière en elle-même connue, à partir du plasma éjecté à grande vitesse, par une ouverture 12 diamétralement opposée à l'ouverture d'injection d'eau lourde 11, dans une buse 13 (ce flux de plasma à grande vitesse est symbolisé par la flèche 14).

20 On peut même prévoir un dispositif, illustré schématiquement figure 4, permettant de produire un courant alternatif pulsé.

Ce dispositif comprend deux chambres de combustion 10, 10', disposées en vis-à-vis, dans lesquelles on injecte de façon alternée de l'eau lourde  $D_2O$  (chacune de ces chambres de combustion étant  
25 pourvue de tous les éléments illustrés figure 3, qui n'ont pas été repris sur la figure 4 par souci de simplification).

Ces deux chambres de combustion vont produire alternativement un plasma à grande vitesse qui va être injecté dans une buse centrale commune 13 via les ouvertures respectives 12, 12', les effluents  
30 étant récupérés dans un condenseur 16 par un système de vannes rapides 15, 15' et 17, 17'. Un circuit secondaire 50 entourant la buse 13 délivre l'énergie électrique alternative.

La buse centrale peut d'ailleurs être alimentée de chaque côté par plusieurs chambres de combustion afin d'obtenir plus aisément  
35 un canal alternatif de fréquence habituelle (50 ou 60 Hz). Le déca-

lage dans le temps du fonctionnement de plusieurs dispositifs semblables peut aussi permettre d'obtenir des générateurs électriques polyphasés.

5



10

15

20

25

30

35

**REVENDICATIONS**

1. Un procédé pour produire de l'énergie de fusion à partir de l'eau lourde, caractérisé en ce qu'il consiste à :

- 5 — éjecter une masse d'eau lourde,  
— produire une décharge électrique permettant de faire passer dans l'eau lourde ainsi éjectée un courant d'intensité telle que la partie coulombienne de la force d'Ampère développée au sein de l'eau lourde y crée une pression propre à déclencher  
10 une réaction de fusion, et  
— récupérer l'énergie produite par cette réaction de fusion.

2. Le procédé de la revendication 1, dans lequel l'éjection de l'eau lourde est réalisée par un canon à arc dans l'eau.

15

3. Le procédé de la revendication 1, dans lequel l'eau lourde est additionnée d'un activateur de fusion du groupe comprenant le titane et le palladium.

20

4. Le procédé de la revendication 1, dans lequel, avant le déclenchement de la réaction de fusion, on forme un écran autour de l'eau lourde éjectée.

25

5. Le procédé de la revendication 4, dans lequel l'écran est un écran formé par injection d'un liquide vers le point où se déclenchera la fusion de l'eau lourde éjectée.

30

6. Le procédé de la revendication 5, dans lequel l'injection du liquide est réalisée par des canons à arc dans l'eau.

35

7. Le procédé de la revendication 1, dans lequel la récupération de l'énergie est effectuée par voie thermodynamique, à partir de la source chaude constituée par le plasma produit par la réaction de fusion.

8. Le procédé de la revendication 1, dans lequel la récupération de l'énergie est effectuée par voie magnétohydrodynamique, à partir du plasma éjecté produit par la réaction de fusion.

5 9. Le procédé de la revendication 1, dans lequel la récupération de l'énergie est effectuée par voie chimique, par dissociation d'eau en hydrogène et oxygène par le plasma produit par la réaction de fusion.

10 10. Un dispositif pour produire, par mise en œuvre du procédé de l'une des revendications 1 à 9, de l'énergie de fusion à partir de l'eau lourde, caractérisé en ce qu'il comprend :

- une chambre de combustion (10),
- des moyens pour éjecter dans cette chambre de combustion  
15 une masse d'eau lourde,
- des moyens (30) pour produire une décharge électrique permettant de faire passer dans l'eau lourde ainsi éjectée un courant d'intensité telle que la partie coulombienne de la force d'Ampère développée au sein de l'eau lourde y crée une pres-  
20 sion propre à déclencher une réaction de fusion, et
- des moyens pour récupérer l'énergie produite par cette réaction de fusion.

25 11. Le dispositif de la revendication 10, dans lequel les moyens pour éjecter l'eau lourde comprennent un canon à arc dans l'eau (20).

30 12. Le dispositif de la revendication 10, comprenant en outre des moyens pour former, avant le déclenchement de la réaction de fusion, un écran autour de l'eau lourde éjectée.

35 13. Le dispositif de la revendication 12, dans lequel les moyens pour former l'écran autour de l'eau lourde comprennent des moyens pour injecter un liquide vers le point où se déclencherà la fusion de l'eau lourde éjectée.

14. Le dispositif de la revendication 13, dans lequel les moyens pour injecter le liquide destiné à former l'écran comprennent une pluralité de canons à arc dans l'eau (40) disposés en périphérie de la chambre de combustion.

5

15. Le dispositif de la revendication 10, dans lequel les moyens (30) pour produire la décharge électrique permettant de faire passer un courant dans l'eau lourde éjectée comprennent des moyens pour produire un arc par application d'une haute tension entre deux électrodes (32, 33) disposées dans l'enceinte de part et d'autre du point où doit être déclenchée la fusion de l'eau lourde éjectée.

10

16. Un dispositif pour produire, par mise en œuvre du procédé de la revendication 8, de l'énergie de fusion à partir d'eau lourde sous forme d'un courant alternatif, caractérisé en ce qu'il comprend :

15

— deux chambres de combustion (10,10'), disposées en vis-à-vis de part et d'autre d'une buse d'échappement (13) commune,

— des moyens pour éjecter alternativement, dans chacune de ces chambres de combustion, une masse d'eau lourde,

20

— des moyens pour produire, dans chacune de ces chambres de combustion, une décharge électrique permettant de faire passer dans l'eau lourde ainsi éjectée un courant d'intensité telle que la partie coulombienne de la force d'Ampère développée au sein de l'eau lourde y crée une pression propre à déclencher une réaction de fusion, et

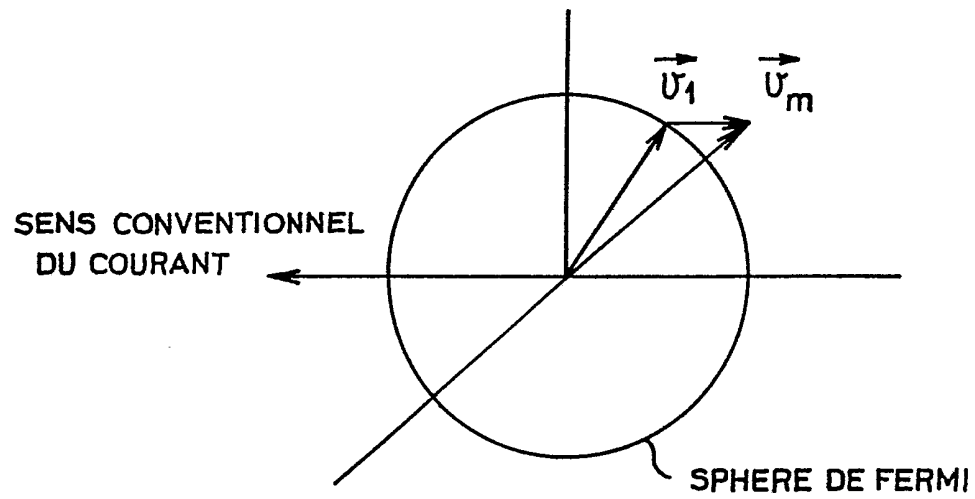
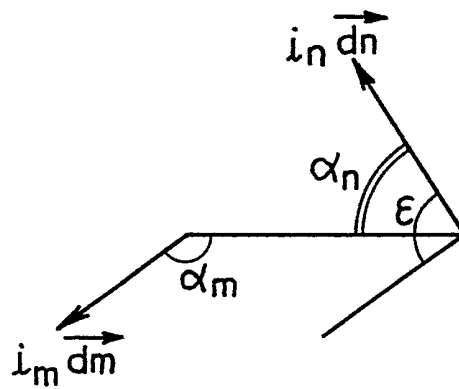
25

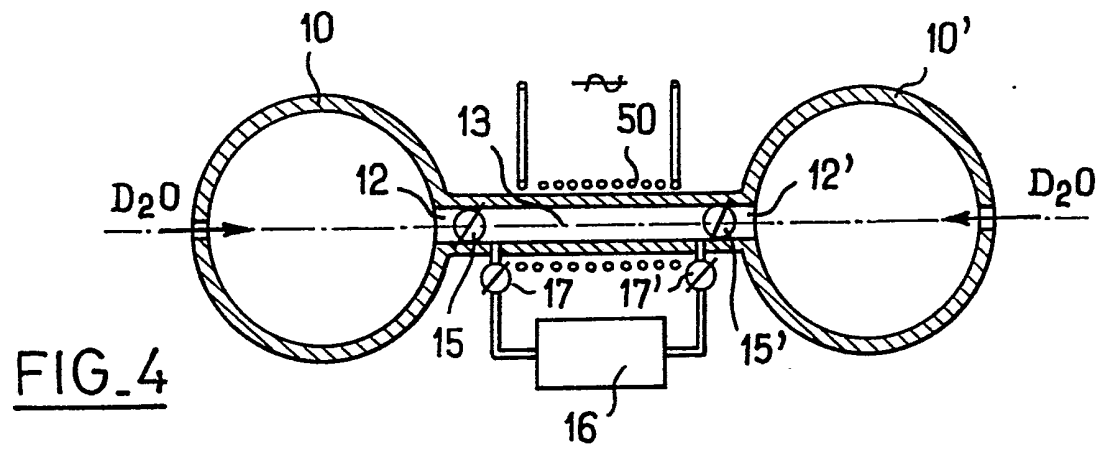
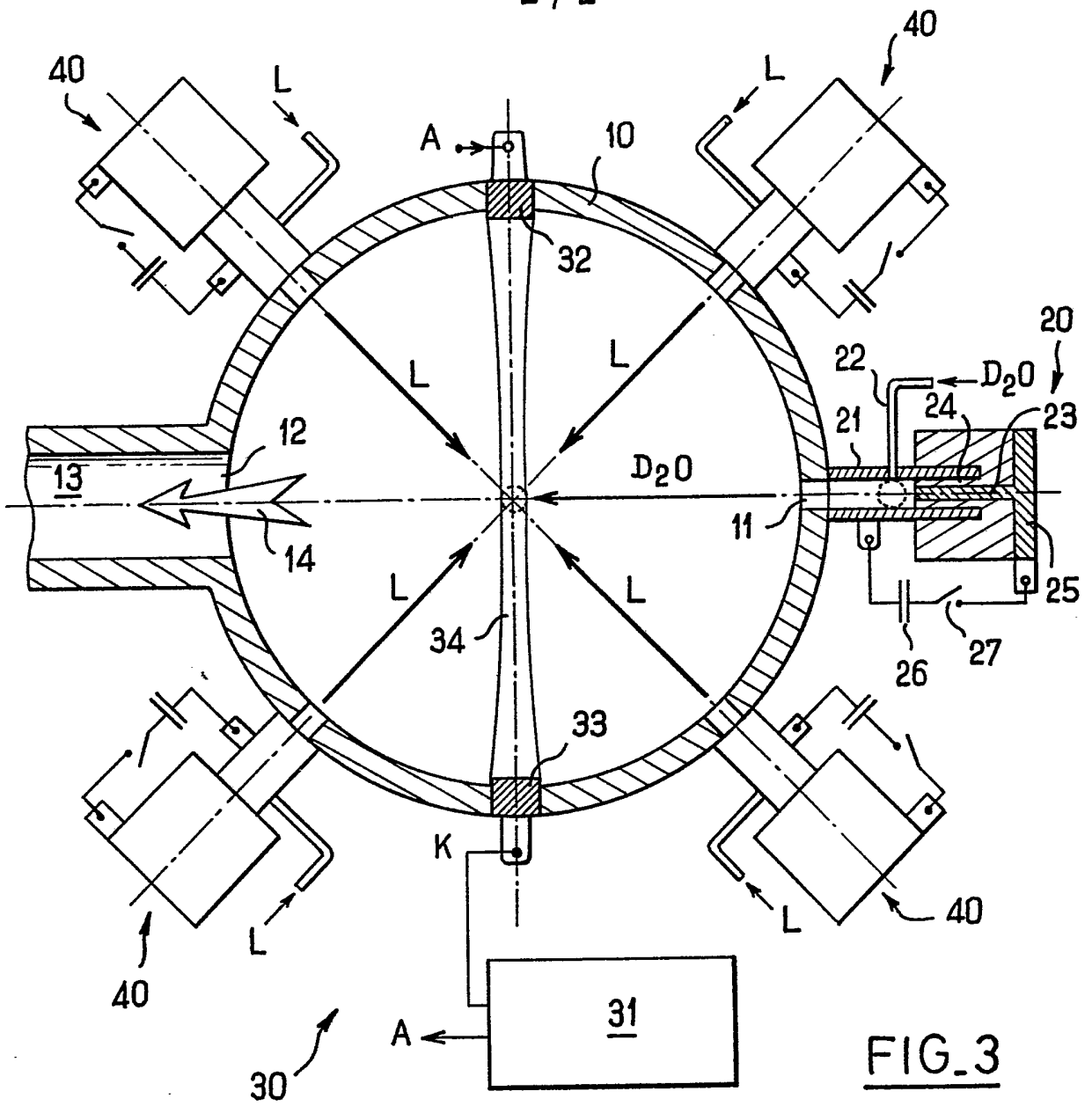
— des moyens pour récupérer par voie magnétohydrodynamique l'énergie produite par cette réaction de fusion, ces moyens comprenant un circuit secondaire (50) entourant la buse d'échappement commune, de manière à recueillir aux bornes de ce circuit une tension pulsée à la cadence à laquelle alternent, dans les deux chambres de combustion, l'éjection de l'eau lourde et la production de la décharge dans l'eau lourde éjectée.

30

35

1 / 2

FIG\_1FIG\_2



INSTITUT NATIONAL  
de la  
PROPRIETE INDUSTRIELLE

**RAPPORT DE RECHERCHE**  
établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

FR 9003660  
FA 445736

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
D,A	NATURE, vol. 341, no. 12, 12 octobre 1989, page 492, London, GB; B.V. DERJAGUIN et al.: "Titanium fracture yields neutrons?" * En entier *	1
A	JOURNAL OF ELECTROANALYTICAL CHEMISTRY, vol. 261, 1989, pages 301-308, Elsevier Sequoia S.A., Lausanne, printed in NL; M. FLEISCHMANN et al.: "Electrochemically induced nuclear fusion of deuterium" * Pages 301-302 *	1
D,A	HADRONIC JOURNAL, vol. 11, 1988, pages 257-261, Hadronic Press, Nonantum, MA, US; C.K. WHITNEY: "On the Lienard-Wiechert potentials"	
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
		G 21 B H 05 H
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
26-11-1990		ERRANI C.
<b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b> X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ..... & : membre de la même famille, document correspondant

EPO FORM 1503 03.82 (P0413)