

Une nouvelle filière pour la fusion ?

L'émergence de la striction magnétique

L'état de l'art au changement de siècle

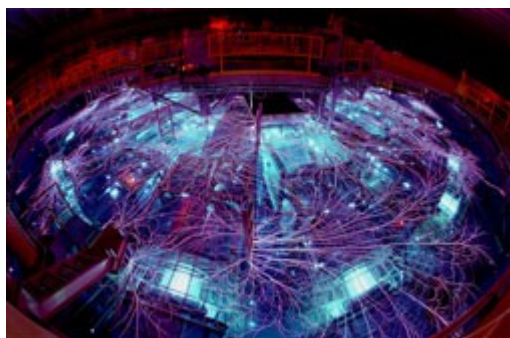
Jusque dans les années 2000, les seules filières envisagées pour la fusion nucléaire s'appuyaient sur le confinement magnétique d'un plasma chaud dans un tokamak¹(ITER) et le confinement inertiel par laser² (Megajoule). Ces filières après des décennies de recherche ne sont parvenues qu'à de faibles résultats à cause de grandes difficultés de conception : 2s de fusion pour le JET³ quelques réactions pour les lasers⁴ Dans cette dernière note, on lit que l'échelle de temps avant obtention d'un bilan positif est la même dans les deux cas, cinquante ans si tout va bien, pas d'exploitation industrielle en vue. Mieux,

En ce début de siècle la question se pose: la fusion peut elle être une source d'énergie pour un avenir pas trop lointain ? Dans l'état actuel des connaissances et des programmes, tout laisse penser qu'elle ne viendra pas sur le marché de l'énergie, si elle y vient jamais, avant la deuxième moitié du siècle

On trouve de nombreuses critiques quant à la faisabilité d'iter⁵, filière qui accumule les difficultés techniques ; en voici quelques unes : pollution du plasma par des éléments arrachés à la paroi qui le refroidissent en quelques instants, les matériaux supraconducteurs résistent mal aux radiations. Pour pallier ces difficultés, la méthode a toujours été de construire plus grand ; après plusieurs générations de tokamaks et 30 ans de recherche, les 2s de fusion ont été obtenues. Cela évoque bien les grandes difficultés rencontrées.

Enfin, si la fusion est un mieux en matière de nucléaire, elle est difficile à atteindre car il faut atteindre des températures élevées pour de la fusion débute. Mais elles sont s'y élevées que seule la réaction de plus faible température à 100 millions de degrés est utilisée. Or les réactifs sont radioactifs et la réaction émet de dangereux neutrons : la fusion version Iter ou Megajoule sera radioactive. L'investissement dans Iter est de 1 milliards d'euros. La contribution française annuelle à ITER est de 130 millions d'euro⁶, et sera sans doute doublée⁷ cette année.

Un tournant inattendu



La Z-machine est un générateur de rayon X qui n'a jamais été conçu pour faire de la fusion contrôlée. Elle utilise la méthode de la compression axiale : un courant de plusieurs millions d'ampères parcourt une cage à fils en inox ; les forces magnétiques la contractent très brutalement et la température s'élève. En 2006, les laboratoires Américains Sandia annoncent une découverte fracassante : **la Z-machine a fortuitement généré 3,7 milliards de degrés⁸**, température extrême jamais atteinte auparavant, cent fois plus chaude qu'au coeur du Soleil. À ces températures, la Z machine est susceptible d'ouvrir une nouvelle filière de fusion

plus performante. Un article *Des Échos* de mai vulgarise la fusion nucléaire contrôlée de l'hydrogène grâce à la Z-machine⁹

En effet, à une telle température, des réactions impossibles à envisager auparavant deviennent exploitables. De plus leur radioactivité est infime ; elles offriraient à la clé *des centrales nucléaires puissantes et totalement non polluantes*, utilisant comme combustibles des éléments propres et très

1 <http://fr.wikipedia.org/wiki/Tokamak>

2 http://fr.wikipedia.org/wiki/Confinement_inertiel_par_laser

3 <http://www.epsic.ch/pagesperso/schneiderd/Apelm/Sources/fusion.htm>

<http://usinfo.state.gov/xarchives/display.html?p=washfile->

[french&y=2006&m=November&x=20061114150843lcnirellep5.369204e-02](http://usinfo.state.gov/xarchives/display.html?p=washfile-french&y=2006&m=November&x=20061114150843lcnirellep5.369204e-02)

4 http://sfp.in2p3.fr/Debat/debat_energie/websfp/fusion.htm

5 <http://www.project-syndicate.org/commentary/balibar1/French>

6 <http://www.lps.ens.fr/~balibar/ITER.pdf>

7 <http://uniorleans.wordpress.com/>

8 <http://www.sandia.gov/news/resources/releases/2006/physics-astron/hottest-z-output.html>

9 "Nucléaire : la Z machine américaine défie Iter" : <http://www.lesechos.fr/info/metiers/4576219.htm>

abondants sur Terre. En bref, le remède énergétique attendu par notre planète malade de sa pollution galopante.

La révolution en marche ?

Ce printemps, Sandia a fait une nouvelle annonce¹⁰ qui positionne la z-machine sur la route de la fusion dans le peloton de tête : l'utilisation d'un autre type de générateur de courant, le générateur LTD Russes dont les progrès ont été plus rapides que prévu. Grâce aux performances atteintes, le LTD rendrait la z-machine plus compacte et moins complexe. *Il va surtout permettre d'effectuer des tirs répétitifs à la fréquence de un toutes les 10 secondes*, là où l'actuelle Z-machine ne peut guère effectuer qu'un tir par jour ! C'est précisément la cadence définie pour une future centrale à fusion nucléaire par striction magnétique, opérationnelle, qui fonctionnerait comme un "deux-temps fusion" (compression, expansion). Ainsi le **LTD** devrait permettre une fusion nucléaire contrôlée réellement exploitable dans la Z-machine.

Ces cavités étant modulaires, elles peuvent être multipliées jusqu'à délivrer *70 millions d'ampères sous 7 millions de volts* et plus si nécessaire. On voit donc que dès ses débuts, en un peu plus de deux ans, la z-machine progresse à grand pas et qu'elle n'a pas encore fait parler tout son potentiel.

Extrait de l'article des laboratoires Sandia décrivant ce nouveau générateur :



Mise à feu de manière répétée, la machine pourrait bien devenir la base de la première centrale électrique à fusion nucléaire opérationnelle, d'ici vingt ans. Les progrès dans cette voie nécessiteront éventuellement des crédits de la part de la branche Énergie du Ministère de l'Énergie.

Pour s'affirmer comme solution viable, ce nouveau concept coûterait 35 millions de dollars sur cinq à sept ans, pour construire un banc de test disposant de 100 cavités. Si le test est positif, les futures générations de Z-machines seraient conçues à base de générateurs LTD.

Les perspectives

L'idée de la fusion par striction magnétique commence à faire son chemin dans les médias français¹¹. L'article *Des Échos* déjà évoqué commence ainsi,

La Z machine s'approche de la fusion à haut rendement. Elle pourrait inspirer une génératrice électrique révolutionnaire en moins de deux décennies », annonçait fin avril le Sandia National Lab (Nouveau-Mexique). Les Américains seraient-ils en train de doubler le projet Iter de réacteur à fusion international ?

Lorsqu'on met en parallèle ces résultats obtenus après 30 ans de recherche pour les uns, et 2 ans après une découverte fortuite pour l'autre, il semble pertinent de développer la filière striction magnétique au plus tôt. D'autant plus que nous avons les compétences en Europe et en France pour cela. En effet, d'autres machines certes moins puissantes existent. En France l'ECF du Centre d'Expérimentation militaire de Gramat¹² (CEG), surnommée *Sphinx*. En Grande-Bretagne la Magpie, à l'Imperial College. Les générateurs LTD ne constituent pas une surprise non plus puisque le Sphinx en est équipée¹³ depuis longtemps.

Rappelons le coût de la mise à jour avec des LTD, 35 millions de dollars sur 5 ans, les 100 millions de dollars nécessaire à sa construction ou les 62 millions de dollars de sa mise à niveau de cet été. À comparer avec les 130 millions d'euro minimum investis chaque année par la France dans Iter.

10 Rapid-fire pulse brings Sandia Z method closer to goal of high-yield fusion reactor : *Des impulsions ultra-brèves rapprochent la Z-machine d'un générateur à fusion à haut rendement*

11 http://www.sandia.gov/pulsedpower/prog_cap/pub_papers/003132j.pdf

12 <http://mathias.bavay.free.fr/these/html/these.html>

<http://www.iee.org/oncomms/pn/powertrading/MG%20WED.c.%20Georges.pdf>

13 <http://mathias.bavay.free.fr/these/html/node153.html#tex2html161>

Une voie prometteuse pour la fusion par striction magnétique au sein d'une Z-machine semble maintenant se dessiner aux États-Unis, avec l'appui des Russes. L'exploitation industrielle pourrait débuter dans 20 ans, délai que n'imaginent même pas les responsables d'Iter. Ne ratons pas le train !

Les réactions

Des tentatives ont été faites pour pousser les médias nationaux à aborder ce sujet et les politiques à s'y intéresser, sans réel succès. Un scientifique de très haut niveau, responsable en Russie des questions relatives à la fusion nucléaire, a accepté d'appuyer la démarche de sensibilisation en écrivant une lettre signée à remettre en main propre, explicitant l'intérêt de cette recherche et allant jusqu'à suggérer une collaboration franco-russe dans le domaine ! Encore faut-il trouver un responsable scientifique proche des politiques ouvert à un tel discours.

Ces tentatives sont restées lettres mortes. Pour deux raisons :

1. La fusion par striction magnétique est perçue comme entrant en concurrence frontale avec le projet ITER, solution très différente implantée en France. Les spécialistes français de la striction magnétique sont trop peu nombreux pour faire entendre leur voix.
2. Ces recherches sont "potentiellement proliférantes" : elles peuvent mener à la réalisation de bombes H de nouvelle génération à portée de n'importe quel pays et surtout échappant à tout contrôle.

Le but était de faire ouvrir Sphinx, réservé aux ingénieurs militaires, aux chercheurs civils. La crainte est que la chape du secret défense tombe sur ces recherches de la part de la DGA ou vis-à-vis des laboratoires Sandia, gérés par le ministère de la défense américaine. D'où l'intérêt de mener d'autres recherches indépendantes.

La réponse vient d'être donnée dans l'édition du 16 mai du journal *Les Échos*,¹⁴

Comme sa grande soeur américaine, elle sert surtout à tester la résistance des têtes nucléaires. A sa différence, elle ne connaîtra pas d'expérimentations civiles. Il y a quelques années, les chercheurs de Gramat avaient pourtant lancé des perches à leur tutelle militaire pour diversifier leurs études, sans succès. Interrogé par « Les Echos », le très « farouche » CEG assure aujourd'hui n'avoir aucun projet énergétique. Cette timidité d'investissement inquiète les spécialistes de la striction. « Les compétences françaises dans ce génie électrique de puissance sont menacées », assure l'un d'eux.

Conclusion

La striction magnétique fait appel à la MHD, discipline où la France était très en pointe il y a trente ans et qui a été délibérément abandonnée au milieu des années soixante-dix et a valu un exode des spécialistes de la discipline. Malgré les compétences dont la France dispose et l'aide offerte par les Russes, la décision semble prise : il n'y aura pas de recherche civile française sur la fusion par striction magnétique. Aujourd'hui, les spécialistes de la striction quittent la France pour rejoindre ... Sandia. L'Histoire se répète.

Nous avons les moyens et les compétences pour développer en Europe une filière de recherche sur la fusion nouvelle. La prudence devrait nous inciter à ne pas mettre tous les œufs dans le même panier et développer en parallèle Iter et la striction magnétique. Ainsi nous doublerions nos chances d'obtenir la fusion à relativement court terme. L'important n'est pas de favoriser telle ou telle filière. L'important est de trouver une énergie de substitution au pétrole au plus vite : le réchauffement climatique est en marche, sans doute plus vite qu'on ne le pensait¹⁵, il n'y a pas de temps à perdre en stériles querelles d'influence ; les conséquences seront trop graves. De plus, si cela débouche sur une exploitation industrielle, nous serons encore en course pour vendre ces centrales à l'étranger et soutenir notre économie et profiter des retombées économiques.

Pour aller de l'avant, il faut investir !

Octobre 2007

¹⁴ <http://www.lesechos.fr/info/metiers/4576329.htm>

¹⁵ <http://reporterre.wordpress.com/2007/09/26/le-refroidissement-planetaire/>