

La fusion contrôlée : Mythe ou réalité technologique pour demain ?

**Jacques FOOS,
Professeur Honoraire au Conservatoire National des Arts et Métiers
(Sciences et Technologies Nucléaires)**

L'histoire de la fusion est vieille comme l'Univers puisque les premières réactions nucléaires démarrent un millionième de seconde après le Big Bang ! Aujourd'hui encore, les étoiles, quel que soit leur stade de vie, ne se nourrissent que de réactions nucléaires. 90 % des étoiles de l'Univers se trouvent, comme notre Soleil, dans ce qu'on appelle la « séquence principale » où elles brûlent leur hydrogène pour le transformer en hélium par des réactions de fusion. Ce sont des étoiles « jeunes ». Pour donner quelques chiffres, notre étoile, le Soleil, consomme à chaque seconde 460 millions de tonnes d'hydrogène pour une puissance dissipée de 400 000 milliards de milliards de kW !

En effet, les réactions de fusion sont très énergétiques, les plus énergétiques que l'on connaisse aujourd'hui (7 fois plus que les réactions de fission utilisées dans nos réacteurs nucléaires). Toutefois, pour que des noyaux atomiques puissent fusionner, il faut les faire se toucher, ce qui nécessite, même pour les plus petits d'entre eux, des températures considérables, proches du milliard de degrés ! On trouve naturellement ces températures juste après le Big Bang ou au sein des étoiles. C'est une autre affaire si l'Homme désire re-crée de telles conditions, surtout s'il veut contrôler la réaction.

Ceci explique pourquoi la première utilisation de ces réactions de fusion a été militaire, sous forme d'une bombe. Dans ce cas, il n'y a pas à contrôler la réaction ; de plus, on utilise une « bombe A » classique à fission pour obtenir la température nécessaire au déclenchement de la réaction ! Le travail est beaucoup plus compliqué si on veut contrôler la réaction : il faut trouver un moyen de produire cette énergie gigantesque au départ dans des matériaux qui ne supportent pas, à l'état solide, des températures dépassant quelques milliers de degrés (alors que là, il faut avoisiner non pas le million mais le milliard de degrés !). D'où l'idée de confinement magnétique.

Les premières expériences pour tenter de confiner un plasma chaud avec des champs magnétiques ont eu lieu aux USA dès 1938 et le premier brevet de réacteur à fusion a été déposé au Royaume-Uni par Thomson et Blackman en 1946.

Les années « 50 » associent fusion et armement : c'est l'époque de la bombe H et du secret militaire. Les premiers modèles expérimentaux : les tokamaks, prennent leur essor dans la décennie 1958-1968.

De 1968 à 2009 : on voit fonctionner divers tokamaks dans le Monde. Le tokamak français TFR (installé au centre CEA de Fontenay-aux-Roses) est la machine la plus performante au monde de 1973 à 1976.

Depuis quatre tokamaks : JET (Culham, Angleterre), JT60 (Japon), TFTR (Princeton, USA) et Tore Supra (Cadarache, France) ont, chacun pour leur part, apporté leur contribution

scientifique. La puissance thermonucléaire produite a dépassé le mégawatt et la durée de l'impulsion frôlé la minute.

Nous voici en 2010 avec le projet ITER (*International Thermonuclear Experimental Reactor*). Ce réacteur doit démontrer la faisabilité industrielle d'un réacteur utilisant les réactions de fusion contrôlée. Ce n'est donc pas encore un prototype ! C'est le premier réacteur qui devrait présenter un rapport : *énergie produite/énergie induite* supérieur à 1 pendant une durée de l'ordre de 5 minutes.

En terme de radioactivité créée, on peut dire que, par kilowattheure produit, dans le futur, il y aura autant de « becquerels » créés que pour la fission. Certes, il n'y a pas de « produits de fission » mais du tritium qui est un élément difficile à confiner en raison de sa très petite taille (il est toutefois très peu radiotoxique) et des produits d'activation par des neutrons très énergiques dans tous les matériaux de structure, ce qui n'est pratiquement pas le cas dans les réacteurs d'aujourd'hui. On le voit, il n'y a pas de source d'énergie idéale.

On peut légitimement s'interroger sur un tel projet, compte tenu de son coût passé, cette année, **de 6 à 16 milliards d'euros**. 45% de cette somme est à la charge de l'Europe alors que l'on devrait voir là un projet mondial au sens large : si le projet abouti, il est certain que les retombées technologiques bénéficieront au monde entier, que l'on ait financé au départ ou non. Il serait logique que tous payent « pour voir ». Ce n'est pas le cas aujourd'hui et certains, dont la France, paient un bien lourd tribut !¹.

Compte tenu aussi du retard pris : le combustible ne sera pas chargé, *au plus tôt*, avant 2026 et ceci ne veut pas dire démarrage ! Combien de ceux qui sont aujourd'hui engagés dans cette aventure vont participer aux premières expériences ?

Compte tenu enfin du fait que l'argument qui prévalait, il y a quelques décennies : *une source d'énergie inépuisable*, ne vaut plus aujourd'hui avec l'avènement, dans des délais beaucoup plus proches que ceux d'un éventuel réacteur à fusion, des réacteurs de 4^{ème} génération, en particulier, les réacteurs à neutrons rapides qui font du combustible classique (uranium et plutonium) une source d'énergie sur plusieurs millénaires. Le réacteur à fusion enfin, nécessite pour son fonctionnement, d'importantes quantités de lithium, qui est un métal rare : la source d'énergie n'est donc pas si inépuisable que cela !

Tout ceci explique que de nombreux physiciens s'interrogent sur ce projet et que certains dont le Prix Nobel Georges Charpak demandent même l'arrêt du projet.

(octobre 2010)

¹ À l'heure où on demande d'importants sacrifices aux Français pour collecter quelques centaines de millions d'euros, est-il raisonnable de voir cet argent immédiatement englouti dans ce nouveau budget ?