

L'énergie nucléaire à l'heure de la transition énergétique

Seconde partie de la communication de nos confrères Michel Dürr et Joseph Remillieux
Communication du 10 Novembre 2015

Les projets d'utilisation de la fusion nucléaire

Joseph Remillieux

La collision entre deux noyaux atomiques ne peut conduire à leur fusion que si des critères de physique nucléaire (hauteur de la barrière de potentiel aux parois du noyau), de physique quantique (exclusion de Pauli, franchissement par effet tunnel) et de physique des plasmas (température et instabilités) se trouvent réunis. Les réactions de fusion envisageables pour la production d'énergie concernent essentiellement les isotopes de l'hydrogène. Elles diffèrent entre elles par la quantité d'énergie produite, par le seuil de température à atteindre dans le plasma combustible, par la probabilité de fusion, par la disponibilité du combustible et enfin par la production ou non de neutrons, activateurs de déchets radioactifs. Deux réactions sont particulièrement prometteuses : d'une part la fusion de deux isotopes de l'hydrogène (deutérium-tritium), pour la grande quantité d'énergie dégagée dès que le plasma est porté à plus de 100 millions de degrés et d'autre part la fusion *aneutronique* (proton-Bore) attendue dans des plasmas chauffés à quelques milliards de degrés, sans doute la plus écologique (sans déchets) car elle ne produit que des particules α .

On rappellera que la fusion fait briller les étoiles depuis des milliards d'années, qu'elle a été observée en laboratoire auprès d'un accélérateur de particules par *E. Rutherford* en 1933 et que c'est en 1952 qu'explosa la première *bombe H* (à fusion thermonucléaire). Puis on présentera les méthodes de confinement et de chauffage des plasmas qui sont actuellement explorées, pour que tôt ou tard les réacteurs à fusion nucléaire puissent participer à la transition énergétique.

Deux méthodes sont principalement développées pour atteindre l'ignition (un bilan énergétique global positif) : soit le confinement magnétique d'un volume toroïdal (*Tokamak*) de plasma de plusieurs centaines de m³ pendant plusieurs minutes (projet *ITER* à Cadarache), soit le confinement inertiel de quelques fractions de mm³ de plasma pendant quelques picosecondes par compression brutale d'une capsule de combustible, soit par *implosion ablative*, à partir d'une batterie de faisceaux lasers ultra-puissants (*NIF* aux USA et *Laser-MégaJoules* en France), soit par *striction magnétique* (*Z-machine* de *Sandia Nat. Lab.* aux USA).

On passera enfin en revue quelques autres tentatives technologiques, encore plus ou moins confidentielles, visant notamment au confinement magnétique de plasmas toroïdaux ou cylindriques dans des enceintes moins gigantesques que celles d'*ITER*.