

8. La fusion nucléaire [3] [18] [19]

8-1 Le principe

Pour la production d'énergie, on utilise, comme on l'a vu (Chapitre 1 : Notions générales), la fission de noyaux atomiques lourds (Uranium, Plutonium) qui, en se brisant sous le choc de neutrons, dégagent de l'énergie.

Il est d'autre part, possible de générer une émission d'énergie en provoquant la fusion entre eux, de deux noyaux légers. Le dégagement d'énergie est d'ailleurs plus important pour une réaction de fusion que pour une réaction de fission.

Le principe est donc de rapprocher deux noyaux jusqu'à ce qu'ils fusionnent. Le problème est que tous les noyaux d'atomes ont une charge électrique positive et que deux corps de même charge se repoussent et ceci d'autant plus fortement qu'ils sont proches. Pour vaincre cette force de répulsion entre les deux noyaux, le seul moyen est de les porter à une température assez élevée pour que la force d'agitation thermique qui les anime alors, devienne plus forte que la force de répulsion. Malheureusement, les températures nécessaires sont excessivement élevées et ceci d'autant plus que l'on a affaire à des noyaux lourds. Des températures relativement plus basses sont nécessaires avec des noyaux légers. C'est pourquoi les réactions de fusion utilisées expérimentalement actuellement se font avec des isotopes de l'Hydrogène, élément atomique le plus léger.

La réaction utilisée est celle qui fait fusionner un noyau de Deutérium avec un noyau de Tritium. Pour que la réaction soit possible, il faut porter ces noyaux à une température de l'ordre de 100 millions de degrés. Il est évident que pour y parvenir, il faut fournir beaucoup d'énergie, d'où la nécessité de provoquer beaucoup de fusions afin que l'énergie dégagée soit supérieure à celle que l'on a dépensé pour les produire. Le mélange où se produisent les fusions est donc constitué de noyaux de Deutérium et de Tritium. Il constitue ce qu'on appelle un plasma (à noter que pour fabriquer un plasma, il faut d'abord débarrasser les atomes de Deutérium et de Tritium du cortège électronique qui les entoure. Ceci ne pose pas de problème mais nécessite aussi une certaine consommation d'énergie).

Il est évident qu'aux températures nécessaires (le chauffage ne pose pas de problèmes techniques insolubles), aucun métal ne résisterait. Aussi faut-il maintenir le plasma en suspension sans contact avec l'enveloppe qui le confine durant un temps appréciable comme indiqué précédemment, pour avoir un rendement énergétique positif.

De telles réactions ont depuis longtemps été réalisées en laboratoire à très petite échelle. La première utilisation concrète a malheureusement été la réalisation de la bombe H qui est un engin extrêmement complexe, comme ce sera vu dans le chapitre suivant (Chapitre 9).

L'avantage de la fusion, si elle peut aboutir à la production industriellement d'électricité, vient du fait qu'elle utilise comme matière première le Deutérium très abondant dans la nature car il existe dans l'eau. Cependant, il nécessite aussi l'emploi de Tritium qui n'existe pas dans la nature et qu'il est nécessaire de fabriquer à partir de Lithium qui lui, est beaucoup moins abondant dans la nature.

D'autre part, le procédé qui ne met en jeu que des quantités relativement faible de produits radioactifs (le Tritium), n'est générateur que de faibles quantités de déchets radioactifs et n'est pas susceptible d'accidents graves du type de ceux survenus sur des réacteurs à fission.

8-2 Les types de confinement

8-2-1 La fusion par confinement magnétique

C'est le procédé le plus avancé actuellement et qui sera utilisé dans l'installation ITER dont il sera question plus loin.

Les ions constituant le plasma ont des trajectoires courbes lorsqu'ils sont soumis à un champ magnétique. Le principe est donc de faire suivre à ce plasma une trajectoire fermée grâce à un champ magnétique adéquat.

Un des dispositifs expérimenté depuis plusieurs années, est le « Tokamak ». Pour confiner le plasma qui a naturellement tendance à se disperser, il faut des champs magnétiques très intenses, d'où une dépense d'énergie importante qui s'ajoute à celle nécessaire pour chauffer le plasma. Un critère dit « critère de Lawson » indique à partir de quelle valeur le produit densité du plasma par température de celui-ci, est suffisant pour que l'énergie produite par les fusions est supérieure à celle dépensée. Tout le problème est donc d'avoir pendant un temps appréciable, un plasma suffisamment chaud et dense pour dépasser ce seuil. Jusqu'à ce jour, ceci n'a pu être obtenu que durant des temps très courts.

8-2-2 La fusion par confinement inertiel

Ce procédé consiste à porter à très haute pression et très haute température, un petit volume de Deutérium et de Tritium pendant un temps très court. Ceci est obtenu grâce à des faisceaux Laser de forte puissance convergent sur une petite bille de mélange, bille qui implose sous l'effet de la température portée à 100 millions de degrés, produisant des réactions de fusion et le dégagement d'énergie correspondant. Pour être exploité, ce procédé nécessite d'avoir une cadence de tir suffisante et de savoir récupérer l'énergie produite. Actuellement, en France, une installation de démonstration est en cours de réalisation au centre d'étude du commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) du CESTA près de Bordeaux. D'autres installations de ce type sont en construction au Etats-Unis et au Japon.

8-3 Le projet ITER

ITER (International tokamak experimental reactor) est une installation qui doit apporter la démonstration que la fusion contrôlée, grâce à une stabilisation du plasma par confinement magnétique, est possible. Le but visé est d'obtenir une stabilisation de plusieurs minutes avec un plasma répondant au critère de Lawson et permettant de dégager de cinq à dix fois plus d'énergie qu'il n'en a été consommé.

ITER n'est donc pas le prototype d'un réacteur industriel. Il préfigure, si ses résultats sont concluants, un tel prototype dont la réalisation serait l'étape suivante. ITER devrait être terminé vers 2016. Les

premiers résultats ne sont pas attendus avant 2030, ce qui fait qu'un réacteur industriel ne pourrait voir le jour que dans au moins une cinquantaine d'années.

Une telle installation de par sa complexité et les techniques de pointe qu'elle utilise, est d'un coût hors de portée d'un seul Etat (coût estimé actuellement 16 milliards d'euros).

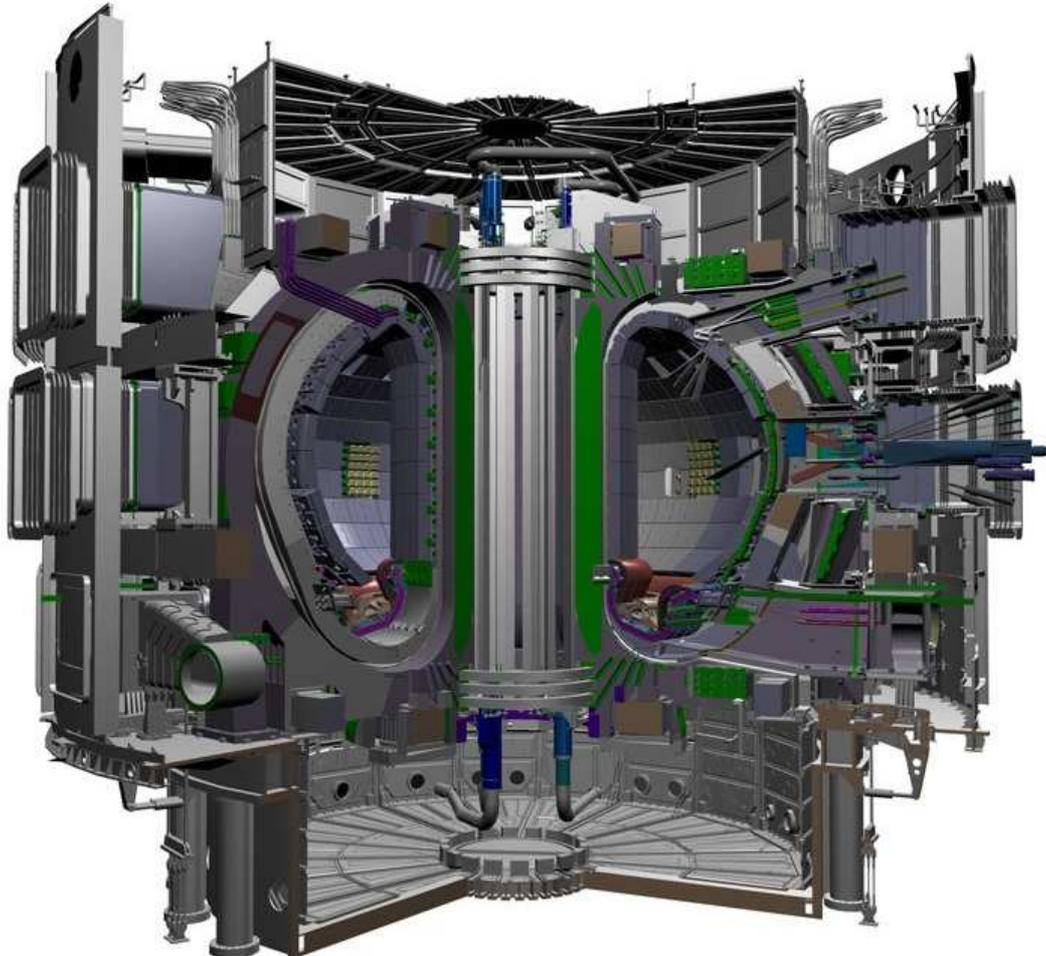


Figure 20 - Le projet ITER (International Tokamak Experimental Reactor). Source : [Site internet ITER](http://www.iter.org).

C'est pourquoi le projet en cours de réalisation en France à Cadarache, est financé internationalement : 45% pour l'Europe dont la France, le reste par les autres partenaires : les Etats-Unis, la Chine, la Corée du sud, le Japon, la Russie, l'Inde.

Les problèmes à résoudre sont délicats. En dehors du confinement du plasma durant un temps suffisant, se posent entre autres, le problème de la résistance des matériaux frappés par un flux de neutrons de forte énergie produits lors des réactions de fusion, le maintien de la pureté du plasma (impuretés et Hélium produit par les réactions de fusion), extraction de l'énergie libérée.

ITER constituera le plus gros Tokamak construit dans le monde.