

Point de vue

ITER, un projet pharaonique, par Jacques Treiner et Sébastien Balibar

LE MONDE | 27.09.05 |

Nos deux collègues Gérard Belmont et Stéphane Pasquiers répondent à un certain nombre d'arguments prêtés aux "détracteurs d'ITER" (*Le Monde* du 3 septembre). Mais ils ne répondent pas aux interrogations liées à la façon de résoudre les problèmes avant que la fusion puisse devenir une source industrielle d'énergie : stabilité du plasma de deutérium et de tritium ; tenue des matériaux de couverture aux neutrons extrêmement énergétiques produits dans une réaction de fusion ; production du tritium in situ pour un fonctionnement en continu.

ITER étudiera la stabilité du plasma, un problème difficile et intéressant, mais il n'est pas prévu qu'il aborde les deux autres. Or cette question des matériaux est cruciale. Personne ne sait, pour le moment, comment la résoudre. Rappelons de quoi il s'agit. La fusion produit des neutrons très énergétiques qui bombardent les parois de l'enceinte de confinement et y induisent une radioactivité "alpha". Cette radioactivité produit de l'hélium, qui migre dans la paroi, se ramasse en bulles de gaz et la fait gonfler. Elle perd alors son étanchéité. Pourtant il est essentiel de maintenir le plasma sous un ultravide poussé si l'on veut le chauffer jusqu'aux températures où les réactions de fusion peuvent démarrer (200 millions de degrés). Idéalement, il faudrait inventer un matériau révolutionnaire qui serait poreux pour que l'hélium puisse s'échapper sans le détériorer mais, en même temps, qui resterait parfaitement étanche pour confiner le plasma sous ultravide.

Poreux et étanche : c'est évidemment contradictoire et personne ne connaît la solution. Ce problème est tellement complexe qu'il est prévu de l'étudier avec une machine spéciale, Ifmif (International fusion materials irradiation facility), que les négociateurs d'ITER ont finalement prévue au Japon, mais dans un avenir incertain. Ce problème de matériau est bien sûr connu depuis longtemps. Faute de le résoudre, la fusion ne produira jamais d'électricité commercialisable. Or Ifmif coûte environ dix fois moins qu'ITER. Pourquoi ne pas avoir commencé par là ?

Quant au tritium, contrairement à ce qu'on lit parfois, il n'existe pas dans la nature. Il devrait être produit en quantités industrielles. Pour cela, il

est prévu que les neutrons de la fusion cassent des noyaux de lithium dans une sorte d'immense sandwich toroïdal qui serait inséré à l'intérieur de DEMO, un futur réacteur dont la construction est envisagée après qu'ITER aura produit des résultats (dans vingt ou trente ans).

Mais une seule centrale de 1 gigawatt électrique, comparable à une centrale nucléaire classique (à fission), aurait besoin d'au moins 50 kg de tritium par an, alors que le total des réserves mondiales de tritium est de l'ordre de 20 kg. On voit bien qu'il s'agit d'une autre étape, celle du réacteur de démonstration DEMO, dont il faudrait attendre qu'il ait fait toutes ses preuves avant d'envisager la construction d'une véritable série de réacteurs futurs, qui puissent contribuer d'une manière non négligeable à la production mondiale d'énergie.

Quelques mots du financement. La France contribue à ce projet via la région PACA, qui finance la construction à hauteur de 10 %, mais aussi via Euratom. Cela fait en tout 17 % du projet, soit 85 millions d'euros par an pendant dix ans. Et non 30 millions d'euros comme l'indiquent MM. Belmont et Pasquiers. Le fonctionnement de la machine coûtera sans doute autant. Certes, c'est très peu par rapport aux enjeux de l'énergie à l'échelle mondiale : avec ses profits annuels (environ 10 milliards d'euros), la société Total pourrait se construire deux ITER par an ! Quant à la guerre en Irak, elle a déjà coûté 500 milliards de dollars. Mais et cela illustre bien la misère de nos laboratoires, le coût d'ITER pour la France est supérieur à l'ensemble de tous les moyens financiers dont dispose l'ensemble de tous les laboratoires de physique en France (environ 50 millions d'euros). Notre crainte que les dépenses pour ITER soient comptabilisées dans l'effort de recherche français et viennent en déduction du soutien qu'il faut apporter à ces laboratoires pour qu'ils aient une chance de rester compétitifs à l'échelle mondiale est d'autant plus justifiée que l'on se souvient amèrement des effets produits, en son temps, par la construction de la station spatiale internationale, autre projet pharaonique, dont l'utilité est si peu justifiée qu'on est en train de l'abandonner alors qu'elle n'est qu'à moitié construite.

On le voit, la communauté scientifique n'est pas unanime au sujet de ce projet, et il ne s'agit pas seulement de la communauté des physiciens français. Certains pensent qu'ITER représente, à l'heure actuelle, le seul chemin raisonnable ; d'autres estiment que tant que la bonne technologie n'est pas trouvée, il faut explorer plusieurs pistes à la fois et ne pas écraser, par un projet démesuré, les autres chemins d'étude de la fusion contrôlée ; d'autres encore, dont nous sommes, insistent pour qu'on ne sous-estime pas des problèmes qui peuvent paraître secondaires tant que l'on s'intéresse à la physique du plasma mais qui deviennent cruciaux dès

lors que l'on envisage un passage à l'échelle industrielle. Ces différents points de vue ne surprennent que ceux qui ont pris pour de l'information scientifique la "com" faite par les porteurs du projet au cours des phases récentes de négociation internationale.

ITER n'est pas une machine de développement technologique : c'est un projet à finalité technologique, encore à l'état de recherche fondamentale. La fusion à supposer que les problèmes de matériaux soient résolus, ne semble pas être envisageable avant le XXI^e siècle. Or l'évolution du climat appelle des solutions urgentes.

En effet, les conséquences de la consommation actuelle d'énergie sur le climat ne font plus de doute. 80 % de l'énergie primaire consommée dans le monde est d'origine fossile (pétrole, gaz, charbon). L'augmentation résultante de la teneur de l'atmosphère en gaz à effet de serre conduira à un réchauffement moyen compris entre 2 et 6 degrés, à l'horizon 2100, suivant les scénarios envisagés. Il semble bien que ce réchauffement, qui augmente les échanges d'eau entre l'équateur et les pôles, s'accompagne d'une amplification de la violence des événements extrêmes : tempêtes, cyclones. Il est donc urgent de diminuer la consommation d'énergies fossiles. Même les recommandations de Kyoto sont timides quant aux risques.

Outre qu'il est indispensable de cesser de gaspiller l'énergie, les deux voies de production propre les plus prometteuses sont le solaire et la quatrième génération de centrales nucléaires à fission. Le solaire est très peu développé (moins de 1 % de l'énergie primaire consommée actuellement), mais il est très abondant : la consommation totale de l'humanité correspond à un dix-millième de l'énergie qui nous parvient du soleil. Outre le solaire thermique et photovoltaïque, d'autres technologies sont explorées pour résoudre le problème du stockage, notamment en Espagne. La France est absente de ces recherches.

La quatrième génération de centrales nucléaires aura l'immense mérite de brûler tous ses déchets lourds, ce qui lui permettrait non seulement de devenir propre mais aussi de fonctionner pendant des milliers d'années, surtout en utilisant la très prometteuse filière au thorium. C'est là que les efforts devraient porter, c'est là qu'ils sont singulièrement insuffisants.

Pour conclure, un bref rappel historique. La fission nucléaire a été découverte en décembre 1938 par Hahn, Strassmann et Meitner. Son interprétation théorique a été éclaircie quasi immédiatement par Meitner et Frisch. La décision américaine de construire un réacteur n'a été prise qu'au début 1942, après Pearl Harbour. En décembre 1942, le premier

réacteur divergeait à Chicago sous la direction d'Enrico Fermi : la réaction en chaîne anticipée par Szilard était non seulement possible, elle était sous contrôle. Le nom de Wigner, Prix Nobel de physique pour ses travaux théoriques concernant le rôle des symétries en physique quantique, est associé à la mise au point de nombreuses questions d'apparence technologique, qu'il fallait savoir formuler avant de les résoudre. Au total, il ne s'est écoulé que trois ans entre la découverte de la fission et la mise au point du premier réacteur, laquelle n'a pris en réalité que quelques mois.

Par comparaison, l'idée de la fusion thermonucléaire est là depuis cinquante ans, et le fonctionnement en continu du réacteur DEMO, qui représente une étape post-ITER, ne semble pas possible avant cinquante autres années. Ce n'est évidemment pas la qualité des personnes qui est en cause mais la difficulté des problèmes à résoudre. A quoi sert de les cacher ?

Jacques Treiner est professeur à l'université Pierre-et-Marie-Curie.

Sébastien Balibar est directeur de recherches au CNRS, Ecole normale supérieure.

par Jacques Treiner et Sébastien Balibar

Article paru dans l'édition du 28.09.05