



En s'engageant dans la réalisation de deux installations majeures de fusion expérimentale, ITER (à gauche) et le LMJ (à droite), la France et le CEA se trouvent en première ligne dans le développement des deux grandes méthodes de confinement, magnétique d'une part, inertiel de l'autre.

CEA

II. LE SOLEIL SUR TERRE ?

Si, actuellement, la production d'énergie nucléaire repose sur Terre sur la *fission* des noyaux, phénomène marginal à l'échelle cosmique, les réactions thermonucléaires de *fusion* sont à l'œuvre dans pratiquement toutes les étoiles. En s'engageant dans la réalisation de deux installations majeures de fusion expérimentale, ITER et LMJ, de concepts différents, la France se trouve dans une situation exceptionnelle.

Guère plus de vingt ans après avoir compris les mécanismes de la fusion dans le Soleil, les chercheurs ont entrepris de s'en inspirer pour réaliser sur Terre des réactions de fusion thermonucléaire. Comme le souligne Yanick Sarazin avec l'exemple de la turbulence, phénomène universel extrêmement complexe, de très nombreuses propriétés des plasmas chauds doivent être encore mieux comprises et maîtrisées, démontrant l'importance de la recherche fondamentale dans la progression vers la domestication de l'énergie thermonucléaire. Chaque gramme du plasma du cœur solaire produit environ 2 milliardièmes de watt. Il fallait absolument "faire mieux", en faisant appel à un mélange réactif de deutérium et de tritium, inexistant dans le Soleil. La rentabilité de la fusion fixe une valeur minimum (de l'ordre de $10^{20} \text{ m}^{-3} \cdot \text{s}$) au produit du temps de confinement de l'énergie, τ_E , et de la densité en nombre de particules n par m^3 du plasma. Le confinement gravitationnel étant exclu à notre échelle terrestre, deux modes de confinement et de régime de combustion sont en lice.

Le premier est quasi-continu (τ_E long) ; un plasma très chaud et très dilué (n faible) est contenu par une structure magnétique complexe et de grand volume : c'est la voie de la *fusion par confinement magnétique*. Michel Chatelier et Philippe Magaud décrivent la progression sur 30 ans de la physique et des techniques des tokamaks, aboutissant à l'étape déterminante de démonstration de la maîtrise du plasma en combustion, qui incombera à ITER. Le second régime est discontinu et répétitif ; la fusion, explosive cette fois, est réalisée dans un minuscule volume de plasma, lancé en compression extrêmement rapide (τ_E court) pour le chauffer et le comprimer très fortement (n élevé), afin de libérer suffisamment d'énergie avant la dispersion du mélange : c'est la voie de la *fusion par confinement inertiel*. Elle réclame un apport d'énergie de l'ordre d'un mégajoule, confié aux 240 chaînes lasers du LMJ. Guy Schurtz, Claude Rullière, Philippe Baclet et Jacques Tassart décrivent les exigences scientifiques et techniques qui s'enchaînent, du microscopique au macroscopique, pour mener à la fusion dans des plasmas encore plus denses et plus chauds que ceux du cœur du Soleil. L'adaptabilité des lasers, en tant que vecteurs d'énergie pour la production de plasmas, ouvre largement les sciences de la fusion par confinement inertiel sur plusieurs domaines de la physique de la matière dans des conditions extrêmes.

> **Jean-Pierre Chièze**

Direction des sciences de la matière - CEA centre de Saclay
Institut lasers et plasmas - Université de Bordeaux 1