

Défis

<https://www.iter.org/fr/fusion/realiser-fusion-en-laboratoire>

Des défis majeurs

ITER est conçu pour générer et maintenir dans la durée des réactions de fusion à une échelle qui permettra d'étudier la dynamique d'un « plasma en combustion » auto-entretenu. La difficulté toutefois ne se limite pas à cet objectif. Pour parvenir à une exploitation industrielle de l'énergie de fusion, plusieurs obstacles doivent encore être surmontés. Le rôle d'ITER, machine expérimentale, consiste précisément à relever chacun de ces défis dans le cadre d'une approche intégrée. La poursuite des activités de recherche et développement est indispensable pour concevoir un véritable réacteur de démonstration.

Des matériaux résistants aux conditions extrêmes : L'une des priorités des chercheurs est de développer, pour les structures et les éléments qui font face au plasma, des matériaux résistant à la dégradation induite par le flux neutronique généré par les réactions de fusion. Ces matériaux doivent pouvoir préserver leur intégrité structurelle dans les conditions extrêmes auxquelles ils sont exposés, tout en étant compatibles avec les exigences de pureté du plasma (l'intensité du flux de particules peut éroder la surface des matériaux). ITER va mettre en œuvre des matériaux avancés, adaptés aux conditions d'exploitation de la machine. En complément du retour d'expérience d'ITER, un important effort dans le domaine de la science des matériaux doit cependant être entrepris pour répondre aux besoins des futurs réacteurs de fusion industriels.

Gestion de rejets thermiques au niveau du divertor : L'un des principaux défis auxquels un réacteur de fusion industriel devra faire face consistera à gérer les flux de chaleur et de particules générés par le plasma. Dans la machine ITER, ces flux seront évacués par le divertor. Situé dans la partie basse de l'enceinte à vide, cet élément assure l'extraction de la chaleur et de l'hélium, ainsi que des impuretés présentes dans plasma, tout en protégeant la paroi intérieure de l'impact des particules. Les charges thermiques très importantes auxquelles le divertor est exposé représentent un défi majeur pour l'ingénierie d'une machine de fusion. Dans les limites actuelles de la technologie, ITER a su développer de nouvelles conceptions de divertor et de techniques de refroidissement. Des recherches sont en cours pour optimiser l'évacuation de la chaleur dans les futurs réacteurs de fusion. [...]

Cycle du tritium : Le tritium, isotope radioactif de l'hydrogène est l'un des deux éléments de la réaction de fusion deutérium-tritium (D-T). N'existant qu'à l'état de traces dans l'environnement terrestre, le tritium, dont la demi-vie est de 12,3 ans, doit par conséquent être produit de manière artificielle. La maîtrise de la production et de l'extraction du tritium à l'intérieur même du tokamak est essentielle pour les réacteurs de fusion industriels qui viendront après ITER. ITER expérimentera la production de tritium par le biais de **couvertures tritigènes** et développera des technologies relatives au cycle du combustible, mais des recherches complémentaires sont encore nécessaires pour démontrer la faisabilité de la production de tritium à grande échelle.

<https://www.iter.org/fr/machine/systemes-annexes/production-tritium>

La réaction de fusion deutérium-tritium (D-T) génère un flux de neutrons de haute énergie ainsi que des noyaux d'hélium. Tandis que le plasma demeure confiné par les champs magnétiques du tokamak, les neutrons, qui sont électriquement neutres, s'échappent et sont absorbées par les **modules de couverture** qui tapissent la paroi. La présence de **lithium** dans ces modules de couverture déclenche la réaction suivante : le neutron incident est absorbé par l'atome de lithium, lequel se recombine alors en un atome de tritium et un atome d'hélium. On peut ensuite extraire le tritium de la couverture, le recycler dans le plasma et le rendre à sa fonction de combustible.

