

Des «cousins» de l'hydrogène

Un atome est constitué d'un noyau autour duquel gravite un électron. Dans le cas de l'hydrogène, le noyau se réduit au seul proton et ne contient pas de neutron ; il a trois isotopes, en quelque sorte ses «cousins», qui existent à l'état naturel : l'hydrogène léger (ou protium) qui est le plus abondant (environ 99,98 %), le deutérium (environ 0,015 %) et le tritium en quantité infime (un atome de tritium pour 10¹⁸ atomes d'hydrogène). Découvert par Rutherford et identifié par Alvarez, le tritium a les mêmes propriétés physico-chimiques que l'hydrogène ; pour l'essentiel, il se comporte comme lui. C'est l'isotope radioactif de l'hydrogène (le deutérium, lui, est stable) ; son noyau contient deux neutrons ; il se transforme naturellement en hélium en émettant un électron. L'énergie ainsi dégagée est émise sous la forme d'un rayonnement arrêté par cinq millimètres d'air ou par six µm d'eau. C'est un élément radioactif à vie courte (12,3 ans) ; ce qui signifie que sa radioactivité diminue de moitié en 12,3 ans et continuera à diminuer à la même cadence.

De l'environnement à l'homme

Etant un isotope de l'hydrogène, le tritium participe au cycle de cet élément dans l'environnement. Lorsqu'il est sous forme d'eau tritiée, il est mobile sans se concentrer pour autant dans les chaînes alimentaires. Son élimination de l'organisme humain s'effectue de façon similaire à celle de l'eau avec une période biologique d'environ 10 jours. En raison de la faible énergie de son rayonnement et de son élimination rapide de l'organisme, le tritium apparaît comme un produit très peu radiotoxique. Dans le livre paru aux Editions de Physique, «le tritium, de l'environnement à l'homme», le Professeur Maurice Tubiana, membre de l'Académie des Sciences et de l'Académie de Médecine, rappelle que «pour les biologistes et les médecins, c'est l'un des radio-isotopes les plus utiles, l'un de ceux qui ont le plus contribué depuis 1950 à la révolution de la biologie moléculaire».



Le tritium et Iter

Le tritium nécessaire au programme de recherche Iter pourrait provenir du Canada comme c'est le cas, actuellement, pour l'installation de recherche JET en Angleterre. Par ailleurs, Iter sera doté de plusieurs modules, en lithium, pour réaliser des expériences de production de tritium à l'intérieur de l'installation. Cet objectif technologique est essentiel dans la perspective de la mise au point d'un réacteur industriel qui, lui, devra produire le tritium dont il aura besoin pour fournir en fine de l'électricité.

Les combustibles de la fusion

LES COMBUSTIBLES UTILISÉS POUR PRODUIRE UNE ÉNERGIE DE FUSION SUR TERRE SE CARACTÉRISENT PAR LEUR GRANDE DISPONIBILITÉ ET LEUR POTENTIEL ÉNERGÉTIQUE. DEUX PROPRIÉTÉS QUI OFFRENT DES PERSPECTIVES PROMETTEUSES POUR UNE ÉNERGIE DU FUTUR.



Le deutérium est naturellement présent dans l'eau de mer

Le soleil est une énorme boule de gaz chaud comprimé qui produit naturellement de l'énergie. L'expérience qui permet de constater qu'un gaz comprimé s'échauffe est simple à réaliser. Il suffit de gonfler énergétiquement une chambre à air et de toucher ensuite l'extrémité de la pompe à vélo pour le vérifier. La matière au cœur du Soleil est d'autant plus chaude que sa profondeur est grande. Ainsi, plus on va vers le cœur du soleil, plus la pression augmente et plus il fait chaud. Le Français Jean Perrin a été le premier physicien à penser que l'énergie ainsi produite provenait de la fusion d'atomes d'hydrogène. Quelques années plus tard, l'Allemand Hans Bethe a décrit explicitement les réactions mises à l'œuvre au cœur du soleil. La température de l'ordre de 15 millions de degrés permet aux noyaux d'atomes d'hydrogène de fusionner et de produire de l'hélium. C'est ainsi que les réactions de fusion libèrent beaucoup d'énergie.

Des ressources abondantes

Après une série d'expériences en laboratoire, comme celles réalisées par Marcus Oliphant en collaboration avec Lord Ernest Rutherford au début des années 30, il a été démontré que la réaction la plus facile à réaliser, pour obtenir des réactions de fusion sur terre met en œuvre des «cousins» de l'hydro-

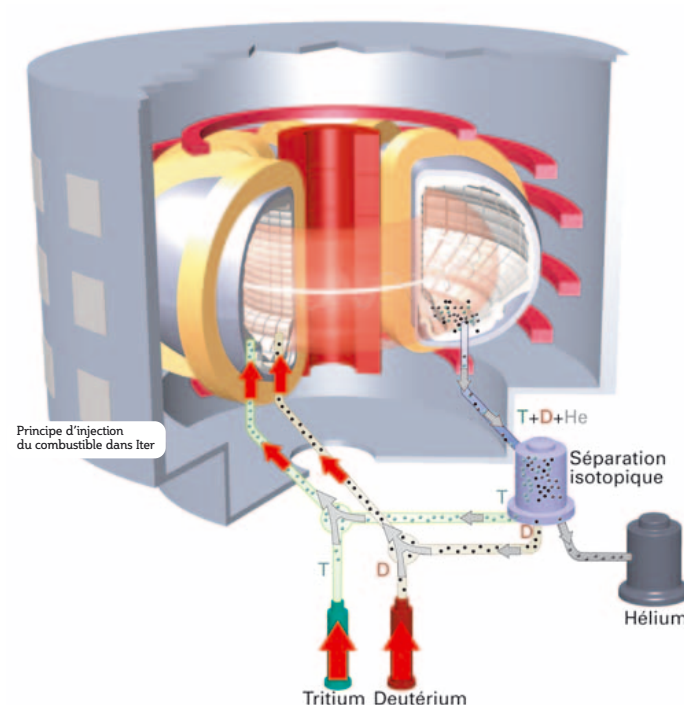
gène, dits isotopes : le deutérium et le tritium. Le deutérium est un élément non radioactif présent dans l'eau de mer en grandes quantités dont il peut être extrait selon des procédés de filtration industriels. Ces techniques, dites de séparation isotopique, permettent de séparer l'hydrogène du deutérium contenu dans l'eau. Quant au tritium, il se forme à l'état naturel dans l'atmosphère par l'interaction du rayonnement cosmique avec l'azote (78 % dans l'air), l'oxygène et l'argon présents dans les hautes couches de l'atmosphère. Pour son utilisation dans des installations de production d'énergie, il faut le produire à partir du lithium, métal présent dans les roches et l'eau de mer. Le tritium se désintègre pour se transformer en hélium. Cette désintégration s'accompagne de la libération d'une énergie (rayonnement bêta) très peu énergétique ; en effet la pénétration de ce rayonnement n'est que de 5 mm dans l'air et de 6 µm dans l'eau ou les tissus humains.

Une fois les principes de base compris, les physiciens n'ignoraient pas qu'il restait quelques difficultés à résoudre. Chargés positivement, les noyaux de deutérium et de tritium se repoussent. Pour vaincre cette force de répulsion qui les empêche de fusionner, il faut les rapprocher à une distance d'un millième de milliardième de millimètre

(10⁻¹⁵ m) en leur communiquant une grande vitesse. C'est pour cette raison, que le combustible introduit au sein d'une installation comme Iter sous forme de gaz doit être chauffé à de hautes températures de l'ordre de 100 millions de degrés. A ces températures, les atomes se retrouvent dans un état de la matière appelé plasma. Les particules qui ont perdu leurs électrons se déplacent à grande vitesse, augmentant ainsi les réactions de fusion.

Un fort potentiel énergétique

Une fois la question de la température réglée, il faut s'attaquer au problème de la densité qui ne doit être ni trop faible, pour que les noyaux des atomes aient des chances de se rencontrer, ni trop élevée, afin d'éviter que le mélange deutérium/tritium n'exerce une pression trop forte sur l'enclume où est produit le plasma ; la limite à ne pas dépasser est estimée à 100 milliards de milliards de particules par mètres cube (200 000 fois moins que l'air ambiant !).



Principe d'injection du combustible dans Iter

Vue d'un glaçon injecté dans un plasma

Injecteur de glaçons de deutérium



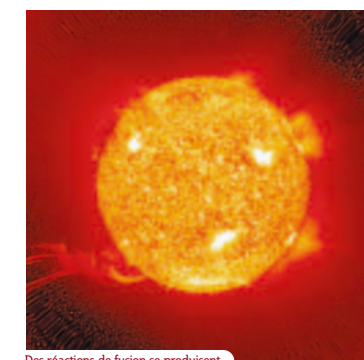
À l'état naturel, le tritium se forme dans l'atmosphère par l'interaction du rayonnement cosmique avec l'azote.

L'objectif avec Iter est d'obtenir un volume de plasma de 840 m³ (plus de 30 fois le volume obtenu avec l'installation Tore Supra à Cadarache) avec environ un gramme de combustible consommé au sein de chaque plasma formé⁽¹⁾. Iter sera la plus grande installation de recherche au monde capable de générer et de contrôler des plasmas chauffés en grande partie par l'hélium produit par les réactions de fusion et produisant une puissance dix fois plus importante que celle qui aura été injectée dans le plasma (500 MW pour 50 MW injectés). C'est l'un des enjeux majeurs d'Iter.

(1) En fonction des programmes expérimentaux, la quantité maximale de tritium mise en œuvre pourra être d'un kg environ au cours d'une année.

Le combustible du Soleil

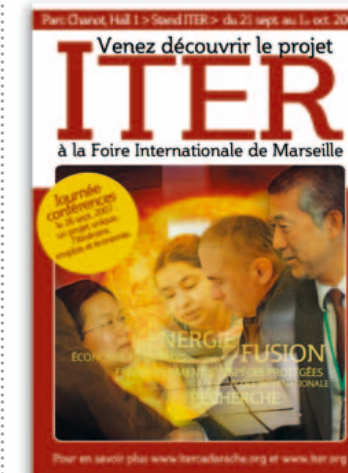
Comme toutes les étoiles, le Soleil est un réacteur à fusion nucléaire naturel. Au cours des réactions nucléaires de fusion qui se produisent en son sein, l'hydrogène est transformé en hélium en libérant une formidable énergie. La température au centre du Soleil est de l'ordre de quinze millions de degrés, la densité est cent cinquante fois celle de l'eau et la pression est égale à 200 milliards de fois la pression atmosphérique terrestre. Dans les zones les plus centrales du Soleil, plus denses et plus chaudes, les réactions de fusion transforment quatre noyaux d'hydrogène en un noyau d'hélium et libèrent une importante énergie qui compense celle qui s'échappe par la surface sous forme d'énergie rayonnée. Il faut que l'étoile soit suffisamment massive pour comprimer le cœur et amorcer les réactions nucléaires. Au cœur du Soleil, ce sont 620 millions de tonnes d'hydrogène qui, chaque seconde, sont transformés en 615,7 millions de tonnes d'hélium. La masse manquante est convertie en énergie selon la fameuse formule E=mc².



Des réactions de fusion se produisent naturellement au cœur du soleil.

AGENDA

26 septembre
journée spéciale Iter
Foire internationale de Marseille



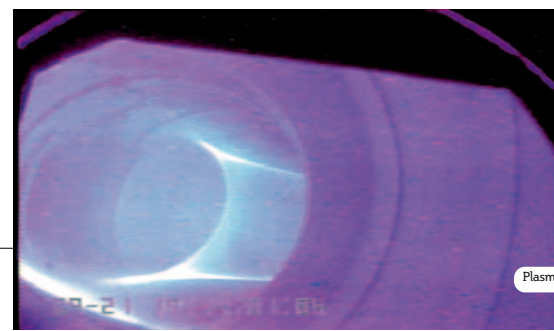
Du 21 septembre au 1^{er} octobre 2007, le projet Iter sera présenté au grand public au sein du hall 1 de la foire internationale de Marseille. Une équipe composée de scientifiques, techniciens, ingénieurs ou encore communicants seront à votre disposition pour vous présenter l'un des plus grands projets du début du XXI^e siècle dans le secteur des énergies. Un cycle de conférences est prévu le 26 septembre toute la journée faisant le point sur l'état d'avancement du projet Iter et ses impacts dans le secteur de l'économie et de l'emploi, le transport des composants (accès sur demande du carton d'invitation).

Stand Iter, hall 1 - Parc Chanot, Marseille
Contact : 04 42 25 29 26
www.itercadarache.org

17 octobre
Rencontrer les employeurs

Afin de créer les conditions d'une rencontre entre demandeurs d'emploi et entreprises autour de la dynamique du projet Iter et des retombées qu'il génère, le salon de l'initiative objectif retour emploi ouvre ses portes le 17 octobre 2007. Co-organisé par le conseil général de Vaucluse, le service public de l'emploi, en partenariat avec la commune de la Tour d'Aigues et le collège Albert Camus, cette opération se déroulera en deux temps. La matinée sera consacrée à une série de présentations du projet Iter et ses impacts en termes de développement d'emploi et de services. L'après-midi permettra au public en recherche d'emploi d'entrer en contact avec les employeurs potentiels de la région. Une occasion pour un grand nombre de déposer leur Curriculum Vitae et de s'informer sur les besoins à venir en termes de formations professionnelles dans les secteurs du BTP, de l'industrie-métallurgie, des services aux entreprises et aux personnes ou encore de la sécurité, secteurs actuellement privilégiés par l'ouverture du chantier de viabilisation d'Iter.
Collège Albert Camus - Quart Le Parc
La Tour d'Aigues

I t e r



Plasma