

LES LASERS

la fusion par lasers

(Suite voir n° 1433)

B IEN des nations industrielles s'intéressent à la fusion par laser et la Chine ne fait pas exception. Voici six mois, des chercheurs de l'Institut de Physique de Pékin, dirigés par Nieh Yu-Shi, auraient détecté la présence de neutrons après irradiation d'une pastille de deutériure de lithium par un laser en verre au néodyme.

UNE SOURCE DE NEUTRONS THERMIQUES

La fusion par laser fait l'objet de nombreux travaux de recherches en vue d'applications à la génération d'énergie électrique, à la propulsion d'engins spatiaux, et en vue de l'utilisation pacifique d'explosions nucléaires. En outre, les réacteurs à fusion thermonucléaire constitueraient une excellente source de neutrons thermiques pour les besoins des physiciens, des biologistes et des médecins. Par exemple, ces neutrons permettent de découvrir la structure magnétique des cristaux, ou encore d'opérer des biopsies dans le cas de maladies osseuses malignes. Les chercheurs, désireux de toujours pénétrer davantage les secrets de la matière, ont besoin de sources sans cesse plus puissantes.

Pour accroître l'intensité utile de sources de neutrons, on doit travailler par impulsions : des bouffées de neutrons sont générées au moment même des besoins. On produit, instantanément de grandes quantités de neutrons, sans pour autant devoir accroître la

puissance moyenne des installations. Parmi les réacteurs à impulsions existant, ou en projet, citons : les IBR-I et IBR-II à Dubna; un réacteur pulsé à Madras (Inde); le SORA à Ispra. Néanmoins, ces sources conventionnelles sont encore limitées par la détérioration du combustible nucléaire.

Un réacteur à fusion devrait, de par sa nature, travailler par impulsion de sorte que le nombre de neutrons utiles avec un tel réacteur peut être multiplié par un facteur 1000. Dans un montage typique, un laser produit une énergie de 10 millions de joules durant une nanoseconde, l'intervalle séparant deux impulsions laser étant de 10 secondes. Chaque pastille de deutérium-tritium, irradié par le faisceau laser, a un diamètre de 2,5 mm; elle subit la fusion thermonucléaire au centre du réacteur, délivrant une énergie « thermonucléaire » qui doit être supérieure à l'énergie laser « d'allumage » de la réaction : l'énergie produite pourrait, par exemple, être égale à 100 mégajoules par impulsion, conduisant à une puissance moyenne de 10 MW.

Un avant-projet de source thermonucléaire de neutrons thermiques a été conçu par R.M. Brugger, chez Aérojet-Nucléar compagny, aux États-Unis. Les neutrons rapides émis lors de la réaction thermonucléaire doivent être ralentis : de part et d'autre de la région où est déclenchée la réaction, on place des modérateurs chargés de cette mis-

sion de ralentissement des neutrons rapides (transformés ainsi en neutrons thermiques). Les modérateurs pourraient être du méth

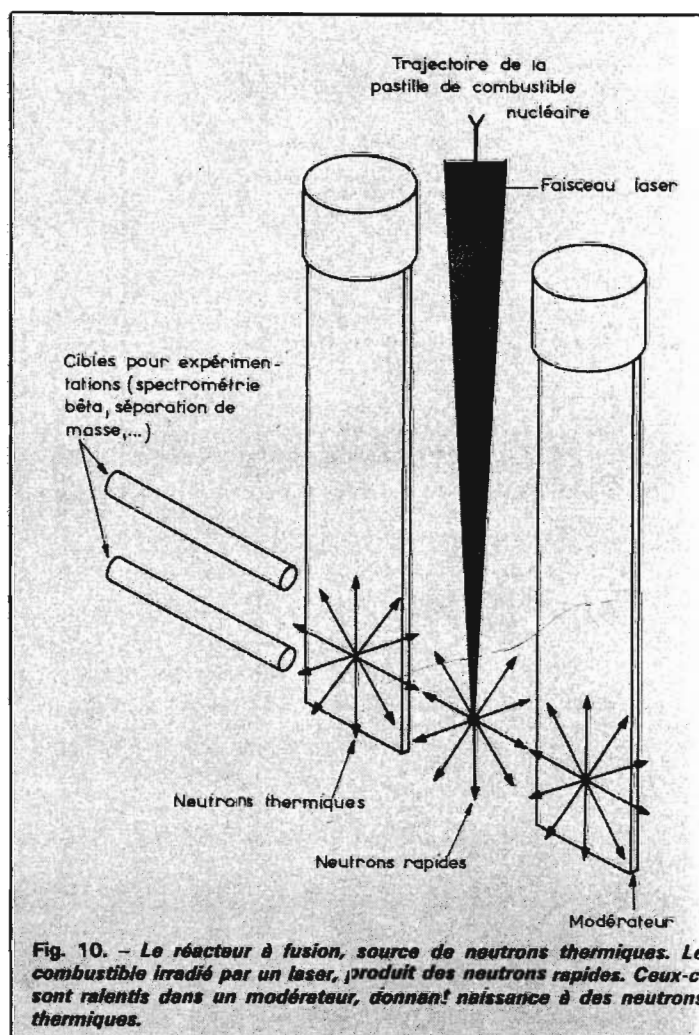


Fig. 10. - Le réacteur à fusion, source de neutrons thermiques. Le combustible irradié par un laser, produit des neutrons rapides. Ceux-ci sont ralentis dans un modérateur, donnant naissance à des neutrons thermiques.

liquide. Le réacteur aurait, selon R.M. Brugger, un diamètre de 2 mètres, et une hauteur de 4 mètres, la zone d'irradiation des combustibles nucléaires se trouvant au centre du réacteur. Les parois, formant un blindage anti-neutrons rapides, auraient une épaisseur minimale de 4 mètres; elles devraient avoir un revêtement interne de carbure de bore pour empêcher certains neutrons thermalisés de tenter de revenir du blindage vers le centre du réacteur.

Un circuit de refroidissement serait nécessaire, dans les parois du réacteur, pour évacuer la puissance émise lors de chaque réaction thermonucléaire. En outre, la chambre interne du réacteur, où se produisent ces réactions, doit être sous vide pour limiter les effets d'ondes de choc émises lors des réactions, et pour éviter toute diffusion des neutrons : le système de pompage, maintenant le vide au sein du réacteur, évacue les quelques centigrammes de deutérium-tritium vaporisés toutes les dix secondes; il faut prévoir un recyclage du combustible ainsi récupéré, tout en prévenant les possibilités de fuite (donc de radioactivité) de ce combustible.

Ces neutrons thermiques géné-

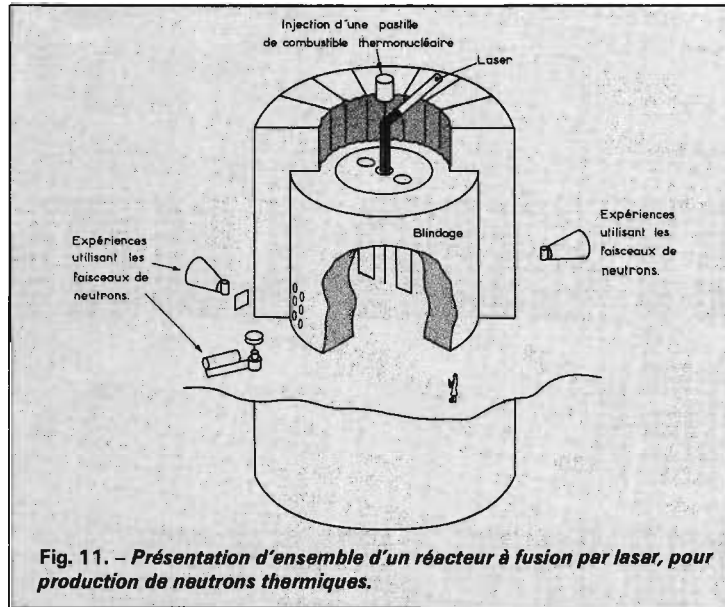


Fig. 11. - Présentation d'ensemble d'un réacteur à fusion par laser, pour production de neutrons thermiques.

rés dans les modérateurs frappent des cibles qui les « conduisent » vers les expériences préparées à l'extérieur du réacteur.

Supposons que l'énergie produite lors de chaque irradiation par laser d'une pastille de combustible thermonucléaire soit de 100 MJ. Or un joule est équivalent à l'énergie acquise par $6,3 \times 10^{18}$ électrons, accélérés sous une diffi-

rence de potentiel de 1 volt; en physique nucléaire, l'unité d'énergie utilisée couramment est l'électron-volt (dont le symbole est eV) : 1 joule = $6,3 \times 10^{18}$ électrons-volts.

Au cours de la réaction thermonucléaire, une énergie de $17,6 \times 10^6$ eV produit un neutron. Or, une impulsion laser frappant la

pastille de deutérium-tritium, génère 100 MJ (soit 10^8 J), ce qui équivaut à $6,3 \times 10^{26}$ eV. Le rapport de l'énergie produite par une impulsion laser, à l'énergie nécessaire à la production d'un neutron, donne le nombre de neutrons générés par une impulsion laser : $3,6 \times 10^{19}$ neutrons/impulsion.

Comme chaque impulsion dure 10 nanosecondes (10^{-8} s), le « débit » de neutrons sera, au maximum, égal à $3,6 \times 10^{27}$ neutrons par seconde. C'est là une valeur de pointe, valable pendant 10 nanosecondes seulement.

La valeur moyenne du débit neutronique s'obtient en considérant que le système produit, en fait, $3,6 \times 10^{19}$ neutrons toutes les 10 secondes : le débit neutronique moyen est égal à $3,6 \times 10^{18}$ neutrons par seconde.

Ce débit est à comparer à celui obtenu dans les accélérateurs de particules, tels celui du Lawrence Livermore Laboratory, en Californie, où l'on ne dépasse guère 10^{14} neutrons par seconde.

Pratiquement, un réacteur à fusion thermonucléaire devrait être une source très intense de neutrons thermiques, bien plus intense que les sources existantes ou actuellement en projet.

Marc FERRETTI

Production de neutrons dans des installations existantes ou en projet TABLEAU II

INSTALLATIONS	Débit maximal de neutrons (neutrons/seconde) (durée des impulsions neutroniques entre parenthèses)	Débit moyen de (neutrons/seconde)	Flux maximal de neutrons thermiques (neutron/cm ² /seconde) (durée du flux entre parenthèses)
HFIR (100 MW)	-	-	9×10^{14} (continu)
Accélérateur LRL	10^{18} (4 microsecondes)	10^{14}	2×10^{13} (1 microseconde)
LAMF - WNR	3×10^{19} (2 nanosecondes)	8×10^{14}	10^{14} (1 microseconde)
ING	-	2×10^{19}	10^{16} (continu)
VINS (1,5 MW)	10^{20} (4 microsecondes)	$8,8 \times 10^{16}$	$3,5 \times 10^{16}$ (50 microsecondes)
LIFS (10 MW)	10^{27} (10 nanosecondes)	$3,6 \times 10^{18}$	$1,4 \times 10^{18}$ (50 microsecondes)
Explosion nucléaire (1 kilotonne tous les six mois)	10^{30} (100 nanosecondes)	$6,3 \times 10^{15}$	néant

MAISON DES ORFÈVRES
auditorium HI-FI

SONY®

LE PLUS IMPORTANT STOCK DE PIÈCES DÉTACHÉES

AUDITORIUM HI-FI

MAISON FONDÉE EN 1912

11-13, cours Lieutaud - MARSEILLE

Téléphone : 47.53.60 - 47.54.07 - 48.51.16

STOCK PERMANENT POUR TOUS NOS MODÈLES

Mêmes prix qu'à Paris - Livraison gratuite dans toute la région de Marseille

LE MEILLEUR JAPONAIS