

Le prochain pas vers la fusion laser

Enfin délivrée de son caractère secret, la fusion laser tente de s'affirmer au grand jour et le projet américain d'un Centre national d'ignition (National Ignition Facility, NIF), estimé à 800 millions de dollars, qui abritera le laser le plus puissant du monde, promet d'être un grand spectacle. L'objectif étant d'utiliser l'énergie des lasers pour « allumer » de petites cibles d'hydrogène afin de générer une émission fortement concentrée d'énergie de fusion.

La fusion par confinement inertiel requiert une source d'énergie très intense — un faisceau de particules, laser ou des rayons X — et l'utilise pour comprimer et chauffer une petite quantité (une fraction de milligramme) de deutérium et de tritium, afin de créer une pression de 200 milliards d'atmosphères et de générer des quantités significatives d'énergie de fusion. Ces cibles, à peine plus grosses qu'un grain de sable, sont comprimées de façon à atteindre, dans un cas typique, une réduction de 30 à 40 fois leur rayon original.

Il y a deux approches principales à la fusion par confinement inertiel: une conduite directe et une conduite indirecte. Dans le cas de la conduite directe, le rayon est dirigé directement sur la capsule cible.

Ici l'avantage est que l'énergie se trouve couplée directement à la cible pour un rendement élevé. Le désavantage est que toute imperfection du rayon laser sera transmise à la cible, qui développera des zones d'instabilité.

Dans la conduite indirecte, l'énergie est focalisée dans une structure cylindrique appelée *hohlraum* (un mot allemand signifiant cavité), qui contient la cible. Ici l'avantage est que toute imperfection dans le rayon laser ne frappe pas la cible directement: la lumière laser qui s'abat sur l'intérieur du *hohlraum* est convertie en rayons X qui enveloppent la capsule.

L'inconvénient de la conduite indirecte est que 10% seulement de l'énergie originale atteint la capsule, puisqu'une symétrie élevée au niveau de l'illumination de la cible est nécessaire pour obtenir une implosion stable à l'intérieur du *hohlraum*.

La machine du Centre national d'ignition sera dotée de 192 lasers d'une énergie minimale d'environ 1,8 mégajoules et d'une puissance de pointe de 500 terawatts au niveau de la cible. Ceci surpassera le laser Nova du Lawrence Livermore, présentement utilisé pour la recherche sur le confinement inertiel, d'un facteur de presque 50. Cha-

cun des lasers du NIF livrera 10 kilojoules, soit le quart de la puissance du Nova.

Le NIF peut être converti en conduite directe par un changement de configuration de la chambre de cible, de manière à n'utiliser que 40 des lasers. En principe, le même équipement pourra atteindre l'ignition et un gain (rapport de la puissance de sortie sur la puissance d'entrée) avec les deux concepts, c'est-à-dire la conduite directe et la conduite indirecte.

La chambre cible du Nova fait environ 4 mètres de diamètre, alors que la chambre du NIF en fera 10. Le *hohlraum* du Nova a une longueur de 2,4 mm et un diamètre de 1,6 mm, et ses cibles sont en moyenne quatre fois plus petites que celles du futur NIF.

Une des caractéristiques les plus utiles de la fusion par confinement inertiel est la modularité. Si le NIF est composé d'environ 200 lasers, on peut démontrer la faisabilité technologique sur un seul d'entre eux. Livermore possède maintenant un laser opérationnel approchant les spécifications des lasers du NIF projeté.

Les lasers Nova et NIF sont tous deux calibrés à la précision requise pour l'accomplissement d'expérien-

Mark Wilsey

ces quantitatives. L'optique et les longueurs d'onde sont sélectionnées de manière à obtenir une uniformité maximale dans le jet laser. « Il ne s'agit pas seulement de savoir combien de watts par centimètre carré je peux faire passer par un trou », dit Campbell, directeur-associé du programme laser au Lawrence Livermore National Laboratory.

Le programme sur la fusion par confinement inertiel repose grandement sur des simulations informatiques des principes physiques, permettant ainsi de prédire les résultats et de configurer l'équipement en conséquence. Les résultats expérimentaux obtenus dans d'autres programmes sont aussi intégrés dans le processus.

L'un de ces programmes fut le Halite-Centurion, qui utilisait des explosions nucléaires souterraines pour produire les rayons X nécessaires au fonctionnement de son laser. Le programme fut terminé en 1990 après avoir atteint tous ses objectifs. Même si le programme et son contenu sont encore tenus secrets, Campbell affirme que « l'on peut dire que les prémisses de base de la fusion par confinement inertiel, la possibilité d'obtenir des gains élevés, ont été confirmées par le programme ». ■