

La fusion thermonucléaire au CNRC

Le laser au CO₂

Ses amplificateurs pleinement chargés, l'énorme laser est pointé sur une sphère de verre creuse dont le diamètre équivaut au centième de celui d'une tête d'épingle. Le Dr Gary Enright, physicien de la section de physique des lasers et des plasmas du CNRC, est assis à un poste de commande protégé par un écran de cuivre et s'occupe des derniers préparatifs. Une caméra de télévision, braquée sur l'enceinte où est enfermée la cible minuscule appelée « microsphère », grossit l'image de la cible à la grandeur d'une balle de tennis. Le Dr Enright actionne un klaxon pour avertir les personnes qui se trouveraient dans les environs qu'une impulsion laser très puissante est sur le point d'être déclenchée.

Lorsque la microsphère se trouve parfaitement au centre de l'écran, il appuie sur un bouton et le laser émet une impulsion de lumière infrarouge qui frappe la cible. Cette impulsion de 30 cm de long, qui produit un bruit sec semblable au claquement d'un fouet, traverse un point donné en un milliardième de seconde. Sur l'écran de télévision, l'image de la cible disparaît sans laisser de fragments ou de traînée de fumée. En un instant, la cible solide est devenue un « plasma ».

Depuis cinq ans le laser COCO-II a pulvérisé de nombreuses cibles et a permis aux chercheurs du CNRC d'acquérir une quantité impressionnante de données. « On l'a vraiment fait travailler comme un forçat », dit le Dr Enright. « Il est bien connu que les lasers, particulièrement les plus gros, font souvent défaut, mais nous avons réussi à faire de COCO-II un appareil fiable. »

Le principal obstacle à son utilisation plus fréquente est, de fait, la capacité de la section à traiter toutes les données qu'il permet d'obtenir. Comme le savent tous ceux qui font partie d'un club de livres, il est beaucoup plus facile d'obtenir de l'information que de la dépouiller. Dans le cas de COCO-II, il s'agit d'une montagne de données obtenues à l'aide des capteurs installés sur la sphère d'un mètre de largeur entourant la cible, et qui a l'aspect d'une mine flottante. Elle correspond tout à fait à l'image que se fait un écolier de la science: des lumières clignotantes, du métal brillant, des appareils complexes et le bourdonnement sourd des sources d'énergie.

Si vous demandez au Dr Enright ce qu'il a fait au cours des dernières années, il s'empresse de vous parler, dans son jargon scientifique, de « profils de densité accentués obtenus par interférométrie ». En termes plus simples cela signifie que la société aimerait disposer d'une source d'énergie peu coûteuse, renouvelable, libre de tous déchets toxiques, n'exigeant pas de combustible dangereux, et à l'abri d'une flambée des prix ou d'un trop grand éloi-

gnement des sources d'approvisionnement. En étudiant la fusion de l'atome, phénomène qui est à l'origine de la production d'énergie dans le Soleil et les autres étoiles, la science est sur la piste d'une telle source d'énergie. L'homme a réussi à déclencher ce processus dans la bombe à hydrogène, mais il ne l'a pas encore maîtrisé complètement. Le Dr Enright ajoute: « La réalisation d'une centrale thermonucléaire où les énergies incroyables obtenues par le processus de fusion seraient maîtrisées constitue une tâche gigantesque. Avant même de pouvoir considérer une telle possibilité, il nous faut approfondir nos connaissances sur les éléments qui fusionnent, et sur le pourquoi et le comment du déclenchement de ce processus. »

La fusion est la conversion de deux noyaux atomiques légers en un seul noyau plus lourd. Ce processus libère de l'énergie, le noyau obtenu après le processus de fusion étant un peu plus léger que la somme de ses composantes. La différence de poids est complètement convertie en énergie, selon une formule tellement fameuse qu'elle en est devenue un cliché: $E = MC^2$.

Avant de réaliser la fusion il est d'abord nécessaire d'obtenir un plasma. Avec les

La lumière traverse un tube à la sortie de cet amplificateur laser. Lorsque l'impulsion laser infrarouge pénètre dans l'enceinte de la cible, sa longueur n'est que d'environ 30 cm. Durant cette brève impulsion, la puissance produite par COCO-II équivaut à toute la puissance produite dans le reste du Canada. (Photo: Bill Atkinson)

A light conduit emerges from a high-energy amplifier. When it enters the target chamber, the infrared laser pulse is only about 30 cm long. During the short time of its passage, the COCO-II's power output equals that of the rest of Canada in total. (Photo: Bill Atkinson)



solides, les liquides et les gaz, les plasmas représentent un des états fondamentaux de la matière, le « quatrième état », et, à l'échelle de l'univers, le plus commun de tous. Les plasmas ne sont pas constitués de molécules ou d'atomes mais uniquement d'ions atomiques et d'électrons libres; ils sont trop énergiques pour permettre la formation d'atomes neutres. La matière des étoiles est à l'état de plasmas, et ceux-ci se retrouvent aussi au centre de l'explosion d'une bombe atomique, mais il est incroyablement difficile de les obtenir bien longtemps dans l'atmosphère froide et neutre de la Terre. Il est assez facile de produire un plasma mais, pour pouvoir utiliser sa puissance, il faut qu'il reste chaud assez longtemps pour que se produisent de nombreuses collisions de fusion. Malheureusement, le plasma en fusion a tendance à détruire les parois qui l'emprisonnent. On peut le confiner au moyen de champs magnétiques intenses mais cette méthode a été comparée au confinement de la gélatine au moyen de bandes élastiques. Le plasma a tendance à se déformer et sa chaleur devient inégale.

Le recours à un laser constitue peut-être une meilleure solution. La lumière que nous connaissons le mieux, celle d'une ampoule électrique ou du Soleil, est constituée d'un enchevêtrement de diverses longueurs d'onde, toutes déphasées. Par contre, les lasers émettent des impulsions lumineuses d'une seule fréquence, dont tous les photons vibrent à l'unisson. Les faisceaux laser constituent l'une des formes d'énergie les plus concentrées que l'on connaisse. On peut produire un faisceau laser à partir de nombreuses substances: COCO-II utilise le gaz carbonique, le CO₂ habituel ou, si l'on veut une meilleure description de la molécule linéaire, OCO; ajoutez un C, pour canadien, et vous avez COCO. (Le II désigne le modèle de l'amplificateur principal.) Un mélange de gaz carbonique et d'autres gaz simples, tous à la pression atmosphérique, donne au laser une puissance que l'on peut focaliser sur une cible pour obtenir un rendement optimal. COCO-II, conçu par les scientifiques du CNRC et construit par le CNRC et les techniciens de Lumonics Research Limited, fonctionne selon des principes mis au point et brevetés par le CNRC.

Une impulsion laser aussi puissante et aussi courte que possible, focalisée sur une cible symétrique plus petite que la tête d'une épingle, convertira presque instantanément la substance de la cible en plasma. L'enveloppe extérieure de la cible explose et la force qui en résulte provoque une implosion au centre du plasma, ce qui augmente encore sa température. Cette technique est connue sous le nom de confinement inertiel. Le plasma n'est pas con-