

ans, les physiciens utilisèrent la striction pour des expériences de durcissement, c'est-à-dire pour tester l'influence des radiations nucléaires sur les matériaux et les circuits électroniques des armes nucléaires.

Aujourd'hui, la striction axiale renaît, parce qu'elle semble être un bon système de déclenchement de la fusion inertielle. Dans les trois dernières années, nous avons montré qu'en combinant l'efficacité et le coût peu élevé de la puissance pulsée rapide avec la simplicité et l'efficacité de la striction axiale comme source de rayonnement X, nous pouvions atteindre l'ignition avec des rayons X d'énergie inférieure à un kiloélectronvolt, qui comprime- raient une cible d'hydrogène. De sur- croît, l'accessibilité d'une source de puissance pulsée de rayons X doit per- mettre d'aller plus loin, c'est-à-dire jus- qu'à la fusion efficace du combustible, avec un rendement élevé.

Pour déclencher la fusion, la stric- tion doit se dérouler dans une chambre de réaction, ou cavité, qui piège les rayons X. Dans une configuration que nous avons testée, la striction s'effectue dans une cavité primaire, et le com- bustible est placé dans une cavité secon- daire, plus petite. Dans une autre configuration, la capsule de combus- tible est dans une mousse en matière plastique, au centre de la cavité primaire. Les rayons X produits lors de la stric- tion du plasma baignent uniformément la capsule, de la même façon que l'en- veloppe d'une bombe H piège le rayon- nement provenant de la bombe A. Des expériences entreprises depuis trois ans ont montré que les deux configurations doivent fonctionner, car nous savons maintenant créer une striction uniforme et stable suffisamment longtemps pour obtenir l'efficacité requise.

Le secret de la réussite

Pourquoi avons-nous tant progressé ces trois dernières années? Parce que nous avons mieux compris les instabi- lités. Thomas Edison essaya un mil- lier de matériaux avant de trouver le secret de l'ampoule électrique ; de même, nous avons finalement décou- vert que l'instabilité qui rend la stric- tion axiale inefficace peut être réduite si les bouffées X sont très brèves.

L'instabilité qui détruit la symé- trie du pincement est analogue à celle qui fait descendre irrégulièrement au fond d'un bol une couche de vinaigre

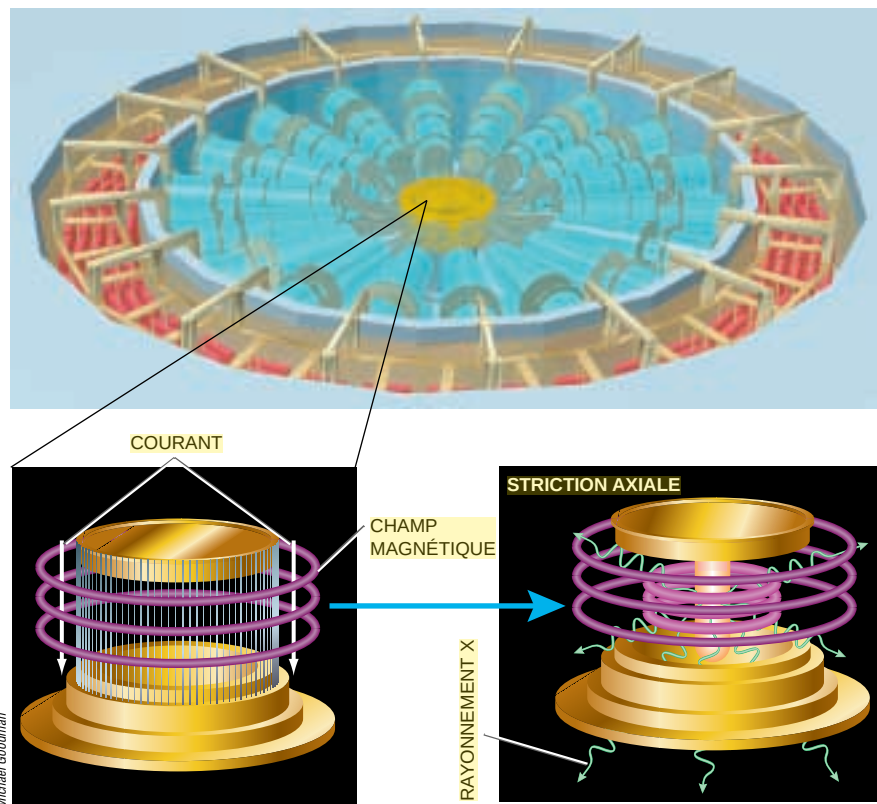
soigneusement déposée sur de l'huile. Elle gêne la fusion, mais des simula- tions numériques ont montré que, plus le plasma initial est uniforme, plus la striction est régulière le long de l'axe du champ magnétique, lors de la pro- duction du rayonnement X.

Les tentatives d'uniformisation du plasma ont rencontré peu de succès jusqu'à la mise au point, en 1995, d'une chambre de réaction munie de fils d'aluminium, puis de 400 minces fils de tungstène. La striction axiale avec des fils avait déjà été utilisée à la fin des années 1970 : la Société *Physics Inter- national* avait employé cette configu- ration afin d'augmenter l'énergie du rayonnement X résultant de un à cinq kiloélectronvolts. Toutefois, les géné- rateurs de courant d'alors ne pouvaient fournir suffisamment de puissance électrique pour assurer l'implosion d'un grand nombre de fils.

Aujourd'hui les générateurs pro- duisent suffisamment de courant.

Quelle est la succession des opérations? L'impulsion de courant, dont la durée est de 100 nanosecondes, «vaporise» d'abord les fils qui se transforment en un plasma. Ces fils individuels coales- cent en un tube de plasma. Puis, à mesure que le courant continue d'aug- menter, le tube de plasma se com- prime violemment en un plasma cylindrique uniforme. Des expériences ont montré que la cavité cylindrique située le long de l'axe z est chauffée lorsque le plasma est ainsi comprimé. De surcroît, contrairement à ce qu'in- diquaient les simulations, des expé- riences à l'Université Cornell ont montré que chaque fil ne devient pas instanta- nément un plasma, mais qu'un cœur métallique froid demeure au centre du fil, entouré par un plasma. Ainsi, le cou- rant continue de circuler, ce qui accroît l'efficacité de la striction.

Les premiers tests de ces idées s'ef- fectuaient, il y a trois ans, auprès du générateur SATURN, qui fournit un



4. DANS UN DISPOSITIF À HAUTE TENSION PULSÉE, la concentration de la puissance débute avec l'allumage d'un dispositif circulaire de 36 générateurs de Marx, où une source de haute tension (90 kilovolts) charge une batterie de condensateurs de 5 000 mètres cubes en deux minutes. Les impulsions électriques des 36 générateurs passent dans des condensateurs intermédiaires, isolés par de l'eau pure. La durée des impulsions y est réduite à 100 nano- secondes. Traversant un gaz interrupteur commandé par laser, les 36 impulsions sont syn- chronisées à moins de une nanoseconde près. L'impulsion résultante est transférée au dispositif à fils (en bas, à gauche), via 4 lignes de transmission isolées magnétiquement pour minimi- ser les pertes en énergie. Lorsque les fils, dont le diamètre est égal au dixième de celui d'un cheveu, sont parcourus par des courants dont l'intensité atteint plusieurs milliers d'am- pères, la striction magnétique du plasma se produit (en bas, à droite).