

CHARLES STEVENS

Nouveau record pour la machine Z de Sandia

Après être restée longtemps au stade de curiosité, la machine Z (accélérateur de fusion à faisceau de particules) des laboratoires Sandia a franchi au cours des dix-huit derniers mois plusieurs étapes importantes qui en font le plus puissant producteur de rayons X en laboratoire. Les chercheurs d'Albuquerque, dans le Nouveau Mexique, où sont situés les laboratoires Sandia, affirment avoir réussi à atteindre la température de 1,8 million de degrés dans la cible, avec une impulsion de 290 TW. Dans l'euphorie du succès, ils proposent maintenant de construire une machine de nouvelle génération, aux performances encore supérieures, la X-1. Elle serait conçue pour atteindre des températures supérieures à trois millions de degrés, ce qui, en combinaison avec des impulsions X de grande puissance, permettrait de parvenir à l'ignition de capsules fusibles de deutérium et de tritium. Le coût de ces capsules reste encore largement trop élevé pour envisager une production d'électricité (voir les explications de J. Pamela). N'empêche que les accélérateurs du type de la machine Z sont de formidables instruments d'exploration scientifique, tout comme les lasers ultrapuissants utilisés pour la fusion par confinement inertiel.

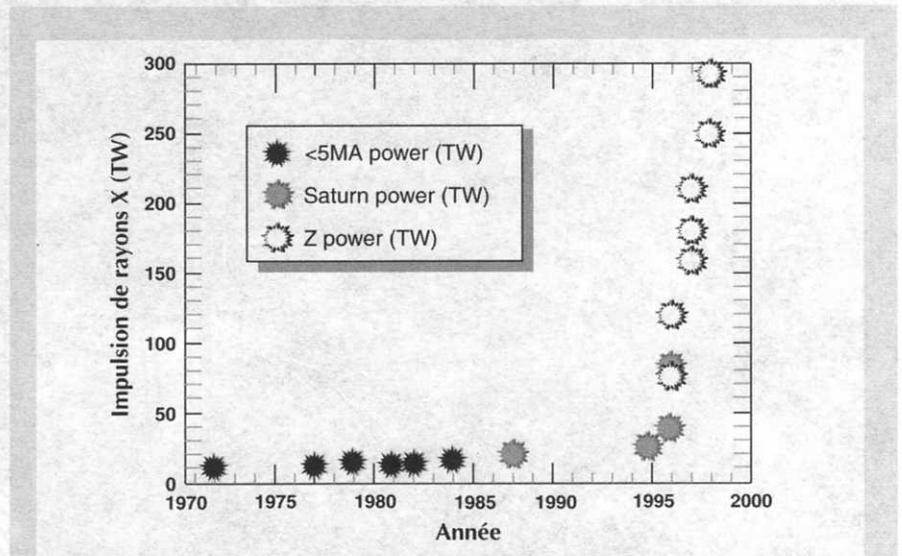
Il est ironique de constater que l'un des scientifiques ayant ouvert le chemin du succès à la machine Z n'est autre que le grand chercheur soviétique Andreï Sakharov, qui joua également un rôle crucial dans le

développement de la bombe H soviétique. Sakharov avait toujours soutenu que la configuration Z, associée à un mode pulsé, était le meilleur moyen de maîtriser la fusion thermonucléaire sans avoir recours à la bombe pour déclencher les réactions. Il avait proposé cette approche dès les années 40.

Le processus est basé sur une série d'étapes, avec une densité croissante de flux énergétique. Un banc de condensateurs commence par se charger lentement. Un commutateur rapide relâche ensuite l'énergie électrique stockée dans les condensateurs, sous la forme d'une impulsion de courant de quelques dizaines de millions d'ampères sous une tension de plusieurs millions de volts. On a donc affaire à des puissances avoisinant les 50 TW (l'équivalent de 50 000 centrales nucléaires). Mais cette puissance n'est disponible que pendant la durée de l'impulsion : un dix-millionième de seconde. On obtient cette phénoménale densification du flux d'énergie grâce à des géométries spécifiques du circuit électrique qui permettent de former dans l'espace et dans le temps l'impulsion électrique. Par ailleurs, on utilise l'isolement magnétique pour empêcher l'impulsion de s'effondrer sur elle-même avant d'atteindre la cible.

L'appareillage qui réalise tout ceci est la machine Z des laboratoires Sandia. Elle ressemble un peu à une grande piscine parce qu'elle utilise l'eau comme isolant électrique. La technologie en mode pulsé a fait des progrès notables ces quinze dernières années grâce à l'Initiative de défense stratégique de Reagan-LaRouche. Mais ce n'est que lorsque les tentatives d'utiliser des faisceaux d'ions légers pour implorer une cible à fusion ont abouti à un échec que l'on a commencé à considérer sérieusement l'approche de Sakharov, cinquante ans plus tard.

Le secret de la réussite pour produire une impulsion de rayons X de 290 TW tient à la machine Z. Les chercheurs ayant réalisé cette percée étonnante avouent eux-mêmes ne pas encore très bien comprendre pourquoi elle a si bien marché. L'impulsion électrique de 50 TW est dirigée vers 300 fils fins, longs de deux centimètres, configurés en cylindre de la taille d'un dé à coudre. Le courant électrique passant à travers les fils les transforme en plasmas à haute tem-



La machine Z a permis des progrès remarquables pour ce qui est de la puissance instantanée émise sous forme de rayons X. Mais l'énergie totale mise en jeu reste faible.

pérature. Mais au lieu de les exploser, il crée un gros champ magnétique, qui « pince » les fils de plasma en diamètre de plus en plus petit, ce qui accroît la densité de courant de l'impulsion. Cet accroissement entraîne en retour une augmentation du champ magnétique. On aboutit ainsi à une densification de l'énergie de plus en plus grande. L'énergie de l'impulsion électrique se transforme en énergie magnétique. On atteint alors les conditions limites de ce processus de pincement et la configuration du champ magnétique s'effondre. L'énergie magnétique stockée est alors soudainement transférée aux électrons du plasma. Le mouvement de ces électrons à très haute énergie génère alors l'impulsion X de 210 TW.

C'est cette impulsion qui peut alors être utilisée pour implorer une cible contenant du combustible à fusion, un peu comme cela se passe dans la bombe à hydrogène, qui est déclenchée grâce aux rayons X émis par une bombe atomique.

La force d'Ampère

Les chercheurs sont surpris des performances des plasmas à pincement Z par ce que l'électrodynamique classique de Maxwell prédit que cette configuration est intrinsèquement instable. Or, ce n'est pas le cas. Il s'agit donc d'une singularité

totale inexplicable par l'électrodynamique macroscopique ordinaire.

Ce type de singularité a été prédit par André-Marie Ampère, comme par les deux chercheurs allemands, Carl Gauss et Wilhelm Weber, qui avaient travaillé sur les expériences d'Ampère (voir dans *Fusion* n°66, l'article de Laurence Hecht sur la correspondance Gauss-Weber).

Pour résumer brutalement la question, il semble qu'un atome de fer ne soit pas le même lorsqu'il appartient à de la matière inerte, comme un minéral quelconque, que lorsqu'il est inséré dans un processus vivant, comme dans l'hémoglobine. Comme Gauss le souligne dans sa lettre à Weber, l'électrodynamique d'Ampère comporte une force répulsive très faible, très difficile à mesurer dans les expériences habituelles de laboratoire. Gauss n'est pas d'accord avec Weber pour négliger cette « force d'Ampère » et souligne que cette force sous-tend toute l'électrodynamique ampérienne. L'électromagnétisme du xx^e siècle a plutôt choisi de négliger la force d'Ampère, ce qui a mené à des impasses dans la théorie du noyau.

La force répulsive d'Ampère est directement proportionnelle au courant électrique. Il est bien possible que les très fortes impulsions de courant produites dans la machine Z de Sandia nous placent dans une situation où il n'est plus possible de négliger la force d'Ampère. ■