

la fabrication de pesons de fuseau et de figurines en céramique, ainsi que des battoirs à écorce pour la fabrication du papier.

Au total, les habitants des provinces aztèques étaient donc relativement prospères et entreprenants. Malgré un déclin économique après leur intégration dans l'Empire aztèque, la population ordinaire des villes et des campagnes achetait, sur les marchés, diverses marchandises importées. Les textes historiques ne mentionnent pas que l'État aztèque avait la haute main sur les activités commerciales qui se déroulaient sur les marchés ; l'archéologie semble confirmer cette non-ingérence dans les échanges ordinaires. Les marchés reliaient les habitants, même des plus petits villages, au vaste réseau de l'économie non encadrée du Mexique central. Le pouvoir des nobles, qui paraissent avoir possédé une majorité des terres et qui monopolisaient les charges politiques, s'exerçait surtout par la perception du tribut. Ce pouvoir n'aurait toutefois pas constitué une charge insupportable et ne se serait guère exercé sur l'artisanat ni sur le commerce.

Michael SMITH est professeur d'anthropologie à l'Université de l'État de New York.

Jacques SOUSTELLE, *Les Aztèques*, «Que sais-je?», n° 1391, PUF, 1970.

Patricia RIEFF ANAWALT et Frances F. BERDAN, *Le Codex Mendoza*, in *Pour la Science*, août 1992.

M.E. SMITH, *Archaeological Research at Aztec-Period Rural Sites in Morelos, Mexico, vol. 1 : Excavations and Architecture*, University of Pittsburgh Memoirs in Latin American Archaeology, n° 4, 1992.

Economies and Politics in the Aztec Realm, sous la direction de Mary G. Hodge et Michael E. Smith, Institute for Mesoamerican Studies, State University of New York at Albany, 1994.

Codex Azcatitlan, Bibliothèque nationale de France - Société des américanistes, 1995.

Michel GRAULICH, *Montezuma, ou l'apogée et la chute de l'empire aztèque*, Éditions Fayard, 1995.

Michael E. SMITH, *The Aztecs*, Blackwell Publishers, 1996.

Dorothy HOSLER et Andrew MACFARLANE, *Copper Sources, Metal Production and Metals Trade in Late Postclassic Mesoamerica*, in *Science*, vol. 273, pp. 1819-1824, 27 septembre 1996.

Le laser Mégajoules

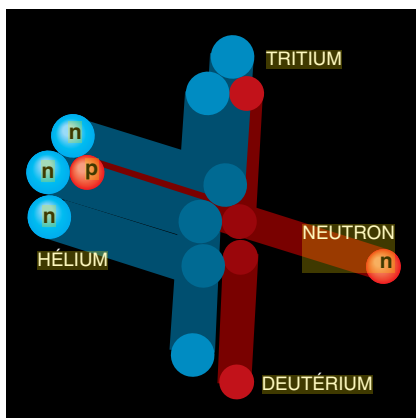
JACQUES COUTANT

Ce laser, en construction près de Bordeaux, devrait faire progresser la physique des plasmas thermonucléaires et provoquer la fusion nucléaire contrôlée du deutérium et du tritium.

En 1960, l'Américain Theodore Maiman utilise le principe de l'émission stimulée, prédit théoriquement par Albert Einstein, et celui du pompage optique, mis au point par le physicien français Alfred Kastler, pour réaliser le premier laser. Seulement trois ans plus tard, les physiciens du Commissariat à l'énergie atomique, à Limeil-Valenton, utilisent un laser à rubis fabriqué par la *Compagnie générale d'électricité* pour étudier l'interaction des lasers de forte puissance avec la matière. Le vif intérêt pour ce nouvel outil s'explique aisément : les lasers à impulsions sont des sources très intenses de lumière monochromatique (une seule longueur d'onde) et cohérente (les oscillations du champ électromagnétique qui constitue la lumière restent en phase pendant un grand nombre de périodes) ; on peut donc les focaliser dans des volumes très petits, de sorte que si les énergies transportées par le faisceau sont limitées, elles portent la matière à des températures et à des pressions inégalées.

Les premiers travaux, tant théoriques qu'expérimentaux, sont consacrés à l'étude de phénomènes tels que l'absorption simultanée de plusieurs photons (ou «grains de lumière»), conduisant à l'ionisation de la matière et à la création de plasma, sorte de gaz composé d'ions et d'électrons dissociés des atomes ; on explore également les mécanismes de l'absorption et du transport de l'énergie dans ce plasma.

Puis, à mesure que progresse la puissance des lasers, les caractéristiques des plasmas produits se rapprochent du domaine où les réactions thermonucléaires deviennent importantes, ce qui permet de mieux connaître les phénomènes physiques liés à la fusion par confinement iner-



tiel, laquelle est à la base des engins thermonucléaires (bombes H) et pourrait aussi être utilisée dans de futurs réacteurs producteurs d'électricité.

Les connaissances acquises en 30 ans, les progrès théoriques et les avancées de la simulation numérique, à l'aide de superordinateurs, permettent aujourd'hui de définir les caractéristiques de l'installation nécessaire pour l'obtention de la fusion par confinement inertiel en laboratoire : c'est le laser *Mégajoules*, dont la construction a été décidée par le gouvernement au début 1995. Le laser devrait effectuer ses premiers tirs au Centre d'études scientifiques et technique d'Aquitaine, près de Bordeaux, dans les premières années du siècle prochain.

La fusion par confinement inertiel

La fusion nucléaire de deux noyaux atomiques légers formant un noyau plus lourd s'accompagne d'un dégagement d'énergie considérable. Pour que cette fusion se fasse, il faut surmonter la répulsion coulombienne, qui s'exerce entre les deux noyaux positivement chargés, ce qui nécessite que

les noyaux soient animés d'une vitesse relative importante. On obtient de telles vitesses dans l'état de plasma chaud. La réaction la plus facile à obtenir est celle qui fait intervenir deux isotopes de l'hydrogène : le deutérium, composé d'un proton et d'un neutron) et le tritium, composé d'un proton et de deux neutrons ; la fusion forme un noyau d'hélium (deux protons, deux neutrons) et un neutron, qui emportent chacun une énergie considérable.

Les physiciens cherchent à obtenir, en laboratoire, des conditions où le milieu fusible produit un nombre suffisant de réactions nucléaires, de sorte que l'énergie dégagée soit supérieure à celle qui a été initialement dépensée. Ces conditions nécessaires sont théoriquement décrites par le critère de Lawson (du nom de son inventeur, le physicien américain Christopher Lawson) : le produit de la densité du plasma par le temps pendant lequel son énergie reste confinée doit être supérieur à un seuil ; en outre, la température doit être supérieure à 100 millions de degrés.

Historiquement, la première voie étudiée, depuis plus de 40 ans, est celle du «confinement magnétique», où l'on cherche à maintenir confiné pendant un temps assez long (de l'ordre de la seconde) un plasma peu dense, à l'aide de champs magnétiques. La seconde voie est celle du confinement inertiel : en un temps extrêmement bref, un apport externe d'énergie porte une faible quantité de matière fusible à l'état de plasma, la chauffe et la comprime, de sorte qu'elle devient le siège d'un nombre notable de réactions nucléaires. La masse de matière fusible serait au plus de quelques dizaines de microgrammes, limitée par la puissance maximale des lasers imaginables et par la résistance des chambres de