

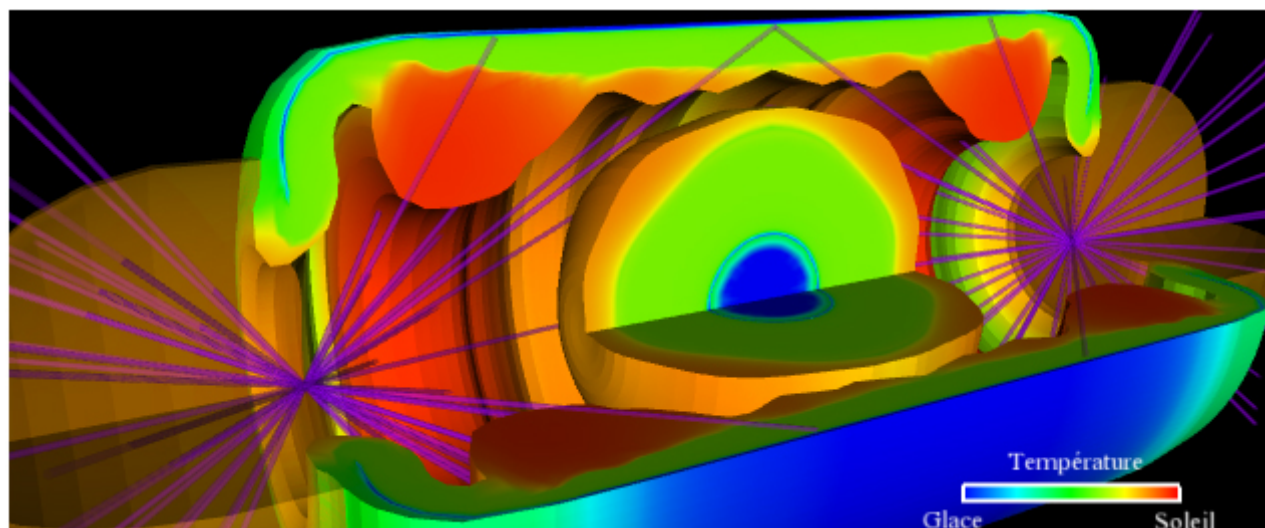
Simulation d'une expérience de fusion réalisée sur le laser Mégajoule

Le Laser Mégajoule (LMJ) est un élément clé du programme Simulation, destiné à assurer la pérennité de la dissuasion après l'arrêt définitif des essais nucléaires. Il permettra de valider certains modèles physiques dans des conditions de température et de pression jusqu'à présent inaccessibles en laboratoire.

Description de l'expérience

La fusion nucléaire est un processus où deux noyaux atomiques s'assemblent pour former un noyau plus lourd : la fusion de deux noyaux légers dégage d'énormes quantités d'énergie. Pour atteindre les conditions de la fusion, les faisceaux du laser sont dirigés sur une cible constituée d'un cylindre métallique, au centre duquel est placée une capsule sphérique. Sous une couche de plastique, ce microballon renferme le combustible, un mélange atomique de Deuterium et de Tritium, deux isotopes de l'hydrogène. Ces quelques dixièmes de milligramme de Deutérium et Tritium se présentent sous la forme d'une coquille solidifiée à très basse température, contenant une phase gazeuse.

Le microballon a pour rayon la tranche d'une pièce d'un centime. La cavité en or a pour longueur le diamètre de cette même pièce. Et pourtant, ce sont jusqu'à 240 faisceaux laser qui vont y pénétrer, en traversant les deux fenêtres en plastique ménagées à ses extrémités.



L'expérience commence par une phase d'implosion du microballon. Pour faire fusionner le Deuterium et le Tritium, il faut porter le mélange à des températures et des densités gigantesques.

Pour cela, la cavité métallique chauffée par les faisceaux laser joue le rôle d'un four. Les parois en or, sous l'effet du laser, produisent un rayonnement électromagnétique haute fréquence – rayons X –, assimilable au premier ordre à un bain thermique de 2 à 3 millions de degrés. Ce rayonnement X quasi-uniforme autour du microballon chauffe la couche externe de la coquille qui s'évapore brutalement. Par réaction, le reste du microballon se met alors en mouvement et se déplace vers le centre. Ce mécanisme est appelé « effet fusée », par analogie à la mise en vitesse d'une fusée grâce à l'expulsion violente des gaz issus de son moteur à réaction. Cette compression concentre progressivement le mélange fusible contenu au centre du microballon jusqu'à ce qu'il atteigne les conditions de température favorables au démarrage de la combustion. Localement, la matière est portée à quelques dizaines de millions de degrés soit des niveaux de température rencontrés au centre du soleil. L'allumage, c'est-à-dire le démarrage des réactions de fusion, a lieu dans une petite zone centrale, appelée point chaud, de taille comparable à la section d'un cheveu. Il se produit environ 19 milliardièmes de seconde après le début de l'expérience.

C'est maintenant le début de la phase de combustion. Le laser, qui a délivré l'énergie utile à l'implosion, peut maintenant s'éteindre.

Tout se passe alors en quelques dixièmes de milliardièmes de seconde. Le point chaud va jouer le rôle d'une allumette. L'ensemble du mélange fusible atteint très rapidement les conditions d'allumage. La combustion, qui se propage dans tout le microballon génère un brutal dégagement d'énergie et, localement, des températures 100 fois plus élevées qu'au centre du soleil. A la fin de l'expérience, l'énergie produite par les réactions de fusion est environ dix fois plus élevée que l'énergie délivrée initialement par le laser.

La simulation numérique permet de dimensionner les caractéristiques du laser et des cibles à leur juste besoin et de mieux appréhender ces expériences qui se déroulent dans des conditions extrêmes.

Pour en savoir plus : <http://www-lmj.cea.fr/html/cea.htm>