

La simulation du fonctionnement des armes nucléaires repose sur la modélisation de nombreux processus physiques, de leur couplage et du comportement des matériaux dans des conditions extrêmes. Les expériences conduisent à la fusion à gain thermonucléaire par confinement inertiel d'un mélange deutérium-tritium dans une micro-cible de quelques dixièmes de millimètres

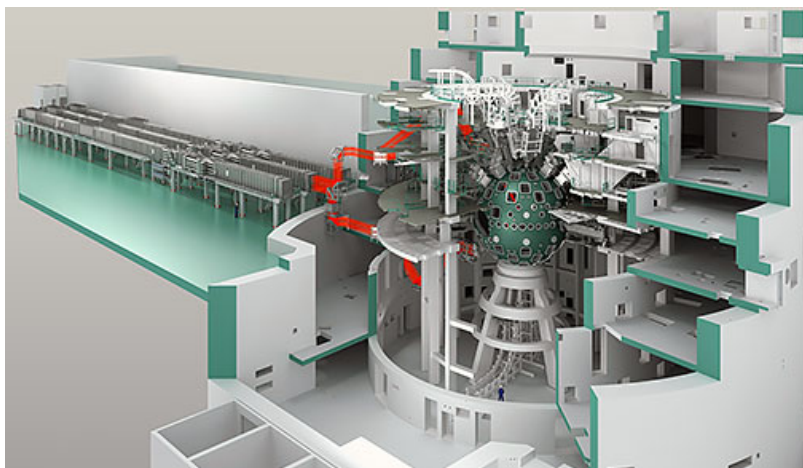


Le **LASER MÉGAJoule** (LMJ) est une installation de 300 m de long, 100 m de large et 50 m de haut, conçue pour faire converger 176 faisceaux laser sur une cible millimétrique en un milliardième de seconde.

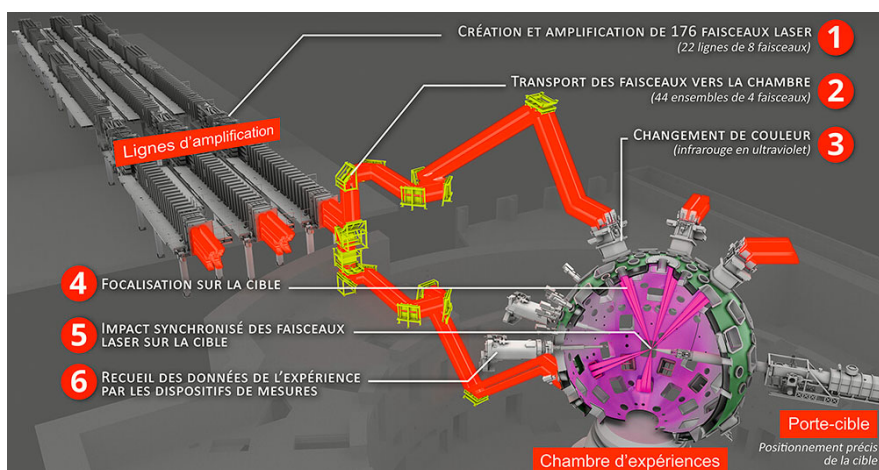
Dans ses expériences, la pression peut atteindre un milliard de fois la pression atmosphérique et les températures, un milliard de degrés, pour reproduire en laboratoire des phénomènes physiques semblables à ceux observés au sein des étoiles.

Le LMJ est un instrument de recherche qui permet de chauffer et de comprimer la matière jusqu'aux conditions que l'on retrouve lors du fonctionnement des armes nucléaires ou au cœur des étoiles.

Mis en service fin 2014, le LMJ est exploité pour des applications défense au profit de la garantie de la sûreté et de la fiabilité des armes nucléaires de la dissuasion. Depuis son couplage au laser de forte puissance PETAL, en 2017, le LMJ est aussi mis à disposition de la communauté scientifique internationale, pour des expériences de recherche académique.

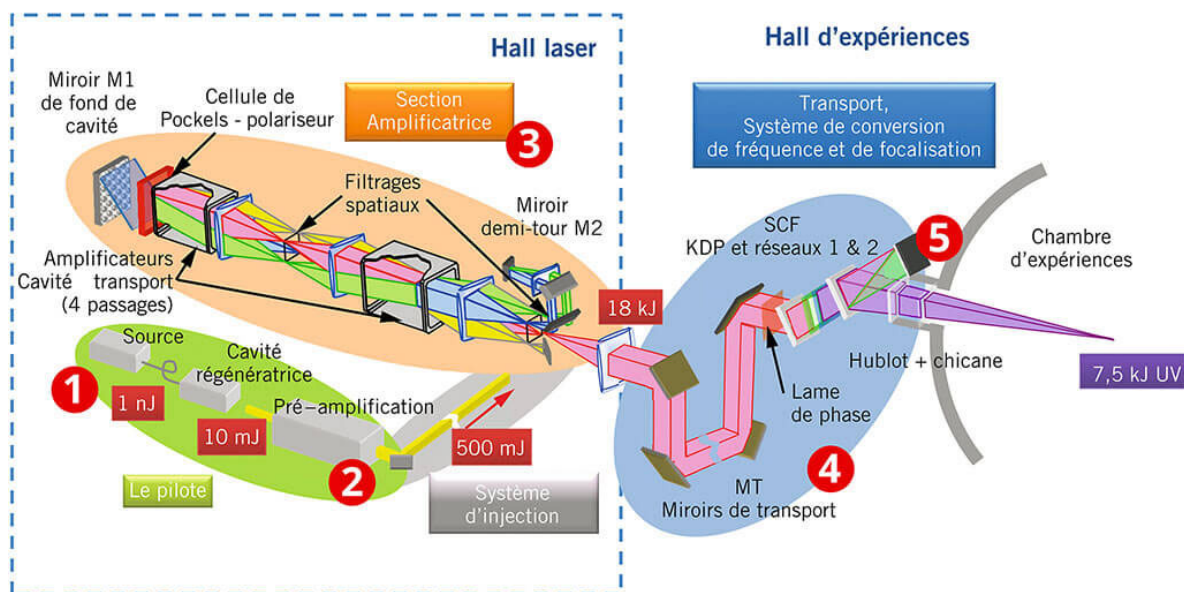


Principe de fonctionnement

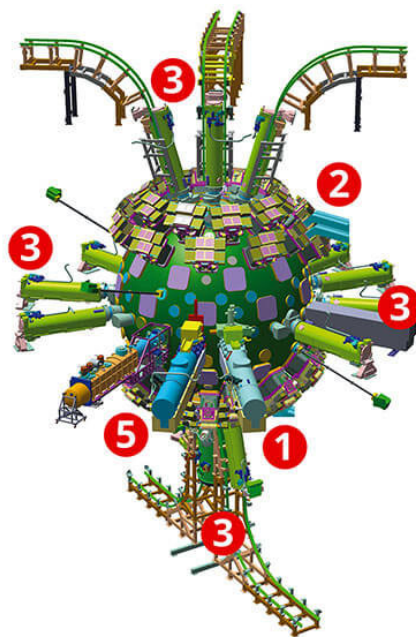
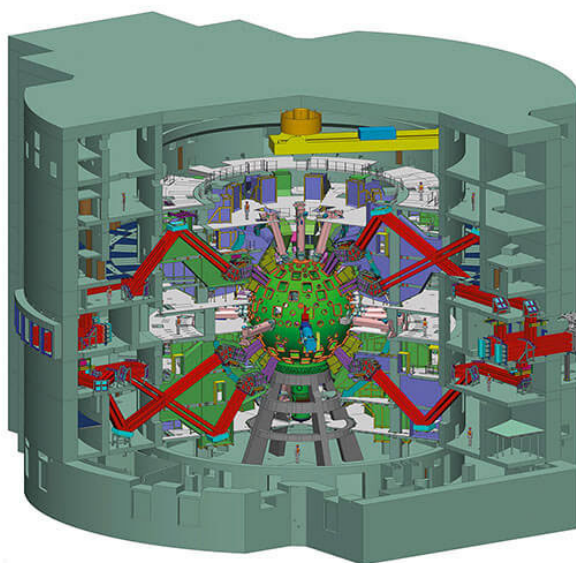


Le faisceau laser de couleur infra-rouge est créé dans la **source 1** et en sortie son énergie est de l'ordre d'un milliardième de joule (1 nJ). Le **préamplificateur 2** règle le profil temporel et spatial (section carrée) du faisceau et l'amplifie jusqu'à 0,5 joule. Le faisceau est ensuite injecté dans sa **chaîne amplificatrice 3** de 100 m de long qui comporte 2 amplificateurs et 2 filtres spatiaux de nettoyage. Le faisceau, qui fait alors 40x40 cm² de section, fait 2 allers-retours dans la chaîne et son énergie atteint plus de 15000 joules. Il est ensuite transporté

par plusieurs **miroirs 4** jusqu'au SCF, **5 système optique de fin de chaîne** qui change la couleur du faisceau de l'infra-rouge à l'ultra-violet et qui le focalise 8 mètres plus loin sur une cible au centre de la chambre d'expériences.



La cible est fixée à un bras rigide de 8m de long qui est introduit dans la chambre d'expériences à partir d'un **sas porte-cible 1**. Les faisceaux laser amplifiés et focalisés, groupés 4 par 4, pénètrent dans la chambre sous vide à travers des hublots situés à l'extrémité des nez de **chambre 2**. Les diagnostics de mesure sont placés dans des **sas d'insertion standardisés 3** à partir desquels ils sont déployés dans la chambre vers la cible (certains diagnostics volumineux ne sont pas introduits par des sas standardisés) 4. Le système d'alignement met en œuvre une référence préalablement introduite au **centre 5** ainsi que des sources d'éclairage et des télescopes d'observation afin de procéder aux positionnements précis (de l'ordre de quelques centièmes de mm) de la cible, des faisceaux et des diagnostics de mesure au centre de la **chambre d'expériences 6**.



Validation des modèles physiques

Conception d'une campagne d'expériences (Cibles, Configuration des mesures, Configuration des faisceaux lasers)

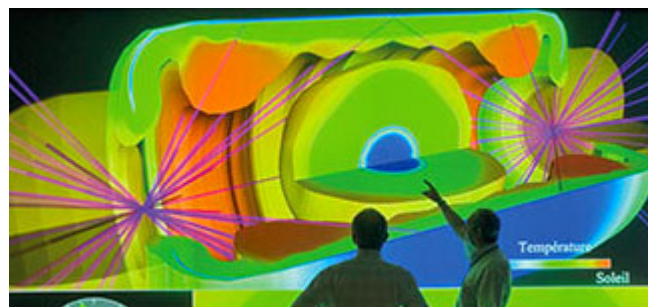
Utilisation des modèles physiques pour prédire les résultats.

Fabrication des cibles. Mise en configuration de

l'installation. Réalisation de la campagne d'expériences.

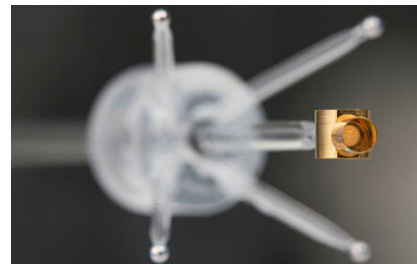
Analyse des résultats. Comparaison avec les prédictions.

Validation des modèles physiques.



Fabrication des cibles

Développement des moyens et méthodes de fabrication. Fabrication des cibles de la campagne d'expériences. Montage et métrologie des cibles.

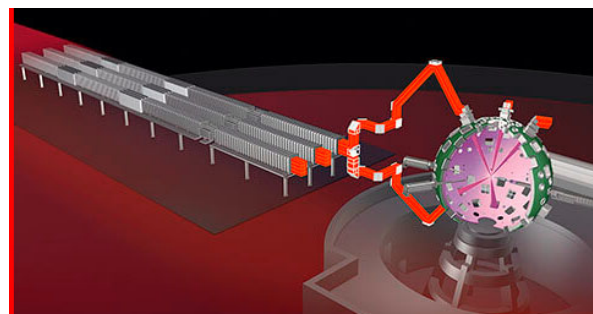
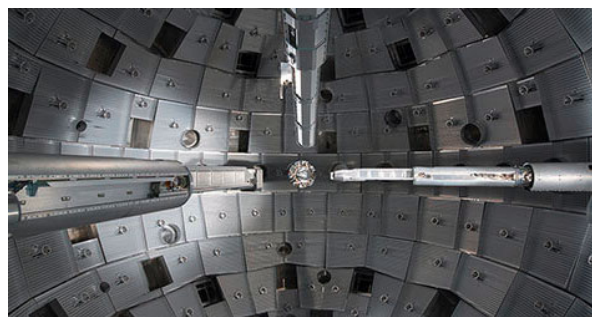


Mise en configuration de l'installation et réalisation de la campagne d'expériences

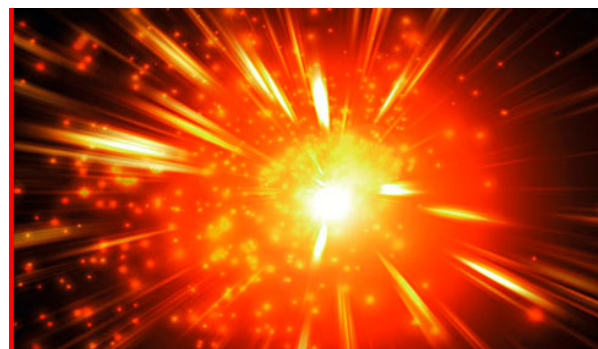
Mise en configuration des diagnostics de mesure. Mise en œuvre et réglage des diagnostics de mesure. Mise en œuvre et réglage des lasers. Réalisation des expériences de la campagne.

Réalisation d'une expérience

Alignement au centre de la chambre d'expériences (Faisceaux laser, appareils de mesure, cible). Réalisation d'une expérience « à blanc » sans amplification laser. Chargement des amplificateurs. Déclenchement de l'expérience.

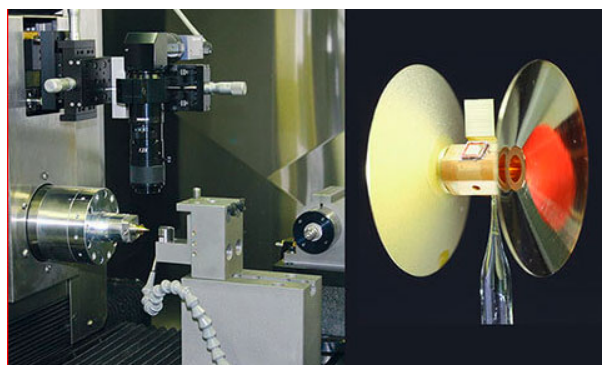


Déclenchement de l'expérience $\approx 3 \mu s$ (millionnièmes de seconde). Création et amplification des faisceaux lasers. Focalisation des faisceaux sur la cible. Interaction lasers-cible. Réalisation des mesures. Enregistrement des mesures.



Interaction laser cible $\approx 1 ns$ (milliardième de seconde)

Interaction laser matière. Création de plasma. Emission rayonnements et particules.



Les cibles Microsystème après avoir reçu l'énergie du LMJ reproduit le phénomène intervenant dans les armes

Les mesures : énergie laser absorbée par la cible, sa température atteinte, la pression générée, les vitesses d'implosion, les rayonnements et particules émises
Des diagnostics de mesures sont ensuite développés.

