

L'installation laser LMJ-PETAL : les premiers résultats d'un programme expérimental ambitieux

DOSSIER DE PRESSE



CONTACT PRESSE

Service Information Médias
presse@cea.fr
01 64 50 20 11

www.cea.fr
@CEA_Recherche

SOMMAIRE

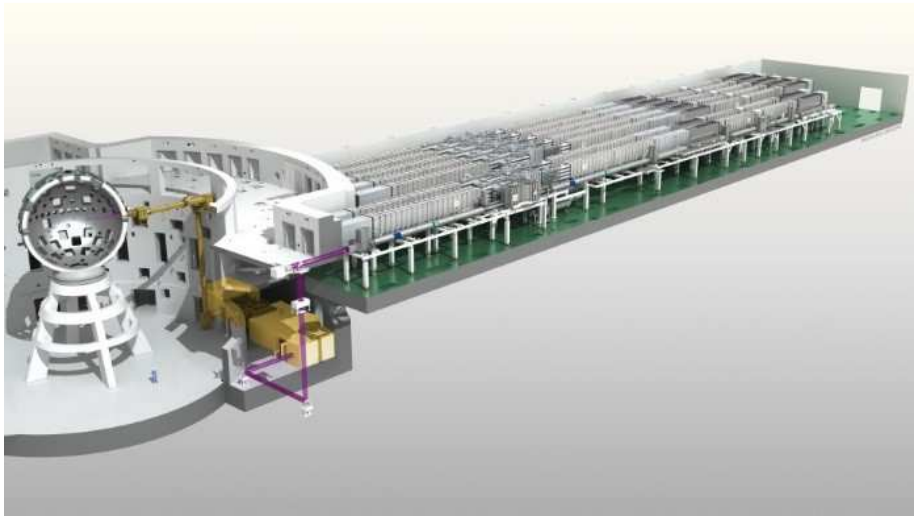
L'installation LMJ-PETAL (p.3)

- Présentation du faisceau PETAL
- Le Projet PETAL +

Applications des lasers apport de LMJ-PETAL (p.7)

- L'exploitation scientifique
- Les expériences d'ouverture sur LMJ-PETAL
- Expériences d'astrophysique
- Expériences de fusion par confinement inertiel

ANNEXES (p.13)



L'installation LMJ-PETAL

Le Laser Mégajoule (LMJ), installé sur le site CEA du Cesta[1], est une installation majeure du programme Simulation de la Direction des applications militaires du CEA (CEA/DAM). Mis en service opérationnel en 2014, il sert à étudier, à une échelle millimétrique, le comportement des matériaux dans des conditions extrêmes similaires à celles atteintes lors du fonctionnement nucléaire des armes, ou au sein des étoiles. Dans sa configuration nominale, le LMJ comportera 176 faisceaux qui délivreront à terme une énergie totale de 1,3 MJ et une puissance de 400 TW en lumière ultraviolette (λ = 351 nm), avec une durée d'impulsion ajustable de 0,7 à 25 nanosecondes.

Un 177ème faisceau, financé par le Conseil régional de la Nouvelle-Aquitaine, avec le soutien de l'État et de l'Union Européenne, complète l'installation LMJ. PETAL, pour Petawatt Aquitaine Laser et destiné à la recherche civile, est un laser…

- … à impulsion courte (de l'ordre de la picoseconde),
- … de haute énergie (de l'ordre du kilojoule)
- … et multipetawatt (1 PW = 10^{15} W).

Le couplage de PETAL au LMJ permet d'allier les capacités expérimentales étendues du LMJ à un vaste champ d'expériences rendu possible par la haute puissance de ce faisceau.

Conformément à la politique d'ouverture des moyens de la Simulation du CEA/DAM décidée au début des années 2000 par le Ministère de la Défense (aujourd'hui Ministère des Armées) et la Convention tripartite (État, Région Nouvelle-Aquitaine et CEA) relative à l'exploitation du laser PETAL par le CEA, l'installation LMJ-PETAL est mise à la disposition de la communauté scientifique internationale pour 20 à 30 % de son temps d'exploitation, après les expériences académiques réalisées de 2005 à 2014 sur le prototype du LMJ. Les premières expériences d'ouverture ont été réalisées fin 2017.

L'installation PETAL au sein du LMJ est inscrite sur la feuille de route nationale des Infrastructures de Recherche 2012-2020.

Présentation du faisceau PETAL

Les principales performances laser avec PETAL sont les suivantes :

- énergie jusqu'à 3 kJ pour une longueur d'onde de 1 053 nm (infrarouge) ;
- durée d'impulsion comprise entre 0,5 et 10 ps ;
- intensité (ou éclairement) au point focal de l'ordre de 10^{20} W/cm^2.

PETAL bénéficie des études lasers de haute énergie développées pour le LMJ. Mais la mise en œuvre de tels lasers à haute énergie et à impulsion courte nécessite le développement sous-ensembles

[1] Cesta : Centre d'études scientifiques et techniques d'Aquitaine

particuliers. Une impulsion courte ne pouvant être amplifiée directement dans une chaîne de puissance en raison des intensités élevées qui risqueraient de détériorer les optiques, l'impulsion est d'abord étirée à des durées de l'ordre de la nanoseconde, compatibles des chaînes LMJ, à l'aide d'un système utilisant des réseaux de diffraction. Une fois amplifiée dans la chaîne de puissance au niveau du kilojoule, l'impulsion est ensuite recomprimée par un dispositif analogue, avant d'être focalisée sur cible par des optiques réflectives. Le début et la fin de chaîne sont spécifiques à PETAL, l'amplification est très proche de celle du LMJ.

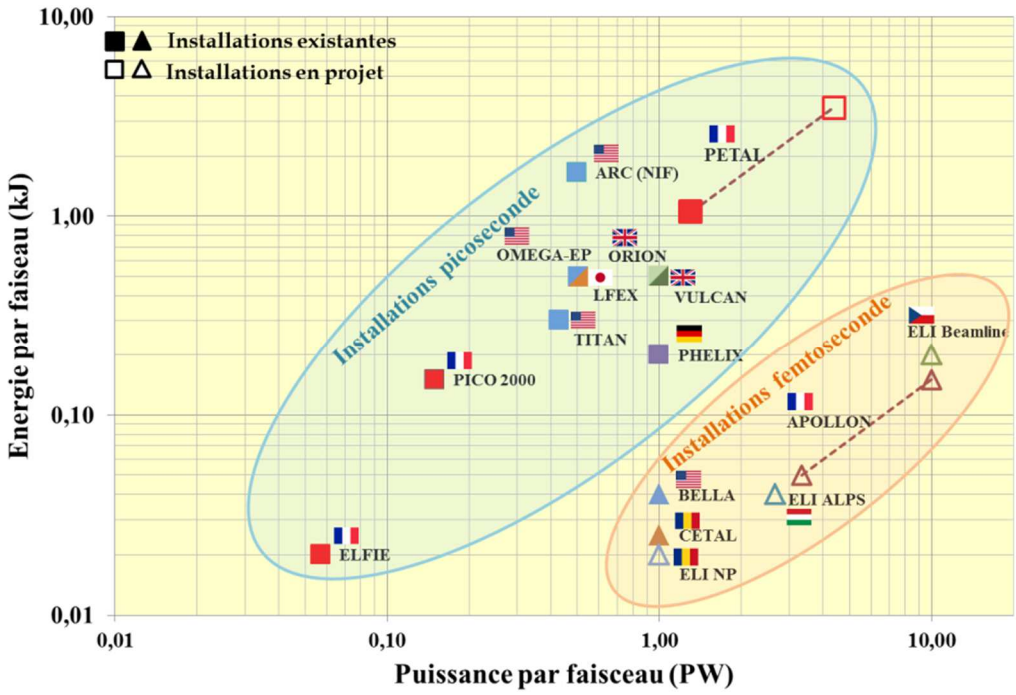


Figure 1. PETAL et les autres installations de classe petawatt dans le monde, regroupées suivant la durée d'impulsion (pico ou femtoseconde). © DR

Si diverses installations de classe petawatt existent déjà à travers le monde (figure 1), PETAL marque une évolution notable par sa plus grande énergie et par son couplage aux faisceaux du LMJ. PETAL a délivré en mai 2015 une puissance de 1,2 PW avant focalisation (850 J en 700 fs), devenant le faisceau laser de grande énergie le plus puissant au monde. Par la suite, la durée d'impulsion a été réduite à 570 fs, ce qui porte les performances potentielles de PETAL à 1,8 PW.

Le projet PETAL+

Dans le cadre d'un appel d'offre sur financement ANR issu du grand emprunt national de 2010, un projet a été retenu pour la réalisation d'instruments de mesures (diagnostics) dédiés au faisceau laser PETAL. Il s'agit d'un projet EQUIPEX (Équipements d'Excellence), fruit d'une collaboration entre plusieurs laboratoires, en particulier : l'université de Bordeaux (porteur du projet), le Centre lasers intenses et applications (CELIA), le Laboratoire pour l'utilisation des lasers intenses (LULI), le Centre

d'études nucléaires de Bordeaux-Gradignan (CENBG), l'Institut de recherche sur les lois fondamentales de l'univers (IRFU) du CEA Saclay, le CEA Cesta et le CEA – DAM Île-de-France.

Ce projet PETAL+ a permis le développement des premiers diagnostics associés aux expériences utilisant le laser PETAL, ainsi que des dispositifs d'insertion de diagnostics (SID) permettant de positionner ces équipements dans la chambre LMJ.

L'équipement comprend :

- un spectromètre pour le rayonnement X-dur : spectromètre X à transmission qui permet de couvrir une gamme en énergie entre 7 et 100 keV. Ce spectromètre, inséré dans la chambre d'expériences du LMJ à l'aide d'un SID, permet la mesure de l'émission de la raie Kα[2] de presque tous les matériaux. Il a été mis en service sur l'installation LMJ en octobre 2016.
- un spectromètre pour les particules chargées (ions et électrons), constitué de deux paraboles Thomson. Il permet de mesurer des spectres de protons entre 0,1 et 200 MeV et des spectres d'électrons entre 0,1 et 150 MeV. Il possède aussi une fonction radiographie protonique constituée d'un empilement de films radiochromiques. Il est inséré dans la chambre d'expériences avec un SID. Il a été mis en service sur l'installation LMJ en 2017 (où il a servi pour la première campagne expérimentale menée sur PETAL[3]) et des compléments de qualification ont été apportés en avril 2018, pour améliorer encore les performances du diagnostic.
- deux spectromètres à électrons pour des mesures sur plusieurs angles. Ces spectromètres magnétiques permettront de mesurer des spectres d'électrons entre 5 et 150 MeV. Ces spectromètres, situés sur la paroi de la chambre d'expériences, mesurent les spectres d'électrons dans l'axe du laser PETAL et à un angle de 45°. Les deux spectromètres ont été mis en service sur l'installation LMJ en avril 2018. Ils seront utilisés pour les campagnes expérimentales futures.
- des dispositifs d'insertion de diagnostics.



Ligne laser PETAL, intégrée au LMJ © CEA MS

[2] Kα correspond à la raie spectrale dont l'énergie d'émission est la plus élevée pour un matériau donné.

[3] Voir la partie « les expériences d'ouverture du LMJ-PETAL ».

Le Laser Mégajoule (LMJ)

► **La chaîne laser** du LMJ doit générer de la lumière laser à faible niveau (pilote), puis l'amplifier (chaîne amplificatrice) et enfin la transporter et la focaliser (fin de chaîne) dans la chambre d'expériences.

- Le pilote délivre l'impulsion lumineuse initiale en générant le faisceau, lui donnant sa forme temporelle et spatiale ainsi que sa fréquence (« sa couleur »). À la sortie du pilote, le faisceau laser a une section carrée de 40 mm de côté, son énergie est faible (de l'ordre du Joule) et sa durée est de quelques milliardièmes de seconde.
- La chaîne amplificatrice va augmenter l'énergie des faisceaux, qui la parcourent quatre fois pour voir leur énergie multipliée 20 000 fois.
- En fin de chaîne, les faisceaux sont guidés vers la chambre d'expériences par un jeu de six miroirs successifs qui permettent de passer d'une configuration parallèle à une configuration où les faisceaux sont distribués tout autour de la chambre. Un système de conversion de fréquence change leur couleur (de l'infrarouge à l'ultraviolet) et les focalise sur la cible.

► **La chambre d'expériences** est une sphère d'aluminium recouverte de béton de 10 mètres de diamètre pesant de l'ordre de 300 tonnes. Sous vide (un milliardième de la pression atmosphérique y règne), la chambre d'expériences abrite la cible choisie pour l'expérience et supporte de nombreux instruments de mesure pour étudier les caractéristiques des plasmas générés dans la cible (spectres, neutrons, températures, densités...).





À gauche : chaînes amplificatrices des faisceaux du LMJ. À droite : chambre d'expérience du LMJ. © CEA

Applications des lasers et apport de LMJ-PETAL

Le laser PETAL s'inscrit dans la dynamique, voulue dès 2002 par le ministère de la Défense et le Gouvernement, d'ouverture et de partage de l'utilisation du LMJ avec la communauté civile de la Recherche. Il constitue une installation exceptionnelle de par ses caractéristiques et son couplage à l'installation LMJ, elle-même exceptionnelle au niveau mondial. Dans le cadre de cette politique d'ouverture, LMJ-PETAL est mis à la disposition de la communauté scientifique pour 20 à 30 % de son temps d'exploitation[4].

- **L'Association Lasers et Plasmas :** L'Association Lasers et Plasmas (ALP) a pour missions d'assurer l'accès de la communauté scientifique aux installations lasers de puissance du CEA-DAM (LMJ-PETAL), et de contribuer au développement de la recherche auprès des grands lasers nationaux et internationaux. Ses actions sont en lien étroit avec les trois Groupements de Recherche (GDR) qui animent la communauté scientifique.

- **Processus de sélection des expériences :** L'accès académique à l'installation LMJ-PETAL et la sélection des propositions sont coordonnés par l'Association Lasers et Plasmas avec l'aide d'un Comité d'experts internationaux[5]. Il regroupe une quinzaine de spécialistes internationaux dans le domaine des lasers et des plasmas. Les objectifs scientifiques académiques de LMJ-PETAL sont décrits dans le « Scientific Case »[6], publié sous l'égide de l'Institut Lasers et Plasmas (ILP). Il rassemble les réflexions de la communauté internationale qui travaille sur les plasmas produits par laser et leurs applications. En parallèle, le CEA/DAM a édité le « User Guide »[7] du LMJ-PETAL qui fournit toutes les informations techniques nécessaires à la rédaction des propositions d'expérience.

L'exploitation scientifique

Plusieurs défis scientifiques sont liés aux thématiques principales souvent résumées sous l'intitulé Physique des Hautes Densités d'Energie (HDE).

- **Les états extrêmes de la matière :** Lorsque la matière est éclairée par des faisceaux laser intenses, comme ceux du LMJ, il se forme un plasma (gaz ionisé) en expansion. Par réaction, une onde de compression se développe dans la matière, l'amenant à des conditions de pression et de température très élevées (millions de degrés, milliards de pression

[4] Il en a déjà été ainsi pour la LIL (Ligne d'intégration laser), prototype du LMJ, qui a assuré une campagne annuelle d'expérimentations dite « ouverte » depuis 2005, y compris en 2014 avant sa mise à l'arrêt.

[5] "Scientific Advisrosy Commiteee de PETAL", SAC-P

[6] LMJ – PETAL Scientific Case – For academic access, ILP – ALP, V1.0 (octobre 2014) ; téléchargeable sur le site www-lmj.cea.fr dans la rubrique « For Users ».

[7] User Guide de l'installation LMJ-PETAL, CEA – DAM Île-de-France, CEA – Cesta, V1.3 (avril 2017) ; téléchargeable sur le site www-lmj.cea.fr dans la rubrique « For Users ».

atmosphérique). PETAL peut produire un rayonnement intense et bref qui apporte un chauffage supplémentaire pour porter la matière dans des états extrêmes, qu'on ne rencontre qu'au cœur des étoiles les plus massives. Les propriétés des matériaux à ces densités et ces températures sont très mal connues. LMJ-PETAL peut permettre de révéler de nouvelles structures et de nouvelles phases.

- **La physique des hautes intensités :** Les hautes intensités accessibles avec les lasers de type Petawatt permettent la génération de champs électromagnétiques extrêmes qui peuvent accélérer des particules à des vitesses proches de celle de la lumière. Des électrons peuvent ainsi être accélérés à des énergies « relativistes », par exemple dans l'onde de sillage du laser, et les électrons peuvent à leur tour entraîner les ions et générer des faisceaux d'ions relativistes. L'interaction de ces particules entre elles ou avec la matière peut être la source de rayonnements X et gamma intenses pour sonder la structure intime de la matière. En générant des particules et des champs ultra-intenses, l'installation LMJ-PETAL est un outil unique pour l'étude de la constitution de la matière en liaison avec l'astrophysique.

- **L'astrophysique de laboratoire :** Si la compréhension des phénomènes de l'Univers repose principalement sur l'observation des rayonnements émis par les objets célestes et l'envoi de sondes spatiales, l'astrophysique de laboratoire permet de reproduire les phénomènes astrophysiques tels que des jets stellaires, des accrétions d'étoiles ou des explosions de supernovæ, à une échelle bien plus petite où ils sont donc plus facilement caractérisables. Le LMJ est le premier laser en Europe capable de générer des conditions représentatives pour étudier des phénomènes astrophysiques tels les phénomènes d'accrétion et d'éjection, les opacités des matériaux stellaires, les chocs forts, les instabilités hydrodynamiques. Le laser PETAL peut être utilisé pour étudier des phénomènes très particuliers comme la génération de champs magnétiques intenses et l'accélération de particules dans des régimes relativistes. Ces phénomènes, présents dans les étoiles en évolution, sont à l'origine de rayonnements intenses et de chocs dans le milieu interstellaire.

- **L'énergie avec la fusion par confinement inertiel :** La production d'énergie par fusion nucléaire du Deutérium et du Tritium (DT, isotopes de l'hydrogène) présente plusieurs avantages : son rendement énergétique est élevé ; elle ne produit pas de CO2, ni de déchets radioactifs à longue durée de vie ; le combustible est présent en grande quantité dans les océans. Dans la Fusion par confinement inertiel (FCI), on éclaire, avec de multiples faisceaux laser, une sphère contenant le combustible DT, afin de le comprimer et le porter aux conditions de température et densité nécessaires à l'initiation des réactions de fusion.

- **La médecine :** Les lasers de faibles énergies sont couramment utilisés en médecine (ophtalmologie, dermatologie…). PETAL offre de nouvelles opportunités pour le développement d'accélérateurs d'ions compacts. La maîtrise du faisceau d'ions (sélection en énergie, contrôle de la divergence) pourrait déboucher sur des applications dans le domaine médical comme l'hadronthérapie, méthode pour le traitement des tumeurs cancéreuses: si la radiothérapie conventionnelle fait appel essentiellement aux rayons X, l'hadronthérapie bénéficie des avantages d'un faisceau de particules comme les protons et les ions carbone, dont le dépôt d'énergie dans le volume tumoral est plus précis et plus local (respect des

tissus sains avoisinants). L'approche par laser, si elle est démontrée, répondrait à un besoin sociétal important et pourrait remplacer à terme les machines coûteuses et imposantes telles que les cyclotrons utilisés actuellement.

Les expériences d'ouverture sur LMJ-PETAL

Les capacités uniques du faisceau multipetawatt PETAL permettent de générer des sources intenses et brèves de rayonnement ou de particules énergétiques. Ces sources sont des moyens très performants pour sonder la matière dense ou les champs électromagnétiques produits par interaction laser-matière, et peuvent également servir à porter la matière dans des conditions thermodynamiques extrêmes.

Le couplage de PETAL au Laser Mégajoule permet d'allier des capacités expérimentales étendues à un vaste champ d'expériences rendu possible par la haute puissance de PETAL. L'installation LMJ-PETAL constitue ainsi une infrastructure unique pour étudier de nombreux thèmes de physique des plasmas : accélération de particules et sources secondaires, hautes densités d'énergie, astrophysique de laboratoire, fusion par confinement inertiel.

Deux appels à propositions d'expériences lancés en 2014 et 2016 ont conduit à sélectionner six campagnes d'ouverture académique. La première a été réalisée fin 2017, les prochaines sont prévues en 2019. L'année 2018 a permis de qualifier des diagnostics supplémentaires pour répondre aux besoins spécifiques de mesure des expériences futures. La mise en place d'un User's Group et de User's Meeting, dont le premier a lieu les 4 et 5 octobre 2018 à l'ILP, permet de développer la communauté académique internationale autour de l'installation. Un nouvel appel à propositions sera lancé début 2019.

Expériences d'astrophysique

- *Amplification de champ magnétique : turbulence dans les galaxies*

Contributeurs : Cette campagne, réalisée fin 2017, a été proposée par G. Gregori, de l'université d'Oxford, au Royaume-Uni, en lien avec l'université de Chicago, le Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL), le Laboratory for Laser Energetics (LLE) et l'université du Michigan aux États Unis ; l'Université d'Oxford et la Queen's University de Belfast au Royaume-Uni ; l'ETH Zürich en Suisse ; le Laboratoire d'Utilisation des Lasers Intenses (LULI, École polytechnique / CNRS / CEA / Sorbonne Université) et le CEA – DAM Île-de-France.

Objectif : Il s'agit d'étudier la création et l'amplification de champs magnétiques dans des plasmas turbulents et radiatifs pour expliquer la présence de tels champs dans le milieu galactique ou intergalactique.

La présence de ces champs magnétiques est évoquée pour expliquer la production et le confinement des rayons cosmiques, la polarisation linéaire de la lumière stellaire et l'émission radio de la Voie lactée. Ces champs sont supposés faibles, mais leur présence sur des distances de quelques dizaines de kiloparsec (10^{17} m) ont le même effet que la pression du gaz galactique et leurs effets deviennent considérables. L'origine de ces champs magnétiques reste encore mal comprise et un mécanisme de dynamo turbulente est évoqué pour expliquer leur intensité[8].

L'objectif est de démontrer l'existence de l'amplification non linéaire du champ magnétique par ce mécanisme de turbulence magnétique générée par des gradients de densité et de température non colinéaires.

La campagne a permis d'observer les champs magnétiques et leur évolution. Les résultats sont en cours d'analyse. Ils seront présentés lors de la conférence de presse du 4 octobre 2018.

Les caractéristiques de PETAL (énergie délivrée, brièveté de l'impulsion laser et dimension de la tache focale) ont permis d'atteindre une grande résolution spatiale que ne permettent pas les autres installations laser.

- *Interaction d'un choc radiatif avec un milieu interstellaire*

Contributeurs : Cette campagne est portée par M. Koenig (LULI, École polytechnique / CNRS / CEA / Sorbonne Université), en lien avec l'Observatoire de Paris-Meudon, l'université du Michigan et le Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL) aux États-Unis, l'Université d'Oxford au Royaume-Uni et le CEA – DAM Île-de-France.

Objectif : Il s'agit d'étudier les fronts d'ablation créés par les étoiles massives chaudes, qui peuvent illuminer les nuages moléculaires (précurseurs des étoiles) et provoquer leur ionisation et leur photo-évaporation. Ces fronts d'ablation sont difficiles à modéliser, mais peuvent être étudiés en laboratoire.

Expérience : L'expérience propose de générer un choc fortement radiatif dans une cellule à gaz et de le faire interagir avec de la matière dense (figure 3). Le flux radiatif intense généré par le choc radiatif à haute vitesse, représentant l'étoile chaude, interagit avec un microballon qui simule le nuage moléculaire.

Le LMJ permettra d'observer l'effet du rayonnement sur l'obstacle dans un régime hautement radiatif et d'atteindre les vitesses de choc de 200 km/s nécessaires pour ce régime, qui ne peut être atteint que sur des installations telles que le LMJ ou le NIF. A noter que cette expérience n'utilise pas le laser PETAL.

Expériences de fusion par confinement inertiel

[8] P.Tzeferacos *et al.*, Phys. Plasmas, **24,** 041404 (2017).

- *Champ magnétique et reconnexion*

Contributeurs : Cette campagne est proposée par R. Smets de l'École polytechnique, en lien avec le LULI (École polytechnique / CNRS / CEA / Sorbonne Université), l'université de Rome en Italie, l'INRS au Canada et le CEA DAM Île-de-France.

Objectif : Il s'agit d'étudier l'interaction entre champ magnétique et transport thermique dans les conditions de la fusion par confinement inertiel (FCI) et d'observer la reconnexion de lignes de champs. La conversion de l'énergie laser en rayonnement X et le transport de la chaleur au sein des cibles de FCI est un enjeu majeur pour l'atteinte de l'ignition en attaque indirecte. Les électrons chauffés par le laser y jouent le rôle principal, mais ceux-ci peuvent être influencés par le champ magnétique présent autour des zones d'interaction sous l'effet des gradients croisés de densité et de température. Le but de cette expérience est de comprendre la structure spatiale des champs magnétiques autogénérés de l'ordre de 1 à 2 Mgauss (100 à 200 Teslas) lors de l'interaction d'un faisceau laser intense avec une cible solide dans les conditions de la FCI, ainsi que les conséquences sur le transport thermique électronique. Un second objectif est d'étudier la reconnexion magnétique entre deux distributions de champs magnétiques voisines, une configuration rencontrée dans les cavités de conversion en attaque indirecte.

Expérience : Le schéma expérimental est illustré sur la figure 4. Le diagnostic principal est la déflectométrie protonique, les protons étant générés par le laser PETAL.

L'installation LMJ-PETAL, en couplant les faisceaux de haute énergie du LMJ et les performances du faisceau de protons créé par PETAL, est la seule installation permettant d'aborder ce genre d'expériences avec la précision requise.

- *Génération de chocs forts par interaction laser-plasma*

Contributeurs : Cette expérience est proposée par S. Baton (CNRS, LULI – CNRS/Ecole Polytechnique/CEA/Sorbonne Université) et E. Le Bel (CELIA, UNivesrité de Bordeaux/CNRS/CEA, Talence), en lien avec l'INO CNR de Pise en Italie, le LLE aux États-Unis, l'ILE d'Osaka au Japon, et le CEA – DAM Île-de-France.

Objectif : Il s'agit de mesurer la propagation d'un choc fort dans un milieu précomprimé et préchauffé en présence ou non d'un flux important d'électrons suprathermiques. Il s'agit de l'approche dite d'allumage par choc de la FCI en attaque directe[9].

Expérience : La formation du point chaud est assurée par un choc fort (300 Mbar) généré juste après la phase de compression (figure 5).

L'impulsion laser associée nécessite une intensité laser de quelques 10^{15} W/cm^2. Un des principaux enjeux de l'allumage par choc est l'interaction de cette impulsion avec le plasma de grande dimension constitué par le plastique de l'ablateur détendu. Un autre enjeu consiste à étudier l'effet des électrons chauds (50-100 keV) générés à ce niveau d'intensité par les instabilités laser-plasma sur la création du choc et sa propagation dans le combustible déjà comprimé (préchauffage ou

[9] S.D. BATON *et al.*, Phys. Plasmas, **24**, 092708 (2017).

augmentation de la pression d'ablation). Les faisceaux LMJ serviront à générer les chocs et le faisceau PETAL sera utilisé pour la radiographie.

Ce genre d'expériences ne peut être abordé qu'avec une installation laser disposant d'assez d'énergie pour créer le choc fort, et bénéficiant de capacités radiographiques à haute intensité.

À propos du Luli

Le LULI est une unité mixte de recherche (UMR 7605) CNRS - l'École Polytechnique - Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Energies Alternatives – Sorbonne Université, implanté sur le campus de l'Ecole Polytechnique à Palaiseau, sur le site de l'Orme des Merisiers et aux Algorithmes à Gif-sur-Yvette, et sur le campus Jussieu de Sorbonne Université à Paris.

C'est un centre de recherche académique en physique des plasmas chauds, des atomes aux étoiles, un centre de formation en optique, lasers & plasmas et un Instrument de Recherche national et européen depuis 1975.

https://portail.polytechnique.edu/luli/fr

À propos du Celia

CELIA est une unité mixte de recherche (UMR5107) en partenariat avec l'Université de Bordeaux, le CEA, et le CNRS. CELIA rassemble des compétences dans des domaines qui se situent aux frontières de la physique et des applications de haute technologie. Les thématiques développées au laboratoire sont :

- *Lasers femtosecondes de haute cadence et haute intensité, études en optique des lasers intenses,*
- *Champs ultra-intenses, collisions ioniques et sources de rayonnement X par plasmas,*
- *Harmoniques XUV et applications à l'étude des processus ultra-brefs, impulsions attosecondes,*
- *Interaction laser plasma, physique des plasmas chauds et denses, fusion par confinement inertiel, astrophysique en laboratoire.*
- *Interaction laser-matériaux, écriture directe en surface et en volume par laser en régime pico et femtoseconde, procédés lasers multi-matériaux, spectroscopies laser et plasma*

http://www.celia.u-bordeaux1.fr/

ANNEXES

Le Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives (CEA)

Le Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives (CEA) est un organisme public de recherche qui intervient dans quatre domaines : la défense et la sécurité, les énergies bas carbone (nucléaire et renouvelables), la recherche technologique pour l'industrie et la recherche fondamentale. S'appuyant sur une capacité d'expertise reconnue, le CEA participe à la mise en place de projets de collaboration avec de nombreux partenaires académiques et industriels. Fort de ses 16 000 chercheurs et collaborateurs, il est un acteur majeur de l'espace européen de la recherche et exerce une présence croissante à l'international. Le CEA a été identifié en 2017 par Thomson-Reuters/Clarivate comme l'organisme de recherche public le plus innovant en Europe.

En savoir plus : www.cea.fr

La Direction des applications militaires du CEA

La Direction des applications militaires du CEA (la DAM) conduit les programmes de Défense, principalement les armes nucléaires, les chaufferies nucléaires des sous-marins et du porte-avions Charles de Gaulle et participe à la lutte contre la prolifération. Après l'arrêt définitif des essais nucléaires en 1996, la garantie des armes nucléaires en sûreté et performance s'appuie sur le programme Simulation. La DAM met au point les codes de calcul reproduisant la complexité du fonctionnement des armes par une modélisation physique très poussée, développe en co-design avec Atos/Bull les supercalculateurs permettant de mettre en œuvre les calculs, et valide ces résultats numériques sur de grandes installations expérimentales de physique dont le laser Megajoule. Le défi du passage à la simulation, matérialisé par le renouvellement des têtes nucléaires, a été relevé avec succès.

En savoir plus : www-dam.cea.fr

Le centre CEA Cesta

Le Centre d'études scientifiques et techniques d'Aquitaine (Cesta) du CEA rassemble plus de 1000 salariés sur 700 hectares au sud de la Gironde. Le Cesta est en charge de la conception d'ensemble des têtes nucléaires de la force de dissuasion française. Il apporte également la démonstration de leurs performances opérationnelles dans une démarche duale essais/modélisation mettant en œuvre un important parc de moyens d'essais. Le Cesta héberge l'installation laser LMJ/PETAL, la plus grande d'Europe et une des plus grandes du monde, où des faisceaux laser énergétiques permettent de mettre en condition et d'étudier la matière jusqu'aux conditions extrêmes que l'on retrouve lors du fonctionnement des armes nucléaires ou au cœur des étoiles.

La Nouvelle Aquitaine, partenaire-clé et écosystème de pointe

La stratégie du Conseil régional de Nouvelle-Aquitaine

Sous l'impulsion de son président Alain Rousset, la Région Nouvelle-Aquitaine a assuré la maîtrise d'ouvrage du laser PETAL (dont il conserve la propriété) à hauteur de 54,3 M€, avec le soutien de l'Etat et de l'Union européenne. L'objectif était de soutenir les recherches fondamentales exploitant ces lasers uniques mais également les développements technologiques menés pour concevoir et réaliser ces lasers exceptionnels. En effet, ces développements garantissent aux industriels une différenciation technologique à l'échelle internationale. Ainsi, depuis le lancement du projet PETAL, l'ensemble de l'écosystème régional est engagé dans la course technologique à la cadence et à l'énergie transportée par ces lasers. Les premiers marchés visés concernent :

- les procédés lasers pour les matériaux (aéronautique, automobile, ferroviaire) pour usiner, traiter et contrôler les surfaces ;
- la production d'ions et d'isotopes pour des applications médicales (imagerie X, curiethérapie et à plus long terme protonthérapie).

Ce soutien au projet PETAL s'intègre plus globalement dans une politique régionale de déploiement d'une filière industrielle née il y a une vingtaine d'années. Le Conseil régional de Nouvelle-Aquitaine avait alors fait le pari d'élever son territoire au plus haut niveau européen en développant un écosystème scientifique, technologique et industriel complet, permettant à la France de rester compétitive dans un domaine concurrentiel au niveau international.

Depuis 1998, la Région Nouvelle-Aquitaine a ainsi soutenu la création de plusieurs instituts et centres de recherche, favorisé des regroupements de laboratoires, mis en place des structures de transfert…pour un montant s'élevant à plus de 140 millions d'euros. Parmi les opérations structurantes nous citerons :

- la SEML Route des lasers, une société d'économie mixte locale gérant 4 parcs immobiliers (Laseris 1 & 2, Cité de la photonique, ancien site de Thalès à Pessac-Bersol), soit 66 hectares de terrain, >43 000 m² de locaux, hébergeant à ce jour 63 entreprises représentant environ 650 emplois directs ;
- le Pôle de compétitivité Route des lasers et des hyperfréquences, fédérant 253 adhérents dont 200 entreprises du secteur ;
- Inpho' Venture Summit, convention d'affaires unique en Europe, dont la 6ème édition se tiendra les 11 er 12 octobre 2018 à Bordeaux ;
- ALPhANOV, le centre régional d'intégration et d'industrialisation des technologies et procédés laser ;
- PyLA, plateformes de formation continue aux métiers de la photonique ;
- l'Institut d'Optique d'Aquitaine (IOA), bâtiment de 17.800 m2 situé sur le campus de l'Université de Bordeaux (Talence), hébergeant l'IOgs (Institut d'optique), ALPhANOV et PyLA.

Ces opérations ont constitué un socle, unique en France, de compétences et de moyens en termes de formation, de recherche, de transfert de technologies et de support à ces entreprises hautement technologiques.

La volonté régionale est aujourd'hui d'impulser des projets technologiques ciblés (marchés aéronautique et santé), ambitieux (saut technologique vers les lasers haute cadence et haute puissance moyenne) et diffusants (briques technologiques transposables à différentes applications), pour permettre aux acteurs académiques et industriels régionaux d'accroître leur compétitivité et donc de favoriser la croissance extérieure de nos entreprises.

La photonique une technologie Clé du XXIème siècle

La photonique est reconnue comme une technologie clé du XXIème siècle par l'Europe et la France, intégrée au coeur des produits complexes innovants. Indéniablement, la photonique sera au cœur des innovations de demain. Celle-ci diffuse à grande vitesse dans les développements de technologies d'objets d'usage courant, CD, smart phones, GPS, robots domestiques…, et devient un véritable pivot de l'innovation dans de nouveaux grands secteurs industriels comme la santé, les énergies renouvelables, le bâtiment durable, l'aéronautique, le spatial, les transports. Elle répond aux demandes sociétales et environnementales de premier rang telles que :

- les énergies renouvelables / développement durable (photovoltaïque, photothermique, fusion par confinement inertiel, éclairage LED / OLED, ….) ;
- le vieillissement de la population et l'amélioration des techniques de santé (diagnostics performants, systèmes d'imagerie à très haute résolution, thérapie laser, capteurs, mise en forme / réalisation de biomatériaux, …) ;
- l'accroissement de la performance industrielle pour la génération de richesses et d'emplois par la mise au point de systèmes complexes à cœur optique (capteurs ultra-sensibles, systèmes complexes à base d'optiques / lasers, métrologie laser, vision…) et un gain de compétitivité.

La dynamique régionale industrielle

Ce caractère transverse et très diffusant de la photonique conduit à une évaluation très difficile des marchés qui lui sont liés. Cependant, les estimations menées au niveau mondial montrent que les perspectives de développement des secteurs applicatifs sont en expansion.

La croissance annuelle du marché mondial de la photonique atteint 10 % en moyenne, faisant de ce secteur l'un des plus dynamiques. D'autre part, l'effet de levier généré par le développement des activités photoniques devrait à court ou moyen terme engendrer la création de 40.000 emplois industriels en Europe.

Au total, depuis l'engagement de la dynamique "Route des Lasers™" au début des années 2 000, la Nouvelle-Aquitaine a accueilli 42 nouvelles entreprises et créé 88 start-ups, plus de 2 400 emplois directs - hautement qualifiés - et plus de 10 000 emplois induits.

- Les PME innovantes opérant dans les technologies de pointe : Amplitude Systèmes, i2s, Eolite Lasers, Poietis, Azur Light Systems, Leukos, Novae, GLOphtonics, ISP, Muquans…) :
- De grandes entreprises leaders (Thalès, Cilas, Quantel, SEIV, Nexeya Systems, Photonis, EADS Astrium, Agfa Healthcare...).

http://www.alpha-rlh.com/fr





CONTACT PRESSE

Nicolas Tilly
presse@cea.fr
Tél. : 01 64 50 20 11

www.cea.fr
@CEA_Recherche