



Dans la salle de conduite de la LIL, Laurent Chauvel demande l'évacuation du hall laser des personnels non habilités aux risques laser, afin que les opérations d'alignement puissent débuter

## Travailler sur des lasers

PAR MARION CHAMPION

En mai 1960, le laser faisait sa première apparition, dans un laboratoire américain. Conçu, au départ, pour et par la recherche fondamentale, cet instrument s'est très vite répandu à toutes les communautés scientifiques... et au sein même de notre société.

**L** est aujourd'hui devenu omniprésent dans notre vie quotidienne : lecteurs CD, DVD, scanners pour code-barres, fibres optiques, soudure, scalpel pour la chirurgie... De l'usine au bloc opératoire, le marché mondial du laser pèserait aujourd'hui quelque 6 milliards de dollars. Très vite, le CEA a lui aussi été associé à l'histoire des lasers. Dès la fin des années 1960, les premières

manip' laser sont réalisées dans les centres de la Direction des applications militaires et dans les centres de la Direction des sciences de la matière à Saclay. Depuis, les chercheurs les utilisent au quotidien pour mesurer, exciter, analyser, aligner, percer, souder, découper... Et ils développent également de nouveaux lasers pour des usages toujours plus spécifiques. 

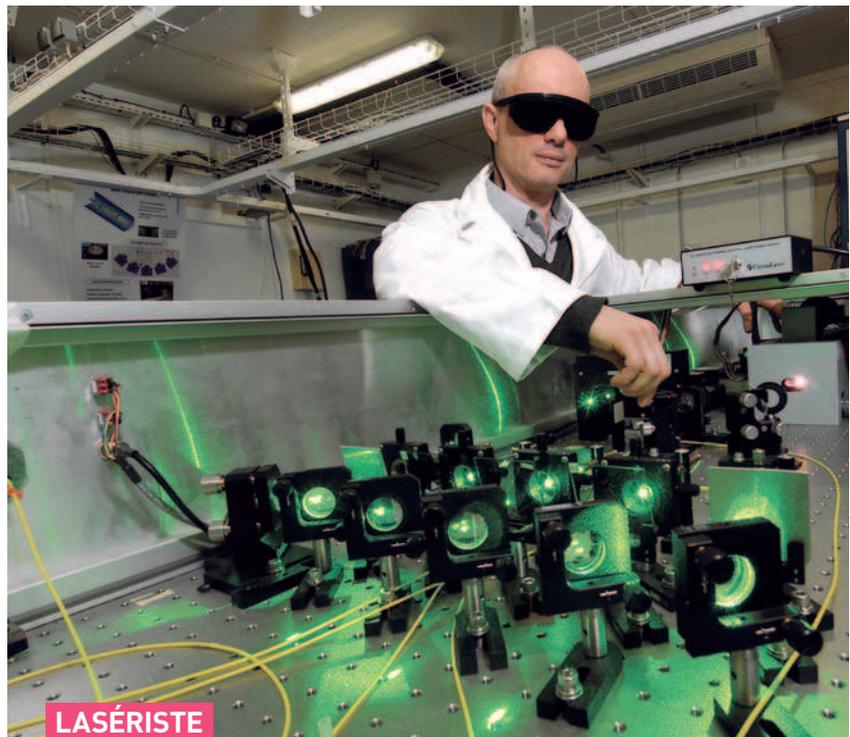
### III► Un équipement de recherche devenu incontournable

Aujourd'hui, nombreux sont les laboratoires du CEA équipés de lasers, « un équipement de recherche devenu incontournable », constate Pascal d'Oliveira, responsable de la plateforme Slic (Saclay laser matter interaction center), à Saclay. Que l'on travaille sur des lasers de puissance, comme la Ligne d'intégration laser (LIL) ou le futur Laser MégaJoule (LMJ), pour étudier la fusion dans le cadre du programme Simulation ; sur des lasers femtosecondes développés en recherche fondamentale pour explorer la matière ; sur des micro-lasers développés pour les télécommunications ; dans les sciences du vivant, où certains sont utilisés pour trier les cellules ; dans l'énergie nucléaire, où ils peuvent être utilisés pour déterminer la composition des surfaces lors des opérations de démantèlement... Les lasers sont partout !

« À la Direction des sciences de la matière, reprend Pascal d'Oliveira, nous sommes surtout spécialisés

dans les lasers à impulsions très courtes et intenses. Ils permettent d'étudier les phénomènes ultrarapides, comme certaines réactions chimiques, ainsi que l'interaction laser-matière sous fort éclairage lumineux. C'est d'ailleurs de la rencontre de spécialistes de ces deux domaines qu'est né le parc laser : la plateforme Slic. Constituée de trois installations laser, Slic fournit près de 1 000 jours de faisceaux par an à des chercheurs du CEA et d'organismes français et européens. Cette fonction d'accueil est l'une de nos deux missions ici, au Slic. L'autre ? C'est la partie développement. Car nos lasers sont basés sur une technologie de pointe en constante évolution. Améliorer continuellement leurs performances est indispensable pour maintenir leur compétitivité. » Au Cesta près de Bordeaux, le Département des lasers de puissance regroupe environ 250 spécialistes dont la moitié s'occupe du laser Alisé et de la LIL, et l'autre travaille déjà sur le futur LMJ, qui sera en service fin 2014, beaucoup de métiers gravitent autour des lasers. Il y a ceux qui

« Les lasers ? Pour nous, c'est un outil dont nous nous servons pour réaliser des mesures. » Michel d'Aloisio est lasériste au Polygone d'expérimentation de Moronvilliers (PEM). Situé à quelques kilomètres de Reims, le PEM est rattaché au centre DAM Île-de-France à Bruyères-le-Châtel. C'est ici que sont réalisées les expérimentations pyrotechniques qui servent à valider les codes numériques du programme Simulation. « Chaque année, nous effectuons une centaine de tirs, répartis sur trois zones, pour étudier la phase non nucléaire des armes. Grâce aux lasers, nous sommes capables de mesurer la vitesse des matériaux volant à plusieurs milliers de mètres par seconde. C'est la technique dite de vélocimétrie. » Comment ? En utilisant par exemple des oscilloscopes reliés aux lasers, où sont enregistrés les signaux. Le faisceau du laser est ainsi injecté dans des fibres optiques, sortes de câbles d'un diamètre inférieur à 0,5 millimètre qui sont emmenés jusqu'à l'engin. Au moment du tir, les expérimentateurs, dont Michel d'Aloisio, enregistrent les signaux et les prétraitent, avant d'envoyer leurs résultats aux spécialistes qui les analysent. « L'exercice de mon métier a suivi l'évolution des lasers. Jusqu'à récemment, beaucoup de nos lasers émettaient dans le visible, dans le vert, à une longueur d'onde dangereuse pour l'œil. D'où des procédures de sécurité très lourdes. Mais nous avons récemment acquis un laser beaucoup plus sécurisé qui n'émet pas dans le visible : le risque est donc minimisé. Je suis arrivé à Moronvilliers en 2001,



LASÉRISTE

“ Des lasers pour réaliser des mesures ”

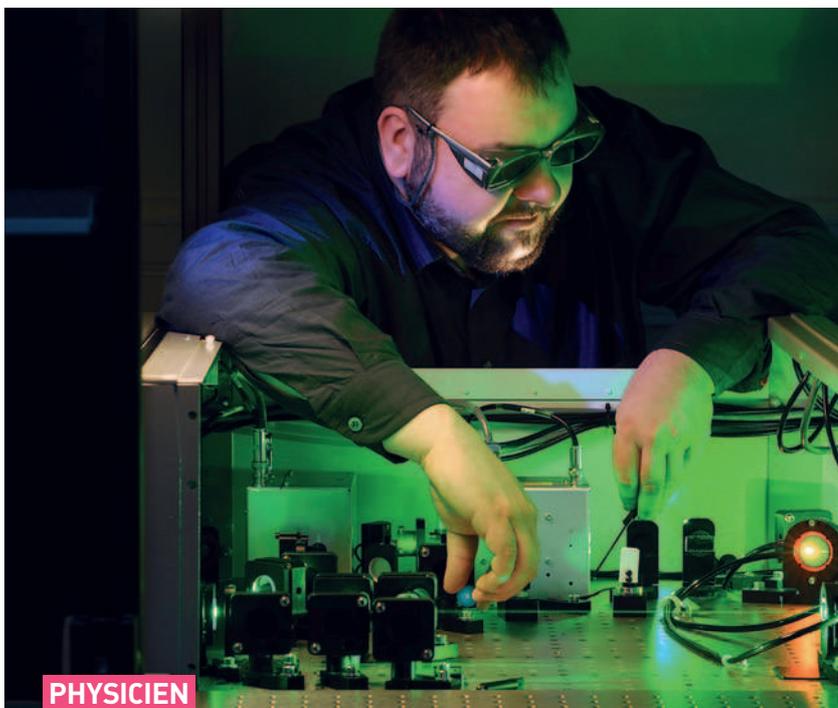
MICHEL D'ALOISIO règle un miroir d'injection fibre

après avoir travaillé sur les lasers à Saclay dans le cadre du projet Silva, pendant quatre ans. C'est ma spécialité de lasériste qui m'a amené ici. Et, au fil du temps, j'ai appris à maîtriser les autres techniques nécessaires aux expérimentations pyrotechniques : le traitement et la gestion des signaux, la chronométrie, la mécanique pour l'assemblage

de l'engin... » Au total, ils sont près d'une dizaine d'opérateurs à s'occuper des différents équipements de mesure lors d'un tir. Chacun a sa spécialité, mais tous maîtrisent l'ensemble des équipements. « Il faut juste acquérir les réflexes et savoirs, dans un premier temps, écouter les anciens qui ont l'expérience. »

**A**dapter le laser pour répondre aux besoins des utilisateurs. C'est l'un des défis auquel le physicien Jean-François Hergott s'est attaqué. Au sein du CEA, il fait partie de l'équipe Slic, qui partage son temps entre la fourniture de faisceaux pour les utilisateurs et la recherche et développement sur les lasers. « Cette dernière représente aujourd'hui la part la plus importante de mon travail. Au départ, tout est parti d'une équipe de physiciens qui avaient besoin d'impulsions plus courtes que d'habitude pour sonder la matière encore plus finement. Or, plus les impulsions sont courtes et plus le contrôle du champ laser doit être précis. Nous avons donc mis au point un diagnostic permettant de mesurer son évolution d'un tir à l'autre afin de pouvoir le contrôler précisément. »

Cette thématique a suscité l'intérêt de la société Amplitude Technologies, l'un des leaders mondiaux pour le développement, la fabrication et la commercialisation des lasers ultrabrefs et de forte puissance. « Nous avons donc amorcé une collaboration avec Amplitude Technologies pour développer ce système commercialement. Cela a abouti à la création d'un laboratoire commun, baptisé Impulse. Nous y développons de nouveaux concepts, ainsi que des techniques et des appareils de diagnostic innovants dans le domaine des lasers femto-secondes intenses. Mes travaux, au sein de ce laboratoire, me donnent accès à tous les aspects de la recherche, c'est-à-dire : travailler dans la recherche fondamentale, tout en ayant un lien direct avec l'industriel. Et ce, avec tout ce que cela englobe : les retours d'expériences, les



**PHYSICIEN**

“ Contrôler les impulsions ultracourtes ”

JEAN-FRANÇOIS HERGOTT règle le premier étage amplificateur du laser stabilisé

délais à tenir... Cela a nécessité d'adapter notre façon de travailler. » Comme Jean-François Hergott, la plupart des chercheurs qui travaillent à l'optimisation des lasers sont ou ont été des utilisateurs. « Ainsi, nous sommes plus proches des besoins des utilisateurs. La seule difficulté de cette double casquette chercheur-exploitant, c'est de devoir passer rapidement de l'une à l'autre. Il peut m'arriver d'interrompre mon activité de développement en plein milieu d'un raisonnement

pour assurer mon rôle d'exploitant de la chaîne laser si un utilisateur a un souci avec le faisceau qu'on lui a délivré. »

**Jean-François Hergott, physicien**

Bac S - Math Sup - parcours universitaire jusqu'à la maîtrise de Physique à l'Université Louis Pasteur - DEA Lasers et matière et Doctorat en physique, à l'Université Paris XI

les conçoivent, ceux qui réalisent les optiques et la métrologie associée, ceux qui s'occupent de modélisations numériques, ceux qui assemblent les cibles laser, ceux qui exploitent les installations, de la mise en marche à la maintenance, et ceux qui les utilisent... Ils sont laséristes, opticiens, physiciens, responsables de conduite d'installation, spécialistes des mesures physiques ou des diagnostics, électroniciens, optomécaniciens et spécialistes de la sécurité. Ces derniers interviennent dès lors qu'un laser est utilisé dans un laboratoire. Car le laser est un outil à manipuler avec précaution. Il peut être dangereux pour les yeux ou la peau suivant la puissance émise. C'est pourquoi la sécurité laser obéit à des normes européennes et à des contraintes sévères, comme le port de lunettes spécifiques qui arrêtent le rayonnement du laser.

« En termes de recherche scientifique, les lasers ont ouvert de nouveaux domaines, comme la physique attoseconde et l'accélération de particules par laser,

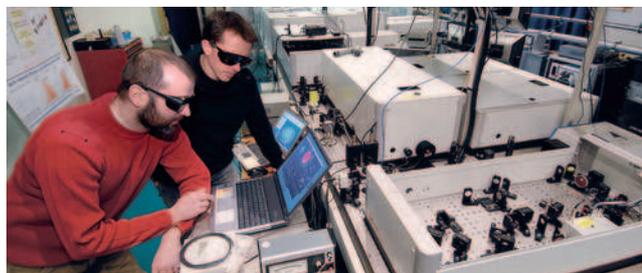
reprend Pascal d'Oliveira. C'est un domaine de recherche dynamique où la compétition internationale est très vive. Nous sommes toujours en quête de puissances plus élevées, d'impulsions plus brèves et de nouveaux appareils de diagnostic. Nombre de ces recherches se font en collaboration avec des industriels ou d'autres équipes. » ■

### Un laser...

... est un appareil émettant une lumière amplifiée, très directionnelle et de longueur d'onde strictement identique, c'est-à-dire qu'elle est monochromatique. Le terme « laser » provient de l'acronyme anglo-américain « light activation by stimulated emission of radiation ». Si le principe fondamental du laser a été découvert par Einstein en 1917, il a fallu près de cinquante ans pour que le premier faisceau laser soit généré. Ainsi, le premier flash de lumière laser rouge a été produit avec un cristal solide de rubis le 16 mai 1960 à Malibu, en Californie.

**S**ur la plateforme Slic, Olivier Tcherbakoff, physicien lasériste, s'apprête à mettre en chauffe le laser dont il s'occupe : le laser UHI (Ultra haute intensité). « Chaque matin, nous nous occupons du démarrage et du maintien en fonctionnement du laser pour fournir aux utilisateurs un faisceau de qualité. » C'est donc équipé de ses lunettes sécurisées qu'Olivier Tcherbakoff pénètre dans la salle laser, au rez-de-chaussée du bâtiment, pour aligner la chaîne laser et régler ses différents paramètres comme son énergie ou sa durée d'impulsion... Le faisceau laser est ensuite conduit via un cheminement

d'optiques jusqu'à la salle d'expérience, au sous-sol, pour finir sa course dans une chambre sous vide, au sein de laquelle les utilisateurs effectuent leur expérience. Fabien Quéré, physicien, est l'un de ces utilisateurs : « Olivier me passe progressivement le relais du faisceau et vient parfois vérifier si tout fonctionne normalement, par exemple si le faisceau ne s'est pas dégradé... Avec ce laser, j'ai la possibilité de réaliser des expériences sur l'interaction laser-matière à très haute intensité. Ces équipements sont un peu comparables à des accélérateurs de particules, tels que le LHC du Cern à Genève,



### LASÉRISTE ET UTILISATEUR

“Fournir un faisceau de qualité”

Dans la salle d'expérience, OLIVIER TCHERBAKOFF et FABIEN QUÉRÉ règlent les réseaux optiques situés en fin de chaîne laser UHI 100

mais fortement miniaturisés ! Il est déjà possible d'utiliser ces lasers pour produire des faisceaux d'électrons similaires à ceux fournis par les accélérateurs conventionnels, mais avec une distance d'accélération 100 fois plus courte, de quelques mètres seulement... » Les physiciens étudient également l'accélération de protons avec des lasers. Leur objectif ? Obtenir des sources de protons énergétiques compactes qui pourraient peut-être remplacer les sources utilisées aujourd'hui dans les hôpitaux pour la protonthérapie des

tumeurs cancéreuses. « Les lasers sont des équipements qui évoluent et s'améliorent tout le temps, reprend Olivier Tcherbakoff. Lors de mes premières manipulations, je me souviens que les commandes du laser étaient concentrées sur un pupitre. Aujourd'hui, tout est informatisé et passe par un écran de contrôle. Cette course aux performances constitue d'ailleurs la deuxième mission que l'on nous a confiée ici : celle d'optimiser nos lasers pour nous permettre de rester à la pointe de la technologie. »

#### Olivier Tcherbakoff, physicien lasériste

Bac S - DUT mesures physiques, option techniques instrumentales à l'IUT de Talence - diplôme d'ingénieur en optronique à l'ENSSAT/Université de Rennes - DEA lasers et matière dense à l'Université de Bordeaux - Doctorat en physique option laser et matière dense à l'Université de Bordeaux

#### Fabien Quéré, physicien

Bac S - Classes préparatoires Math sup et Math spé M' - Diplômé de l'École des Mines de Nancy, Spécialisations Energie - génie des procédés, Sciences des matériaux - DEA de Sciences des matériaux de l'Université Paris XI, Section : propriétés physiques des matériaux - Doctorat de Physique de l'Université Paris VI

**A**u milieu d'une forêt de pins, à une trentaine de kilomètres au sud de Bordeaux, se dresse un bâtiment long de 150 mètres. À l'intérieur, le prototype à échelle 1 d'une des chaînes laser du futur LMJ (laser Mégajoule), face à la LIL (Ligne d'intégration laser), le plus puissant laser d'Europe en termes d'énergie délivrée. Développée et mise au point pour valider les choix technologiques du LMJ et pour étudier la physique des armes dans le cadre du programme Simulation, la LIL est également ouverte à d'autres expériences, comme celles d'astrophysiques. Ici, environ 100 personnes travaillent au bon

Parmi elles : des responsables de conduite d'installation, dont Laurent Chauvel. « À la LIL, nous effectuons un tir par jour et cela nécessite près de huit heures de réglages. Il s'agit de guider les faisceaux laser sur un parcours de plusieurs centaines de mètres. Au moment du tir, ils sont amplifiés et focalisés sur une cible positionnée au milieu de la chambre d'expérience, une sphère en aluminium sous vide de plus de quatre mètres de diamètre. Autour de la cible, nous avons préalablement configuré et aligné les instruments de diagnostic qui permettront d'analyser l'interaction du laser avec le plasma de la



### RESPONSABLE DE CONDUITE D'INSTALLATION

“Coordonner les opérateurs”

Dans le hall d'expérience, LAURENT CHAUVEL fait le point avec MARTINE PALLET, technicienne de conduite d'installation, qui aligne un microscope sur une caméra à balayage de fente

cible. L'équipe de conduite est constituée d'une dizaine d'opérateurs. Chacun est chargé d'une partie du procédé : le pilote, la synchronisation, les diagnostics, le vide... Et mon rôle est de coordonner les différentes opérations à effectuer pendant la phase de réglages et la phase de tir en garantissant la sécurité des opérateurs intervenant dans les halls. Il y a beaucoup de composantes

différentes dans mon travail. Ce n'est pas un métier qui s'improvise. Au départ, lorsque je suis arrivé au CEA en 1998, j'étais chef de tir sur le laser Phébus de Limeil et je suis devenu responsable de conduite d'installation sur la LIL en 2007. J'ai d'abord suivi une formation de six mois pour connaître l'installation puis j'y ai travaillé en compagnonnage avec un autre responsable. »

#### Laurent Chauvel, responsable de conduite d'exploitation

Bac S - Diplôme d'ingénieur à l'Institut national des sciences appliquées - INSA - de Rennes, option Physique

#### Martine Pallet, technicienne de conduite d'exploitation

Bac F5 - DUT Mesures physiques Option Techniques instrumentales à l'IUT de Limoges