



COMMUNIQUÉ DE PRESSE NATIONAL | PARIS | 1 SEPTEMBRE 2017

European XFEL : un laser à électrons libres nouvelle génération pour l'Europe

Plus puissant et plus rapide, le laser à électrons libres¹ European XFEL est inauguré le 1er septembre 2017, près de Hambourg en Allemagne. En produisant des flashes de rayons X ultra-lumineux (mille milliards de photons par flash), deux cent fois plus nombreux par seconde que les meilleurs lasers à électrons libres existants, ce laser européen nouvelle génération permettra aux scientifiques de cartographier les détails atomiques des virus, de déchiffrer la composition moléculaire des cellules, de réaliser des images tridimensionnelles du nanomonde ou encore de filmer des réactions chimiques. Onze pays ont participé à sa construction, pour un budget total de 1,2 milliard d'euros. En France, le CEA et le CNRS ont joué un rôle de premier plan dans la conception et la construction de l'accélérateur supraconducteur à électrons, au cœur de cette nouvelle infrastructure de recherche internationale.

Depuis les années 70, le développement des accélérateurs de particules a permis la production de rayons X notamment grâce au rayonnement synchrotron. Cette technologie, qui est utilisée pour l'analyse structurale des matériaux, a été affinée avec la construction d'infrastructures de recherche dédiées, comme par exemple, en France, l'ESRF (Grenoble) et Soleil (Saclay). Les lasers à électrons libres permettent maintenant de s'intéresser à de nouveaux phénomènes en produisant une lumière quasiment 100 % cohérente², faite de flashes ultra-lumineux (10^{12} photons par flash) et ultra-courts (de l'ordre d'une femto-seconde³). Pour la production de rayons X, European XFEL, basé en Allemagne près de Hambourg, utilise un accélérateur supraconducteur à électrons permettant d'obtenir un nombre de flashes deux cent fois plus grand par seconde que les meilleurs lasers à électrons libres existants. Il permettra de produire 27 000 flashes ultra-lumineux par seconde avec une cohérence de l'ordre de 100 % de la longueur d'onde produite. Avec sa longueur de 3,4 km, il sera également le plus grand du monde dans sa catégorie.

L'accélérateur d'électrons de European XFEL est unique dans le paysage des sources de lumière : il est le seul à utiliser la supraconductivité. Sa construction a été prise en charge par un consortium d'instituts européens basés principalement en Allemagne, en Russie, en France, en Italie, en Espagne, en Pologne

¹ Un laser à électrons libres (en anglais : Free Electron Laser ou FEL) utilise des électrons qui ne sont pas liés à un atome pour créer des photons. La lumière produite est à la fois cohérente, intense et peut avoir une longueur d'onde située dans une large gamme : micro-ondes, rayons X, ultra-violet, domaine visible ou infrarouge. Ici, le nouveau laser européen permettra de produire des rayons X.

² Plus une lumière est cohérente, mieux elle nous informe sur l'organisation de la matière, d'où l'importance d'avoir une lumière la plus cohérente possible.

³ 1 femto-seconde = 1 milliardième de milliardième de seconde = 10^{-15} seconde



www.cnrs.fr



et en Suisse. En France, au-delà des futurs projets qui seront menés par des chercheurs coordonnés par le CNRS, le Laboratoire de l'accélérateur linéaire (CNRS/Université Paris-Sud) a plus particulièrement été chargé du suivi de la production et du conditionnement de tous les coupleurs de puissance⁴, composants essentiels des accélérateurs linéaires de particules. Ce travail a nécessité un transfert de savoir-faire de certaines étapes de la préparation des coupleurs vers les industriels, ainsi qu'une collaboration étroite avec ces derniers pour garantir la qualité requise du produit fini. Une infrastructure adaptée à la production de masse des coupleurs, unique au monde, a été installée au laboratoire permettant d'atteindre une cadence de conditionnement de 8 à 10 coupleurs par semaine. Les coupleurs conditionnés ont été ensuite envoyés à l'Institut de recherche sur les lois fondamentales de l'univers du CEA (Paris-Saclay) pour être assemblés dans 103 « cryomodules ». Pour ce travail d'intégration dont il avait la charge, le CEA a accompli un transfert industriel de son savoir-faire vers la société Alsyom, formalisé en juillet 2012, et s'est doté d'une infrastructure dédiée à Saclay, ce qui a permis d'atteindre une cadence d'assemblage d'un cryomodule tous les quatre jours, tout en maintenant les performances techniques exigées. Après 8 ans d'efforts, l'analyse des performances des coupleurs et cryomodules, réalisée par le laboratoire pilote basé en Allemagne (le DESY), confirme un savoir-faire unique au monde des scientifiques français.

European XFEL, dont la première lumière laser a été produite en mai 2017, est aujourd'hui capable de produire une lumière avec une intensité suffisante pour caractériser, avec une seule impulsion, des structures à l'échelle nanométrique, voire atomique. La durée de ces impulsions, de l'ordre de la femto-seconde, ainsi que la cohérence de la lumière produite permettront de suivre en temps réel des processus fondamentaux comme la dynamique des structures biologiques, le fonctionnement de nano-objets et de nombreuses réactions chimiques. Sa brillance⁵ exceptionnelle permettra par ailleurs de préparer et étudier des états excités de la matière comme on les trouve, par exemple, à l'intérieur des planètes.

⁴ 850 coupleurs de puissance au total, 700 produits par le consortium européen Thalès-RI et 150 par l'entreprise américaine CPI.

⁵ Nombre de photons émis par unité de temps, de bande passante, de taille et de divergence.



www.cnrs.fr



En savoir plus :

Sur XFEL et son consortium : <https://www.xfel.eu/>

Sur le montage des coupleurs de puissances : <http://irfu.cea.fr/Phoce/Video/index.php?id=296>



Visite virtuelle de la salle XFEL au LAL (CNRS/Université Paris-Sud).

En savoir plus : <http://www.visites-virtuelles.u-psud.fr/?s=pano42&s=pano21750&h=-26&v=0&f=90> © Université Paris-Sud



Montage des systèmes de pompage en salle blanche à la réception des coupleurs au LAL (CNRS/Université Paris-Sud) © DESY/ILC, photographer: Heiner Müller-Elsner



Montage du système de distribution d'hélium cryogénique sur un train de cavités de XFEL © Dumas/CEA



Assemblage des cavités accélératrices en salle blanche. © Dumas/CEA

D'autres photos sont disponibles sur : <https://media.xfel.eu/XFELmediabank/?l=en&c=16055>



www.cnrs.fr



Contacts

Contacts chercheurs :

Sur la construction :

Chercheur CNRS | Walid Kaabi | kaabi@lal.in2p3.fr

Chercheur CNRS | Jean-Luc Biarrotte | jlbiarrotte@admin.in2p3.fr

Chercheur CEA | Olivier Napoly | olivier.napoly@cea.fr

Chercheur CEA | Pierre Védrine - | pierre.vedrine@cea.fr

Sur les applications :

Chercheur CNRS | Emmanuelle Lacaze | Emmanuelle.LACAZE@cnrs-dir.fr

Presse CNRS | Alexiane Agullo | T +33 (0)1 44 96 43 90 | alexiane.agullo@cnrs-dir.fr