

Tokyo, le 10 mars 2016

Note

Objet : Installations et projets notables concernant les lasers de puissance au Japon.

Les lasers de haute puissance offrent un accès à de nombreux domaines des sciences et technologies des hautes densités d'énergie utilisant du plasma, notamment la science des matériaux en conditions extrêmes, l'accélération de particules, l'astrophysique de laboratoire, l'optique en vide quantique ou la fusion nucléaire. La recherche sur les lasers est donc très dynamique au Japon, qui cherche à innover sur de nouvelles techniques et à améliorer les performances de celles existantes. A titre d'exemple, en juillet 2015, l'université d'Osaka a pour la première fois au monde effectué un tir de laser d'une puissance de 2 petawatt, mais il existe d'autres infrastructures laser de très haute puissance dans le pays.

Le Japon possède plusieurs pôles de technologie majeurs sur les gros lasers.

- Le **SPRING-8 Angstrom Compact Free Electron Laser** (SACLA) est un laser X à électrons libres (X-FEL). Il est rattaché au SPRING-8 (*Super Photon Ring – 8 GeV*), situé dans la préfecture de Hyogo, un synchrotron administré par l'*Institute of Physical and Chemical Research* (RIKEN). Au-delà des applications physiques citées précédemment, la lumière qu'il est capable d'émettre (des rayons X d'une longueur d'onde de l'ordre de l'Angström) peut être utilisée en biologie cellulaire, pour l'analyse structurale de protéines complexes ou encore pour l'étude comportementale de nano-machines biologiques.
- Le **Kansai Photon Science Institute**, dépendant de la *Japan Atomic Energy Agency* (JAEA), possède un centre de recherche près de Kyoto, l'**Advanced Photon Research Center**, doté de nombreuses infrastructures laser majeures ayant des applications variées. Parmi ces infrastructures :
 - le **J-Karen**, un laser d'une puissance de 300 TW et produisant des impulsions de 30 fs d'une énergie de 10 J, sert à l'expérimentation sur la génération d'électrons et d'ions au sein de lasers de haute intensité,
 - le **kHz Titanium sapphire laser** produisant des impulsions de 50 fs d'une énergie de 2 mJ à une fréquence de 1 kHz est utilisé pour le contrôle de réactions chimiques et
 - un **laser à rayons X** (longueur d'onde de 13,9 nm) sert à l'observation de matériaux et à l'irradiation par rayons X à forte luminosité.
- L'**Institute of Laser Engineering** de l'Université d'Osaka, initialement destiné à la recherche sur laser plasma fusion, possède trois installations laser majeures :

- Le **Gekko-XII** peut produire trois à quatre fois par jour des impulsions d'une durée de 0,1 ns à 4 ns, d'une longueur d'onde de 0,35 μm à 1,05 μm et d'une énergie pouvant aller jusqu'à 500 J par impulsion.
- Le laser **EUV Database** peut produire à une fréquence de 10 Hz des impulsions de 0,03 ns à 5 ns, d'une longueur d'onde de 0,27 μm à 1,06 μm et d'une énergie de 1 J à 5 J par impulsion.
- Enfin, le **LFEX¹ Peta-Watt Laser**, à l'origine du tir d'une puissance de 2 petawatt en juillet 2015, est capable de produire trois à quatre fois par jour des impulsions de 1 ps à 20 ps, d'une longueur d'onde de 20 μm à 30 μm , et d'une énergie de 10 kJ par impulsion.

A celles-ci s'ajoute le laser solide pompé par diode **High Average Power Laser for Nuclear Fusion** (HALNA), candidat prometteur à une utilisation en fusion nucléaire, capable de délivrer des impulsions de 10 kJ à une fréquence de 12 Hz et à longueur d'onde de 350 nm.

- A ces pôles majeurs s'ajoutent de nombreux autres lasers de tailles plus modestes mais utilisant tout de même des techniques novatrices. C'est par exemple le cas de l'installation **NewSUBARU** de l'Université de Hyogo qui teste les applications des rayons gamma dans le nucléaire à l'aide d'un laser émettant des impulsions de 8 ns à une longueur d'onde de 0,5 μm à 1 μm à une fréquence de 100 kHz, pour une puissance de 4 W à 5 W. **L'Infrared Free Electron Laser Research Center** de la *Tokyo University of Science* dispose quant à lui d'un laser à électrons libres capable de produire des impulsions de 2 ps à 2 μs , ayant respectivement des énergies de 8 à 25 μJ et de près de 50 mJ, sur une plage de longueurs d'ondes allant de 5 μm à 14 μm .

A noter :

Il n'existe pas au niveau ministériel d'organisme central chargé de définir une politique globale concernant ces équipements comme le fait le Haut Conseil des Très Grandes Infrastructures de Recherche en France, chaque institution décide donc de la politique d'utilisation de ses infrastructures.

De nombreux projets d'envergure visent à améliorer la compétitivité du Japon dans le domaine.

- Le projet **Laser Electron Photon Experiment** (LEPS) produit des faisceaux de photons ayant une énergie de l'ordre du GeV (maximum 2,4 GeV) par diffusion de Compton inverse de photons issus de lasers ultraviolets par des électrons circulant dans l'anneau du synchrotron SPring-8. Ces faisceaux sont utilisés dans le cadre d'expériences de physique des particules. Le projet LEPS a donné ses premiers résultats en 1999 et s'est vu ajouter une seconde unité qui produit des faisceaux plus énergétiques (jusqu'à 2,9 GeV) depuis 2013.
- Le projet **High Energy density Revolution of Matter in Extreme States** (HERMES), porté par l'Université d'Osaka et utilisant le SACLA du RIKEN, vise à créer de hautes pressions (de l'ordre de la centaine de GPa au TPa) dans la matière solide à l'aide de laser haute puissance. L'objectif à long terme est de créer des états inédits de la matière sous vide quantique permettant d'observer la diffusion de la lumière.

¹ *Laser for Fast Ignition Experiments*

- Le projet ***Laser Acceleration Platform as a Coordinated Innovative Anchor*** (LAPLACIAN), collaboration entre l'Université d'Osaka, le RIKEN, la JAEA, la *High Energy Accelerator Research Organization* (KEK, située à Tsukuba) et d'autres universités japonaises, a pour objectif de réaliser un accélérateur laser-plasma à l'échelle du GeV, destiné aux sources lumineuses de rayons X de type laser à électrons libres (X-FEL) à l'échelle laboratoire.
- Il existe également un projet nommé ***Asian core program for High energy density science Using intense Laser photons*** (ASHULA), mené entre 2011 et 2016 sous l'égide de la JSPS et visant à promouvoir la collaboration entre le Japon (plus particulièrement l'Université d'Osaka), la Chine, l'Inde et la Corée sur la science des hautes densités d'énergie [ndlr : Il semble que ce projet soit davantage une coopération internationale pour favoriser l'émulation dans la recherche qu'un projet technique ayant un objectif technologique précis].
- Un programme de la *Japan Science and Technology Agency* (JST) nommé ***Impulsing Paradigm Changes through Disruptive Technology*** (ImPACT) a pour objectif à long terme la miniaturisation des équipements lasers. Cela inclut notamment la construction d'un laser X à électrons libres aux performances équivalentes à celles du SACLA (qui mesure 700 mètres de long), mais mesurant seulement une dizaine de mètres.

Document préparé par :

- *Pierre FEUARDANT, Chargé de mission Ingénierie, Energie, Environnement*
- *Sébastien CODINA, Attaché pour la Science et la Technologie, chef du pôle Ingénierie, Energie, Environnement*