



HAL
open science

Trois chercheurs, dont un Français, récompensés pour leurs travaux sur les lasers

Serge Mordon

► **To cite this version:**

Serge Mordon. Trois chercheurs, dont un Français, récompensés pour leurs travaux sur les lasers. Médecine/Sciences, 2019, 35 (2), pp.176-177. 10.1051/medsci/2019008 . hal-02567441

HAL Id: hal-02567441

<https://hal.science/hal-02567441>

Submitted on 7 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Prix Nobel de Physique 2018
Arthur Ashkin, Gérard Mourou et Danna Strickland
Trois chercheurs, dont un Français, récompensés pour leurs travaux
sur les lasers

Serge R. Mordon

OncoThAI, INSERM U1189, Université de Lille, CHU, Lille, France
1, avenue Oscar Lambret 59000 LILLE Cedex France Phone
[*serge.mordon@inserm.fr*](mailto:serge.mordon@inserm.fr)

>Six ans après le physicien Serge Haroche, un autre Français, qui détient aussi la nationalité américaine, reçoit le prix Nobel de physique. Gérard Mourou, né en 1944 à Albertville (France) est professeur émérite à l'École polytechnique (Palaiseau, France) et ancien professeur à l'université du Michigan (Ann Arbor, États-Unis). Il partage la moitié du prix Nobel avec Donna Strickland, de l'université de Waterloo (Ontario, Canada). Née en 1959 à Guelph, au Canada, elle était alors étudiante à l'époque de ces travaux portant sur les lasers. Elle est la troisième femme seulement à être récompensée en physique, après Marie Curie en 1903 et Maria Goeppert-Mayer en 1963. L'autre moitié de cette récompense prestigieuse revient à l'Américain Arthur Ashkin, 96 ans, de l'université Cornell (Ithaca, État de New York, États-Unis). Arthur Ashkin est désormais la personne la plus âgée à avoir été lauréat d'un Prix Nobel, toutes catégories confondues. Ces 3 chercheurs ont un point commun : ils manipulent la lumière et leurs recherches ont abouti à de nouvelles utilisations des lasers en médecine.

Gérard Mourou et Donna Strickland

Gérard Mourou et Donna Strickland ont inventé en 1985 une technique baptisée "Amplification par dérive de fréquence" ("chirped pulse amplification", ou CPA en anglais) pour augmenter considérablement la puissance des lasers. Brièvement, cette technique consiste à modifier, à l'aide d'un système optique, une impulsion ultracourte initiale émise par un laser "classique". Cette impulsion, de l'ordre de la nanoseconde, est étirée puis amplifiée et recompressée. Il est alors possible d'obtenir une impulsion lumineuse ultracourte (de l'ordre de la femtoseconde (10^{-15} seconde) dont la puissance peut atteindre

le pétawatt (10^{15} W). Pour fixer les ordres de grandeur, si, en une seconde, la lumière parcourt une distance équivalente à 7 fois le tour de la Terre, en une femtoseconde, elle n'a pas le temps de traverser l'épaisseur d'un cheveu, et... à peine celle d'un virus. La puissance solaire reçue par la Terre est, quant à elle, de 175 pétawatts.

Les applications de la technique CPA sont très nombreuses : de la fusion contrôlée par confinement inertiel jusqu'à la biophysique en passant par la spectroscopie moléculaire ultrarapide. La plupart des laboratoires académiques comme industriels possèdent en général un laser à impulsions femtosecondes. Ces impulsions sont utilisées pour forer ou trancher dans de nombreux matériaux. En médecine, elles permettent d'inciser avec une précision inégalée les tissus biologiques sans aucun dommage pour les structures tissulaires adjacentes. Aujourd'hui, l'ophtalmologie a recours quotidiennement aux lasers femtosecondes pour la chirurgie réfractive. L'article de Christophe Baudouin, du Centre National d'Ophtalmologie des Quinze-Vingts et de l'institut de la Vision à Paris nous explique en détails les bénéfices apportés par cette évolution technologique dans son domaine¹.

La coupe de l'os requise lors de nombreuses interventions chirurgicales pourrait devenir aussi très bientôt une application très utile de ces lasers². On pourrait aussi en citer de très nombreuses autres, telles que la microscopie à deux photons, une technique d'imagerie par microscopie à fluorescence qui permet une image d'un tissu vivant à une profondeur d'un millimètre.

L'interaction d'une impulsion laser femtoseconde avec une cible solide peut aussi induire une émission intense de rayonnement X dans la gamme de quelques dizaines de kiloélectronvolts (keV, soit mille électronvolts). Ce type de source présente potentiellement plusieurs avantages sur les installations X conventionnelles en termes de performances et de coût. A Bordeaux par exemple, le projet Xpulse vise à développer un système innovant d'imagerie médicale par rayons X obtenus au moyen d'impulsions femtosecondes pour une application dans la détection précoce du cancer du sein. La résolution de ces systèmes, supérieure à la radiographie standard, devrait permettre de détecter des cancers du sein de petite taille à des stades plus précoces³.

¹Baudouin, C. Arthur Ashkin, Gérard Mourou, Donna Strickland, Prix Nobel de Physique 2018: Un Nobel, des applications, M & S, 2019

² Gill RK, Smith ZJ, Lee C, Wachsmann-Hogiu S. The effects of laser repetitionrate on femtosecond laser ablation of dry bone: a thermal and LIBS study. JBiophotonics. 2016 Jan;9(1-2):171-80.

³ <https://www.photoniques.com/actualites/rad/3861-alphanov-au-coeur-du-projet-xpulse>

Arthur Ashkin

L'Américain Arthur Ashkin, chercheur à la retraite des Laboratoires Bell (aux États-Unis) a quant à lui été récompensé pour ses travaux novateurs en optique non-linéaire ayant mené à l'invention des pinces optiques (*optical tweezers*, en anglais). Elles sont utilisées pour la micromanipulation d'atomes dans les condensats de type Bose-Einstein⁴ ou d'éléments biologiques, tels que des cellules vivantes, mais aussi des virus ou des protéines. Arthur Ashkin a en effet réussi à démontrer qu'un laser pouvait exercer une force suffisante (pression de radiation) sur une sphère pour la mettre en mouvement ou la faire se déplacer, comme si on la tenait à l'aide d'une petite pince. Les forces générées par les pinces optiques sont typiquement équivalentes aux forces mises en jeu dans un grand nombre de processus cellulaires (adhérence, mécanique du cytosquelette, motricité, fonctionnement des moteurs moléculaires, etc.)⁵

En 1987, Ashkin a réussi à capturer avec cette technique des bactéries vivantes sans les endommager et en conservant un milieu stérile. Ce nouvel outil est maintenant utilisé quotidiennement par de très nombreux chercheurs, notamment en biologie, car ces pinces s'intègrent facilement dans des systèmes d'imagerie microscopique auxquels elles ajoutent la capacité de manipuler et de contrôler à l'échelle nanométrique les objets observés. Il a ainsi été possible de séparer les brins de la double hélice de l'ADN grâce à l'action d'une force mécanique exercée avec une pince optique. On a pu ainsi déterminer la force avec laquelle sont liées les paires de bases azotées et établir que ces forces variaient selon la séquence de paires de bases.

Un autre grand domaine d'applications concerne l'étude et la fabrication de nano- ou de micromoteurs pour la micro-fluidique. Cette technique, combinée avec l'utilisation de pinces optiques, est à la base des micro-laboratoires (lab-on-a-chip), des laboratoires, utilisant des microtechniques, miniaturisant les méthodes des laboratoires conventionnels.

⁴La condensation de Bose-Einstein a été imaginée par Albert Einstein et le physicien indien Satyendra-nath Bose dès 1924. En refroidissant un nuage d'atomes à une température proche du zéro absolu, un tel condensat, état de la matière qui n'est ni solide ni liquide mais ressemblerait plutôt à un gaz pris en masse, a été produit.

⁵GalaupJP , La Pince Optique, Photoniques, Numéro 66 (Juillet-Août 2013) : 51-55

Références

1. Baudouin C. Arthur Ashkin, Gérard Mourou, Donna Strickland, Prix Nobel de physique 2018: un Nobel, des applications. *Med sci (Paris)* 2019 ; 35: 178-80.
2. Gill RK, Smith Zj, Lee C, Wachsmann-Hogiu S. The effects of laser repetition rate on femtosecond laser ablation of dry bone: a thermal and LIBS study. *J Biophotonics* 2016; 9: 171-80.
3. Galaup JP. La pince optique. *Photoniques* 2013 ; 66: 51-5