



COMMUNIQUÉ DE PRESSE – 27 AOUT 2015

## Accélérer de l'antimatière avec des plasmas

**Pour comprendre les mystères du monde subatomique, les physiciens utilisent les microscopes les plus puissants au monde : les collisionneurs de particules. Mais alors que la capacité de résolution de ces microscopes est poussée toujours plus loin, les méthodes conventionnelles d'accélération atteignent leurs limites. Pour aller au-delà, les accélérateurs plasma, de nouveaux concepts d'accélération basés sur l'utilisation d'un gaz ionisé, ont considérablement progressé. Mais pour transposer ces accélérateurs plasma aux collisionneurs de particules, il faut pouvoir accélérer le positron – l'antiparticule de l'électron – dans un plasma. Une équipe internationale<sup>1</sup> impliquant un chercheur du Laboratoire d'Optique Appliquée (École polytechnique / CNRS / ENSTA ParisTech, Université Paris-Saclay) est parvenue à accélérer des positrons dans un plasma, en excitant une onde de densité de charge de grande amplitude auto-amortie. Ces résultats sont publiés dans la revue *Nature* du 27 août 2015.**

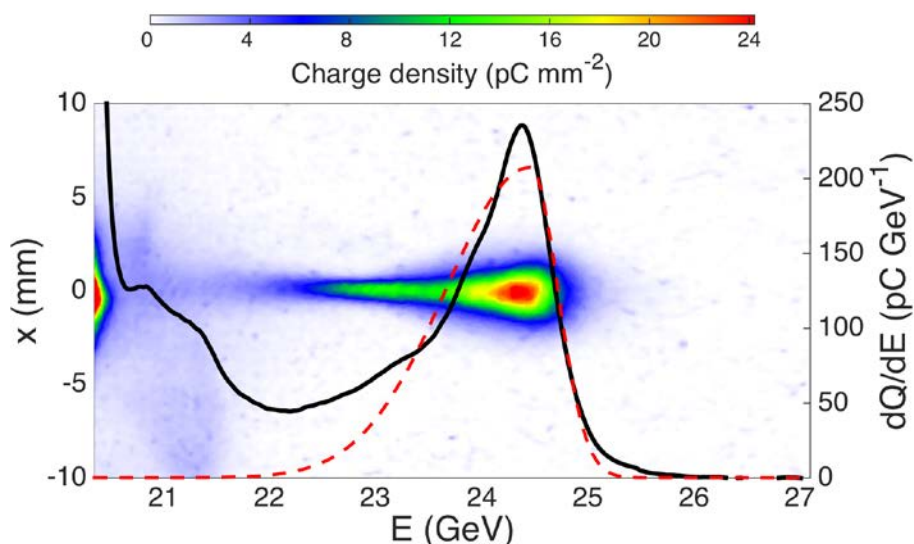
Pour étudier les constituants élémentaires de la matière et les forces de la nature, les physiciens examinent les collisions entre particules. Les collisions électron positron sont particulièrement intéressantes : plus simples à étudier, elles permettent également des mesures beaucoup plus précises. En effet, contrairement aux protons qui sont utilisés pour les collisions du *Large Hadron Collider* (LHC) au CERN, les électrons et les positrons sont des particules élémentaires. Pour appliquer l'accélération plasma à la physique des hautes énergies et aux collisions électron positron, il faut donc être capable d'accélérer à la fois des électrons et des positrons dans des plasmas. Jusqu'ici, les travaux de recherche s'étaient focalisés sur l'accélération d'électrons. Or, les méthodes d'accélération plasma utilisées pour les électrons s'avèrent être inadéquates pour les positrons. Un nouveau mécanisme vient d'être découvert et permet de surmonter ces obstacles. Ces nouveaux types d'accélérateurs pourraient permettre de réduire la taille et le coût des grands collisionneurs de particules et d'atteindre de plus grandes énergies, et ainsi de pousser encore plus loin notre compréhension du monde subatomique.

<sup>1</sup> Cette équipe internationale est composée de chercheurs du SLAC National Accelerator Laboratory (Stanford University, U.S. Department of Energy), de l'Université de Californie Los Angeles (États-Unis), du département de physique de l'Université d'Oslo (Norvège) et de Tsinghua University (Chine) ainsi que du Laboratoire d'Optique Appliquée (UMR École polytechnique / CNRS / ENSTA ParisTech / Université Paris-Saclay).

L'étude, menée par Sébastien Corde, maître de conférences à l'École polytechnique et chercheur au Laboratoire d'Optique Appliquée situé à l'ENSTA ParisTech, dans une collaboration impliquant le *SLAC National Accelerator Laboratory*, l'Université de Californie Los Angeles, l'Université d'Oslo et l'Université de Tsinghua, et réalisée à l'aide de l'installation *Facility for Advanced Accelerator Experimental Tests* (FACET) du SLAC, a permis de mettre en lumière une nouvelle méthode permettant d'accélérer les positrons dans un plasma. Dans le milieu plasma, composé d'ions et d'électrons libres, une onde de densité de charge de grande amplitude est excitée et auto-amortie, et permet d'accélérer des positrons avec des champs électriques très importants et ce, de manière très efficace.

Les physiciens ont utilisé le faisceau de positrons du *Facility for Advanced Accelerator Experimental Tests*, dont l'énergie est de 20,35 GeV. En lui faisant traverser un plasma de lithium de 1,3 mètre de long, le faisceau a évolué vers un état dans lequel sa partie avant excite une onde plasma tout en lui transférant de l'énergie. La partie arrière du faisceau est dans le même temps accélérée. Elle extrait de l'énergie à l'onde, et ce de manière très efficace. Le sillage plasma est dit auto-amorti : l'énergie transmise à l'onde est immédiatement retransmise à la partie arrière du faisceau de positrons.

Dans ce nouveau régime, deux propriétés très importantes apparaissent : d'une part, l'onde est focalisante et guide les positrons pendant leur accélération. Par ailleurs, la forme du champ accélérateur est telle qu'une grande partie des positrons voit le même champ et gagne donc la même énergie : en résulte un faisceau accéléré de positrons de faible dispersion en énergie. Ces deux derniers points rendent possible l'accélération quasi-monoénergétique d'un faisceau de positrons, tel qu'observée expérimentalement (voir la figure ci-dessous). Dans cette expérience réalisée à FACET, de l'ordre d'un milliard de positrons ont gagné une énergie d'environ cinq gigaélectronvolts et ont extrait environ 30% de l'énergie de l'onde plasma.



Accélération de positrons dans un plasma. L'énergie initiale des positrons est 20.35 GeV. La partie accélérée du spectre en énergie des positrons est représentée par la courbe noire.

Le *France-Stanford Center for Interdisciplinary Studies* a par ailleurs accordé un financement à Mark Hogan (SLAC National Accelerator Laboratory) et Sébastien Corde afin de soutenir l'étude de l'accélération plasma de positrons et la collaboration entre ces deux chercheurs.

**Référence :**

**Multi-gigaelectronvolt acceleration of positrons in a self-loaded plasma wakefield**

S. Corde et al.

*Nature*, 27 août 2015

**Contributions :**

Des chercheurs du *SLAC National Accelerator Laboratory* (Stanford University, U.S. Department of Energy), de l'Université de Californie Los Angeles (États-Unis), du Laboratoire d'Optique Appliquée (École polytechnique, CNRS, ENSTA ParisTech, Université Paris Saclay) (France), de l'Université d'Oslo (Norvège) et de l'Université de Tsinghua (Chine) ont contribué à cette étude.

**CONTACTS PRESSE**

**École polytechnique**

Cécile Mathey Alice Tschudy  
+ 33 1 69 33 38 70 / + 33 6 30 12 42 41 + 33 1 69 33 33 40 / + 33 6 66 81 76 35  
cecile.mathey@polytechnique.edu alice.tschudy@polytechnique.edu

**ENSTA ParisTech**

Sandra Lanfranchi  
+33 1 81 87 17 75  
sandra.lanfranchi@ensta-paristech.fr



**À PROPOS DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE** / Largement internationalisée (30% de ses étudiants, 23% de son corps d'enseignants), l'École polytechnique associe recherche, enseignement et innovation au meilleur niveau scientifique et technologique. Sa formation promeut une culture d'excellence à forte dominante scientifique, ouverte sur une grande tradition humaniste.

À travers ses trois cycles – ingénieur, master et doctorat – et ses programmes de formation continue, l'École polytechnique forme des femmes et des hommes responsables, capables de mener des activités complexes et innovantes pour répondre aux défis de la société du 21<sup>e</sup> siècle. Avec ses 22 laboratoires, dont 21 sont unités mixtes de recherche avec le CNRS, le centre de recherche de l'École polytechnique travaille aux frontières de la connaissance sur les grands enjeux interdisciplinaires scientifiques, technologiques et sociétaux.

[www.polytechnique.edu](http://www.polytechnique.edu)

**À PROPOS DE L'ENSTA PARISTECH** / École d'ingénieurs sous tutelle du ministère de la défense, l'ENSTA ParisTech est un établissement public d'enseignement supérieur et de recherche qui dispense des formations diplômantes, cycle ingénieur en 3 ans, master, doctorat, Mastère Spécialisé, et qui développe une recherche appliquée de haut niveau



en lien notamment avec des partenaires industriels. Elle est particulièrement reconnue par les entreprises pour son expertise dans les domaines des transports, de l'énergie et de l'ingénierie des systèmes industriels complexes, tant pour les applications civiles que pour celles de défense. Elle est une des écoles d'application de l'École polytechnique et accueille à ce titre des élèves polytechniciens mais également normaliens pour leur cursus d'approfondissement d'un an.

L'ENSTA ParisTech est fortement impliquée dans le développement et le rayonnement de l'enseignement supérieur français, que ce soit au niveau international, national ou local : elle est ainsi l'un des membres fondateurs de l'Université Paris-Saclay, de ParisTech et du groupe ENSTA.

[www.ensta-paristech.fr](http://www.ensta-paristech.fr)

**À PROPOS DU CNRS** / Le Centre national de la recherche scientifique est le principal organisme public de recherche en France et en Europe. Il produit du savoir et met ce savoir au service de la société. Avec près de 33 000 personnes, un budget pour 2014 de 3,3 milliards d'euros dont 701 million d'euros de ressources propres, et une implantation sur l'ensemble du territoire national, le CNRS exerce son activité dans tous les champs de la connaissance, en s'appuyant sur plus de 1100 laboratoires. Avec 20 lauréats du prix Nobel et 12 de la Médaille Fields, le CNRS a une longue tradition d'excellence. Le CNRS mène des recherches dans l'ensemble des domaines scientifiques, technologiques et sociétaux : mathématiques, physique, sciences et technologies de l'information et de la communication, physique nucléaire et des hautes énergies, sciences de la planète et de l'Univers, chimie, sciences du vivant, sciences humaines et sociales, environnement et ingénierie.

[www.cnrs.fr](http://www.cnrs.fr)