

9 avril 2020

éditée par :  
B. Cros  
N. Delerue

La lettre d'information du GdR APPEL est envoyée aux membres du GdR inscrits sur la liste de diffusion. Pour vous inscrire, contacter Nicolas Delerue : [delerue@lal.in2p3.fr](mailto:delerue@lal.in2p3.fr)

---

## Rappel : Activités du GdR pendant le confinement en France

La direction du GdR espère que tous les membres du GdR ainsi que leurs proches sont en bonne santé. Les rencontres physiques du GdR sont bien entendu suspendues pendant la période de confinement obligatoire. Nous allons néanmoins tenter de continuer à publier la lettre en publiant des présentations de travail de doctorants et de laboratoires. N'hésitez pas à nous suggérer des contributions pour les semaines à venir.

## Annnonce : Colloque Applications médicales de l'accélération laser-plasma

L'axe 5 du GdR prépare un colloque sur les applications médicales de l'accélération laser-plasma. La date envisagée est le mardi 16 juin, de 14h à 18h, à Orsay. Cette date pourra être modifiée si la situation sanitaire l'exige.

Thème du colloque:

L'utilisation des faisceaux de particules de haute énergie pour la thérapie médicale. Comment et pourquoi utilise-t-on les électrons, isotopes, protons, photons X ou autres ? Quelles caractéristiques (doses, énergie, durée et cadence des pulses) sont nécessaires ? Quel serait l'intérêt d'un accélérateur à Laser/Plasma ayant pour caractéristiques : énergie  $\leq 1\text{GeV}$  et durée fs

Liste des intervenants : Rachel DELORME, Laboratoire de Physique Subatomique et de Cosmologie de Grenoble (LPSC) CNRS et Université Grenoble Alpes; Alessandro FLACCO, LOA (ENSTA/CNRS/École Polytechnique); Medhi TARISIEN, Centre d'Etudes Nucléaires de Bordeaux Gradignan (CNEBG) CNRS et Université de Bordeaux; Vincent FAVAUDON, INSERM - Institut Curie, Orsay; David DAUVERGNE, Laboratoire de Physique Subatomique et de Cosmologie de Grenoble (LPSC) CNRS et Université Grenoble Alpes; Annalisa PATRIARCA Institut Curie, Centre de Protonthérapie, Orsay

## Rappel : Appel à propositions d'actions structurantes du GdR

Les propositions déposées avant le 10 avril seront examinées (par téléconférence) vers le 15 avril. Plus de détails sur la préparation des propositions sur le site du GdR <http://gdr-appel.fr/index.php/category/actualites/>

## Publication de la version 4.4 de SMILEI

Le 2 Avril 2020, jour 18 du calendrier confiné, l'équipe SMILEI a publié la version 4.4 de son code de simulation pour la physique des plasmas.

Deux nouveautés de cette version présentent des intérêts directs pour nos applications de simulations d'accélérateurs laser-plasma. La première est un diagnostic de calcul de rayonnement qui permet d'évaluer le spectre du rayonnement incohérent émis par les particules relativistes du plasma ([https://smileipic.github.io/Smilei/radiation\\_loss.html](https://smileipic.github.io/Smilei/radiation_loss.html)).

La deuxième innovation est un solveur d'enveloppe optimisé qui améliore la fidélité du solveur existant. Il réduit notamment fortement la dispersion numérique, c'est à dire, l'effet de la discrétisation des équations sur la propagation du laser. Un pas de plus vers la reproduction réaliste des expériences sur nos calculateurs.

Même confinés, keep Smileing ! Contact: Arnaud Beck

## Présentation de doctorant : Accélération de protons par l'interaction d'un laser infra-rouge avec une cible gazeuse (Pilar Puyuelo-Valdes)

Encadrant : F. Hannachi, groupe ENL, CENBG

Un faisceau d'ions bien caractérisé avec une petite divergence, un spectre en énergie contrôlable et produit à haut taux de répétition est nécessaire pour la majorité des applications envisagées pour les faisceaux d'ions accélérés par laser. L'utilisation de cibles gazeuses permet de résoudre le problème majeur de la génération de débris néfastes pour les optiques durant les tirs [1, 2]. L'an dernier, des protons accélérés par l'interaction du laser infra-rouge de l'installation PICO2000 avec une cible gazeuse supersonique d'hydrogène développée au CENBG, ont été observés à 0°, 30°, 70° et 80° par rapport à la direction incidente du laser. Pendant l'expérience, nous avons étudié **l'influence du point de focalisation du laser (défini en plusieurs endroits du profil de densité du jet de gaz) sur les spectres observés** et le rôle de l'ASE (Amplified Spontaneous Emission) qui modifie de façon notable les caractéristiques de la cible gazeuse avant l'interaction.

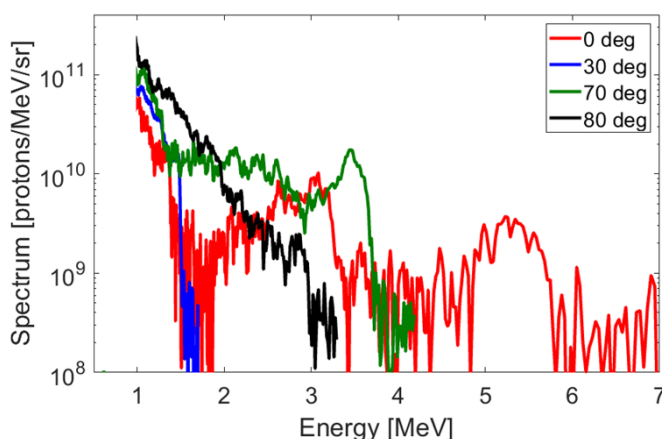


Figure 1 : Spectres en énergie des protons mesurés à 0° (rouge), 30° (bleu), 70° (vert) et 80° (noir) par rapport à l'axe du laser de l'installation PICO2000

Les spectres présentés sur la Figure 1 ont été observés dans les conditions optimales [3]. Ils comportent plusieurs structures qui reflètent les mécanismes d'interaction à l'œuvre : À 80°, dans la direction transverse au laser, le nombre de protons de basses énergies est de l'ordre de

$10^{11}$  protons/MeV/sr et diminue rapidement avec l'énergie pour atteindre à quelques MeV  $10^8$  protons/MeV/sr, la limite de détection. À  $70^\circ$ , un plateau est observé, avec  $10^{10}$  protons/MeV/sr entre 1 et 3,5 MeV ainsi qu'une structure plus ramassée à 3,4 MeV. À  $0^\circ$ , dans la direction du laser, le spectre présente des caractéristiques particulières. Le nombre de protons diminue de  $10^{11}$  à  $10^9$  protons/MeV/sr entre 0,5 et 2 MeV. Au-delà, ce nombre de protons atteint  $10^{10}$  protons/MeV/sr entre 1,7 et 3 MeV. Une troisième structure est présente avec un nombre de  **$5 \cdot 10^9$  protons** entre 4,3 et 5,3 MeV.

Les spectres mesurés ont été reproduits en simulations en utilisant conjointement le code hydrodynamique FLASH [4] et le code PIC-2D PICLS [5]. Le code FLASH a permis de calculer le profil de densité de la cible gazeuse, fortement modifié par l'ASE du laser, vu par l'impulsion principale. Ce profil de densité réel est ensuite introduit dans le code PIC pour reproduire l'interaction de la cible modifiée avec l'impulsion laser picoseconde principale. Globalement les formes des spectres sont bien reproduites dans les simulations. L'auto-focalisation et « l'auto-canalisation » du laser sont responsables de l'accélération des protons dans la direction transverse. Des chocs consécutifs au processus de « hole boring » du à la pression de radiation du laser [6] sont à l'origine de l'accélération dans la direction longitudinale et donnent des structures en forme de plateau dans les spectres. Des structures piquées, sont également observées aux énergies plus élevées et à différents angles, dans les simulations.

A notre connaissance, ce sont les premiers spectres de protons accélérés à plusieurs MeV produits dans l'interaction entre un laser infra-rouge et une cible gazeuse supersonique. Jusqu'ici les spectres en énergie atteignaient à peine 1 MeV d'énergie maximale [7,8]. Dans la même expérience, des particules alpha ont été accélérées jusqu'à 15 MeV à partir de cibles d'Hélium [9].

Dans le futur, il est envisagé de modifier le profil de densité des cibles gazeuses pour favoriser notablement l'accélération par choc dans la direction longitudinale. Cela peut être obtenu en développant de nouvelles buses et/ou en utilisant un laser annexe pour façonner leur profil de densité[10].

#### Références :

- [1] J. L. Henares, T. Tarisien, P. Puyuelo, J.-R. Marquès, T. Nguyen-Bui, F. Gobet, X. Raymond, M. Versteegen and F. Hannachi; Optimization of critical-density gas jet targets for laser ion acceleration in the collisionless shockwave acceleration regime, Journal of Physics: Conference Series, vol.1079, 012004 (2018).
- [2] J. L. Henares, P. Puyuelo-Valdes, F. Hannachi, T. Ceccotti, M. Ehret, F. Gobet, L. Lancia, J.-R. Marquès, J. J. Santos, M. Versteegen and M. Tarisien; Development of critical-density gas jet targets for laser-driven ion Acceleration, Rev. Sci. Instrum., vol. 90, 063302 (2019).
- [3] P. Puyuelo Valdes, J.L. Henares, F. Hannachi, T. Ceccotti, J. Domange, M. Ehret, E. d'Humieres, L. Lancia, J.-R. Marquès, X. Ribeyre, J.J. Santos, V. Tikhonchuk, and M.Tarisien; Proton acceleration by collisionless shocks using a supersonic H2 gas jet target and high power infrared laser pulses, Phys. plasma, vol. 26, 123109 (2019)
- [4] B. Fryxell, K. Olson, P. Ricker, F. X. Timmes, M. Zingale, D. Q.Lamb, P. MacNeice, R. Rosner and H. Tufo; FLASH: An adaptivemesh hydrodynamics code for modelling astrophysical thermonuclearflashes, Astrophysical Journal Supplement, vol. 131, 273334 (2000).
- [5] Y. Sentoku and A.J. Kemp; Numerical Methods for Particle Simulations at Extreme Densities and Temperatures: Weighted Particles, Relativistic Collisions and Reduced Currents, Journal of Computational Physics, vol. 227 (14), p. 6846-6861 (2008).
- [6] S.C. Wilks, W.L. Kruer, M. Tabak and A. B. Langdon; Absorption of ultra-intense laser pulses, Phys. Rev. Lett., vol. 69, 1383 (1992).

- [7] F. Sylla, A. Flacco, S. Kahaly, M. Veltcheva, A. Lifschitz, V. Malka, E. d'Humières, I. Andriyash and V. Tikhonchuk; Short Intense Laser Pulse Collapse in Near-Critical Plasma, Phys. Rev. Lett., vol. 110, 085001 (2013).
- [8] S. N. Chen, M. Vranic, T. Gangolf, E. Boella, P. Antici, M. Bailly-Grandvaux, P. Loiseau, H. Pépin, G. Revet, J. J. Santos, A. M. Schroer, M. Starodubtsev, O. Willi, L. O. Silva, E. d'Humières and J. Fuchs; Collimated protons accelerated from an overdense gas jet irradiated by a 1 mm wavelength high-intensity short-pulse laser, Sci Reports, vol.7, 20452322 (2017).
- [9] P. Puyuelo-Valdes, J-L. Henares, F. Hannachi, T. Ceccotti, J. Domange, M. Ehret, E. D'Humieres, L. Lancia, J-R. Marquès, J. Santos and M. Tarisien; Laser driven ion acceleration in high-density gas jets, Proc. SPIE 11037, Laser Acceleration of Electrons, Protons, and Ions V, 110370B (2019).
- [10] O. Tresca, N. P. Dover, N. Cook, C. Maharjan, M. N. Polyanskiy, Z. Najmudin, P. Shkolnikov, and I. Pogorelsky; Spectral Modification of Shock Accelerated Ions Using a Hydrodynamically Shaped Gas Target, Phys. Rev. Lett., vol. 115, 094802 (2015)

## **Rappel : Recensement des jeunes chercheurs (doctorants, post-doctorants) sur les thématiques du GdR**

L'un des objectifs du GdR APPEL est de favoriser la formation des jeunes dans les thématiques relevant de sa compétence. Pour cela nous vous invitons à nous signaler en envoyant un message à [deleue@lal.in2p3.fr](mailto:deleue@lal.in2p3.fr) les jeunes travaillant sur les thématiques du GdR dans vos équipes. Afin d'identifier le potentiel d'encadrement, nous recensons aussi les titulaires d'Habilitation à Diriger des Recherches sur les thématiques du GdR. Merci d'avance !

## **Rappel : Identification des besoins en Instrumentation**

Dans le cadre de la journée conjointe avec le Réseau Instrumentation Faisceaux de l'IN2P3 qui était prévue pour les 14 et 15 avril 2020, nous cherchons à identifier les besoins en instrumentation faisceaux. Si dans votre équipe vous avez des besoins en matière d'instrumentation faisceaux (de particules chargées), pourriez-vous nous les signaler en envoyant un message à [deleue@lal.in2p3.fr](mailto:deleue@lal.in2p3.fr) ?

## **Prochaines Réunions du GdR**

Réunion du comité de pilotage n°6 : 26 mai 2020 à 10h

Réunion du comité de pilotage n°7 : 15 septembre 2020 à 10h

Réunion du comité de pilotage n°8 : 17 novembre 2020 à 10h

## **Conférences à venir**

**Annulé : IPAC2020** : Caen, 10-15 mai 2020

<https://www.ipac20.org/>

**Annulé : AAC 2020**, Advanced Accelerator Concepts Workshop  
Asilomar Conference Center, Pacific Grove, California  
June 21-26, 2020

**Prochain forum ILP** : Printemps 2021