

# Une application récente et surprenante de l'effet de *plasma wave echo* : la génération de rayonnement X cohérent

C. Evain<sup>1\*</sup>, M. Labat<sup>1</sup>, A. Loulergue<sup>1</sup>, M.-E. Couprie<sup>1</sup>, J.-M. Filhol<sup>1\*\*</sup>, A. Nadji<sup>1</sup>, C. Szwaj<sup>2</sup>, & S. Bielawski<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Synchrotron SOLEIL, Saint Aubin, BP 34, 91 192 Gif-sur-Yvette, France

<sup>2</sup> PhLAM, Bat. P5, Université Lille 1, 59655 Villeneuve d'Ascq, France

`clement.evain@phlam.univ-lille1.fr`

(\*) Adresse actuelle : Laboratoire PhLAM

(\*\*) Adresse actuelle : Fusion for Energy, Torrs Diagonal Litoral, 08019 Barcelona, Spain

L'écho d'ondes de plasma (plasma wave echo) est un effet dynamique connu depuis les années 60 [1], et qui peut être interprété comme un effet de "mémoire" à long terme. Dans un premier temps, on effectue première modulation, induisant une modulation dans l'espace des phases (par exemple un feuilletage), mais qui est "cachée" (c'est-à-dire sans conséquences visibles en pratique). Ensuite, l'existence de cette structure est révélée lorsqu'une deuxième modulation est appliquée au système.

Ce phénomène d'écho a été observé dans des domaines variés comme les plasmas [2], l'hydrodynamique [3], l'équation de Kuramoto [6], les gaz classiques [4], et les atomes froids [5]. Cependant, les applications pratiques ont été relativement limitées.

Récemment (en 2009), cet effet a connu une application potentielle inattendue, dans le domaine de la génération de rayonnement X cohérent. Le fluide en question est un paquet d'électrons relativistes dont l'espace des phases est manipulé par des lasers externes. L'application du phénomène de *plasma wave echo* à ce fluide particulier est actuellement considéré comme une voie potentiellement révolutionnaire pour la génération de rayonnement laser VUV et X [7].

Nous présentons ici un ensemble de résultats numériques quantitatifs, démontrant la possibilité de cet effet dans les anneaux de stockage déjà existants. Ensuite, nous présentons le design de LUNEX 5, un projet de machine de test français dont un des objectifs principaux est l'étude de la génération de rayonnement X par ce moyen [8].

## Références

1. R. W. GOULD, Plasma wave echo, *Phys. Rev. Lett.*, **19**, 219 (1967).
2. J.H. MALMBERG, C.B. WHARTON, R.W. GOULD, T.M. O'NEIL, Observation of plasma wave echoes, *Phys. Fluids*, **11**, 1147 (1968).
3. J. VANNESTE, P.J. MORRISON AND T. WARN, Strong echo effect and nonlinear transient growth in shear flows, *Phys. Fluids*, **10**, 1398 (1998)
4. T. W. MOSSBERG, R. KACHRU, E. WHITTAKER AND S. R. HARTMANN, Temporally Recurrent Spatial Ordering of Atomic Population in Gases : Grating Echoes, *Phys. Rev. Lett.*, **43**, 851 (1979)
5. D. V. STREKALOV, ANDREY TURLAPOV, A. KUMARAKRISHNAN AND TYCHO SLEATOR, Periodic structures generated in a cloud of cold atoms, *Phys. Rev. A*, **66**, 023601 (2002)
6. EDWARD OTT, JOHN H. PLATIG, THOMAS M. ANTONSEN, AND MICHELLE GIRVAN , Echo phenomena in large systems of coupled oscillators , *Chaos*, **18**, 037115 (2008)
7. DAO XIANG AND GENNADY STUPAKOV, Echo-enabled harmonic generation free electron laser, *Phys. Rev. Special Topics Accel. Beams*, **12**, 030702 (2009)
8. LUNEX 5, Laser à électrons libres Utilisant un accélérateur Nouveau pour l'Exploitation de rayonnement X de 5ème génération, *Conceptual Design Report*, SOLEIL (2011)