



## Ondes plasma de surface en régime ultra-relativiste

Michèle Raynaud : tél: 01.69.33.45.20, [michele.raynaud@cea.fr](mailto:michele.raynaud@cea.fr)

Avec le développement des lasers intenses ( $>10^{19}$  W/cm<sup>2</sup>), de courte durée d'impulsion ( $<25$  fs) avec un bon contraste (rapport de l'amplitude maximum à celle du piédestal  $>10^{12}$ ), l'excitation d'onde plasma de surface dans un plasma surdense en régime relativiste peut maintenant être explorée. Comme ces ondes se propagent le long de la surface avec une vitesse de phase proche de celle de la vitesse de la lumière, elles peuvent accélérer des paquets d'électrons à des énergies relativistes. Ainsi, si l'excitation de l'onde de surface s'avère encore efficace en régime ultra-relativiste, ce mécanisme d'accélération est d'un grand intérêt pour les applications comme les accélérateurs d'électrons compacts ou les spectroscopies d'électrons ultra-rapides. L'optimisation des conditions d'interaction pouvant mener à la production de paquets d'électrons relativistes est complexe expérimentalement. Elle est rendue difficile par le calcul car il n'existe pas de forme analytique pour la relation de dispersion des ondes de surface en régime relativiste, du fait de la présence du terme JxB dans les équations. En collaboration avec le CPhT (Centre de Physique Théorique, Ecole Polytechnique), nous avons surmonté cette difficulté en réalisant des simulations Particle-In-Cell de l'interaction d'un plasma surdense de taille macroscopique ( $340\lambda_0 \times 103\lambda_0$ ) avec un laser intense dans

un régime d'interaction ultra-relativiste ( $10^{19}$  à  $10^{21}$  W/cm<sup>2</sup>). Nous avons étudié l'évolution des conditions d'excitation de l'onde de surface, en complétant cette description par des simulations considérant le système de particules sous la forme d'un fluide (figures du haut). Le rôle des effets relativistes sur la fréquence de l'onde de surface excitée a été mis en évidence. Nous avons également démontré que l'utilisation d'une durée d'impulsion ultra-courte, nécessaire pour préserver la forme spatiale du plasma durant l'interaction, limite fortement l'amplitude de l'onde de surface (figure du bas). Enfin la focalisation des pulses utilisés dans les expériences induit une largeur spectrale supérieure à celle de l'onde de surface excitée, ce qui réduit la fraction d'énergie laser transmise à l'onde de surface. Ces résultats ouvrent de nouvelles perspectives quant à l'utilisation des effets plasmoniques en régime ultra-intense.

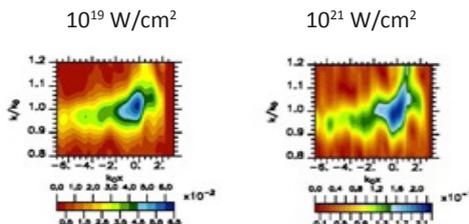
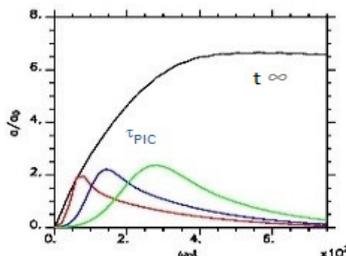


Image dans l'espace de Fourier du champ électromagnétique associé à l'onde de surface (plasma en  $x>0$ ) : mise en évidence de la résistance au flux.



Rôle de la forme temporelle de l'excitation laser sur l'amplitude de l'onde de surface. La courbe en noir représente le cas d'un pulse temporel infini : l'amplitude augmente puis un état stationnaire est atteint. Les courbes en couleur représentent des simulations identiques mais avec des pulses laser gaussiens de 12 fs (en rouge), 25 fs (en bleu) et 50 fs (en vert). Dans ce cas l'amplitude de l'onde de surface n'atteint jamais la valeur de l'état stationnaire.

nanosciences & innovation

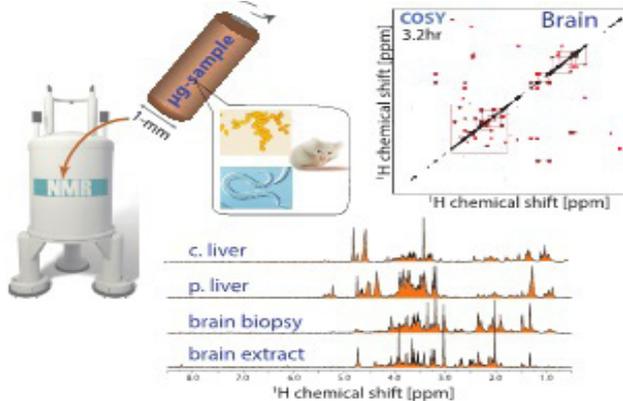


## Développement d'une sonde RMN HR- $\mu$ MAS pour des micro-biopsies

Alan Wong (NIMBE/LSDRM) : tel : 01.69.08/4105, [alan.wong@cea.fr](mailto:alan.wong@cea.fr)

En biologie et médecine, l'évaluation clinique des tissus en "mode routine" est devenue fondamentale. La spectroscopie par résonance magnétique nucléaire haute résolution à l'angle magique (RMN HR-MAS) est une méthode de choix pour l'évaluation clinique de ces tissus. Elle permet de sonder la matière à l'échelle atomique, de manière non destructive. On peut ainsi caractériser des biospecimens hétérogènes, à condition de posséder des échantillons assez gros. On obtient des informations sur leur métabolome, c'est-à-dire l'ensemble des petites molécules qui composent le tissu. La RMN HR-MAS n'est toutefois pas encore un outil de diagnostic de routine dans le monde médical. En effet, lorsque la quantité de tissu obtenu à partir d'une seule biopsie est limitée, les 10-20 mg d'échantillon requis pour effectuer une analyse peuvent être difficiles à obtenir. Le LSDRM et

la société JEOL ont développé une sonde dite HR-microMAS. Des spectres de grande qualité à la fois en termes de résolution spectrale (0.002 ppm) et de sensibilité ( $24 \pm 4$  pmol/vmin) ont été obtenus à partir d'échantillons de quelques centaines de microgrammes, soit un gain supérieur à 40 par rapport à une sonde HR-MAS classique. Nous explorons actuellement les applications potentielles de cette sonde, notamment concernant l'analyse de micro-organismes entiers, idéalement un seul, ou le suivi du métabolisme local dans des biopsies d'organismes malades, ou de végétaux.



Exemples de spectres <sup>1</sup>H NMR obtenus avec une sonde HR- $\mu$ MAS de 1 mm pour des échantillons de masse  $<500$   $\mu$ g (vitesse de rotation à 2500 Hz).

