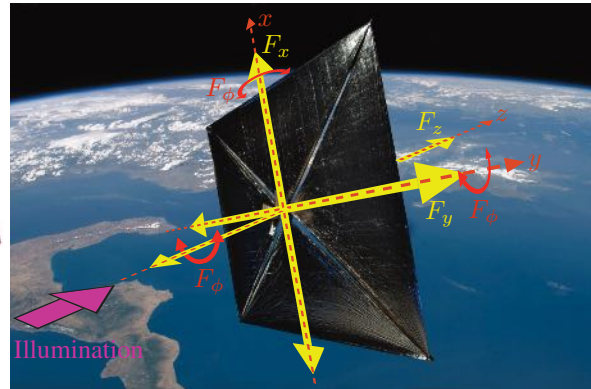
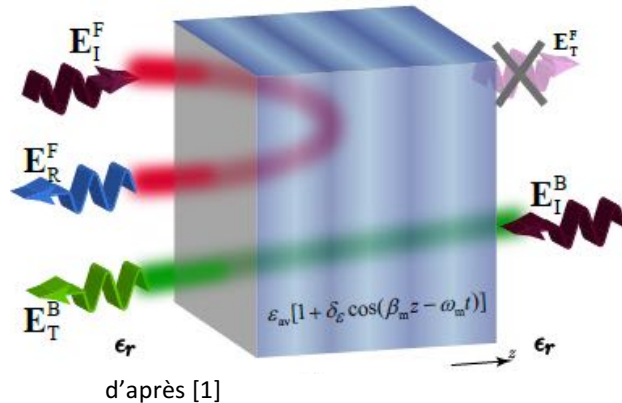


## Proposition de sujet de thèse

Financement validé par l'ED GEET



### **Modulation électromagnétique spatio-temporelle par plasma.**



Direction de thèse : Olivier PASCAL, [olivier.pascal@laplace.univ-tlse.fr](mailto:olivier.pascal@laplace.univ-tlse.fr)  
Co-direction : Jérôme SOKOLOFF, [jerome.sokoloff@laplace.univ-tlse.fr](mailto:jerome.sokoloff@laplace.univ-tlse.fr)

#### Contexte :

Depuis quelques années, les modulations spatio-temporelles révolutionnent la maîtrise des ondes électromagnétiques. On trouvera dans la référence [1] une multitude d'applications potentielles. Ces travaux, menés dans quelques laboratoires à l'échelle mondiale, sont de nature clairement disruptive : ils conduisent à de tout nouveaux concepts de composants ou à des idées très originales [2].

Au sein du laboratoire LAPLACE, le Groupe de Recherche en Electromagnétisme développe depuis plus de dix années un axe de recherche sur les interactions des ondes avec les plasmas froids. Des compétences ont également été capitalisées dans les domaines des métamatériaux et du Retournement Temporel d'ondes électromagnétiques pour le contrôle spatio-temporel des plasmas.

Les perspectives très innovantes issues des concepts de Time-Modulation en terme de stockage pulsé d'énergie et d'utilisation avec (ou pour) des plasmas, motivent cette proposition de thèse. Les compétences et capacités d'investigation réunies au sein du LAPLACE doivent permettre les premières expérimentations mondiales de Time-Modulation à plasma.

#### Sujet :

En appui sur les travaux de [3], on appréhendera avec des concepts simples (circuits) comment l'énergie électromagnétique peut avoir un comportement inhabituel dans un milieu ou un élément localisé dont les propriétés électrique et magnétique varient rapidement dans le temps. On étudiera comment l'accumulation d'énergie peut être mise à profit dans la création ou l'entretien d'un plasma.

L'exemple d'une cavité servira de base pour appréhender les phénomènes physiques et les flux d'énergie électromagnétique.

L'exploitation d'un plasma froid dans la cavité (ou localisé à son accès) sera ensuite évaluée selon deux finalités. On envisagera la possibilité de l'utiliser pour obtenir la modulation requise et celle d'optimiser l'énergie électromagnétique transférée au plasma. La problématique des décharges nanosecondes pulsées sera particulièrement visée. Cette recherche présente une opportunité de rupture technologique dans la façon de créer de telles décharges.

Plan de travail :

- 1<sup>ère</sup> année :
  - objectif : maîtriser les concepts physiques de base de Time Modulation pour l'électromagnétisme (si besoin, familiarisation avec les plasmas).
  - méthode : approches circuits, appui sur la bibliographie et sur des simulations (si besoin, formation de base avec les plasmiciens et les expériences disponibles au du laboratoire).
- 2<sup>ème</sup> année :
  - objectif : identifier les avantages et inconvénients liés à l'utilisation des plasmas et des cavités pour réaliser des expériences de Time Modulation.
  - Méthode : interpréter les mécanismes de base dans le contexte précis d'une cavité partiellement remplie de plasma (qui assure la fonction de modulation).
- 3<sup>ème</sup> année :
  - objectif : réaliser et caractériser une expérimentation de Time Modulation en cavité à plasma.
  - Méthode : en appui sur les orientations préalablement identifiées : concevoir, réaliser et caractériser (électromagnétiquement) le comportement d'une telle cavité. Evaluer en particulier l'impact du type de modulation sur le comportement physique.

Profil du candidat souhaité :

Grande Ecole d'Ingénieur avec des connaissances en électronique, *ou* microondes, *ou* plasmas, *ou* génie électrique, *ou* physique.

Master avec mention dans l'une de ces spécialités.

Aptitudes au travail de groupe et aux développements analytiques, curiosité, enthousiasme, goût pour la recherche transdisciplinaire.

[1] : S. Taravati & Al. : « Space-Time Modulation : Principles and Applications », to appear in the IEEE Microwave Magazine, <https://arxiv.org/pdf/1903.01272.pdf>.

[2] : K. Achouri & Al. : « Metasurface Solar Sail for flexible radiation pressure control », Physics.optics, <https://arxiv.org/pdf/1710.02837.pdf>

[3] : M. S. Mirmoosa & Al. : « Time-varying reactive element for extreme accumulation of electromagnetic energy », Phys. Rev. Applied, 2019.

[4] : D. Ramaccia & Al. : « Non-reciprocity in antenna radiation induced by space-time varying metamaterial cloaks », IEEE AWPL, 2018, DOI : 10.1109/LAWP.2018.2870688.

[5] : D. Sounas & Al. : « Non-reciprocal photonics based on time modulation », Nature Photonics, 2017.

[6] : A. Marini & Al. : « Metasurface-bounded open cavities supporting virtual absorption : free space energy accumulation in lossless systems », Metamaterials 2019, DOI : 10.1109/MetaMaterials2019.8900833.

[7] : D. K. Kalluri & Al. : « Frequency and polarization transformer (10 GHz to 1000 GHz) : interaction of a whistler wave with a collapsing plasma cavity », IEEE Trans. On Plasma Science, Vol. 40, 2012.