

Détails des Propositions

LABORATOIRE DE PHYSIQUE DE LA MATIÈRE CONDENSÉE

0 Physique & Topologie -T-

Responsable : Fabrice Mortessagne

fabrice.mortessagne@unice.fr

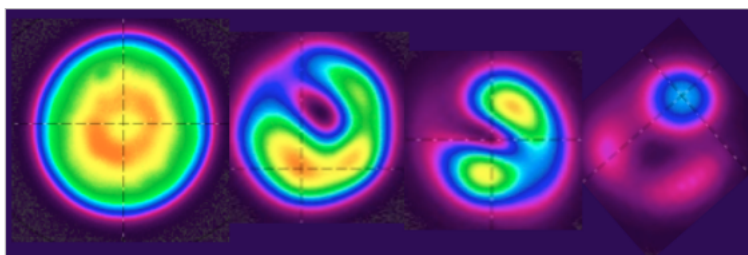
Le prix Nobel de Physique 2017 a été conjointement attribué à trois physiciens anglais, David Thouless, Duncan Haldane et Michael Kosterlitz, "for theoretical discoveries of topological phase transitions and topological phases of matter ». Que sont ces « phases topologiques de la matière » ? Quelles sont les propriétés particulières, notamment de transport, des matériaux possédant une caractéristique topologique ? Comment la topologie, une branche plutôt abstraite des mathématiques, se marie-t-elle avec la physique ? Ce sont toutes ces questions, et beaucoup d'autres, que ce projet propose d'aborder de façon simple, sans faire appel à un formalisme sophistiqué.

1 Modes de propagation dans les fibres optiques monomodes et multimodes-E-T-

Responsable du stage : Bernard Dussardier

bernard.dussardier@unice.fr

Les fibres optiques ont de très nombreuses applications dans des domaines extrêmement variés, tels que ceux des télécommunications, des lasers (pour l'usinage, le marquage, la télémétrie), de la métrologie, de la médecine, de l'éclairage, de la signalisation, de la décoration, etc... Une fibre optique est un fil de matériau transparent, le plus souvent du verre, qui possède une zone centrale (le cœur) et une zone entourant le cœur (la gaine). Le phénomène qui les caractérise est le guidage de la lumière le long de l'axe longitudinal de la fibre suivant des modes, c'est-à-dire des solutions discrètes de l'équation de propagation. Ces modes sont observables dans certaines conditions, permettent de caractériser les fibres optiques, et de réaliser des applications très variées.



Les buts de ce projet sont :

- découvrir le thème de l'optique guidée dans les fibres optiques, et plus particulièrement les problèmes d'excitation sélective de modes dans les fibres optiques multimodes.
- se familiariser avec les différents appareils et accessoires d'une salle d'optique : matériel de préparation des fibres optiques, opto-mécanique, laser, source de lumière incohérente, caméra, soudeuse à fibres optiques, analyseur de spectres optiques, puissance-mètre, etc.
- comparer l'expérience avec la théorie grâce à un ou des code(s) informatique(s).
- mettre en perspective les résultats observés.
- en option, selon l'avancement et la qualité du travail, réaliser une application.

Ce projet sera organisé en trois ou quatre volets :

1. travail bibliographique sur le guidage de la lumière dans une fibre optique monomode, puis d'une fibre optique faiblement multimode.
2. réalisation d'un montage expérimental pour exciter sélectivement les modes, les observer et les mesurer. Etude des propriétés de propagation des modes en fonction des conditions expérimentales (excitation, courbure, excentrement entre fibres, etc).
3. écriture d'un code informatique pour calculer théoriquement la forme des modes en fonction des caractéristiques d'une fibre optique donnée, et pour les comparer avec les observations expérimentales.
4. réalisation d'un dispositif simple à base de fibres optiques qui sera caractérisé comme capteur sensible à différentes conditions expérimentales (courbure, température, pression, indice de réfraction...).

Les stagiaires seront évalués sur leur ponctualité, leur implication, leur capacité de travail en équipe et la qualité de leur interaction avec le tuteur.

2 Vers une dynamique de la coordination collective : de la synchronisation de deux métronomes à celle des applaudissements -E,N,T-

Responsables du stage : Mathieu Bellec, Frédéric Blanc
mathieu.bellec@unice.fr, frederic.blanc@unice.fr

3 Excitation sélective de modes avec mise en forme de faisceau-E,T-

Responsable du stage : Valérie Doya
valerie.doya@unice.fr

Les fibres optiques multimodes véhiculent plusieurs modes de propagation et l'excitation sélective d'un mode individuel est compliquée. En modifiant la géométrie de la section transversale de la fibre, on peut montrer dans la limite géométrique des rayons que la dynamique du système peut être régulière, chaotique ou un mélange des deux, on parle alors de dynamique mixte. En fonction de la nature de la dynamique, les modes de propagation peuvent présenter des propriétés spatiales singulières telles qu'une forte localisation. L'objet de ce projet est d'utiliser un modulateur spatial de lumière pour imprimer sur un faisceau incident dans la fibre un masque d'amplitude permettant de sélectionner ces modes singuliers parmi tous les modes de la fibre.

4 Variations paramétriques de résonances couplées - approche théorique et numérique -T-N-

Responsables du stage : Olivier Legrand, Ulrich Kuhl
olivier.legrand@unice.fr, ulrich.kuhl@unice.fr

De nombreux systèmes physiques, qu'ils soient quantique, acoustique ou électromagnétique, sont concernés par les phénomènes d'interactions entre résonances. La modification des paramètres liés aux pertes et au couplage permet de mettre en évidence une *dynamique des fréquences (complexes) de résonances* liée à la *non-orthogonalité* des états associés. On propose d'aborder cette problématique via une introduction à l'approche théorique dite de l'**hamiltonien effectif** appliquée à des systèmes à 2 ou 3 niveaux. Cette approche permettra d'aborder également quelques notions de la *théorie des matrices aléatoires*. Cette partie sera essentiellement de nature théorique et fera l'objet de simulations numériques. Lors d'un précédent stage, les réponses d'un violoncelle présentant la "**note du loup**" ont été enregistrées en fonction de la variation de la hauteur de note ou de paramètres de couplage entre la corde et le corps de l'instrument. On propose d'analyser ces réponses afin de donner une description du phénomène du loup en termes de variations paramétriques de résonances couplées. Notamment, on mettra en œuvre une technique numérique permettant d'extraire les fréquences complexes des résonances à partir de la réponse temporelle.

5 sujet A: Mesure de la viscosité élongationnelle d'une suspension concentrée -E-

Responsable du stage : Elisabeth Lemaire

elisabeth.lemaire@unice.fr

Tout écoulement, aussi complexe soit-il, peut se décomposer en un écoulement de cisaillement (i.e. un gradient de vitesse orthogonal à la direction de la vitesse) et un écoulement élongationnel (i.e. une variation de la vitesse suivant la direction de la vitesse). Si on s'intéresse aux propriétés d'écoulement (propriétés rhéologiques) d'un matériau, par exemple dans le but de dimensionner une chaîne de production, il est important de caractériser son comportement aussi bien lorsqu'il est soumis à un écoulement de cisaillement que lorsqu'il subit un écoulement élongationnel. Or, si la mesure de la viscosité de cisaillement d'un matériau est assez routinière, les techniques de mesure de la viscosité élongationnelle demandent encore des développements expérimentaux. Le but du stage est de tester plusieurs méthodes de mesure de la viscosité élongationnelle. Il se déroulera en collaboration avec la société SAFRAN et aura pour but de proposer à cette société une méthode fiable afin de pouvoir déterminer la viscosité élongationnelle des propergols (carburant des fusées Ariane).

sujet B: Renforcement d'un milieu granulaire par des fibres. -E-

Responsables du stage : Elisabeth Lemaire

elisabeth.lemaire@unice.fr

Les milieux divisés, ou milieux granulaires, sont très représentés dans la nature (sable, cendres volcaniques...) comme dans l'industrie (industrie pharmaceutique, poudres et grains alimentaires, secteur du bâtiment...) et il est par conséquent important de caractériser et de comprendre leur comportement mécanique. Pour partie, celui-ci est caractérisé par l'angle maximum de stabilité que peut former la surface d'un « tas » avec l'horizontale. Cet angle dépend de plusieurs paramètres comme le taux d'humidité, la forme des grains ou leur état de surface (grains lisses ou rugueux). Le stage proposé vise à étudier l'influence de la présence de fibres (particules allongées) sur l'angle de stabilité d'un milieu granulaire constitué de particules sphériques. Il s'agira en particulier de déterminer s'il existe une concentration minimum ou une longueur minimum de fibres pour stabiliser un empilement granulaire.

6 Ejection de gouttes par une "catapulte intelligente"-E-

Responsables du stage : Franck Celestini, Christophe Raufaste

franck.celestini@unice.fr, christophe.raufaste@unice.fr

Déposons une goutte sur un substrat super-hydrophobe et faisons alors subir au substrat une forte accélération avec une catapulte de type « ressort ». La goutte s'écrase sur le substrat, elle en est éjectée et oscille enfin dans les airs (voir figure ci-dessous).

Nous étudierons expérimentalement et théoriquement ce phénomène qui en dépit de sa simplicité met en évidence un nouveau phénomène de « super-propulsion ». Ce stage se déroulera au LPMC dans l'équipe « Fluides et Matériaux complexes ». Le but est de vous familiariser avec différentes techniques expérimentales pour effectuer les opérations suivantes :

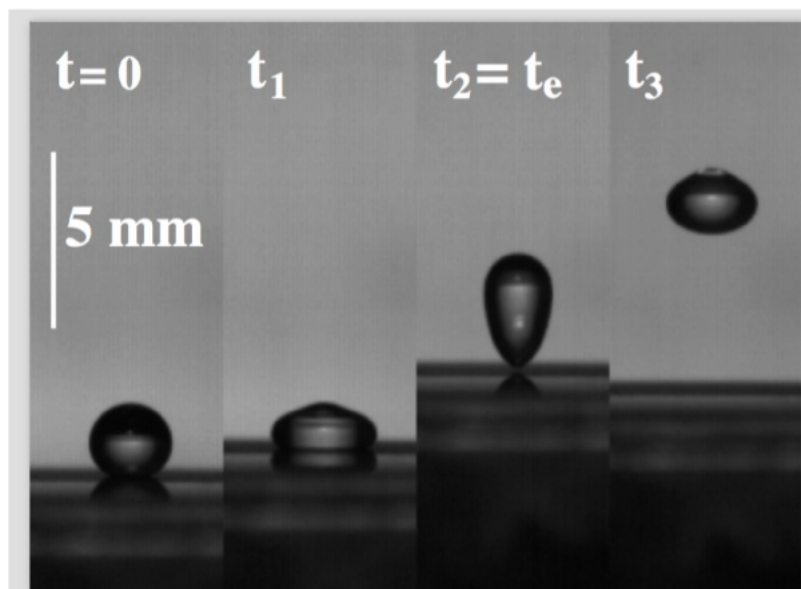
- conception d'un dispositif expérimental modèle.
- la visualisation par une caméra haute définition et une caméra ultra rapide (plusieurs milliers d'image par secondes)
- le traitement d'image et l'analyse de données.

Nous vous invitons à venir nous rencontrer pour vous faire une idée plus précise de ce stage.

7 Production d'hydrogène par scission photo-catalytique de l'eau-E-

Responsable du stage : Jacques Persello

jacques.persello@unice.fr



Contexte La photocatalyse est une technologie d'oxydation avancée émergente qui trouve de nombreux domaines d'application. Celle qui nous intéresse en particulier concerne le domaine de l'énergie par des systèmes capables de convertir l'énergie solaire en courant électrique, telles que les cellules solaires (cellules photovoltaïques sensibilisées par des colorants ou de stocker l'énergie solaire par la production d'hydrogène par scission photo-catalytique de l'eau. L'hydrogène est un futur vecteur d'énergie envisagé pour le stockage d'électricité, via sa conversion électrochimique dans une pile à combustible (Dossier Pour la Science N°405 - juillet 2011).

A l'image des feuilles des arbres (chlorophylle) qui convertissent l'énergie solaire (photosynthèse) en sucre (celluloses), on se propose de stocker l'énergie solaire par la production d'hydrogène par scission photo-catalytique de l'eau. Le principe de la photocatalyse repose sur l'activation d'un semi-conducteur par la lumière.

Dans ce projet, nous allons plus particulièrement nous intéresser à la production d'hydrogène par scission photo-catalytique de l'eau à l'aide d'un semi-conducteur à base de dioxyde de titane (TiO_2) de bande interdite égale à 3eV, sous rayonnement UV et d'un semi-conducteur à base de dioxyde de titane modifié par un complexe du ruthénium présentant une bande interdite voisine de 1 eV, sous rayonnement visible. Nous nous proposons, de tester une nouvelle voie de photolyse en utilisant le semi-conducteur sous forme de nanoparticules dispersées dans l'eau et un système de séparation des gaz (oxygène et hydrogène) par membrane protonique.

Ce travail concerne à la fois, une analyse bibliographique des études dans ce domaine, l'étude expérimentale des conditions d'obtention des dispersions de semiconducteur photoactif, les facteurs contrôlant la cinétique de production d'hydrogène par photocatalyse, et le rendement quantique du système. Selon l'avancée du projet, le dispositif photo-catalytique pourra être couplé à une pile à combustible à membrane échangeuse de proton, fonctionnant en respiration. La vitesse de production en hydrogène du système photo-catalytique sera directement liée à la vitesse de consommation de l'hydrogène, soit au courant électrique, de la pile à combustible via la relation de Faraday.

INSTITUT NON LINÉAIRE DE NICE SOPHIA ANTIPOLIS

8 Corrélations et propriétés statistiques de particules quantiques-T-N-

Responsables du stage : Mathias Albert, Frédéric Hébert

mathias.albert@inln.cnrs.fr, frederic.hebert@unice.fr

Les particules quantiques se séparent en deux grandes familles aux propriétés antagonistes: les bosons (photon, ^4He ...) et les fermions (électrons, protons...).

L'objectif de ce projet est tout d'abord de se familiariser avec ces familles puis d'en étudier un certain nombre de propriétés statistiques à une dimension. En particulier, même sans interaction et dans un système où la densité de ces particules est uniforme, il existe des corrélations entre ces particules qui sont très différentes. On cherchera alors à comprendre ces corrélations à l'aide de différentes quantités physiques liées à la fonction d'onde à N corps du système de N particules quantiques sur un axe comme la fonction de corrélation à deux particules, la statistique du nombre de particules sur un intervalle donné ou encore la distribution de probabilité des distances entre particules voisines ainsi que leurs corrélations.

Pour ce faire, les étudiants emploieront des méthodes analytiques de mécanique quantique (fonction d'onde, déterminant de Slater) et de théorie des probabilités (statistique binomiale et de Poisson) ainsi qu'un algorithme de Monte-Carlo classique qu'ils développeront lors du projet.

9 Transition vers le chaos-E-T-N-

Responsable du stage: Stéphane Barland

stephane.barland@inln.cnrs.fr

Il s'agira d'analyser expérimentalement (et peut-être numériquement) la transition vers le chaos observée dans un laser avec forçage. Nous analyserons dans l'espace de Fourier la séquence de bifurcations menant vers le régime chaotique et nous tâcherons de quantifier dans l'espace direct la complexité de l'attracteur. Les notions abordées incluront stabilité, instabilité, bifurcation, oscillations, doublement de période, transformation de Fourier, chaos déterministe et effets stochastiques.

10 Expérience de vulgarisation sur le thème de la diffusion de la lumière -E-

Responsable du stage : Mathilde Fouché

mathilde.fouche@inln.cnrs.fr

Le projet se déroulera dans le groupe « Atomes froids » de l'Institut Non Linéaire de Nice (INLN) à Sophia Antipolis. Le thème principal des recherches menées au sein de ce groupe est l'étude de la diffusion de la lumière dans un nuage d'atomes froids. Les propriétés très particulières de ce type de milieu diffusant (résonances étroites, structure interne des diffuseurs, effets mécaniques de la lumière sur les atomes, effets quantiques...) donnent naissance à une physique particulièrement riche.

Afin de rendre ces recherches accessibles au plus grand nombre, nous souhaitons mettre en place des expériences simples de vulgarisation sur le thème de la diffusion de la lumière. Dans ce contexte, l'objectif principal de ce projet sera la mise en place en laboratoire d'au moins une expérience de ce type, avec pour contrainte de pouvoir facilement déplacer le montage. Il doit pouvoir en effet circuler facilement dans diverses opérations de vulgarisation, que ce soit pour la fête de la science par exemple ou en milieu scolaire.

Le projet comportera finalement les étapes suivantes : bibliographie, recherche et proposition d'expériences simples, pertinentes et originales, mise en place en laboratoire d'au moins une expérience et finalement élaboration des outils associés au montage (poster, powerpoint,...). matière-rayonnement).

11 Compliant swimming robotic fish-E-

Responsable du stage : Mederic Argentina
mederic.argentina@inln.cnrs.fr

The "Nonlinear team" at INLN has an expertise in nonlinear physics, fluid dynamics and soft matter [1]. We currently focus on the fluid-structure interaction for the case of animal locomotion [2, 3]. The majority of fish use undulatory locomotion to swim : they bend their spine and they propagate a deformation wave from their head to tail. This mode of transport has long aroused the curiosity of scientists and engineers because it allows good maneuverability, high energy efficiency and fast swimming speeds. We have recently uncovered an universal law for underwater swimming which predicts the locomotion speed for macroscopic animals (from juvenile fishes to blue whales) [4]. It would be engaging to translate these mechanisms in artificial systems like underwater autonomous robots. Such transposition is difficult without a proper understanding of fluid mechanics of undulatory swimming. The project is experimental and deals with the study of the flow triggered around a deformable swimming robot fish. It involves the improvement of a bio-inspired robotic fish developed at the institute, and the study of its swim in a water tunnel by high speed imaging, PIV techniques and image analysis. The institute is well situated in the neighborhood of Nice and presents a stimulating location between sea and mountains.

Reference

- [1] <http://wwwextra.inln.cnrs.fr/argentina/>
- [2] M. Argentina, L. Mahadevan, Fluid-flow-induced flutter of a flag. PNAS 102, 1829–1834 (2005)
- [3] M. Argentina, J. Skotheim, L. Mahadevan, Settling and swimming of flexible fluid-lubricated foils. Phys. Rev. Lett. 99, 224503 (2007)
- [4] M. Gazzola, M. Argentina, L. Mahadevan, Scaling macroscopic aquatic locomotion. Nature Physics 10, 758 (2014)

LABORATOIRE LAGRANGE-OBSERVATOIRE DE LA CÔTE D'AZUR

12 Modélisation de systèmes d'optique astronomique pour l'observation à haute résolution angulaire -N-

Responsable du stage : Marcel Carbillet
marcel.carbillet@unice.fr

Il s'agira tout d'abord pour les étudiants de se familiariser avec les bases de la modélisation numérique de systèmes d'optique astronomique pour l'observation à haute résolution angulaire, ce qui inclut une introduction à la turbulence atmosphérique et des rappels de formation d'image au foyer du télescope (optique de Fourier).

Ensuite, l'outil de simulation numérique de système d'optique astronomique CAOS (lagrange.oca.eu/caos) sera utilisé en vue d'une prise en main par les étudiants permettant, et c'est l'objet pratique du projet tuteuré, d'y plusieurs modifications en cours d'étude qui permettront d'une part une meilleure qualification des données simulées (qualification des images post-optique adaptative), et d'autre part de développer de nouvelles capacités de modélisation numérique de l'outil.

Un goût prononcé pour le développement informatique (programmation en IDL) et un intérêt certain pour l'astronomie optique et ses développements instrumentaux modernes (optique adaptative et coronagraphie pour la détection d'exoplanètes, etc.) sont sans aucun doute les bonnes motivations pouvant porter au choix de ce projet par les étudiants.

13 Mesure de la distribution de pression dans les amas de galaxies à l'aube de leur formation-E-N

Responsable du stage : Rémi Adam
remi.adam@oca.eu

Le modèle standard de la cosmologie décrit bien la formation et l'évolution des structures dans l'Univers globalement, mais il est limité dans le détail par de nombreux processus astrophysiques complexes. Ces derniers sont encore insuffisamment compris aujourd'hui, en particulier dans l'Univers lointain (c'est-à-dire jeune). Dans ce cadre, les amas de galaxies sont particulièrement intéressants puisqu'ils constituent les plus grandes structures découplées de l'expansion de l'Univers, se formant à partir de sous-amas plus petits lors de collisions violentes et par l'accrétion du milieu environnant. Ils sont donc à la fois des objets pertinents pour comprendre comment les structures s'assemblent en cosmologie et offrent des laboratoires astrophysiques à grande échelle. Les observations dans le domaine millimétrique (100–300 GHz) permettent de sonder directement la pression du gaz dans les amas de galaxies grâce à l'effet Sunyaev-Zel'dovich (SZ). Elles permettent ainsi de tracer la distribution de matière et de comprendre en détail comment se forment les amas. Contrairement aux autres méthodes d'observations, la brillance du signal SZ ne dépend pas de la distance des sources, ce qui permet en principe d'accéder à des objets arbitrairement lointain. Ce type d'observations apparaît donc particulièrement intéressant pour étudier la formation et l'évolution des amas y compris lorsqu'ils sont encore au stade de proto-amas. Nous proposons un stage pour des étudiant(e)s de Licence 3 portant sur la simulation de l'effet SZ dans les proto-amas de galaxies lointains. Dans un premier temps, les étudiant(e)s seront amené(e)s à se familiariser avec le modèle standard de la cosmologie et de la formation des structures. Afin de simuler le signal astrophysique attendu, ils/elles devront ensuite comprendre le principe de l'effet SZ et en particulier comment relier la distribution de pression du gaz dans les amas à la mesure physique attendue. Les cartes des proto-amas de galaxies obtenues seront finalement convoluées avec la réponse instrumentale d'observations typiques pour prédire si la cartographie de tels objets est possible en pratique.

CENTRE DE RECHERCHE EN HÉTÉRO-ÉPITAXIE ET SES APPLICATIONS

14 Propriétés physiques des surfaces de (Zn,Mg)O sous atmosphère contrôlée-E-

Responsable du stage : Maxime Hugues
mh@crhea.cnrs.fr

Lieu du stage: Crhea à Sophia-Antipolis

L'oxyde de zinc (ZnO) est un matériau largement utilisé sous différentes formes. Par exemple, sa capacité à absorber les rayons UV lui confère une place de choix dans la composition de très nombreuses crèmes solaires. D'autre part, le ZnO est utilisé dans la fabrication des pneumatiques afin d'accélérer le processus de vulcanisation du caoutchouc. En parallèle, les propriétés physiques intrinsèques de ce matériau et sa facilité d'élaboration sous forme de nanostructures en font un des semi-conducteurs les plus intéressants à étudier. La réalisation de capteurs de gaz est une des applications actuellement développées dans de nombreux laboratoires. En effet, la forte sensibilité de la surface du ZnO est souvent mise à profit pour la détection d'espèces gazeuses ou liquides. Le but de ce stage est d'étudier l'influence de la surface du ZnO et de l'alliage (Zn,Mg)O sur leurs propriétés optiques. Pour cela, les étudiants combineront microscopie à force atomique (caractérisation à l'échelle nanométrique) et mesures de luminescence sous atmosphère contrôlée. Après avoir déterminé l'influence de la composition en magnésium sur la sensibilité de la surface, les effets induits par différents traitements thermiques réalisés en salle blanche (procédés de fabrication des composants électroniques) seront étudiés de la même manière.

15 Effet Smith-Purcell sur une métasurface -E-

Responsable du stage : Patrice Genevêt
mh@crhea.cnrs.fr

Lieu du stage: Crhea à Sophia-Antipolis

Lorsque des électrons se déplacent parallèlement à un réseau périodique, ils produisent un rayonnement de lumière en champ lointain. Cet effet est connu sous le nom d'effet Smith-Purcell. Le sujet de ce stage consiste à utiliser cet effet Smith-Purcell pour générer de la lumière en interagissant avec des interfaces non pas périodiques mais ayant une réponse optique contrôlable à l'aide de nano-résonateurs optiques[1] (une métasurface). En effet, les récents progrès en optique permettent aujourd'hui de concevoir une nouvelle classe de matériaux ayant des propriétés optiques surprenantes[2,3]. Cette classe de matériaux, appelée métamatériaux et métasurfaces, permettent d'appréhender de nouveaux effets optiques (réfraction négative, généralisation des lois de la réflexion et réfraction, lentilles plates etc...) et de contrôler la lumière de façon exquise. Les étudiants devront calculer les paramètres physiques de l'interface optique et du gaz d'électrons que nous devons considérer pour pouvoir observer cet effet expérimentalement (voir figure 1). En fonction de leurs avancées théoriques, ils seront amenés à réaliser des expériences en laboratoire sur ce type de métasurfaces.

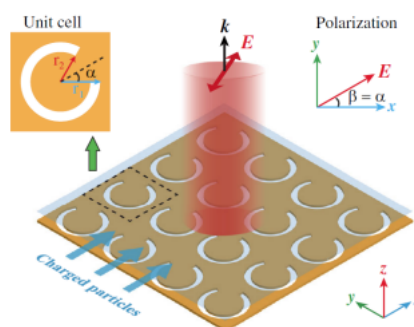


Figure 1: Schéma de l'émission Smith Purcell à partir d'une métasurface. Un faisceau de particules charges (ici des électrons) se propage parallèlement à la métasurface. Cette métasurface génère une radiation perpendiculairement à la surface. D'après [2].

Références

- [1] N. Yu, P. Genevet, M. A. Kats, F. Aieta, J. P. Tetienne, F. Capasso, and Z. Gaburro, *Science* 334, 333 (2011).
- [2] Z. Wang, K. Yao, M. Chen, H. Chen, and Y. Liu, *Physical Review Letters*, 117, 157401 (2016)
- [3] F. Aieta, M. A. Kats, P. Genevet, and F. Capasso, *Science* 347, 1342 (2015).