

Sujets proposés

Semaine de projet : lundi 27 au jeudi 30 janvier 2014

Rendez-vous de démarrage : lundi 27/01 à 9h**Lieu** Jussieu, service d'optique. Tour 32, couloir 32-22, 1^{er} étage
sauf projets marqués *Cachan* : Rendez-vous au département de physique à Cachan**Encadrants :** Vincent Dupuis, Marie-Anne Hervé du Penhoat, Olivier Pluchery, Pascale Bouruet-Aubertot, Agnès Huynh, Diep Lai-Ngoc, Soroush Abbasi, Jean-Philippe Tétienne, Géraud Delpont, Jean Cviklinski.**1. Relaxation d'anisotropie dans un ferrofluide**

Un ferrofluide est constitué de fines particules magnétiques en suspension stable dans un liquide. Chaque particule possède un moment magnétique permanent et se comporte donc comme un petit aimant, qui s'oriente sous l'effet d'un champ magnétique.

L'alignement de ces particules suivant le champ extérieur induit une biréfringence de la solution. Lorsque l'on coupe le champ, les particules reprennent une orientation aléatoire en tournant dans le fluide. Le niveau de biréfringence décroît exponentiellement, avec un temps de relaxation proportionnel à la viscosité de la solution.

La mesure de ce temps caractéristique conduit ainsi à une détermination de la viscosité du liquide qui porte les particules.

2. Etude et contrôle du chaos dans un système mécanique

Ce projet est basé sur un système mécanique très simple : une bille rebondissant sur un plateau oscillant. Il permet d'étudier la transition d'un régime périodique simple vers un régime chaotique par doublements de période, puis la nature même de ce régime chaotique (absence de périodicité, sensibilité aux conditions initiales...). Dans un deuxième temps on pourra aborder les techniques de contrôle du chaos. Le but du contrôle est de stabiliser une des orbites instables du système lorsqu'il est dans le régime chaotique, puis éventuellement d'effectuer des transitions entre différentes orbites pour diriger le système vers un but précis ("targetting").

3. Instabilités et chaos par chauffage localisé

Le but de l'expérience est l'étude des instabilités apparaissant lorsqu'on chauffe un fil fin maintenu au dessous de la surface libre d'un liquide. Ces instabilités peuvent se manifester par des ondes progressives le long du fil, se déstabilisant elles-mêmes pour conduire à un comportement chaotique. Cette expérience est une des expériences classiques dans l'étude du chaos dans les systèmes combinant thermique et hydrodynamique. Elle présente l'avantage d'avoir des temps de réponse assez rapides. Bien qu'elle ait été étudiée depuis un certain nombre d'années, quelques points restent mal compris ou inexpliqués.

4. Chauffage magnétique : application aux ferrofluides.

Il est bien connu qu'un métal s'échauffe en présence d'un champ magnétique alternatif suffisamment intense et à fréquence suffisamment élevée. Cette dissipation thermique (à la base d'applications comme les plaques ou les fours à induction) est généralement décrite en introduisant les courants induits (courants de Foucault) et en prenant en compte l'effet de peau. Les isolants peuvent également dissiper de la chaleur en présence d'un champ magnétique alternatif s'ils présentent de l'hystérésis magnétique (cas des matériaux ferro ou ferri-magnétiques). Dans ce cas, c'est le processus d'aimantation qui est irréversible et produit de la chaleur. Dans ce projet, nous aborderons ce problème du chauffage magnétique en construisant tout d'abord une source de champ magnétique radiofréquence puis nous étudierons le chauffage induit par le champ alternatif dans un ferrofluide constitué de nanoparticules ferrimagnétiques dispersées dans de l'eau.

5. Holographie

L'holographie est une méthode qui permet la reconstruction d'un front d'onde d'une onde électromagnétique, c'est-à-dire la réalisation de l'image en trois dimensions d'un objet quelconque à partir d'un enregistrement effectué sur une plaque photographique sans l'aide d'aucun objectif.

Au cours de ce projet, les étudiants réaliseront différents types d'hogrammes : hologrammes par réflexion sur des objets diffusants, hologramme de phase d'un objet par réflexion diffuse (procédé Lippmann), hologrammes d'objets transparents.

En plus de l'aspect « artistique », une part importante du travail sera consacrée aux applications de l'holographie :

- Réseaux holographiques.
- Interférométrie holographique
- Contrôle des surfaces...

6. Résonance plasmon de surface

La résonance plasmon est un phénomène électromagnétique qui attire fortement l'attention des chercheurs car il ouvre la porte à de nombreuses applications en physique, optique ou même biologie. Ainsi un domaine de la physique appelé Plasmonique est apparu il y a quelques années. Dans les métaux, les électrons de conduction forment un gaz d'électrons qui peut osciller en bloc (excitation collective) sous l'action d'une onde optique dans des conditions particulières. Dans ce cas, l'onde se propage à la surface du métal (épaisseur de peau) : c'est l'onde plasmon de surface.

Ce projet s'intéresse à la résonance de plasmon excitée dans un film d'or pour lequel ce phénomène est détectable dans le visible. A partir de mesures optiques précises, et de quelques calculs d'électromagnétisme, on pourra par exemple évaluer la constante diélectrique de l'or, puis explorer quelques *effets visuels* et propriétés physiques très importantes de la résonance de plasmon.

7. Capteur biochimique basé sur la résonance plasmon

Ce projet exploite l'une des propriétés de la résonance plasmon de surface (voir projet précédent) à savoir, le confinement de l'onde plasmon sur une épaisseur de 30nm environ à l'interface or-air. Il en résulte une extrême sensibilité à toute modification de la surface d'or. Cette sensibilité est telle que l'on peut détecter la formation d'une couche de molécules d'une épaisseur inférieure à 1 nm. L'objectif du projet est de réaliser le capteur optique basé sur la résonance de plasmon puis de l'utiliser pour suivre une cinétique d'accrochage (adsorption) d'un anticorps sur le film d'or.

8. Des nanoparticules d'or déposées sur un plan s'organisent-elles en réseau ?

L'or est l'un des premiers métaux découverts par l'homme. Cela fait donc quelques millénaires que l'on pensait bien connaître ses principales propriétés : pas de réactivité chimique, couleur jaune en réflexion. Cependant, à l'échelle de quelques nanomètres l'or acquiert des propriétés inattendues : par exemple des nanoparticules d'or d'une dizaine de nanomètres de diamètre ont une couleur violette, expliquée par le phénomène de résonance de plasmon.

Ce projet propose de synthétiser des nanoparticules d'or par voie chimique, puis de les déposer sur un substrat plan. Des mesures optiques précises, permettent alors d'analyser la modification de réflectivité du substrat induite par la présence des nanoparticules et d'en déduire des paramètres comme la densité de particules ou le type de réseau qu'elles forment sur la surface. En corrélant ces mesures avec une caractérisation par AFM (Microscopie à Force Atomique) on peut interpréter les résultats optiques par des modèles électromagnétiques basés sur l'approximation dipolaire. On pourra aussi évaluer comment la taille des nanoparticules permet de passer d'un régime dominé par l'absorption optique à un régime dominé par la diffusion optique.

9. Ecoulements géostrophiques

Les écoulements océaniques ou atmosphériques influencés par la rotation de la terre peuvent être reproduits en laboratoire à l'aide d'une table tournante sur laquelle est disposée une cuve remplie d'eau. Dans l'expérience un courant côtier est généré par ajustement géostrophique. L'objectif du projet est d'étudier l'établissement du courant géostrophique puis le développement éventuel d'instabilités. Une analyse quantitative est réalisée grâce à un logiciel de traitement d'images ce qui permet de caractériser les modes instables (longueur d'onde et taux de croissance). Ces expériences fourniront l'occasion d'aborder quelques notions fondamentales sur les écoulements en rotation : équilibre géostrophique et instabilité barocline.

10. Double diffusion

Nous nous intéresserons aux instabilités qui résultent de la présence dans un fluide de deux grandeurs ne diffusant pas à la même vitesse, dans le cas présent la chaleur et le sel. L'objectif de l'expérience est de caractériser les deux régimes d'instabilité, le régime convectif et le régime dit des « doigts de sel », en considérant un bloc de glace immergé dans une solution stratifiée en sel. Ces expériences fourniront également l'occasion de discuter de l'implication de ces phénomènes dans l'océan, sur la circulation à grande échelle et localement au sein des tourbillons d'eau Méditerranéenne et aux hautes latitudes.

11. Pincés optiques

[ce projet a lieu à Cachan]

Le piégeage optique utilise la lumière pour manipuler des objets micrométriques. En effet, si on focalise très fortement un faisceau laser, par exemple avec un objectif de microscope à grande ouverture numérique, les photons transfèrent une partie de leur quantité de mouvement à l'objet pour le piéger. On peut ainsi manipuler des particules micrométriques voire nanométriques, comme des virus, des bactéries et des cellules en biologie.

Le but de ce projet expérimental est de mettre au point une pince optique en utilisant le faisceau d'un laser He-Ne, et de l'utiliser pour piéger des billes diélectriques de taille micrométrique. Les étudiants devront monter le dispositif expérimental et optimiser les paramètres pour une meilleure efficacité de piégeage. Ils compareront l'effet du piège sur des billes de différents matériaux dispersées dans un liquide.

En fonction de l'avancement du projet, une méthode de calibration du piège basée sur l'étude du mouvement brownien de la bille piégée pourra être mise en œuvre.

12. Spectroscopie laser non linéaire d'un gaz de rubidium

[ce projet a lieu à Cachan]

Le but du projet est d'étudier la structure énergétique de l'atome de rubidium par spectroscopie laser. Des techniques non linéaires multi-photoniques seront mises en œuvre afin de s'affranchir de l'élargissement Doppler et d'observer la structure hyperfine. Au cours des expériences, l'effet Zeeman ainsi que les règles de sélection des transitions atomiques pourront être étudiés.

13. Etude d'un cristal photonique coaxial

[ce projet a lieu à Cachan]

A l'aide d'associations périodiques de câbles BNC d'impédances caractéristiques 50 ohms ou 75 ohms, on peut réaliser un système très analogue aux cristaux photoniques ou aux miroirs de Bragg, qui permet d'étudier simplement la propagation d'une onde dans un milieu périodique. Cette expérience permet notamment d'illustrer expérimentalement les concepts de relation de dispersion et de bandes interdites que l'on retrouve dans l'étude des semiconducteurs, à l'aide d'un montage expérimental simple. De plus, la structure réalisée permet d'étudier le phénomène de propagation supraluminique, correspondant à une vitesse de groupe de l'onde plus grande que la vitesse de la lumière.

14. Photoluminescence de boîtes quantiques et puits quantiques

[ce projet a lieu à Cachan]

La photoluminescence est une technique optique puissante pour caractériser les matériaux semi-conducteurs. Il s'agit d'observer le spectre d'émission du matériau, lorsque celui-ci est excité de façon monochromatique. Cette technique permet de mesurer le gap optique du semi-conducteur étudié et donne des informations sur les structures de bandes électroniques.

Les échantillons à caractériser sont des puits quantiques de type III-V et des boîtes quantiques II-VI à l'état de l'art, fabriqués par épitaxie par jets moléculaires dans des laboratoires du CNRS et du CEA : LPN (Laboratoire de Photonique et Nanostructures) Marcoussis, Institut Néel Grenoble, CRHEA (Centre de Recherche sur l'Hétéro-Epitaxie et ses Applications) Valbonne. Les boîtes quantiques, aussi appelées « quantum dots », sont actuellement étudiées dans le contexte des émetteurs de photon unique. Le confinement quantique inhérent à de tels matériaux a pour effet l'apparition de niveaux d'énergie discrets.

L'objectif de ce projet est d'observer la luminescence de différents échantillons. L'utilisation d'un cryostat à azote liquide permettra de réaliser ces mesures pour différentes températures (de 77 K à 293 K).

15. Quantification de la conductance dans une jonction atomique

[ce projet a lieu à Cachan]

Lorsqu'un fil métallique est affiné, sa conductance électrique décroît d'abord continument. Puis, pour de très petits diamètres, elle chute par sauts d'amplitude voisine de $G_0=2e^2/h$, révélant la nature quantique du transport électrique à cette échelle. Cette quantification se manifeste lorsque la section du fil n'est plus constituée que de quelques atomes. En affinant encore le fil, le contact électrique ne se fait plus qu'à travers un seul atome, et au-delà, cette jonction atomique se rompt.

Un tel contact électrique, à travers un ou quelques atomes seulement, sera obtenu par rupture contrôlée de jonctions (par flexion). La première étape du projet consiste donc à fabriquer ces jonctions à cassure, selon la technique décrite dans un article de référence.

Ces échantillons permettront ensuite d'observer et de caractériser la quantification de la conductance d'une jonction atomique d'or (métal monovalent), puis d'aluminium (métal trivalent).

16. Spectroscopie par corrélation de fluorescence

[ce projet a lieu à Cachan]

Résumé à venir.