

LP 203

Champ électrique et magnétique, induction

Objectifs :

- Savoir calculer le champ électrique créé par des distributions simples de charge.
- Savoir calculer le champ magnétique créé par des distributions simples de courant.
- Connaître et appliquer les théorèmes de Gauss et d'Ampère dans leurs formes intégrales et locales.
- Savoir utiliser les symétries des sources de champ et connaître les différences entre les propriétés des champs électriques et magnétiques.
- Savoir expliquer le phénomène d'induction électromagnétique.

Notions abordées :

- Loi de Coulomb, champ électrique \vec{E} , théorème de Gauss, symétrie.
- Potentiel.
- Energie électrostatique.
- Théorème de la divergence et de Stokes.
- Conducteurs en équilibre, continuité de E, condensateurs.
- Densité de courant, champ d'induction magnétique \vec{B} , loi de Biot et Savart, théorème d'Ampère, symétrie.
- Induction électromagnétique, force électromotrice.

LP203 très fortement couplé avec le LP215 !!!

Déroulement du semestre LP 203

6 ECTS : 60 heures CM (26 h) / TD (26 h) /TP (6 h)

	Nombre de semaines	Horaires hebdomadaires	Effectifs par groupe
Cours	13	2 h	90
TD	13	2 h	30
TP	2	3 h	14

- Présence aux T.P. **OBLIGATOIRE !**
- Présence aux T.D. **INDISPENSABLE !**
- Travail régulier : **FORTEMENT RECOMMANDÉ !**

Contrôle des connaissances

Une note sur 100 :

- Examen / 65
- C.C. / 20 épreuve en amphitheâtre : / 20
- T.P. / 15

Equipe enseignante du LP 203 (S3)

- Claire CARVALLO, MCF
Institut de Minéralogie de Physique des Milieux Condensés
FP2 : lundi / 10:45 - 12:45 couloir 55-65 salle 105
- Fabien GERBAL, MCF
Laboratoire Matière & Systèmes Complexes
FP3 : jeudi / 08:30 - 10:30 couloir 56-66 salle 207
- Hamid KOKABI, Pr
Laboratoire d'Electronique et Electromagnétisme
FP4 : jeudi / 10:45 - 12:45 couloir 55-65 salle 105
- Nicolas MENGUY, Pr
Institut de Minéralogie de Physique des Milieux Condensés
Campus Jussieu, Couloir 13/23 - 3e étage - Bureau 03
<http://www.impmc.jussieu.fr/~menguy/Cours.html>
SAKAÏ / LP203
CM : mardi / 10:45 - 12:45 Amphi 15

Scolarité du L2 :

- Marie-Bernadette POVIE

Appui à l'enseignement :

Bibliographie :

- Electromagnétisme *Chapitres 1-19.*
J. P. Pérez, R. Carles et R. Flickenger ,
Masson Sciences (Dunod)
- Les phénomènes électromagnétiques *Chap. 1-6, 14-22.*
P. Lorrain, D. R. Corson et F. Lorrain (Dunod)
- Les bases de l'électromagnétisme.
Cours et problèmes résolus
Michel Hulin , Jean-Pierre Maury
Dunod (collection Sciences sup)



Internet :

- Cours de J. Ferreira (Grenoble)
- Cours de C Châtelain (Nancy)
- Cours de J.M. Raimond (ENS)
- Cours en ligne de l'Université en ligne
<http://www.edu.upmc.fr/uel/physique/index.htm>
- Physique et simulations numériques – JJ Rousseau

<http://www.impmc.jussieu.fr/~menguy/Cours.html>

Palais de la Découverte :

- Expériences d'électrostatique
- Expériences de magnétisme

Institut de Minéralogie de Physique des Milieux Condensés

Unité Mixte de Recherche CNRS – UPMC – MNHN

> 100 chercheurs permanents

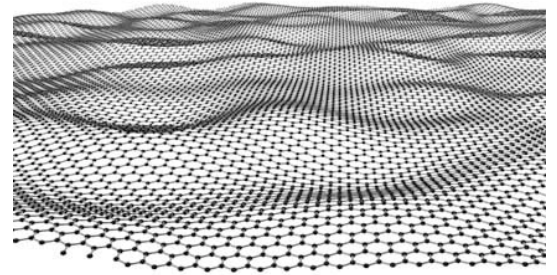
Physique du Solide

Propriétés électroniques des matériaux
expérimental, calcul *ab initio*

Propriétés magnétiques

Matière sous très haute pression

- nouveaux matériaux
- propriétés exotiques



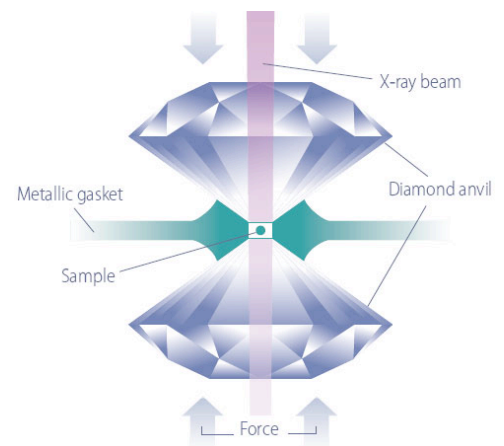
Minéralogie

Géophysique de l'intérieur de la Terre

Géomicrobiologie

Environnement

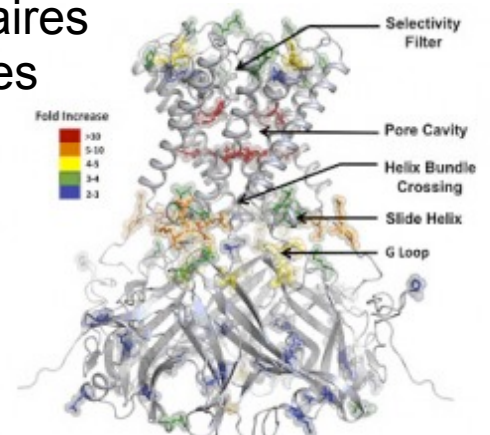
Cosmochimie (*Curiosity* sur Mars)



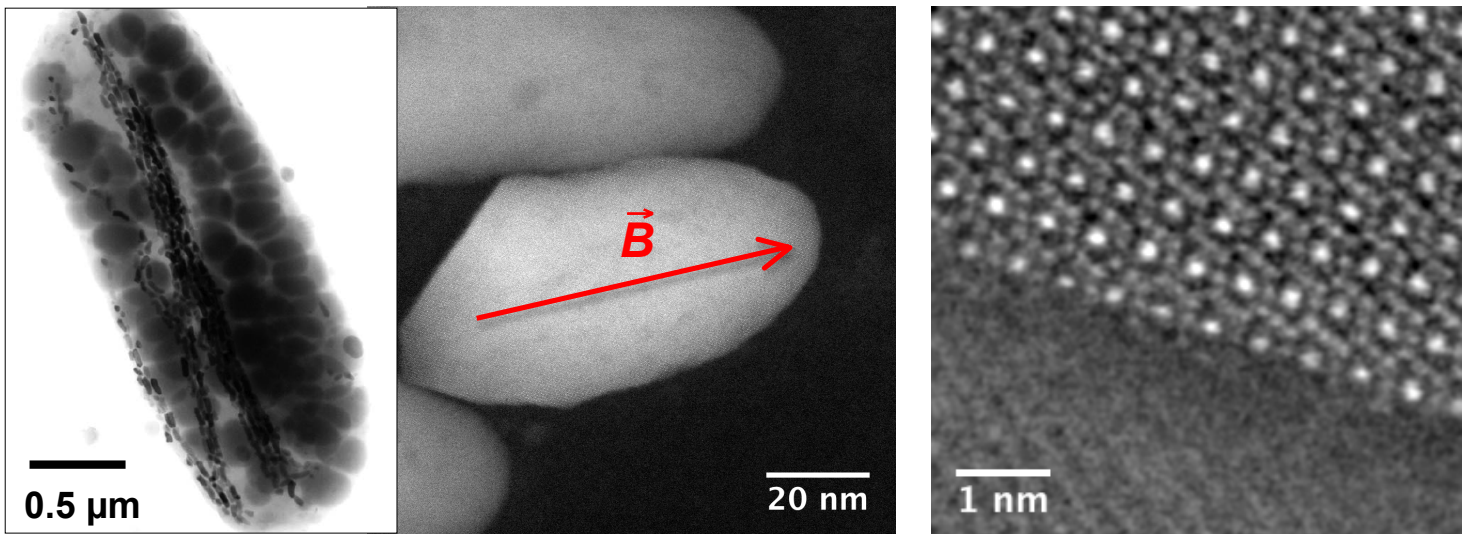
Biologie

Structure des protéines membranaires

Prédiction des structures protéiques
(bio-info)

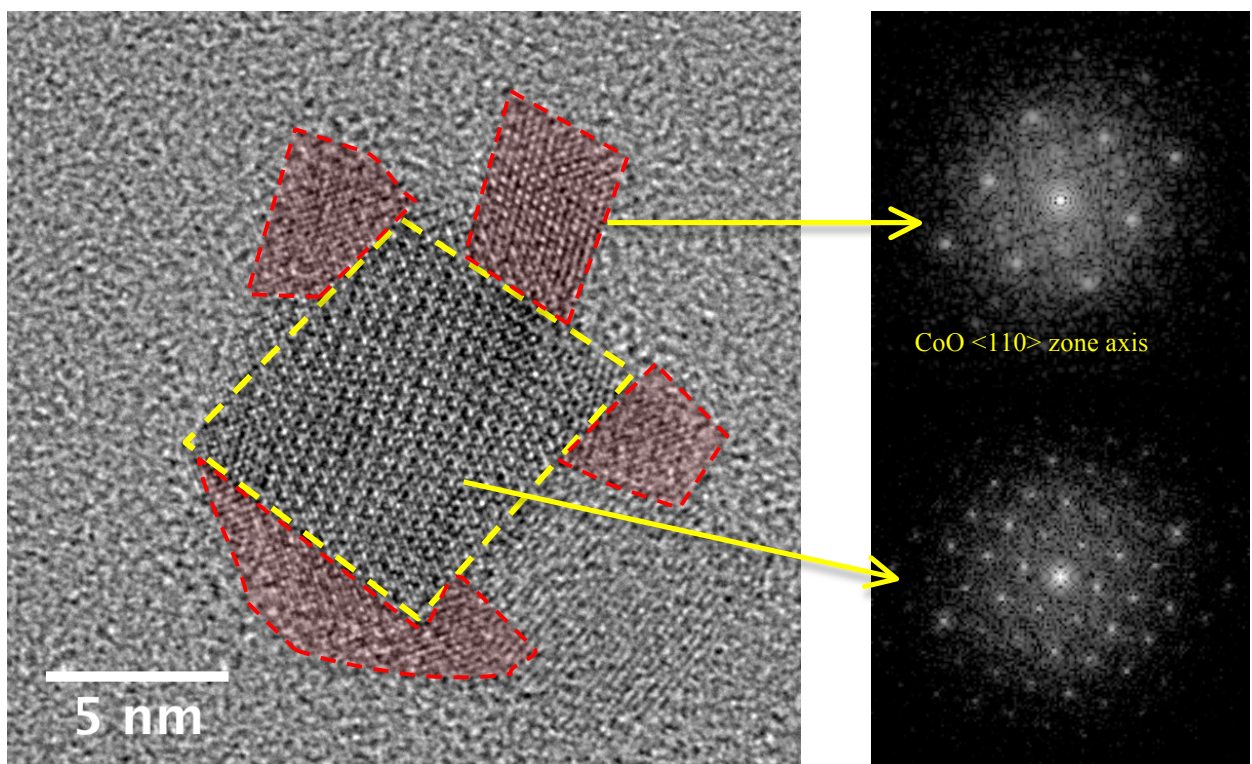


Biominéralisations de nano-oxydes par des bactéries



→ Propriétés magnétiques spécifiques

Relations structure-propriétés magnétiques de nano-oxydes



Méthodes expérimentales :

Microscopie électronique en transmission

Spectroscopie avec rayonnement synchrotron

SOLEIL (Saclay), ESRF (Grenoble), ALS (Berkeley)

0 INTRODUCTION

0.1 Rapide historique

Les phénomènes électriques et magnétiques sont connus depuis l'Antiquité :

- **électron** vient du mot grec signifiant "ambre", matériau qui donne lieu à des phénomènes électrostatiques quand on le frotte.
- **magnétisme** dérive du nom du minéral ayant des propriétés magnétiques, la magnétite (Fe_3O_4).
magnes = aimant

Les chinois ont utilisé des cristaux de magnétite pour concevoir des boussoles dès le 10^{ème} siècle.

L'étude des phénomènes électriques et magnétiques a démarré de manière significative vers la fin du 18^{ème} siècle et a connu des progrès considérables au cours du 19^{ème} siècle pour aboutir à la formulation des équations de Maxwell en 1865. Ces équations, qui sont des postulats, représentent une synthèse des différentes lois établies par les prédécesseurs (Gauss, Ampère, Faraday, ...).

Les bases de l'**électromagnétisme** étaient alors posées et ont abouti, entre autre, à la théorie de la Relativité (Einstein) et à la Mécanique Quantique.

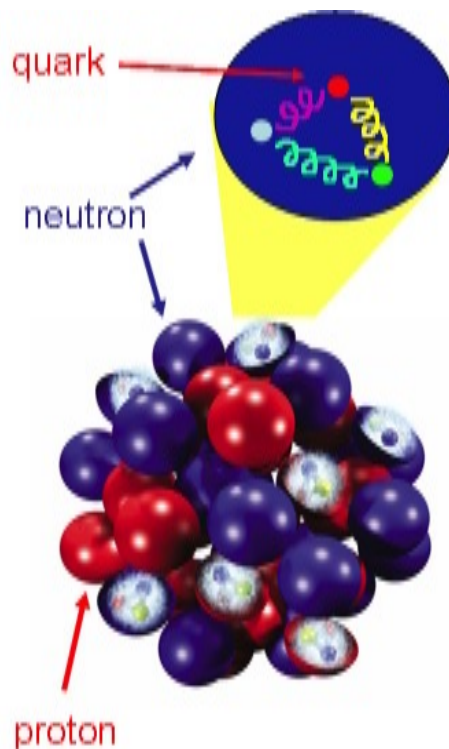
0.2 Interactions fondamentales

Tous les phénomènes physiques, chimiques ou biologiques connus peuvent être expliqués à l'aide de seulement 4 interactions fondamentales :

- **l'interaction gravitationnelle** s'exerce sur toute forme d'énergie et est proportionnelle à leur masse des particules (Newton, 1687)

- **l'interaction forte**

Cette force forte maintient les quarks ensemble pour former les baryons, tels que les protons ou les neutrons



Un effet dérivé de la force forte est responsable de la cohésion des nucléons (protons et neutrons) au sein du noyau de l'atome

- **l'interaction faible**

Elle agit sur toutes les particules et est responsable de la radioactivité beta (émission d' e^- et de e^+ par certains isotopes instables)

- **l'interaction électromagnétique (objet du cours !)**

L'interaction électromagnétique est une force répulsive ou attractive qui agit sur les objets ayant une charge électrique.

L'interaction électromagnétique permet aussi la cohésion électrons – noyau des atomes. Cette même liaison permet de combiner les atomes en molécules et l'interaction électromagnétique est donc responsable des réactions chimiques (lien avec la biologie).

Cette interaction est à l'origine des ondes électromagnétiques, parmi lesquelles on distingue la lumière, les ondes radio, les ondes radar, les rayons X...

À très haute énergie (> 90 Gev), les interactions faible et électromagnétique ne font plus qu'une : **interaction électro-faible** (Salam & Weinberg, 1967).

0.3 Notion de champ

La notion de champ **scalaire** ou **vectorel** est très utilisée en Physique car elle permet une description aisée des phénomènes :

- Mécanique : champ de pesanteur
- Mécanique des fluides : pression, vitesse, ...
- Électromagnétisme : champ électrique \vec{E}
potentiel scalaire V
champ d'induction magnétique \vec{B}
potentiel vecteur \vec{A}
 médiateur : photon
- Physique des particules : champ de Higgs (**BEHGGK**)
 médiateur : boson de Higgs

En LP203, nous utiliserons intensivement les notions :

- de vecteurs,
- de champs scalaire (potentiel) et vectoriels (\vec{E} et \vec{B}),
- de calcul intégral,
- de coordonnées cartésiennes, cylindriques, sphériques
- d'analyse vectorielle