

# THÉMATIQUES ABORDÉES DANS LES ANNALES D'AGRÉGATION DE PHYSIQUE

12 juin 2022

Berrit Nathan & Colombier Juliette

## Table des matières

<b>1</b>	<b>Sujet A</b>	<b>2</b>
1.1	Par thème . . . . .	2
1.2	Contenu par années . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Sujet C</b>	<b>6</b>
2.1	Par thème . . . . .	6
2.2	Contenu par années . . . . .	6

## Introduction

Le but du document est de répertorier grossièrement les thématiques abordées dans les sujets d'écrit d'agrégation depuis 2000. En les répertoriant avec des mots clefs, ça pourra aider à trouver des sources, des exemples d'application ou des valeurs numériques pour des leçons.

## 1 Sujet A

### 1.1 Par thème

Les dates soulignées indiquent que le thème en question est particulièrement présent dans le sujet.

- Ondes : 2001 - 2003 - 2004 - 2005 - 2007 - 2008 - 2009 - 2014
- Optique : 2000 - 2003 - 2005 - 2007 - 2014 - 2015 - 2016 - 2019 - 2020
- Electromagnétisme : 2000 - 2001 - 2003 - 2008 - 2011 - 2013 - 2016
- Electromagnétisme dans la matière : 2001 - 2002 - 2006 - 2007 - 2016 - 2020
- Mécanique quantique : 2001 - 2005 - 2011 - 2013
- Mécanique des fluides : 2004 - 2009 - 2010 - 2012 - 2014 - 2017 - 2018 - 2019
- Thermodynamique : 2002 - 2006 - 2010 - 2017 - 2019
- Physique statistique : 2001 - 2002 - 2006 - 2011 - 2017
- Physique du rayonnement : 2001 - 2011 - 2018
- Mécanique classique : 2010 - 2011 - 2013 - 2018 - 2019 - 2020
- Relativité : 2003

### 1.2 Contenu par années

#### 2000

- Michelson et Fentes d'Young
- Source lumineuse étendue, polychromatique
- Cas de la lumière blanche, de la lumière polarisée
- Expérience de Michelson-Morley

#### 2001

- Ondes électromagnétiques : approche ondulatoire puis corpusculaire (photons, pression de radiation)
- Collisions photon-matière (élastique puis inélastique)
- Magnétisme classique (Effet Zeeman) et résonance magnétique classique
- Expérience de Stern et Gerlach - paramagnétisme et RMP

#### 2002

- Transport et phénomènes de diffusion (marche aléatoire, modèle de Drude)
- Équation de diffusion (thermique et particulaire)
- Bilans entropiques (potentiel chimique, phénomènes osmotiques)

## 2003

- Électromagnétisme dans le vide - transformation des champs sous boost de Lorentz
- Rayonnement dipolaire - application aux antennes
- Diffusion d'une onde électromagnétique par un atome
- Propagation guidée d'ondes (fibre optique - réflexion totale - modes dans une fibre - dispersion)

## 2004

- Généralités sur les ondes (célérité, OPPH et impédance, CL, dispersion et absorption, guidage)
- Généralités MF (description eulérienne, pression, viscosité, capillarité)
- Ondes acoustiques (équation de propagation, conditions limites, filtrage, pavillon acoustique, effet Doppler)
- Ondes de gravité, capillaires et solitons.

## 2005

- Cohérence des ondes lumineuses
- Vitesse de groupe (interprétation interférentielle : approximation de la phase stationnaire, sillage des bateaux)
- Ondes en mécanique quantique : cohérence et confinement

## 2006

- Théorie cinétique des gaz
- Principes de la thermodynamique
- Énergie interne et capacité thermique d'un gaz diatomique
- Machines thermiques
- Système ouvert : premier principe industriel, Bernoulli, propulsion d'une fusée
- Refroidissement par détente de Joule-Thompson (cas d'un gaz de Van der Waals)
- Refroidissement par désaimantation adiabatique

## 2007

- Optique géométrique (généralités, fibre à saut puis à gradient d'indice)
- Propagation dans un milieu non isotrope : biréfringence
- Propagation dans un DHI non linéaire

## 2008

- Condensateur et solénoïde dans l'ARQS
- Généralités sur l'ARQS électrique et magnétique
- Câble coaxial : mode TEM, schéma électrique équivalent, pertes par effet de peau

## 2009

- Corde vibrante (mode propre, bilan énergétique, effet pesanteur, raideur)
- Déformation d'une membrane
- Tuyau sonore : guide d'onde, CL et impédance
- Modèle électrique du haut-parleur

## 2010

- Thermo-convection : instabilité de Rayleigh-Bénard
- Bifurcation en mécanique - portrait de phase (cf dynamique et chaos)

## 2011

- Absorption et rayonnement IR par des molécules simples (CO et CO<sub>2</sub>)
- Modèles mécaniques simples, effets de rotation / vibration
- Modèle du corps noir, coefficient d'Einstein, Loi de Planck
- Effet de Serre - bilans radiatifs

## 2012

- Description des fluides : généralités et interprétation physique
- Écoulement parfait incompressible (circulation, aile d'avion, paradoxe de D'Alembert)
- Théorie de trainée et couche limite : modèle de Stokes, épaisseur de diffusion, finesse aérodynamique

## 2013

- Équations de Maxwell - vecteur de Poynting - OPPH - polarisation
- Transfert de quantité de mouvement, de moment cinétique
- Pression de radiation - interprétation corpusculaire
- Rayonnement dipolaire, force d'Abraham-Lorentz
- Effet photoélectrique, Effet Compton, détecteur photoélectrique

## 2014

- Ondes électromagnétiques dans l'océan
- Ondes sonores dans un fluide homogène
- Cas du sonar : onde sphérique, source rectangulaire (Huygens-Fresnel)
- Propagation en milieu non homogène : équation Eikonale.

## 2015

- Microscope dans le cadre de l'optique géométrique
- Pouvoir de séparation - diffraction de Fraunhofer, Fresnel
- Microscopie par effet tunnel

## 2016

- Lumière et polarisation
- Milieu optiquement actif, polarisation rotatoire
- Biréfringence d'un milieu chiral
- Interféromètre de Mach-Zender

## 2017

- Diffusion de la chaleur (loi de Fourier, applications)
- Diffusion de quantité de mouvement - viscosimètre de couette
- Diffusion de matière (loi de Fick, évaporation, mouvement Brownien)

## 2018

- Généralités sur les étoiles (problème de Kepler - référentiel galiléen)
- Méca flu d'un gaz parfait monoatomique - bilan de masse et de moment cinétique
- Bilan thermique par radiations isotropes
- Déviation d'un objet par un astre attracteur

## 2019

- Oscillateur harmonique et anharmonique
- Surfusion
- Instabilité paramétrique (pendule à longueur variable)
- Bistabilité optique (comparateur à hystérésis, Fabry Pérot , Mach-Zehnder)
- Instabilité de Rayleigh-Bénard

## 2020

- Modèle électro mécanique du quartz
- Condensateur - milieu diélectrique - piézoélectricité
- Oscillateur à résistance négative (Ajout RLC), Oscillateur à quartz
- Diffraction de Fraunhofer - télescope
- Loi de Malus et optique adaptative

## 2021

Sujet basé sur la Terre.

- Sphéricité de la Terre
- Le poids
- Définition d'une géoïde et altimétrie radio
- Mesure de gravité : gravimétrie (gravimètre interférométrique et gravimètre relatif supraconducteur)

## 2 Sujet C

### 2.1 Par thème

Les dates soulignées indiquent que le thème en question est particulièrement présent dans le sujet.

- Ondes : 2000
- Optique : 2001 -
- Electromagnétisme :
- Electromagnétisme dans la matière :
- Mécanique quantique : 2000
- Mécanique des fluides :
- Thermodynamique : 2000
- Physique statistique : 2000 - 2002
- Physique du rayonnement :
- Mécanique classique : 2000 - 2001 - 2002
- Relativité :

### 2.2 Contenu par années

#### 2000

Sujet sur les polymères

- Dimension fractale, valeur moyenne quadratique.
- Statistique de conformation d'une chaîne, équation de diffusion.
- Confinement dans une boîte, analogie avec l'équation de Schrödinger.
- Marche aléatoire, fonction d'état.
- Diffraction de neutron sur une chaîne de polymère.
- Dynamique d'une chaîne de polymère.

#### 2001

Détection d'ondes gravitationnelles par interférométrie

- Interféromètre de Michelson, interférences au passage d'une onde gravitationnelle.
- Amélioration de la sensibilité du michelson en ajoutant une cavité Fabry-Pérot.
- Isolation sismique du système avec des isolateurs mécaniques.
- Cavité laser.

#### 2002

Ce sujet porte sur l'étude de l'ADN.

- Marche aléatoire
- Mesure de force avec un micro-levier (phy stat, module d'Young, élasticité)
- Piège optique d'une bille dans le faisceau d'un laser (électromag dans la matière, polarisabilité et force subie, puis faisceaux gaussiens, calcul de waist et angle d'ouverture).
- Mesure de force avec un piège optique.

## 2003

Ce sujet porte sur les exoplanètes. Chaque thème est abordé en peu de question et ça fait des bons exemples d'application avec des valeurs numériques. Bon sujet pour une leçon.

- Problème à deux corps, lois de Kepler
- Détection de planètes en observant l'absorption du rayonnement émis par l'étoile. Bilan radiatif, on compare les longueurs d'onde d'émission entre planète et étoile.
- Détection indirecte via le déplacement de l'étoile provoqué par la planète (calcul de masse réduite). Limite à cause de la résolution spatiale des télescopes.
- Détection de planètes via la vitesse de l'étoile. Effet Doppler. Limitation de la méthode à cause de : effet doppler stellaire, résolution du spectrographe (pouvoir de résolution, critère de Rayleigh)
- Transit des planètes devant l'étoile
- Propriétés des exoplanètes détectées

## 2004

Sur les conducteurs quantiques

- Conductivité d'un gaz quantique d'électrons à 2 dimensions.
- Sujet un peu trop compliqué pour être abordé en leçon je pense.

## 2005

Sur les interactions/forces de Van der Waals

- Thermo stat, équation d'état de Van der Waals. A partir des interactions de Van der Waals, on retrouve l'équation d'état d'un gaz de Van der Waals.
- Forces surfacique issue de l'interaction : constante de Hamaker
- Interaction de Van der Waals entre deux plan.
- On mesure les constantes liées aux interactions de Van der Waals avec un Appareil à Force de Surface.

## 2006

Condensation de Bose-Einstein dans un piège harmonique. Un bon sujet avec pas trop de question, exploitable pour une leçon.

- Ralentissement d'atomes par laser : calcul de la force de radiation subie, ralentissement créé par un laser par effet Doppler, ord et valeurs numériques. On traite ça en aspect ondulatoire. On calcule la température minimale atteinte.
- Piégeage d'atomes neutres à l'aide d'un champ magnétique.
- Condensation de Bose-Einstein. Energie interne, capacité thermiques, AN sur les températures critiques

## 2007

Electromagnétisme dans les plasmas du système solaires. Globalement sujet trop compliqué pour être exploité en leçon.

- Valeurs numériques sur les champs magnétiques à la surface des planètes du système solaire.
- MHD avec un champ magnétique dans un plasma. Loi d'Ohm généralisée associée.

## 2008

Nanomagnétisme et sonde à effet Hall

- Mouvement d'une particule chargée dans un champ électromagnétique. Changement de référentiel galiléen pour transformer les champs  $E$  et  $B$ .
- Quelques développements sur la sonde à effet Hall : loi d'ohm dedans, tension de Hall, AN sur la sensibilité du capteur.
- Bruit de mesure : densité spectrale d'un bruit, fluctuations de la vitesse des électrons dans un conducteur, bruit de Johnson Nyquist dans une résistance.
- Champ magnétique créé par la matière aimantée
- Mesure d'aimantation : Résonance paramagnétique électronique (précession de Larmor, méthode de mesure et résultats expérimentaux).

## 2009

Couplage fort entre deux oscillateurs

- Circuits électriques couplés linéairement : inductance mutuelle, modes propres, résonances
- Couplage fort lumière-matière en cavité : interféromètre de Fabry-Pérot + milieux avec une résonance. On parle de dispersion, d'absorption...
- Couplage entre deux états quantiques : justifie l'élargissement spectral des transitions atomiques.

## 2010

description de l'atome d'hydrogène.

- Problème de Kepler et modèle de Bohr. Résolution à l'aide de Runge-Lenz, théorème du viriel.
- Effets perturbatifs du mouvement de Kepler : ajout d'un champ électromagnétique. Modification des états de Rydberg. Émission spontanée : rayonnement dipolaire, Abraham-Lorentz.
- Description quantique de l'atome d'hydrogène : problème de Kepler, fluctuations du moment cinétique et états quasi-classiques.

## 2011

Quelques aspects de la nanophotonique

- Propriétés des matériaux : modèle de Drude et conductivité.
- Cas des plasmons : électromagnétisme, analogie hydrodynamique et plasmons de volume, cas des plasmons de surface.
- Rayonnement électromagnétique en champ proche et limite de résolution.
- Propriétés des nanoparticules (polarisabilité, résonance de plasmons de surface, application à la couleur des vitraux ainsi qu'à la thérapie contre le cancer).
- Rayonnement thermique en champ proche (corps noir : fonction de partition et densité spectrale d'énergie).
- Description semi-classique des électrons (théorème d'Ehrenfest, théorème de Bloch et première zone de Brillouin).



## 2012

Instabilités statiques et dynamiques des fluides. Influence de la tension superficielle

- Tension superficielle (loi de Laplace, rayon de courbure).
- Écoulement dans une cellule de Hele-Shaw (résolution de l'équation de Stokes, cas d'une cellule «fine» puis cas général).
- Instabilité de Saffman-Taylor (écoulement de deux fluides de viscosités différentes, étude perturbative, nombre capillaire).
- Ferrofluide (paramagnétisme de Langevin, magnéton de Bohr et facteur de Landé). Instabilité magnéto-hydrostatique de ferrofluide

## 2013

Électro-osmose : principe et applications : pas génial

- Surface chargée en solution aqueuse (longueurs de Bjerrum, Gouy et Debye, potentiel électrostatique dans la solution).
- Phénomènes de transport au voisinage d'une surface chargée (écoulement électro-osmotique, comparaison à l'écoulement de Poiseuille).
- Conversion d'énergie (analogie électrocinétique, rendement).

## 2014

Optique atomique guidée

- Modèle semi-classique de polarisabilité (modèle de l'électron classiquement lié).
- Miroir de Bragg et diffraction de Bragg (diffusion sur un cristal, miroir de Bragg, OEM dans un diélectrique - utilisation de matrices de propagation)
- Phénomènes de diffusion (puis quantique simple, puits de potentiel sinusoïdaux, réseau optique).
- Guidage d'ondes de matière (Gaz de Bose dans un potentiel harmonique isotrope, cas d'un confinement anisotrope, cas d'un gaz de Boltzmann )
- 

## 2015

Nano-résonateur électro-mécanique

- Rappels sur l'OH amorti (puissance moyenne reçue).
- Étude mécanique du résonateur (ODG des édifices moléculaires, modes propres de vibration (modes de tension - corde de melde, modes de flexion - MMC barreau soumis à son poids)). Sujet sur l'élasticité/équation des poutres
- Excitation des vibrations, condensateur particulier.
- Détection électrique des vibrations (niveau de Fermi, semi conducteur dopé P et N, schémas électriques équivalents, transistor).
- Résonance mécanique, phénomènes dissipatifs et application à la mesure de masses

## 2016

Méthodes variationnelles et symétries. Peut servir pour trouver des exemples et applications du principe variationnel. Un bon sujet à exploiter.

- Introduction aux méthodes variationnelles (Principe de Fermat, fibre à gradient d'indice et analogie mécanique).
- Equations d'Euler Lagrange, formulation Hamiltonienne et lois de conservation.
- Électromagnétisme et méthodes variationnelles (condensateur, cas classique, formulation variationnelle de l'équation de Poisson, lagrangien de Schwartzschild).
- Symétrie de jauge en mécanique quantique, (résolution de Schrödinger et changement de jauge).
- Brisure spontanée de symétrie (analogie mécanique, exposants critiques, développement de Landau).
- Théorie de Ginzburg-Landau de la supraconductivité (généralités, approche de London et London, longueur de pénétration du champ magnétique, thermodynamique des supraconducteurs homogènes, théorie de Ginzburg-Landau : supra homogènes puis supra inhomogène sous champ magnétique : mécanisme d'Anderson).

## 2017

Sujet sur les GPS, avec des calculs d'odg. Peut servir !

- ODG en physique stellaire.
- Problème de Kepler (orbite d'un satellite).
- Déplacement de fréquence par effet doppler : effet classique puis effets relativistes.
- Horloge atomique (description quantique).
- Effets de l'atmosphère (ionosphère : plasma - indice de réfraction, troposphère - gaz diélectrique).

## 2018

Adsorption de molécules de cristaux liquides sur des surfaces métalliques

- Structure de l'Au(111) ( description cristalline, modélisation du potentiel d'interaction 1d (Frenkel-Kontorova), conditions de stabilité des motifs, approximation continue, énergie de dislocation).
- Interactions de Van der Waals (énergie d'ionisation de l'atome d'hydrogène, potentiel créé par un dipôle électrostatique, interactions entre deux dipôles fixes, interaction dipôle permanent - dipôle induit, interaction dipôle induit-dipôle induit).
- Adsorption de particules à la surface du substrat d'or (thermodynamique - potentiels chimiques)

## 2019

Micromagnétisme. Le jolidon vert peut aussi expliquer des choses.

- Magnétostatique dans la matière aimantée : champ créé par une plaque aimantée.
- Aspects énergétiques du micromagnétisme, application aux domaines de Weiss (origine microscopique des domaines de Weiss). Calculs en odg des longueurs caractéristiques du domaine de Weiss.
- Application aux disques durs magnétique.
- 
-

## 2020

Moteurs moléculaires biologiques et matière active

- Dynamique d'une particule dans un fluide visqueux : frottements fluides, correction des effets de bord.
- Détermination d'une viscosité  $\eta$  avec le viscosimètre à bille : étude détaillée.
- Dynamique du mouvement Brownien, équation de Langevin, étude numérique.
- Moteur brownien.

## 2021

Ondes linéaires de déplétion et d'élévation.

- Ondes gravito-capillaires : équations, étude énergétique, relation de dispersion. Etude expérimentale de la vitesse de phase et de groupe.
- Dispersion dans un paquet d'onde, DL1 de la relation de dispersion
- Solitons : équation pour les ondes gravito-capillaires.