

PV du CENS du 24 février 2012

Présents : Guillaume Blanc, Imane Boucenna, Maximilien Cazayous, Caroline Derec, Yann Gallais, Sylvie Hénon, Cécile de Hosson, Loïc Lanco, Charlotte Py, Cécile Roucelle, Gérard Rousset, Véronique Van Elewyck, Julien Browaey, Paolo Galatola, Jean Pierre Gazeau, Yann Girard, Giuseppe Leo, Daniele Steer

Procurations : Julien Browaey représente Tristan Beau, Véronique Van Elewyck représente Matthias Gonzalez et Daniele Steer à partir de 12h00.

Invités :

- 1) Approbation du PV du 20 janvier 2012

Le PV est adopté à l'unanimité.

- 2) Répartition des crédits pédagogiques

Maximilien Cazayous présente le budget de l'UFR de Physique (cf. Annexe 1).

La 1^{ère} ligne représente le prélèvement de 12% réalisé par l'UFR sur la dotation des labos et 3% sur les PPF. Le CUFR a décidé d'affecter cette somme au paiement des stagiaires de M1 en priorité puis de M2. Pour ce faire, il va verser aux laboratoires une somme proportionnelle aux nombres de doctorants dans ces laboratoires inscrits actuellement à P7.

La 2^{ème} ligne représente le montant du BQR donné par l'université et que le CSUFR a la mission de répartir.

Le montant dévolu aux crédits pédagogiques (petit équipement et fonctionnement) que le CENS doit répartir pour les L3, M1 et M2 s'élève à 54000k€ au total. Il est rappelé que l'université ne fera pas d'appel d'offre cette année pour l'équipement pédagogique.

Ce tableau contient ensuite les lignes relatives aux sources de financement des formations professionnelles provenant des contrats en alternance, des subventions de la région suite aux contrats en alternance, des dons des entreprises, du paiement des formations par les entreprises suite aux contrats en alternance ... Les sommes pour les CAPES et l'agrégation proviennent du rectorat. Les sommes pour les ED proviennent du bureau des ED.

Courant 2011, le CENS a envoyé aux services centraux les heures que l'UFR a données au titre des décharges administratives (PCC) soit 900 hTD. L'UFR a, à ce titre, bénéficié en 2012 de 20000 euros pour ces décharges administratives (soit 490 hTD, 1hTD=41euros). En 2012, 1600 heures ont été identifiées comme relevant de la grille des décharges élaborée par l'université. Les prochaines navettes avec les services centraux doivent permettre de faire reconnaître ces heures et d'éventuellement augmenter leur compensation financière.

Les délégations CNRS représentent une compensation de 57021 euros. Seule cette compensation peut être convertie en fonctionnement ou équipement.

L'UFR a réussi en 2012 à récupérer au niveau de l'université une partie de la compensation financière des délégations IUF. En effet, 13 enseignants chercheurs sont actuellement à l'IUF

ce qui représente 1664 hTD. L'université ne versait pas pour l'instant de compensation pour ces heures perdues par l'UFR de physique alors que dans le même temps elle percevait cette compensation financière de la part de l'IUF.

A la suite des protestations de l'UFR, l'université a décidé de verser la compensation pour les membres nommés depuis 2009 soit 9 personnes (1152hTD). Sur cette somme, elle a décidé de prélever 13% pour le BQR. Au bilan l'université a versé 43065 euros (1050 hTD).

L'objectif du conseil d'UFR est d'encourager les chercheurs qui le souhaitent à participer aux enseignements de Physique et d'utiliser ces sommes afin de les rémunérer.

La somme totale des demandes en crédits pédagogiques s'élève à 75 578 euros pour un montant à distribuer de 54 000 euros.

Toutes les demandes sont apparues raisonnables.

Seules 2 demandes dépassent les autres demandes, situées entre 400 et 5000 euros. La demande du M2 A&A (10500) et la demande du M2 NPAC (7000). Le CENS a décidé de ne financer que la sortie pédagogique du M2 A&A (8000 euros) comme en 2011 et a proposé de ne financer la demande du M2 NPAC qu'à hauteur de 5000 euros (la dotation était de 800euros en 2011).

Le montant des demandes a été ainsi ramené à 71078 euros. La Licence Pro TPE et le Master Pro\Rech IPE ont souhaité redistribuer une partie de leurs ressources propres et apporter ainsi le complément soit 17078 euros.

La répartition des crédits pédagogiques (petit équipement et fonctionnement) est votée à l'unanimité (cf. Annexe 2).

3) Motion concernant l'avenir du Département des Sciences Exactes

Les directeurs dont les UFRs participent au Département des Sciences Exactes (DSE) doivent débattre de l'avenir de cette structure lors d'une réunion programmée le 7 mars 2012.

Giuseppe Leo souhaite mentionner que les relations entre l'EIDD, la CPEI et le DSE seront débattus en séance extraordinaire (CENS et CUFR) le 29 février 2012.

Maximilien Cazayous propose le vote d'une motion de soutien au département SE, dont il détaille l'esprit. Il s'agit d'apporter un soutien non aux personnes mais à la structure dont les services assurent l'organisation des premières années universitaires, la qualité de l'accueil et de l'orientation des étudiants, la mutualisation des ressources entre composantes.

De nombreux membres du CENS rappellent les nombreux services que rend cette structure à la communauté universitaire.

Jean Pierre Gazeau souligne l'importance de ne pas cloisonner les disciplines et d'éviter l'émiettement des enseignements. Une phrase est ajoutée en ce sens dans la motion.

Il est rappelé également que cette structure, émanation des composantes, doit mettre en œuvre les choix pédagogiques des composantes avec des statuts correspondants. Une phrase est ajoutée en ce sens dans la motion.

La motion est adoptée à l'unanimité (cf. Annexe 3).

4) Discussions et finalisation du contenu des modules de la maquette de Licence

Caroline Derec nous présente le résultat du groupe de travail sur la maquette de Licence.

Par rapport à la version de la maquette adoptée lors du CENS du 20 janvier 2012,

- le nom de certaines UE a été modifié : Optique géométrique a été remplacée par Physique de la lumière, Simulations de dynamique moléculaire par Simulations : de la mécanique à la physique statistique, Physique moderne par Physique Contemporaine.
- les UE de Math et de Physique ont été numérotées.

Après une description du contenu de chaque UE, les points encore en discussion sont repris un par un :

- l'UE Mécanique classique 1 en S1 semble trop légère en contenu par rapport au nombre d'ECTS en comparaison de la mécanique classique 2 en S2. Afin de rééquilibrer les 2 modules, il est proposé de traiter en S1 le principe fondamental de la dynamique dans le plan en coordonnées cartésiennes. Véronique Van Elewyck souligne que cette solution ne lui paraît pas cohérente. En effet, sans cautionner le traitement scalaire de Mécanique classique 1 en S1, elle ne comprend pas cette introduction 2D et donc vectorielle dans ce module. Pourquoi ne pas alors utiliser dès le départ les vecteurs ? Julien Browaeyns souligne qu'il s'agit d'un concept difficile compte tenu du bagage des étudiant à la sortie du bac et que l'objectif de cet ajout est de justement préparer les étudiants à l'emploi des vecteurs en physique après avoir traité de façon simple le PFD à 1D. Le conseil valide la proposition initiale.
- L'hydrostatique en Physique 2 S2 doit-elle traiter la relation de Bernoulli ? Julien Browaeyns rappelle la position de Bruno Andreotti consistant à dire que l'approche de Bernoulli est fautive et qu'il faut traiter de tels problèmes proprement en hydrodynamique en M1. Le CENS s'était précédemment rendu à cet avis. Bernoulli ne sera donc pas traité. Loïc Lanco propose de fixer la durée dédiée à l'hydrostatique. Sylvie Hénon indique qu'elle traite actuellement l'hydrostatique en S1 en 3 amphis de 2h. Le conseil valide une durée de 2 semaines (soit 4 cours de 2h) pour traiter l'hydrostatique.
- En mécanique classique 2 de S2 doit-on traiter la pseudo-force de Coriolis, les calculs sur les trajectoires elliptiques des planètes, et le problème à 2 corps ? Concernant l'utilisation des lois de Kepler, seule l'approche énergétique sera traitée, on ne résoudra pas les trajectoires elliptiques en coordonnées polaires. Plusieurs membres soulignent l'importance de traiter la force de Coriolis mais sur un exemple simple comme le manège (2D) et de ne pas traiter par le calcul un exemple 3D comme pour la Terre. Véronique Van Elewyck souligne l'importance de traiter le problème à 2 corps puisqu'il sert à illustrer les chapitres précédents du cours. Le problème à 2 corps est maintenu au programme.
- Il faut choisir 3 TP pour illustrer le cours Physique 2 (hydrostatique et mécanique 2) parmi : Principe d'Archimède, Boule de billard sur un rail (moment d'inertie), Rebonds d'une bille lâchée sans vitesse initiale, Chute d'une bille dans un liquide visqueux, Vidange d'une cuve, Pendule simple : oscillations libres amorties. Le conseil choisit

principe d'Archimède, rebonds d'une bille lâchée sans vitesse initiale et pendule simple: oscillations libres amorties.

- Au cours de physique en lumière (Physique 3 S3), Loïc Lanco propose d'ajouter une introduction au rayonnement thermique : origine, puissance, gamme spectrale, propriétés optiques des matériaux dans le visible et l'infrarouge, applications quotidiennes afin de préparer à la partie sur flux et lois de conservation. Cette proposition est adoptée.
- Le contenu de l'UE Electromagnétisme en régime quasi statique est abordée (S3). Julien Browaeyns souhaiterait voir traitée l'électrostatique via le potentiel et non via le champ. Yann Girard indique que le potentiel est un concept abstrait difficile à saisir contrairement au champ. Le conseil conserve la démarche via le champ. Julien Browaeyns souligne l'important des phénomènes d'induction qui, s'ils ne sont qu'introduits dans ce cours, ne seront pas vus ailleurs. Maximilien Cazayous insiste sur le fait que le théorème de Gauss et le calcul de la capacité d'un condensateur ne doivent pas être traités dans tous les cas possibles et imaginables comme c'est souvent le cas (plan, sphère, sphère creuse, sphère $\frac{1}{2}$ creuse...). Il est convenu de ne pas traiter tous ces types d'exemples, de réduire la partie champ électrique à 3 semaines, la partie magnétostatique à 3 semaines et de porter la partie induction de 1 à 3 semaines.
- Dans le module d'électrocinétique (S4), Giuseppe Leo souhaiterait que l'AO soit traité afin de mutualiser ce cours avec la CPEI. Le temps dévolu à cette UE ne permet pas de traiter l'AO mais il est possible de mutualiser ce cours et d'offrir 2 cours supplémentaires aux étudiants de la CPEI pour traiter l'AO.
- Dans le module Ondes et Vibrations (S4), le conseil se propose de supprimer les ondes de surface sur un liquide et l'introduction à l'acoustique non linéaire mais de garder une introduction à l'analyse de Fourier via l'analyse d'un spectre musical en TP.
- Dans la partie Algorithmique et programmation de l'UE Physique Numérique (S4) entre
 - 1 TP sur les bases de statistiques (notions d'estimateurs ddp, fdr, histo...) et construction de générateurs aléatoires. Introduction aux méthodes Monte Carlo. Exemple du calcul intégral et
 - un TP sur l'introduction à la résolution d'une équation aux dérivées partielle : le transfert de chaleur: principe, exemple l'équation de la chaleur, condition de courant, méthodes explicites et implicites, équation de transfert de la chaleur, le conseil choisit la première proposition, au regard d'autres TP qui traitent déjà de la proposition 2.
- En Mathématique 4, le conseil enlève Coniques et quadriques au profit des Séries de Fourier.
- Dans l'UE de S5 approche Lagrangienne et relativité restreinte Daniele Steer s'inquiète du volume horaire qui lui semble faible pour traiter le programme. Le volume actuel pour le même programme étant identique au volume proposé dans la maquette, les doutes sont levés.
- Le stage en fin de L3 se déroulera sur 5 semaines. Le conseil explicite le contenu du stage qui doit être un stage mettant en jeu de la physique.

La maquette 2014-2018 actualisée et contenant le descriptif détaillé des contenus de la Licence est adoptée à l'unanimité (cf. Annexe 4).

5) Point d'information sur un éventuel département TPU

Suite à l'obtention des labex, de l'idex et à la future formation de l'université unique Sorbonne Paris Cité consécutive à la formation du PRES du même nom, Maximilien Cazayous présente l'idée de création d'un nouveau département scientifique intitulé Terre Planètes Univers par plusieurs laboratoires actuellement membres de l'UFR de Physique et d'autres laboratoires du PRES. Les autres laboratoires constituant l'UFR de Physique se constituant en département scientifique de Physique.

Un tel projet remet en cause l'idée, consécutive à notre présence sur le site PRG, de réunir en un lieu commun et dans des structures scientifiques et pédagogiques communes l'ensemble des physiciens de l'université sans que, pour l'instant, les finalités d'un tel projet n'apparaissent claires et justifiées.

Les conséquences de la scission de la communauté des physiciens sur la recherche et les projets scientifiques de tous les laboratoires et équipes de l'UFR de Physique ainsi que les conséquences sur l'enseignement sont évoquées.

Pas de questions diverses

La séance est levée à 13h00.

Annexe 1

Budget prévisionnel 2012 UFR de Physique

	Prélèvement 12% budget labos + 3% PPF	Dotation P7	Taxe d'apprentissage	Formation Continue	Dons entreprises
Pilotage recherche	107736				
BQR		69358			
L3		18000			
M1		18000			
M2		18000			
LPro Biophotonique			700	32846	
LPro Analyse Matériaux				41172	
LPro IPE			15000	10200	
Formation continue Master Energie				20400	90000
Formation continue A. Ponton				6560	
Formation continue ISUPFERE				44235	
CAPES AGREG		10000		11931	
ED 517		9299			
ED 518+107+127+387		14319			
Heures complémentaires décharges admin		20000			
HC compensation délégations CNRS		57021			
HC compensation IUF		43065			
Pilotage UFR		29600			

Annexe 2

Répartition des crédits pédagogiques 2011		Demandes crédits pédagogiques 2012		
L3	Optique	3200	L3 Optique	5055
	Ondes et vibrations	1150	Ondes et vibrations	3770
	TP Nanomatériaux	1500	TP Nanomatériaux L3 FIP	600
	Stages PMA/MAG	3500	Stages PMA/MAG	380
	SPM	650	SPM	753
	PHY EX S1	5500	PHY EX S1	3000
	PHY EX S2	4000	PHY EX S2	3800
	De la Goutte au Fluide	800	De la Goutte au Fluide	4500
	Repro	1000	ASP de l'EIDD	1200
			Soirée Péniche	3120
			TP ESPC	3500
			Repro	
TOTAL 36L1A 2011		21300	TOTAL 36L1A 2012	29678
M1	Nano Mat Cond	4500	M1 Nano Mat Cond	3200
	Subatomique	2000	Subatomique	4000
	Energie Renouvelable	1000	Energie Renouvelable	1900
	Communication MAG/PMA	4500	Communication MAG/PMA	0
	Sciences Physique et Chimie		ESPC	3500
	Repro	500	Repro	
TOTAL 36M1A 2011		12500	TOTAL 36M1A 2012	12600
M2	DQ	2800	M2 DQ	2800
	NPAC	800	NPAC	5000
	Astro	8000	Astro	8000
	Outils syst astro	1500	Outils syst astro	700
	Syst complexes	1700	Syst complexes	1900
	Phys syst bio	3000	Phys syst bio	3500
	Acoustique	3000	Acoustique	3400
	CFP	1000	CFP	1000
	Physique des énergies	6400	Physique des énergies	0
	Sciences Physique et Chimie	0	ESPC	3500
	Mutualisation	2500	Secrétariat M2	200
TOTAL 36M1B 2011		30700	TOTAL 36M1B 2012	30000
TOTAL CREDITS PEDAGOGIQU		64500	TOTAL CREDITS PEDAGOGIQU	72278

Annexe 3

Dans le cadre de la réunion des Directeurs d'UFR en date du 2 mars 2012, le conseil des enseignements de l'UFR de Physique tient à rendre hommage aux services rendus à la collectivité universitaire par le Département des Sciences Exactes en organisant les 2 premières années universitaires au travers de la mutualisation des moyens de plusieurs UFR, en permettant le dialogue entre ces UFR, en assurant l'accueil des étudiants, leur suivi et leur (ré)orientation.

Le cloisonnement des disciplines universitaires et l'atomisation de l'offre d'enseignement vont à l'encontre d'une politique des UFRs d'accueil et de suivi de qualité des étudiants.

Le conseil des enseignements de l'UFR de Physique souhaite donc le maintien de ces services dans une structure commune aux statuts en accord avec les objectifs des composantes constituantes.

Annexe 4

Programme du L1 au L3

L'objectif de la Licence tel qu'on la conçoit ici prend le contre-pied des nouveaux programmes de Lycée ("complexité et recherche d'information") en proposant d'aborder le raisonnement scientifique, les lois physiques et les outils formels. La méthodologie mise en œuvre importe et devra mettre l'accent sur le travail personnel, la fréquentation de salles de travail et de bibliothèque, la lecture de livres. En particulier, travailler à partir d'un **manuel identifié** a l'avantage de l'uniformité entre les groupes, de la pérennité vis à vis des rotations d'enseignants, et de fournir un réservoir d'exercices communs. D'autre part, l'utilisation de Datasheet ou de manuels en anglais est à recommander, pour pallier les déficiences de l'enseignement de langues vivantes. On recommande les devoirs à la maison un peu plus difficiles que les exercices de TDs en utilisant le travail à l'oral en petit groupe pour décortiquer les énoncés, accompagner la mise en équation, répondre aux questions (principe des tutorats ESPCI). Le programme cherche l'équilibre entre la prise en compte lucide des connaissances de départ des bacheliers, la nécessité de susciter l'enthousiasme et la curiosité pour amorcer le processus d'émancipation intellectuelle, et la volonté de poser des exigences fermes. Il s'agit de transmettre un corpus de savoirs en physique (et non de proposer un picorage 'à la carte') et de créer les conditions pour que les étudiants pensent par eux-mêmes.

Mise en place:

La mise en place du programme sera progressive, année après année, de sorte que l'on en arrivera au M1 au moment d'écrire la maquette suivante! L'introduction de la nouvelle maquette en L1 aura lieu en septembre 2014.

Approche en L1-L2:

L'organisation du L1-L2 proposée mêle l'approche organisée en savoirs et par difficultés techniques (les bacheliers ne connaissent pas les équations différentielles, peu les vecteurs, etc). On choisit ici de traiter longuement la cinématique 1D, comme dans *Halliday-Resnick-Walker* (représentations graphiques et interprétations), introduire les principes de la dynamique en vecteurs. Les appliquer d'abord selon des composantes, en commençant par toutes les situations où on peut projeter sur un seul vecteur unitaire. On se focalise ainsi sur les équations différentielles, sans nier le caractère vectoriel de la mécanique.

Label Magistère

Le label magistère serait associé à une sélection à l'entrée, et à une sélection à la sortie des étudiants ayant obtenu plus de 12 (par exemple) de moyenne générale. Le label magistère ne serait plus associé à une séparation entre fondamental et appliqué. Cela implique une filière commune en L3. Au niveau du M1, des parcours orientés (plutôt fondamental ou appliqué) pourraient être proposés, mais un étudiant orienté «appliqué» aurait tout autant de chances d'obtenir le magistère qu'un étudiant orienté «fondamental». De plus, toutes les options seraient accessibles à tous, mais à condition que l'étudiant ait suivi (et validé avec succès, voire pour certaines options avec plus de 12) le ou les cours qui les préparent.

On peut envisager de proposer des cours ou séminaires à 0 ECTS pour les étudiants qui visent l'obtention du label Magistère en fin d'année.

Diminution du présentiel

Les contenus précis des UE ne doivent pas être trop lourds afin de permettre une diminution du présentiel (par exemple, pas forcément un TD chaque semaine) et une augmentation du travail personnel demandé aux étudiants.

Expérimentations:

Questionnaire composé de questions de cours sur le programme des 3 années en fin de L3.

→ statistiques, rétroaction sur le programme.

Programme

S1 :

9 ECTS Mathématiques 1
6 ECTS Chimie
9 ECTS Physique 1
3 ECTS Méthodologie de la physique 1
3 ECTS Méthodes et pratiques expérimentales

S2 :

9 ECTS Physique 2
9 ECTS Mathématiques 2
3 ECTS Méthodologie de la physique 2
3 ECTS Projet de physique expérimentale
3 ECTS Anglais + Projet Professionnel
3 ECTS Outils Bureautique et Internet

S3 :

8 ECTS Physique 3, séparé en 2 ECUE :
4 ECTS Physique de la lumière
4 ECTS Flux et lois de conservation
10 ECTS Électromagnétisme en régime quasi-statique
3 ECTS Méthodologie de la physique 3
6 ECTS Mathématiques 3
3 ECTS Anglais

S4 :

10 ECTS Physique 4, séparé en 2 ECUE :
4 ECTS Electrocinétique
6 ECTS Ondes et vibrations
8 ECTS Physique Numérique, séparé en 2 ECUE
5 ECTS Algorithmique et Programmation
3 ECTS Simulations : de la mécanique à la physique statistique
6 ECTS Mathématiques 4
3 ECTS UE libre (à titre d'exemple)
 Astrophysique
 Formation des étoiles et des planètes
 Energie et Environnement
 Introduction à la Biophotonique
 Introduction à l'analyse des matériaux
3 ECTS Projet Professionnel

S5 :

8 ECTS Electromagnétisme et Optique ondulatoire
5 ECTS Approche lagrangienne et Relativité restreinte
5 ECTS Mathématiques 5
6 ECTS Physique Contemporaine *(pour le gr.2 en alternance avec le gr.1)*
- Découverte de la physique contemporaine
- TP : Approche expérimentale de la physique contemporaine
3 ECTS Anglais
3 ECTS UE libre (à titre d'exemple)
 Astrophysique
 Evolution dans l'Univers

ABC Nucléaire
Enjeux Philosophiques de la Physique

S6:

8 ECTS Mécanique quantique

8 ECTS Thermodynamique et introduction à la physique statistique

5 ECTS Mathématiques 6

6 ECTS Projet de Physique expérimentale

(pour le gr.1 en alternance avec le gr.2)

3 ECTS Stage

Programme détaillé

S1

PHYSIQUE 1 (9 ECTS) = Mécanique classique 1

(2 cours + 2 TD /semaine)

Ouvrages recommandés: Hecht en Français et Halliday-Resnick-Walker en Anglais

Technique: Modéliser une situation physique par une équation différentielle scalaire.

1) Le cadre de la mécanique classique : espace, temps, matière. Dimensions et unités, manipulation des ordres de grandeur. Notion de référentiel.

2) *Note : dans la suite, les principes de la mécanique sont introduits en vectoriel, mais d'abord appliqués à 1D. On utilisera donc dès le début les notions de "vecteur unitaire" et de "composante", en lien étroit avec la notion de "valeur algébrique". Exemples : $\vec{F}_{\text{pesanteur}} = -mg \vec{u}_z$, $\vec{F}_{\text{frottement}} = -\alpha \vec{v} = -\alpha \dot{z} \vec{u}_z$, $\vec{a} = \ddot{z} \vec{u}_z$.*

- Cinématique à 1D du point matériel : position, vitesse, accélération. Interprétation des graphiques espace-temps.

- Mécanique du point : les trois lois de Newton (*PFD appliqué seulement à 1D pour l'instant*)

- Forces phénoménologiques et forces fondamentales

- Exemples de forces :

(*Note : avec progression en termes de difficulté des équ. diff. correspondantes.*)

- force de pesanteur

- force électrique,

- forces de contact; frottement solide et frottement visqueux

- force de rappel et loi de Hooke

- Systèmes oscillants : oscillateur harmonique libre et amorti, oscillateur entretenu et résonance

3) - Travail, énergie cinétique et son théorème

- Énergie potentielle et forces conservatives; forces dissipatives

- Théorème de l'énergie mécanique (+ principe de conservation)

4) Introduction à la mécanique dans le plan (coordonnées cartésiennes seulement) :

(exemples : $\vec{v} = \dot{x} \vec{u}_x + \dot{y} \vec{u}_y$, $\vec{a} = \ddot{x} \vec{u}_x + \ddot{y} \vec{u}_y$, $\vec{F} = F_x \vec{u}_x + F_y \vec{u}_y$...)

- Cinématique 2D. Interprétation graphique espace-temps et espace-espace (trajectoires)

- Applications du PFD dans le plan : tir balistique, solide sur plan incliné avec frottement solide...

METHODES ET PRATIQUES EXPERIMENTALES (3 ECTS)

(1h Cours /semaine + 5 TP)

Note : l'ordre du cours est prévu pour permettre une progression pédagogique pendant les TP.

Mesurer

- Pourquoi mesurer ? Ce qu'on peut mesurer et ce qu'on ne peut. Comment mesurer ? Instrument de mesure et son calibrage. Erreur aléatoire et systématique.
- Rappel des notions d'incertitudes vues en terminale. Incertitude relative et absolue. Plage de confiance.
- Évaluation de type B
- Évaluation de type A (statistique) : histogramme et loi de probabilité vue comme le passage au continu ; estimer une moyenne et un écart-type. Incertitude sur la moyenne et l'écart-type.
- Loi de propagation d'erreur.

- Ecriture du résultat d'un mesurage. Chiffres significatifs.

Concepts de base de l'électricité (s'inspirer de livres anciens de première)

- Tension. Courant. Circuit. Loi des nœuds. Loi des mailles.
- Masse.
- Résistor et loi d'Ohm.
- Générateur de tension. Résistance interne. Loi de Pouillet.
- Association de résistors en série et parallèle.
- Diviseur de tension et montage potentiométrique.

Mesurer en électricité

- Voltmètre (en dérivation), Ampèremètre (en série). Savoir que les instruments de mesure perturbent la mesure (sans détail précis). Mode DC et AC.
- Ohmmètre : à quoi sert-il ?
- Oscilloscope : un voltmètre qui mesure en fonction du temps. Échelles verticales et horizontales. Notion de déclenchement (ou gâchette/trigger).
- Faire un schéma d'un circuit avec la mesure.

Comparer mesure et prédiction d'un modèle

- Que signifie que la prédiction est dans la "barre d'erreur" ? Approche du test statistique en z.
- Vérification d'une loi affine : régression linéaire. Ses hypothèses (erreurs indépendantes constantes sur y) et limitations. À quoi sert le R^2 ? Incertitude sur les paramètres ajustés.
- Ramener l'étude d'une loi à celle d'une loi affine par changement d'axe de coordonnées. Log/Log pour loi de puissance, Lin/Log pour exponentielle. Notion de décade.

Travailler en sécurité avec l'électricité

- Risque électrique : mortalité associée au courant, résistance électrique de l'être humain, influence de l'humidité.
- Prise de terre, disjoncteur différentiel, coup de poing.
- Que faire en cas d'électrisation ?

5 TP

TP1. Mesurer une masse volumique.

Utiliser un pied à coulisse, une balance numérique. Rechercher une donnée du constructeur (l'incertitude) dans une notice. Évaluation d'incertitude de type B (plage de confiance), explicitée (c'est en relation avec leur programme de math et physique de terminale).

Utiliser la propagation d'incertitude pour une fonction à un paramètre (pour le volume de la bille). *Calculs sous Matlab : nommer et affecter les variables.*

TP2. Mesurer une résistance.

Notion de calibre d'un instrument (ici l'ohmmètre). Avec un ohmmètre, mesurer la résistance de 100 résistors. *Faire l'histogramme des résultats sous Matlab. Calculer la moyenne et l'écart-type sous Matlab.* Incertitude relative.

Deux résistance en série : faire la mesure et vérifier la loi d'association. Faire de même avec deux résistances en parallèle.

TP3. Mesurer tensions et courants continus.

Apprendre à utiliser un multimètre et une alimentation continue. Circuit d'une alimentation continue branchée sur un circuit de résistors. Choisir le calibre optimal pour réaliser une mesure. Influence des instruments de mesure sur la mesure. Vérification de la loi des mailles et des nœuds.

Mesure de caractéristique ohmique d'une ampoule électrique à incandescence (pas de théorie : il faut juste constater que ce n'est pas une droite). *Tracer un graphe sous Matlab.*

TP4. Produire et mesurer une tension alternative.

Réglages d'un GBF : fréquence, amplitude, offset, forme d'onde. Application : Mesurer la résistance interne du GBF avec le multimètre : différentes méthodes.

Réglage d'un oscilloscope pour voir un signal périodique. Connecteurs BNC. Distinction terre/masse, masse non flottante avec un oscillo. Régler un oscillo : choisir la base de temps, l'échelle, le déclenchement, AC/DC. Application : Mesurer une tension à l'oscillo ou au voltmètre (notion de précision).

TP5. Chute libre.

Etudier la loi de temps de chute en fonction de la hauteur de lâcher. Mise en œuvre des compétences développées aux TP et cours précédents : utilisation de l'oscilloscope pour visualiser la tension transitoire produite. *Ajustement linéaire sous Matlab.* Mesure de l'accélération de la pesanteur.

TP6. Agrégation (révisions)

Cinq sujets faisables en une heure sont distribués aux étudiant-e-s. Il leur est donné la possibilité de préparer ces 5 sujets pendant les deux semaines de révision, en libre service.

Semaine 13 : examen de TP

Tirage au sort d'un sujet sur les cinq qui ont été préparés. Passage individuel sans aide en une heure pour valider l'acquisition des compétences expérimentales enseignées.

CHIMIE (6 ECTS)

(1 cours + 1TD /semaine)

- L'atome : Structure d'un atome polyélectronique.
- Liaisons entre les atomes et les molécules : Liaison de covalence dans les molécules, polarisation des liaisons et classification périodique
- Molécules organiques : Structure dans l'espace des molécules

METHODOLOGIE DE LA PHYSIQUE (3 ECTS)

(1h Cours + 2hTD /semaine + devoirs maison)

Première partie: calcul différentiel

- 3) Dérivation / variations infinitésimales, dérivées composées *2 semaines*
- 4) Calculs de primitives, conditions aux limites, interprétation graphique *1 semaine*
- 3) Equations différentielles (séparation des variables, équations différentielles linéaires) *2 semaines*
- 4) Calculs de sommes (intégrales, changement de variables) *2 semaines*

Deuxième partie : introduction au calcul vectoriel

- 1) Rappels de trigonométrie / géométrie *1 semaine*
- 2) Calcul vectoriel, projection sur vecteurs unitaires, produit scalaire et vectoriel *2 semaines*

Troisième partie: modélisation

- 7) Poser/résoudre un problème (paramètres, inconnues, système d'équations..) *1 semaine*
- 8) Manipulation d'équations non-linéaires (fonctions réciproques, entre autres) *1 semaine*
- 9) Approximations et développements limités *1 semaine*

MATHEMATIQUES 1 (9 ECTS)

(2h cours + 4hTD /semaine)

(programme actuel de MMI)

Algèbre et Analyse élémentaires :

- Ensembles et applications
- Nombres réels et nombres complexes
- Fonctions polynôme.
- Introduction à l'algèbre linéaire.
- Fonctions continues.
- Fonctions dérivables.
- Fonctions de deux variables réelles.

PHYSIQUE 2 (9 ECTS)

(2 cours + 2 TD /semaine + 3 TP)

Ouvrages recommandés: Hecht en Français et Halliday-Resnick-Walker en Anglais

Savoir : Mécanique à 2D et 3D, hydrostatique

Technique: Apprendre à maîtriser les vecteurs, les projections, les produits scalaires et vectoriels. Savoir faire un bilan de forces. Introduction au champ scalaire avec l'hydrostatique.

Hydrostatique (au maximum 2 semaines)

- Fluide
- Pression et masse volumique
- Pression en tant qu'énergie volumique
- Equation de l'hydrostatique
- Principe de Pascal, principe d'Archimède. Applications.

Mécanique Classique 2

- Cinématique en repères locaux: repère polaire, repères cylindrique et sphérique.
- Etude du mouvement en coordonnées polaires ; vitesse tangentielle et aréolaire, accélérations centripète et tangentielle.
- Mouvement circulaire autour d'un axe fixe, vecteur rotation.
- PFD et ses applications 2D et 3D
- Changements de référentiels : mouvement d'entraînement, loi de composition des vitesses et des accélérations pour des référentiels en mouvement relatif. Exemples simples seulement.
- Introduction à la Mécanique en référentiels non inertiels ; pseudo-forces et principe fondamental généralisé. Exemples simples seulement : référentiels en translation ou référentiels en rotation autour d'un axe fixe avec mouvement dans le plan (ex : manège). Les pseudo-forces liées à la rotation de la terre peuvent être mentionnées en cours, mais sont non exigibles à l'examen.
- Systèmes de points matériels; centre de masse
- Quantité de mouvement et ses théorèmes (+ principe de conservation)
- Chocs et collisions
- Moment de forces, moment cinétique et ses théorèmes (+ principe de conservation)
- Statique des solides indéformables : conditions d'équilibre
- Dynamique des solides indéformables : translation et rotation instantanées par rapport à un axe fixe
- Moment d'inertie et énergie cinétique de rotation par rapport à un axe fixe
- Forces centrales et conservation du moment cinétique-
- Loi de la gravitation universelle : aspects historiques, lois de Kepler, masse inertielle et masse gravitationnelle, champ de gravitation et lien avec la pesanteur
- Application des principes de conservation au problème à deux corps, dans le but d'insister sur le rôle du centre de masse.

Note : les sujets suivants ne seront pas traités :

Le théorème de Koenig.

Le mouvement de précession de l'axe de rotation.

Les trajectoires elliptiques des planètes (on pourra traiter l'approche énergétique, mais pas le calcul des trajectoires).

3 TP :

- Hydrostatique, principe d'Archimède
- Rebonds d'une bille lâchée sans vitesse initiale
- Pendule simple: oscillations libres amorties

MATHEMATIQUES 2 (9 ECTS)

(4h cours + 4h TD /semaine)

Algèbre

- espaces vectoriels
- applications linéaires
- résolution des systèmes d'équations linéaires
- matrices
- déterminants
- produit vectoriel

Analyse

- développements limités
- intégrales
- équations différentielles linéaires

METHODOLOGIE DE LA PHYSIQUE 2 (3 ECTS)

(1 cours+1 TD /semaine+devoirs maison)

Objectif: travailler dans l'espace à 2D ou 3D avec les différents systèmes de coordonnées

Première partie: calcul vectoriel (suite) et systèmes de coordonnées

4-5 semaines

A faire pour chaque système (cartésien, polaire/cylindrique, sphérique):

- Coordonnées, vecteurs unitaires, composantes, décomposition sur les vecteurs unitaires
- Passage d'un système de coordonnées à l'autre
- Calcul de produits scalaires et vectoriels après projection sur vecteurs unitaires
- Dérivées de vecteurs unitaires

Seconde partie : Intégration 1D sur des courbes/surfaces/volumes

4 semaines

- Éléments de longueur, surface, volume infinitésimaux (coquilles sphériques, etc...)
- Calculs de longueurs, surfaces, volumes, par intégration 1D grâce aux symétries
- Calculs de masses et de moments d'inertie, par intégration 1D grâce aux symétries
- Calculs de forces résultantes (sommées de vecteurs infinitésimaux) par intégration 1D

Troisième partie : Fonctions de plusieurs variables

4 semaines

- Variations infinitésimales et dérivées partielles, application à l'étude de surfaces
- Vecteur déplacement et notion de gradient dans les différents systèmes de coordonnées
- Introduction aux intégrales doubles et triples

PROJET DE PHYSIQUE EXPERIMENTALE (3 ECTS)

(1 TP de 4h /semaine)

ANGLAIS/PP (3 ECTS)

OUTILS BUREAUTIQUE ET INTERNET (3 ECTS)

(éventuellement projet bibliographique?)

PHYSIQUE 3 (8 ECTS)

décomposé en 2 ECUE en série :

◆ Physique de la lumière (4 ECTS)

(1 Cours de 2h + 2 TD / semaine + 3 TP pendant 6-7 semaines)

- Lois de la réfraction et applications (fibre optique, prisme, mirage, arc-en-ciel, rayon vert...)
- La notion d'objet, d'image, de système optique, images réelles et virtuelles, stigmatisme
- La vision par l'oeil (incluant éventuellement la sensation de couleur)
- Lentilles, construction et manipulation d'images
- Instruments pour enregistrer (appareil photo) ou observer (jumelle, microscope) une image
- Introduction au rayonnement thermique : origine, puissance, gamme spectrale, propriétés optiques des matériaux dans le visible et l'infrarouge, applications quotidiennes. Constitue également une introduction aux transferts d'énergie, pour transition avec l'ECUE suivante.

3 TP :

- réflexion/réfraction/réflexion totale
- relation objet-image
- construction d'un instrument avec deux lentilles

◆ Flux et lois de conservation (4 ECTS)

(1 Cours + 2 TD / semaine + 3 TP pendant 6-7 semaines)

*Ce cours se propose de traiter des équations bilans, et des flux de matière et d'énergie.*Première partie : flux de matière*3 semaines**Remarque : tout est traité à 1 D*• **Écoulements**

- notion de champ de vitesse et densité de courant de matière $\mathbf{j}_m = \rho \mathbf{v}$
- conservation du débit (flux de \mathbf{j}_m) sous forme globale et locale (équation de continuité)
- viscosité, courant proportionnel au gradient de pression \Rightarrow loi de Poiseuille
- applications: écoulement visqueux dans une canalisation, rétrécissements

• **Flux de particules chargées**

- notion de densité de courant électrique \mathbf{j}_e , lien avec la magnétostatique
- conservation du courant électrique (flux de \mathbf{j}_e) sous forme globale (loi des nœuds) et locale
- densité de courant \mathbf{j} proportionnel au gradient de potentiel électrique \Rightarrow loi d'Ohm microscopique
- conductivité électrique, loi d'Ohm

• **Diffusion de molécules**

- Notion de densité de courant de molécules \mathbf{j}_n
- conservation du nombre de molécules (flux de \mathbf{j}_n) \Rightarrow équation de continuité
- coefficient de diffusion
- \mathbf{j}_n proportionnel au gradient de concentration \Rightarrow première loi de Fick puis équation de la diffusion
- application 1D en régime stationnaire $\mathbf{j}_n = D(n_1 - n_2) / L$ (on ne fait pas le régime transitoire)

Deuxième partie : flux d'énergie – exemple de l'énergie thermique*3 semaines*• **Introduction aux transferts thermiques**

- transfert thermique = transfert d'énergie cinétique désordonnée
- grandeurs: énergie thermique, température, chaleur, capacité calorifique, capacité thermique massique
- 3 modes de transfert : par convection, conduction, rayonnement
- flux de chaleur en général proportionnel aux différences de températures : résistance thermique
- bilans simples d'énergie thermique (températures d'équilibre, régimes transitoires...)

• **Conduction thermique (approche locale)**

- notion de densité de courant d'énergie (chaleur) \mathbf{j}_q

- conservation de l'énergie thermique (flux de j_q) \Rightarrow équation de continuité
- coefficient de conductivité thermique
- j_q proportionnel au gradient de température \Rightarrow loi de Fourier puis équation de diffusion de la chaleur
- application 1D en régime stationnaire : $j_q = \kappa(T_1 - T_2) / L$

- Bilans de rayonnement thermique

- flux d'énergie émis (rappel σT^4), calculs d'ordres de grandeur
- application à l'éclairement solaire et à l'émission infrarouge des planètes. TD: calcul de la température d'équilibre de la surface d'une planète, avec éventuellement modèle ultra-simplifié d'atmosphère pour voir l'amplitude de l'effet de serre (environ 20-30K)

3 TP :

- Hydro : débit en fonction du gradient de pression (hydrostatique), en fonction de la viscosité
- Mesures de conductivité thermique : plaque de cuivre sur chauffeferette, avec ou sans graisse pour la conduction, avec ou sans feuille de papier intercalée etc...
- et/ou manip variées avec plaque chauffante (conduction, convection, rayonnement)
- Mesures de capacité calorifique avec des vases Dewar / bilan thermique d'une bouilloire électrique ou d'un thermoplongeur

ÉLECTROMAGNETISME EN REGIME QUASI-STATIQUE (10 ECTS)

(2 cours + 2TD /semaine + 5 TP)

Savoir : Bases de l'électrostatique et de la magnéto-statique dans le *vide*. Introduire les notions de capacité et d'induction/auto-induction pour préparer l'électrocinétique du S4.

Technique : Maîtriser les champs scalaires et vectoriels. Dériver et intégrer dans l'espace avec conditions aux limites. Fonctions à plusieurs variables.

Introduction

(1 semaine)

- Charges, champ électrique, loi de Coulomb, milieux conducteurs/isolants
- Potentiel électrostatique, lien avec la gravitation, gradient
- Distributions de charges, invariances et symétries (globales ou locales)

Champ et potentiel électrique

(5 semaines)

- Calculs directs dans très peu de cas simples (ex : dipôle)
- Flux et théorème de Gauss, applications (quelques cas seulement : fil, plan)
- Insister sur la forme locale du théorème de Gauss, résolution d'équa.diff.
- Calculs de potentiels pour des champs connus, et vice-versa
- Insister sur la forme locale (Laplace, Poisson), résolution d'équa.diff.

Les formules des opérateurs dans les différents systèmes seront données.

On ne traitera pas en TD l'énergie électrostatique totale d'un système chargé

Conducteurs en équilibre

(1 semaine)

- Position des charges et discontinuité de champ en surface
- Introduction à la notion de capacité (en préparation à l'électrocinétique du S4)
- Calcul de capacité uniquement pour les condensateurs plan et sphérique (cf TP)

Magnéto-statique

(3 semaines)

- Distributions de courant, champs et forces magnétiques (Laplace, Lorentz), symétries
- Calculs de champs par la loi de Biot-Savart uniquement dans quelques cas simples (fil, spire circulaire)
- Symétries et calculs de champs magnétiques par le théorème d'Ampère
- Utilisation de la forme locale du théorème d'Ampère, résolutions d'équa.diff.

Induction/Autoinduction

(3 semaines)

- Force électromotrice dans un circuit fixe dans un champ magnétique variable : flux magnétique, loi de Faraday, loi de modulation de Lenz
- Force électromotrice dans un circuit se déplaçant/déformant dans un champ magnétique constant : flux coupé et application à la loi de Faraday
- Changement de référentiel.

- Auto-inductance d'une bobine (en préparation à l'électrocinétique du S4) ; mise en équation du haut-parleur.

5 TP d'électrostatique et magnétostatique (*matériel déjà disponible*)

TP1 : Force entre deux sphères chargées sous haute tension. (Coulomb)

Deux sphères reliées à un capteur de force sont chargées sous haute tension. On apprend à tracer dans les bonnes coordonnées afin que la vérification d'une loi se ramène à l'alignement de points expérimentaux. On voit que la théorie vue en cours ne fonctionne pas ce qui trouble beaucoup les étudiant-e-s.

TP2 : Capacité d'une sphère. (Musschenbroek)

Charge d'une sphère par contact d'une source HT. On utilise un Coulomb-mètre pour mesurer sa charge par influence. Montrer que la charge d'une sphère est proportionnelle à son potentiel de surface. Appréhender la notion de capacité. Comparer expérience/théorie (ici encore, le modèle est insuffisant, ce que l'étudiant-e doit comprendre).

TP3 : Loi de Laplace (Ampère)

Mesure de la force sur un cadre parcouru par un courant soumis à un champ magnétique, par un capteur de force. Apprendre utiliser un unique graphique pour étudier une loi (de Laplace ici) qui dépend de plusieurs variables (I, l, B). Lire la courbe de calibrage d'un électroaimant.

TP4 : Loi de Biot et Savart (Laplace)

Mesure du champ magnétique créé par une bobine plate, dans son plan médian. Ajustement de courbe non linéaire pour voir si la loi de Biot et Savart est vérifiée pour le calcul du champ sur l'axe. Faire l'approximation d'une intégrale curviligne par une somme discrète (pour vérifier expérimentalement le théorème d'Ampère).

TP5 Induction : Loi de Faraday (Faraday)

Induction par champ magnétique variable : une bobine parcourue par un courant induit une fém dans une autre bobine proche. Mesure de la tension dans la seconde bobine. observation à l'oscilloscope pour différentes formes d'ondes dans la première bobine. Test de la loi de Faraday.

TP6 : Révision

Cinq sujets faisables en une heure sont distribués aux étudiant-e-s. Il leur est donné la possibilité de préparer ces 5 sujets pendant les deux semaines de révision, en libre service.

Semaine 13 : examen de TP : Tirage au sort d'un sujet sur les cinq qui ont été préparés.

MATHEMATIQUES 3 (6 ECTS)

(3h cours + 3h TD /semaine)

Algèbre

- Opérateurs linéaires
- Diagonalisation et triangulation d'opérateurs linéaires;
- Valeurs propres et vecteur propres

Analyse

- Suites
- Séries numériques et intégrales impropres
- Séries entières
- Systèmes différentiels

METHODOLOGIE DE LA PHYSIQUE 3 (3 ECTS)

(1 cours+1TD /semaine+devoirs maison)

Première partie: champs et opérateurs (en support du S3)

~ 7 semaines

- Gradient d'un champ scalaire, courbes iso, lignes de gradient
- Calculs de flux d'un champ vectoriel, lien avec opérateur divergence
- Calculs de circulation d'un champ vectoriel, lien avec opérateur rotationnel
- Manipulation d'opérateurs dans les différents systèmes de coordonnées

Seconde partie: nombres complexes et signaux périodiques (pour le S4)

~ 5 semaines

- Rappels sur les complexes, exponentielles complexes
- Solutions d'équations diff's linéaires homogènes grâce aux exponentielles complexes
- Solutions d'équations diff's linéaires avec second membre périodique
- Introduction à la notion de série de Fourier et à l'analyse spectrale

ANGLAIS (3 ECTS)

PHYSIQUE 4 (10 ECTS)

décomposé en 2 ECUE en série :

◆ Electrocinétique (4 ECTS) (2 cours + 2TD /semaine pendant 5 semaines + 5 TP)*Objectifs: Introduction de R, L, et C, et introduction à l'analyse fréquentielle et à l'utilisation des exponentielles complexes.*Circuits électriques

- Tension, Courant, Loi des Mailles, Loi des nœuds, Loi des mailles.
- Loi d'Ohm, Générateur idéal de tension, de courant. Résistance interne et générateur de Thévenin.
- Diviseur de tension, de courant, Théorème de Thévenin., Théorème de Millmann.
- Puissance instantanée.

Bobines et condensateurs

- Modélisation par une autoinductance pure et une capacité pure.
- Energie stockée.

Régimes transitoires*(On traitera préférentiellement le cas de l'ouverture d'un interrupteur, la réponse à un échelon étant plus complexe.)*

- Relaxation de la charge dans un circuit RC, du courant dans un circuit RL. Constante de temps. Interprétation en termes énergétiques. Processus sans mémoire (tout dépend de la condition initiale).
- Relaxation de la charge aux bornes d'un condensateur dans un circuit RLC. Universalité de l'équation du second ordre (cf. mécanique masse/ressort/amortisseur). Introduction du facteur de qualité et de la pulsation propre comme grandeurs caractéristiques de l'équation. Typologie des solutions (pseudo-périodique/critique/suramorti).

Régime sinusoïdal permanent

- Circuit du premier ordre (RC passe bas, RL passe haut), sans notations complexes. Amplitude et déphasage.
- Introduction de la résolution en notation complexe. Résolution du RC avec les notations complexes. Notion d'impédance complexe.
- Puissance en complexes : attention !
- Circuit RLC série en complexes : résonance avec surtension aux bornes de la capacité. Universalité des solutions.
- Circuits divers : résolution en complexe. Notion de filtre. Diagrammes de Bode.

Régime quelconque*(Il s'agit ici juste d'une introduction de principes)*

- Etablissement d'un régime : réponse à un échelon (régime stationnaire), à un train d'onde (établissement du régime sinusoïdal et battements).
- Montrer que si l'on connaît le régime transitoire, on peut par convolution (théorème de superposition) déduire toute réponse. Idée de fonction de Green (comme en électrostatique superposition des potentiels créés par une distributoin de charges).

5 TPTP1 : Décharge d'un supercondensateur

Décharge d'un supercondensateur (capacité de l'ordre du farad) dans une résistance. Mesure d'une loi de relaxation avec un chronomètre. Utiliser un diagramme lin/log. Faire une régression linéaire pour en déduire la constante de temps, avec son incertitude. Confronter ses résultats aux autres groupes pour vérifier si $\tau=RC$ aux incertitudes expérimentales près.

TP2 : Régime transitoire d'un circuit RLC (partie 1/2)

Régime transitoire d'un circuit RLC, excité par une tension en créneaux d'un GBF. Tout est réglé de façon à voir un régime pseudopériodique uniquement. Réglage de la période des créneaux. Mesure de la tension aux bornes de la capacité. Acquisition à l'ordinateur. Exploitation de courbe pour en déduire pseudo-pulsation et facteur de qualité (*régression non-linéaire sous Matlab*). Vérification de la justesse de la modélisation du second ordre, et des paramètres prédits (attention à inclure la résistance de sortie du GBF).

TP3 : Régime transitoire d'un circuit RLC (partie 2/2)

Étude du même circuit, mais cette fois-ci en faisant varier la résistance. Étude de la variation de la pseudo-pulsation et du facteur de qualité en fonction de la résistance. Mise en évidence des trois régimes. Détermination du facteur de qualité en réglant le régime critique.

TP4 : Résonance d'un circuit RLC

Étude du même circuit (avec bon facteur de qualité), mais cette fois-ci en régime sinusoïdal. Mesure de la tension aux bornes de la capacité. Tracer la courbe de résonance expérimentale, et y ajuster les prédictions théoriques. Faire de même pour le déphasage.

TP5 : Filtre passe-haut et passe-bas

Étude du circuit RC en régime sinusoïdal, dans le cas du passe-bas et du passe-haut. Mesure de l'amplitude et de la phase de la fonction de transfert. Tracé du diagramme de Bode avec Matlab. Application au redressement.

TP6 : Agrégation (révisions)

Deux sujets faisables en une heure sont distribués aux étudiant-e-s. Il leur est donné la possibilité de préparer ces 2 sujets pendant la semaine de révision.

Semaine 7 : examen de TP

Tirage au sort d'un sujet sur les deux qui ont été préparés. Passage individuel sans aide en une heure pour valider l'acquisition des compétences expérimentales enseignées.

◆ Ondes et vibrations (6 ECTS) (2 cours + 2TD /semaine pendant 8 semaines + 6 TP)

- Oscillateurs simples (rappels)
- Oscillateurs harmonique : régime libre et forcé (rappels), espace des phases
- Oscillateurs à plusieurs degrés de liberté
- Chaînes d'oscillateurs : monoatomique et diatomique, de la chaîne discrète au continuum
- Ondes, équation de propagation (corde vibrante, guide d'onde, vitesse de groupe, lignes électriques, impédance caractéristique, onde élastique longitudinale dans une barre)
- Ondes acoustiques dans un fluide (propagation d'une onde plane, équation de propagation, aspects énergétiques, impédance acoustique, propagation dans les tuyaux)

6 TP (les 5 premiers : actuels en L3-PMA)

- Le pendule simple (anharmonicité, frottements solides et fluides, portrait de phase)
- Autres oscillateurs à 1 degré de liberté en régime libre et forcé : le pendule simple accroché à deux ressorts, le circuit (R)LC, la bouteille de Helmholtz
- Oscillateurs à 2 degrés de liberté en régime libre et forcé (couplage des 3 oscillateurs précédents)
- Modes propres et Ondes stationnaires (tuyau acoustique, ondes sur une chaîne de 5 pendules, ondes transverses sur une corde)
- Ondes progressives, réflexion, amortissement (ondes ultrasonores, ondes électriques dans câbles coaxiaux)
- Acoustique musicale avec introduction à l'analyse de Fourier (*mais thème non traité en cours*)
- Révisions et Examen de TP

PHYSIQUE NUMERIQUE (8 ECTS)

L'objectif de ce cours est triple : acquérir des connaissances de base en programmation, en résolution de problèmes en physique numérique et ensuite initier les étudiants aux bases de la simulation numérique. Pour cela les étudiants développeront (en partie seulement) et utiliseront un code de simulation de dynamique moléculaire pour explorer la transition entre un système particulière discret et la thermodynamique. Le langage utilisé sera le PYTHON.

décomposé en 2 ECUE, en série:

◆ Algorithmique et programmation (5 ECTS) (1 cours + 2TP de 3h /semaine)

Note : Les TP pourront s'étaler sur plusieurs séances, donc on peut encore les étoffer au besoin par rapport à la proposition ci-dessous.

- 1) Prise en main de la machine sous UNIX, calculs élémentaires en interactif, aspects graphiques simples, lien avec Matlab (qui est utilisé en TP).
- 2) Variables, opérations, mode interactif et mode exécuté, modules.
- 3) Structures de contrôle du langage.

TP1 : Mon premier programme : résolution d'une équation du 2nd degré, calcul d'une suite numérique (suite de Fibonacci ?), affichage du résultat, diagramme de bifurcation de la suite (très joli !)

4) Notion de tableaux, indices, Librairies scientifiques : application au calcul vectoriel.

TP2 : Tracer l'ensemble de Mandelbrot ou un fractal, type ensemble de Julia (\Leftrightarrow domaine de convergence d'une suite)

5) Introduction aux méthodes numériques : Outils de base : Calcul du Zéro d'une fonction (méthode de bisection), calcul du minimum d'une fonction (descente de gradient et encadrement du minimum à 3 points).

TP3 : Mettre en œuvre la méthode de Newton, résoudre $F(x)=0$ dans un cas particulier.

TP4 : Ajuster une fonction au sens des moindres carrés, minimiser le χ^2 (Un peu de traitement de données Exemple : décroissance radioactive, courbe de température et détermination d'une capacité calorifique ... ou autre)

6) Résolution des Equations différentielles ordinaires : principes, intégrateur d'Euler, ordre d'un intégrateur, solveurs d'ordres élevés, intégrateurs explicites, RK4

TP5 : mouvement des planètes autour du Soleil, ou mouvement de quelques molécules (conditions périodiques)

7) Bases de statistiques (notions d'estimateurs ddp, fdr, histo...) et construction de générateurs aléatoires. Introduction aux méthodes Monte Carlo. Exemple du calcul intégral.

TP 6 : Mise en œuvre d'une méthode Monte Carlo : Calcul d'une intégrale, détermination de π ou autre.

◆ Simulations : de la mécanique à la physique statistique (3 ECTS)

(2 TP de 3h /semaine)

Objectif: traiter les notions élémentaires de physique statistique par la simulation numérique, en programmant la simulation et les mesures, avec un petit nombre de particules. Permet d'illustrer les concepts appris en "Algorithmique et programmation".

Les étudiants vont mettre en œuvre un programme de dynamique moléculaire et explorer le passage progressif d'un système discret de particules à l'apparition progressive d'un système thermodynamique.

Pour cela, on leur mettra en main un "squelette" de programme (une structure générale avec plusieurs fonctions déjà programmées) qu'ils devront améliorer et compléter pour calculer l'évolution thermodynamique d'un ensemble de particules. Ils apprendront à mettre en œuvre un outil de simulation numérique à "prendre une mesure" dans le système numérique (une "expérience" numérique), à visualiser les résultats et à commenter cela physiquement. Pour bâtir ce squelette, l'équipe enseignante pourra s'inspirer de :

<http://www.fisica.uniud.it/~ercolessi/md/>

<http://dirac.cnrs-orleans.fr/MMTK/using-mmtk>

<http://stp.clarku.edu/simulations/>

Dans le code, les étudiants devront implémenter (1) le calcul du mouvement et (2) le calcul des forces 2 à 2.

Note : On pourra étudier 2 types d'interactions (conservatives) entre particules : soit des collisions de types sphères dures, soit une force d'interaction dérivant du potentiel de Lennard-Jones.

Pour éviter la notion de "boîte" et le traitement explicite des parois, les particules pourront se déplacer dans un espace périodique 3D, de volume élémentaire V . Les simulations seront donc faites à énergie constante et la densité sera N/V où N est le nombre de particules dans le volume élémentaire.

1) présentation du code : structure, variables, architecture du programme : où se calcule le mouvement, où sont traitées les collisions (type « sphères dures » ou « ressort » ou autre).

2) utilisation du code : coder le calcul du mouvement : Résoudre l'équation du mouvement avec un intégrateur adhoc (RK4, Verlet , Leap-Frog ?) en négligeant les collisions => Vérification de la conservation de l'énergie et de la quantité de mouvement dans le système.

3) Prendre une mesure dans le système : comment faire une mesure "numérique", comment définir la valeur moyenne et les barres d'erreur. Mesurer l'Energie cinétique, l'énergie potentielle, visualiser les résultats, notion d'estimateur.

- 4) Mise en place des interactions 2 à 2 : collisions type conservatives, soit "sphères dures", soit un potentiel de Lennard-Jones. Tests de validité du code à l'aide d'un paramètre de contrôle : Vérification de la conservation d'énergie et de la quantité de mouvement. Choix d'un pas de temps adapté
- 5) Expérience numérique: Mise en évidence du mouvement brownien, notion de libre parcours moyen, diffusion d'une particule dans le système
- 6) Notion microscopique sur la température (rappel sur la notion de distribution de vitesses dans un gaz), notion d'ergodicité => mesurer la température dans le système et la relier au bilan énergétique
- 7) Notion microscopique de pression, mise en place d'un dispositif numérique pour mesurer la pression (la relier au flux de quantité de mouvement à travers un paroi fictive) => mesurer la pression dans la simulation
- 8) Notion d'équation d'état => détermination de $P(T)$ (en réduisant la taille du système ou l'énergie initiale du système).

MATHEMATIQUES 4 (6 ECTS)

(3h cours + 3h TD /semaine)

Algèbre

- Espaces euclidiens
- Formes quadratiques,

Analyse

- Intégrales multiples
- Intégrales à paramètres
- Courbes et surfaces
- Formes différentielles
- Séries de Fourier

UE LIBRE (3 ECTS)

PROJET PROFESSIONNEL (3 ECTS)

S5

Les semestres S5 et S6 se construisent comme l'aboutissement de la Licence avec l'initiation à la recherche (Phy.ex. et stage) et une introduction à la physique du 20^{ème} siècle.

ELECTROMAGNETISME ET OPTIQUE ONDULATOIRE (8 ECTS)

(2 cours+2TD /semaine + 5TP)

- Equations de Maxwell dans le vide [lien avec S3], transversalité des champs, ondes planes et sphériques, surfaces d'onde, énergie
- Polarisation
- Réflexion-réfraction, les coefficients de Fresnel
- Optique ondulatoire : conditions d'interférence, cohérence spatiale, cohérence temporelle
- Interférences par division du front d'onde : trous d'Young, réseaux
- Interférences par division d'amplitude : lames à faces parallèles, Michelson
- Interférences à ondes multiples, Fabry-Perot
- Diffraction : principe d'Huyghens-Fresnel, diffractions de Fresnel ou de Fraunhofer
- Optique de Fourier

5 TP (TP actuels) :

TP1 : Interférence par fentes d'Young et réseau

TP2 : Interféromètre de Michelson

TP3 : Interféromètre de Fabry Pérot et laser

TP4 : Diffraction et spectroscopie

TP5 : Optique de Fourier, filtrage

MATHEMATIQUES 5 (5 ECTS)

(2h cours + 2h TD /semaine)

Analyse complexe

- fonctions analytiques et transformations conformes
- singularités, pôles et zéros des fonctions analytiques
- intégration dans le plan complexe; théorème de Cauchy
- développement en série; séries de Taylor et de Laurent
- Théorème des résidus et applications

Espaces linéaires

- espaces vectoriels linéaires
- espaces euclidiens et espaces de Hilbert

APPROCHE LAGRANGIENNE ET RELATIVITE RESTREINTE (5 ECTS)

(1cours + 1TD /semaine)

Première partie : approche lagrangienne et mécanique analytique

- Introduction: mécanique Newtonienne vs mécanique Lagrangienne
- Méthodes variationnelles: fonctionnelles et équations d'Euler-Lagrange. Applications.
- Symétries et lois de conservation (intégrale première, énergie, théorème de Noether, impulsion, moment cinétique). Applications.
- Hamiltonien, équations de Hamilton, crochets de Poisson.

Seconde partie: théorie de la relativité restreinte

- Relativité galiléenne. Transformation de Galilée. Cas de la particule libre. Remise en question.
- Relativité restreinte. Transformation de Lorentz. Concept d'espace-temps.
- Dilatation de la durée et contraction de la longueur.
- Espace de Minkowski. Métrique. Quadri-vecteurs et leurs invariants.
- Cinématique et dynamique relativiste

- Equations de Maxwell covariantes

UE LIBRE (3 ECTS)

ANGLAIS (3 ECTS)

PHYSIQUE CONTEMPORAINE (6 ECTS)

(4h cours et/ou TD + 5TP)

(pour le groupe 1 en alternance avec le groupe 2)

Il s'agit d'une UE introductive aux grands domaines de la physique contemporaine.

• Découverte de la physique contemporaine (3 semaines pour chaque thème)

1) Introduction à la Physique Macroscopique

- Etats de la matière : forces de liaison intermoléculaires, des solides cristallins à la matière désordonnée.

- Introduction à la mécanique des milieux continus : milieux continus, forces élastiques dans les solides et forces visqueuses dans les fluides, lien avec les caractéristiques microscopiques.

Interface entre deux milieux fluides ou solides : fluides miscibles (diffusion), fluides non miscibles (tension de surface), interface entre deux solides (friction).

- Matière molle : interactions, exemples de systèmes (colloïdes, tensioactifs, systèmes auto-organisés, mousses, granulaires, cristaux liquides, systèmes biologiques...).

2) Introduction à la physique du solide

La conductivité dans les métaux: modèle de Drude (conductivité électrique, conductivité thermique, limites du modèle)

Liaisons et Structure des solides

Vibrations du réseau : phonons

De l'électron libre à l'électron dans un cristal : le concept de bande d'énergie

Métaux, Isolants, Semiconducteurs.

3) Introduction à la Physique Subatomique

- Physique nucléaire: découverte et structure du noyau atomique, fission et fusion, les types de radioactivité, les centrales nucléaires.

- Physique des particules: les particules élémentaires et leurs nombres quantiques (+ aspects historiques). Les interactions fondamentales et les lois de conservation. Les détecteurs de la physique des particules.

- Le rayonnement cosmique: découverte, composantes (noyaux, photons, neutrinos), sources et propagation. Les détecteurs de la physique des astroparticules.

4) Introduction à l'Astrophysique et la Cosmologie

- Interaction lumière-matière et rayonnement de corps noir. Les étoiles (naissance, nucléosynthèse, évolution).

- Les galaxies et la structure à grande échelle de l'Univers. La loi de Hubble.

- La théorie du Big Bang et l'expansion de l'univers. Le redshift. L'histoire thermique de l'Univers et le fond de rayonnement cosmologique.

• 5 TP : Approche expérimentale de la physique contemporaine

- Etude des muons cosmiques et mesure de c

- Mesure de la constante de Rydberg

- Mesure du nombre d'Avogadro

- L'effet photoélectrique

- Mesure de kT

MECANIQUE QUANTIQUE (8 ECTS)

(2 cours + 2TD /semaine)

Tome 1 du Cohen

- Introduction : pourquoi la MQ ? Instabilité de l'atome classique. Corps noir. Chaleur spécifique des gaz à basse température. Expérience d'Young. Effet photoélectrique.
- Dualité onde/corpuscule, relation d'incertitude, révision de la notion de trajectoire. Objet quantique : action et quantum d'action.
- Postulats de la MQ.
- Application 1 : particule libre. Paquet d'ondes, propagation, étalement.
- Application 2 : particule dans un puits de potentiel. Etats stationnaires. Marche de potentiel, puits infini, diffusion par un atome etc.
- Application 3 : effet tunnel. Exemple : désintégration alpha.
- Application 4 : oscillateur harmonique I. Spectre d'énergie. Etats stationnaires. Exemple : vibrations d'une molécule diatomique.
- Opérateurs et commutateurs. Image matricielle des opérateurs. Algèbre linéaire. Espace de Hilbert. Relation d'incertitude.
- Application 5 : système à 2 niveaux. Exemples : Molécule d'ammoniac, oscillations de neutrinos.
- Application 6 : oscillateur harmonique II. Opérateurs de création et d'annihilation. OH a 3 dimensions. Dégénérescence. Exemples : phonons.

THERMODYNAMIQUE ET INTRODUCTION A LA PHYSIQUE STATISTIQUE (8 ECTS)

(2 cours + 2TD /semaine)

1) Généralités, premier principe

- Etats d'un système: états d'équilibre, équations d'état, paramètres intensifs et extensifs
- Transformations irréversibles, quasi-statiques, réversibles
- Premier principe, énergie interne, travail et échanges de chaleur
- Application au gaz parfait

2) Entropie et second principe

- Machines thermiques, cycle de Carnot, nécessité d'un second principe
- Entropie, température thermodynamique, énoncé moderne du second principe
- Rendements d'une machine thermique, moteurs et machines frigorifiques

3) Changements de phase du corps pur

- Représentation en paramètres P, T et P, V des états du corps pur
- Point triple, point critique
- Coefficients calorimétriques, relations de Clapeyron

4) Aspects microscopiques et introduction à la physique statistique

- Théorie cinétique des gaz, libre parcours moyen
- Equations de diffusion, équation de Boltzmann, distribution de Maxwell des vitesses
- Postulat fondamental de la physique statistique, ergodicité, équiprobabilité des micro-états
- Entropie comme mesure du "désordre", flèche du temps, entropie microcanonique

STAGE (3 ECTS)

Il s'agit d'un stage d'initiation aux métiers de la physique, d'une durée de 5 semaines.

PROJET DE PHYSIQUE EXPERIMENTALE (6 ECTS)

(2 TP / semaine)

(pour le groupe 2 en alternance avec le groupe 1)

MATHEMATIQUES 6 (5 ECTS)

(2h cours + 2h TD /semaine)

Espaces linéaires (suite)

- fonctionnelles linéaires et distributions
- Espace de Hilbert continu 1D, lien avec ondes et transformée de Fourier, paquet d'onde
- Série de Fourier, Transformées de Laplace et de Fourier

Probabilités et statistiques

- Statistique descriptive 1D, distributions, moments, représentations graphiques
- Statistique descriptive 2D, covariance, coefficients de corrélation, variables indépendantes
- Introduction à la théorie des probabilités : axiomes, calcul combinatoire, variables aléatoires
- Lois discrètes et lois continues (exemples : Bernoulli, Binomiale, Poisson, Gauss,...)
- Théorèmes fondamentaux
- Introduction à l'inférence statistique; intervalles de confiance et tests d'hypothèses
- Ajustement et régression linéaire, maximum de vraisemblance, moindres carrés