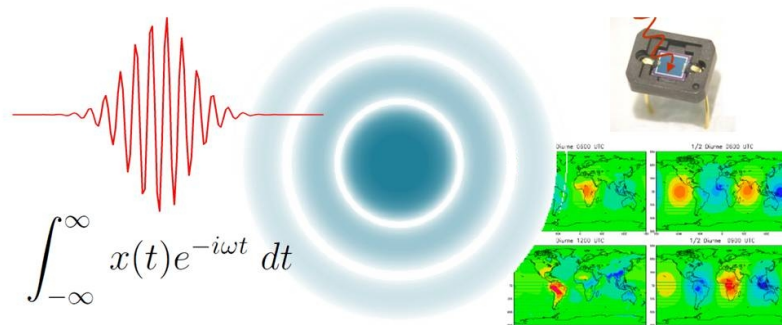


3P040 : Mesures Physiques



Responsable de l'UE : **Franck Vidal**

Institut des NanoSciences de Paris - UPMC
Campus Jussieu – barre 22-32 – étage 4 – Pièce 405
4, Place Jussieu 75252 Paris Cedex 05
Téléphone : 01 44 27 98 09
franck.vidal@insp.upmc.fr

1. Descriptif de l'UE

Volumes horaires globaux : 4 TP de 4h (UE spécifique pour le parcours à distance)

Nombre de crédits de l'UE : 9 ECTS

Mention : Physique (parcours à distance)

Période : S5 (UE spécifique pour le parcours à distance : déroulement annuel)

Pré-requis :

- Maîtrise des éléments de base d'utilisation du logiciel python.
- Notion d'équation différentielle.
- Familiarité avec les fonctions trigonométriques et les nombres complexes
- Fonctions périodiques : notions de période, fréquence, pulsation.
- Connaissances de base en analyse : intégration et dérivation.
- Notions d'électrocinétique.

2. Présentation pédagogique de l'UE

a) Thèmes abordés

Cette UE introduit les concepts mathématiques liés aux notions de système linéaire, chaîne de mesure, spectre (transformée de Fourier) nécessaires à la démarche du physicien dans de nombreux domaines, notamment expérimentaux. Les thèmes abordés sont organisés suivant une progression qui suit le découpage suivant :

Mesurer :

1. L'oscillateur harmonique comme modèle pour des nombreux systèmes physiques. L'oscillateur mécanique libre, en notation complexe.
2. Oscillateur forcé et amorti. Résonance.
3. Sollicitation et réponse d'un système physique. Équations différentielles linéaires et systèmes physiques.

4. La chaîne de mesure.
5. Rappels d'électrocinétique.
6. Circuits en régime permanent et harmonique.

Analyser spectralement :

7. Séries de Fourier. Notion de spectre. Application : réponse d'un système linéaire à un signal périodique.
8. Transformées de Fourier: définitions, propriétés, utilisation.
9. Introduction de la distribution delta de Dirac.
10. TF des fonctions périodiques et des fonctions limitées dans le temps.
11. Signaux numériques : Échantillonnage et quantification. Théorème de Shannon et repliement du spectre. Analyse spectrale par FFT.

Analyser temporellement :

12. Systèmes linéaires simples : Fonction de transfert et réponse impulsionnelle.
13. Opérateur de convolution. Lien entre réponse impulsionnelle et réponse spectrale.

Signaux aléatoires, bruit, filtrage :

14. Rappels de statistique et probabilités : variables aléatoires, moyenne (temporelle et d'ensemble), écart type, notion de distribution de probabilité, principales lois, théorème de la limite centrale.
15. Signaux aléatoires : stationnarité et ergodicité. Propriétés statistiques des signaux aléatoires : fonction de corrélation et densité spectrale de puissance (DSP).
16. Bruit blanc. Filtrage.

Annexe :

17. Transformée de Fourier d'un signal variant dans l'espace.

Les concepts introduits en cours seront illustrés par des exemples physiques, et mis en œuvre lors des séances de travaux pratiques.

Travaux pratiques

1. Circuits électriques et filtres (« Mesurer »).
2. Échantillonnage d'un signal et FFT (« Analyser spectralement »).
3. Détection synchrone 1.
4. Détection synchrone 2.

b) Acquis attendus

La mesure d'une grandeur physique nécessite la maîtrise de la manière dont les constituants de la chaîne de mesure modifient le signal mesuré, et donc de l'analyse des données, celle-ci conduisant ensuite à la modélisation du système physique.

L'étudiant(e) devra acquérir les bases techniques, mathématiques et informatiques nécessaires pour réaliser cette analyse. Plus particulièrement il (elle) devra:

- avoir compris comment développer un signal périodique en série de Fourier et écrire la transformée de Fourier d'un signal apériodique, savoir relier ces opérations à la notion de spectre et spectre d'énergie, maîtriser le passage du domaine du temps au domaine de la fréquence et inversement.
- savoir obtenir numériquement la transformée d'un signal donné par FFT et en interpréter correctement le résultat, y compris les effets liés à la numérisation.
- avoir compris la notion de filtre et celle de fonction de transfert, et savoir calculer la réponse à une sollicitation donnée d'un système linéaire simple, associé à une équation différentielle.
- reconnaître et traiter des signaux aléatoires, pouvoir discuter leur stationnarité et ergodicité, en

calculer numériquement la fonction de corrélation et la DSP et les analyser, en particulier pour identifier, si possible, la présence d'un signal intéressant mélangé à un bruit additif.

- mobiliser et mettre en œuvre ces concepts dans un contexte expérimental.

c) Organisation pédagogique

Le cours théorique sera complété par la mise en application des notions acquises dans les 4 TP de 4 h. Ces TP interviendront à la fin du cours (en mai, l'ensemble des notions acquises fournissant le cadre nécessaire pour appréhender la mesure dans des situations réelles, relativement complexes. La connexion entre cours et TP et l'assimilation du cours seront facilitées par une série d'exercices autocorrectifs, et validées périodiquement par quatre devoirs maison corrigés, qui pourront être analytiques ou numériques. Une épreuve écrite finale sera organisée.

d) Modalités d'évaluation

Devoirs maison (note de CC)	20
TP	20
Examen écrit	60
Total	100

e) Ouvrages de référence

1) Physique générale, oscillateurs, ondes :

« *Le cours de Physique de Feynman* », R. Feynman, Leighton, Sands, en 5 volumes (Mécanique, Electromagnétisme, Mécanique quantique), InterEditions. Voir particulièrement les 2 volumes de mécanique.

« *Physique pour les sciences de la vie* », Bouyssy, Davier, Gatty, Vol. 3, Belin 1987.

« *Physique Générale* », Alonso et Finn, en deux volumes, (V1 : Mécanique et Thermodynamique, V2 : Champs et Ondes), InterEditions.

2) Electronique :

« *Cours de génie électrique* », G. Chagnon, Licence Professionnelle de génie industriel, UPMC. Disponible sur le web en format PDF.

3) Théorie du signal et mathématiques :

« *Théorie du signal* », Ph. Réfrégier, MASSON.

« *Signaux et systèmes linéaires* », Y. Thomas, MASSON.

« *Méthodes mathématiques en analyse du signal* », C. Soize, MASSON.

« *Equations différentielles et systèmes dynamiques* », J. Hubbard and B. West, traduction de V. Gautheron, Cassini.

4) Traitement du signal et analyse de données :

« *Méthodes et techniques de traitement du signal et applications aux mesures physiques* », J. Max, en 2 volumes, MASSON.

« *Traitement du signal* », J. Auvray, IST SETI-3, UPMC. Disponible sur le web en format PDF.

« *Random data, analysis and measurement procedures* », J.S. Bendat and A.G. Piersol, Wiley-Interscience.

f) Enseignement à distance

l'UE est ouverte spécifiquement pour les étudiants du parcours à distance.

