

## PHQ214 - PHÉNOMÈNES ONDULATOIRES

<b>Cours</b>		<b>Professeur</b>	
Titre :	Phénomènes ondulatoires	Nom :	Mathieu Juan
Sigles :	PHQ 214	Bureau :	D9-2014
Crédits :	3	Tél :	821-8000 poste 65391
Travail personnel :	5 heures / semaine	Courriel :	mathieu.juan@usherbrooke.ca

  

		<b>Chargé d'exercices</b>	
Travaux dirigés :	2 heures chaque 2 semaines	Nom :	Laurence Mercier-Coderre
		Bureau :	D2-2078
		Tél :	821-8000 poste xxxxx
		Courriel :	laurence.mercier-coderre@usherbrooke.ca

  

<b>Horaire</b>		<b>Local</b>
Mercredi :	10h30 12h20	D3-2029
Vendredi :	13h30 15h20	D3-2029
Séance d'exercice :	un Vendredi sur deux (sujet à changement)	

### 1 Mise en contexte

Le mouvement oscillatoire ou vibratoire est l'un des plus importants rencontrés dans la nature. Qu'il s'agisse d'une particule se déplaçant périodiquement autour d'une position d'équilibre, du mouvement d'un pendule, d'un poids suspendu à un ressort, des atomes dans un solide ou dans des molécules, des électrons dans une antenne émettrice ou réceptrice ; le mouvement vibratoire est essentiel à la compréhension de nombreux effets physiques. Il est aussi essentiel pour saisir la dualité onde-corpuscule si importante en mécanique quantique. Ce cours est donc un outil indispensable pour comprendre le mouvement périodique et introduire le concept d'onde (stationnaire et progressive); on développera de façon particulière l'oscillateur harmonique à une dimension. Ces concepts seront réutilisés de façon continue durant les prochains cours de physique. Le cours est donc un cours de base et il est obligatoire pour tous les étudiants inscrits en physique.

### 2 Objectifs

En général, le cours PHQ214 constitue une initiation à la nature ondulatoire de plusieurs phénomènes physiques. En effet, ce type de phénomènes sont au centres de beaucoup d'effets physiques, ainsi le cours sera illustré avec des exemples de la mécanique, l'électricité et l'électromagnétisme.

À la fin du cours PHQ214, et pour atteindre les objectifs généraux, l'étudiant devra être capable de :

- décrire un mouvement harmonique simple ;
- expliquer les concepts de mode propre, d'ondes stationnaire et progressive, de vitesses de phase et de groupe, d'impédance, de coefficient de réflexion et transmission ;
- résoudre des problèmes simples faisant appel aux lois de la mécanique et de l'électricité ;

- déduire le rôle des lois de la mécanique et de l'électricité dans l'établissement de mouvements harmoniques ;
- appliquer les équations différentielles linéaires du second ordre, homogène et non-homogène, à la résolution de phénomènes oscillatoires ;
- utiliser les nombres complexes pour résoudre les équations différentielles décrivant des mouvements harmoniques simples ;
- appliquer les séries de Fourier à la décomposition d'un mouvement harmonique ;
- utiliser les intégrales de Fourier à la description d'impulsions ;
- appliquer les outils de l'algèbre linéaire à la résolution d'équations différentielles couplées.

### 3 Contenu du cours

La matière est distribuée sur 13 semaines au cours desquelles les chapitres suivants seront couverts :

- Chapitre 1 : Introduction, définitions des outils mathématiques (équations différentielles)  
Oscillateur harmonique libre, mouvement harmonique simple  
Exemples mécaniques et circuits électriques
- Chapitre 2 : Analyse des systèmes à deux degrés de liberté (mode propres)  
Révision d'algèbre linéaire et la diagonalisation de matrices  
Pendules couplés, systèmes à plusieurs ressorts, circuits électriques plus compliqués
- Chapitre 3 : Oscillateur harmonique amorti et forcé  
Solutions transitoires et stationnaires, phénomène de résonance  
Plusieurs degrés de liberté amortis et forcés
- Chapitre 4 : Séries de Fourier (révision)  
Transformées de Fourier
- Chapitre 5 : Équation d'onde classique  
Modes propres et ondes stationnaires ; conditions de frontière
- Chapitre 6 : Ondes dans des systèmes discrets  
Relation de dispersion  
Transformées de Fourier discrètes et le théorème de Nyquist  
Masses-ressorts, pendules couplés, circuits LC, phonons  
Milieux dispersifs et réactifs
- Chapitre 7 : Ondes progressives  
Phase et relation de dispersion  
Impédance, réflexion, réflexion et transmission
- Chapitre 8 : Paquets d'ondes et vitesse de groupe  
Modulation, impulsions, analyse de Fourier, distribution de Dirac, convolution

### 4 Méthodes pédagogiques

Les cours magistraux seront utilisés pour couvrir la matière de ce cours en abordant les concepts théoriques de façon rigoureuse ainsi que l'état de l'art pertinent. Les sessions d'exercice seront utilisées pour illustrer les points importants du cours. Ces exercices permettront de d'acquérir une compréhension plus pratique du

cours. Distribution entre cours et exercices :

1. Exposés magistraux et échanges avec la classe (3 heures par semaine);
2. Exercices dirigés (1 heure par semaine). En pratique, nous ferons une session d'exercices dirigés de deux heures chaque deux semaines.

## 5 Évaluation

Les dates des examens seront fixées par la faculté. Les devoirs sont réalisés en équipes de deux personnes, une seule copie doit être remise par équipe. Les dates de remise des devoirs seront fixées par le professeur durant le cours. Les devoirs doivent être remis au début du cours spécifié et une pénalité de 10% par jour s'appliquera aux devoirs remis en retard. La note 0 sera attribuée à tout devoir remis suite à la présentation de la solution.

- Devoirs : 25%
- Examen intratrimetriel : 30%
- Examen final : 45%

*Note : En cas de circonstances extraordinaires au-delà du contrôle de l'Université et sur décision de celle-ci, l'évaluation des apprentissages et le calendrier des séances de ce cours sont sujets à changement.*

### Devoirs

Les devoirs servent principalement à vérifier la progression des étudiants conformément aux attentes du professeur. Ils pourront être remis à raison d'une copie par équipe de deux ou trois étudiants. Bien sûr, il est dans l'intérêt de chacun de prendre part activement à la rédaction du devoir.

### Examens partiel et final

Les examens écrits permettent de vérifier l'acquisition d'un certain nombre de concepts physiques et d'aptitudes, telle que la résolution de problèmes par des développements mathématiques.

### Règles générales

Les devoirs doivent être présentés sous une forme agréable à lire : soignez votre écriture ou bien utilisez un logiciel de traitement de texte. Cela s'applique aussi aux examens.

## 6 Matériel didactique

Aucun manuel n'est obligatoire, mais les références suivantes sont utiles afin d'approfondir la matière vue en classe.

1. F. S. CRAWFORD, Ondes (traduction de : Waves, Berkeley physics course, volume 3), Dunod, Paris, 1999. (QC 21 B47 V.3F 1999).
2. W. C. ENMORE AND M.A. HEALD, Physics of Waves, Dover Publications, New York 1969. (QC 157 E4P 1969).
3. A. P. FRENCH, Vibrations and Waves, dans la série M.I.T Introductory physics series, W. W. Norton & Company, 1971. (QC 235, F7V 1971).
4. K. U. INGARD, Fundamentals of Waves and Oscillations, Cambridge University Press, 1988. (QC 157 I54 1988).
5. L. MEIROVITCH, Elements of vibration analysis, McGraw-Hill, New York, 1986. (QA 935 M53 1986)