

1. Objet du cours et sa place dans le programme

Le cours *Ondes et physique moderne* s'adresse aux étudiants inscrits au programme Sciences de la nature. Cependant, cette version du plan de cours s'adresse spécifiquement aux étudiants qui suivent le profil sciences pures et appliquées. Le cours est le troisième et dernier de la série des cours obligatoires de physique.

On peut subdiviser le cours en deux parties bien distinctes: physique classique des ondes et physique moderne.

La première partie du cours commence par une description détaillée des ondes mécaniques et en particulier du son. Le cours se poursuit avec les ondes lumineuses dans l'approximation de l'optique géométrique puis de l'optique physique.

La deuxième partie du cours porte sur la physique de notre siècle et ouvre de nouveaux horizons aux étudiants: par exemple en relativité et en physique quantique, etc...

Le choix des sujets traités est déterminé par le professeur en tenant compte de l'orientation des étudiants.

Le cours NYC est la suite logique des deux autres cours de base en physique classique commencée dans les cours *Mécanique* et *Électricité et Magnétisme*. Il est donc normal d'y faire une certaine synthèse de la connaissance scientifique des étudiants.

Le cours contribue à la formation fondamentale de l'étudiant en complétant ses connaissances de la physique classique d'une part, et en le confrontant d'autre part à la révolution des concepts de temps et d'espace et à la quantification de certaines propriétés de la matière, provoquée par le développement de la relativité et de la physique quantique.

À titre de préalable l'étudiant doit avoir suivi le cours de physique NYB.

2. Compétence développée dans le cours

Analyser différentes situations ou phénomènes physiques reliés aux ondes, à l'optique et à la physique moderne à partir de principes fondamentaux

Les connaissances : au terme de ce cours, l'étudiant doit

- connaître, comprendre et savoir appliquer les grandes lois rencontrées dans les trois cours de physique, et en particulier, les grands principes de conservation;
- connaître et utiliser correctement la terminologie, le symbolisme et les conventions propres à la physique;
- connaître les principales définitions en précisant la signification de tous les symboles utilisés;
- connaître les formules les plus importantes et juger des contraintes et limites de leur applicabilité;
- connaître les unités du système international (SI) et savoir faire une analyse dimensionnelle ;
- connaître et maîtriser les principales fonctions mathématiques importantes en physique;
- connaître les bases du calcul intégral et différentiel nécessaires pour comprendre certaines théories;
- connaître les techniques expérimentales de base en physique et comprendre les buts, les méthodes et les limites d'un protocole proposé;

- savoir situer, à l'occasion, un certain nombre de concepts, de développements théoriques et de faits expérimentaux dans un contexte historique.

Les habiletés : au terme de ce cours, l'étudiant doit pouvoir

- raisonner qualitativement et formaliser ses réflexions, sa démarche et son travail expérimental;
- utiliser un vocabulaire précis et décrire dans un langage cohérent les situations à l'étude en respectant l'orthographe, les règles de grammaire et la syntaxe;
- traduire un problème de physique en termes mathématiques en utilisant le symbolisme et la syntaxe habituels et résoudre les équations établies;
- prévoir l'ordre de grandeur du résultat d'un calcul, critiquer le résultat obtenu et en donner une interprétation physique;
- faire les graphiques et les schémas en respectant les normes habituelles;
- résoudre un problème en le décomposant en une suite de questions intermédiaires, en utilisant une démarche cohérente et logique et les techniques mathématiques appropriées;
- effectuer une démarche expérimentale et rédiger un rapport de laboratoire;
- utiliser adéquatement divers outils techniques, appareils et instruments de mesure, en particulier dans un laboratoire de physique;
- présenter des rapports de laboratoire concis et conformes aux exigences établies, rédigés dans un français correct, clair et précis;
- intégrer les apprentissages en mathématiques au cours de physique;
- faire le transfert de ses connaissances des lois de la physique à des situations de la vie quotidienne.

Les attitudes : ce cours doit amener l'étudiant à

- prendre la responsabilité de son processus d'apprentissage;
- développer son sens critique et son esprit d'analyse et de synthèse;
- développer ses capacités de travail en équipe;
- développer le goût de poursuivre sa formation en sciences, en particulier dans le domaine de la physique moderne et des applications de la physique à la technologie et aux autres disciplines scientifiques;
- développer son intérêt pour les sciences, l'histoire des sciences, l'éthique et l'épistémologie.

3. Contenu et déroulement du cours

Notez que le nombre de périodes inscrit est une approximation du temps réel alloué.

Optique géométrique

(20 périodes)

Semaines 1 à 6

L'étudiant doit pouvoir...

Lumière et lois de l'optique géométrique

- énumérer les principaux modèles de la lumière à travers l'histoire
- énoncer les principes de Huygens et de Fermat
- démontrer les lois de la réflexion et de la réfraction à partir de l'un ou de l'autre des principes précités
- définir l'indice de réfraction d'un milieu
- expliquer le phénomène de dispersion de la lumière
- expliquer le phénomène de réflexion totale et donner les conditions pour l'obtenir
- définir rayon lumineux, faisceau lumineux, système optique, objets (réels et virtuels) et images (réelles et virtuelles)

Applications

- appliquer les lois de la réflexion et de la réfraction dans divers problèmes
 - obtenir, au moyen d'un tracé de rayons lumineux, l'image d'un objet formée par un miroir plan
 - définir le grandissement et le grossissement d'un système optique
 - démontrer et appliquer les formules qui donnent la position de l'image produite par un dioptré sphérique ainsi que le grandissement
 - démontrer et appliquer les formules qui donnent la position de l'image produite par une lentille mince ainsi que le grandissement
 - définir la vergence et la distance focale d'une lentille
 - identifier la position des foyers d'une lentille et faire le tracé des rayons principaux pour obtenir l'image d'un objet étendu
 - résoudre, par calcul et par tracé de rayons, des problèmes impliquant deux lentilles
-
- démontrer et utiliser les formules du grossissement de la loupe, du microscope et de la lunette astronomique
 - expliquer le phénomène de la profondeur de champ d'une caméra (ou de l'oeil)

Semaines 7 à 11

L'étudiant doit pouvoir...

Oscillateur

- donner des exemples d'oscillateurs harmoniques simples
- définir amplitude, période, fréquence et phase d'un oscillateur harmonique simple
- donner l'équation de la position en fonction du temps pour différents départs de l'objet oscillant et l'illustrer graphiquement
- reconnaître l'équation différentielle qui décrit l'oscillateur libre
- poser l'équation différentielle pour des cas simples d'oscillateurs mécaniques libres et trouver leurs fréquences d'oscillation
- obtenir la position, la vitesse et l'accélération d'une masse accrochée à un ressort, connaissant la masse, la constante de rappel du ressort et les conditions initiales du système
- calculer l'énergie d'un système oscillant masse-ressort
- décrire les transferts d'énergie interne pour un oscillateur mécanique

Oscillateur amorti

- décrire l'effet d'une force dissipative sur un oscillateur harmonique

Oscillateur entretenu

- décrire le comportement d'un oscillateur harmonique soumis à une force d'entraînement périodique et interpréter la courbe de résonance

Ondes progressives

- donner des exemples d'ondes longitudinales et transversales
- énumérer et expliquer les caractéristiques d'une onde sinusoïdale : amplitude, période, fréquence, pulsation, longueur d'onde, nombre d'onde et vitesse de propagation
- dire, pour chaque caractéristique, si elle dépend uniquement de la source, uniquement du milieu ou du milieu et de la source
- déterminer la forme particulière de la fonction d'onde sinusoïdale $f(x, t)$ pour différentes conditions
- appliquer la relation donnant la vitesse de propagation d'une onde sur une corde en fonction de la densité linéaire de la corde et de sa tension
- énoncer le principe de superposition d'ondes et l'appliquer graphiquement
- tracer la forme de l'onde réfléchie et transmise d'une onde qui passe d'une corde à une autre en utilisant les coefficients de réflexion et de transmission
- définir l'impédance d'une corde et étendre la notion d'impédance à d'autres milieux
- appliquer la relation donnant la puissance d'une onde sinusoïdale en fonction de sa fréquence, de son amplitude et de l'impédance du milieu
- calculer les vitesse et accélération transversales associées à une onde en prenant la dérivée partielle de la fonction d'onde
- reconnaître l'équation d'onde et montrer que la fonction d'onde sinusoïdale en est une solution

Ondes sonores

- expliquer qualitativement comment sont produites les ondes sonores
- décrire la relation entre l'onde de déplacement et l'onde de pression associées à une onde sonore
- obtenir, par analogie avec le cas de la corde, la puissance d'une onde sonore et l'impédance d'un milieu acoustique
- définir l'intensité d'une onde sonore

Interférence

- résoudre des problèmes d'intensité sonore en unités internationales et en dB
- expliquer les conditions d'interférence constructive et destructive de deux ondes progressives déphasées
- appliquer ces conditions dans des problèmes impliquant deux sources ponctuelles en phase

Ondes stationnaires	- expliquer comment est produite une onde stationnaire - énumérer et expliquer les caractéristiques d'une onde stationnaire : amplitude, période, fréquence, pulsation, longueur d'onde, nombre d'onde, position des noeuds et des ventres - déterminer la forme particulière de la fonction d'onde $f(x, t)$ pour différents choix d'origines de temps et d'espace - expliquer qualitativement le phénomène de résonance et en donner des exemples - appliquer les notions précédentes à des cordes fixées aux deux extrémités (instruments à cordes) et à des colonnes d'air (instruments à vent)
Battements	décrire les conditions donnant lieu à des battements et trouver la fréquence de battement
Ondes électromagnétiques	décrire une onde électromagnétique et les différentes régions du spectre électromagnétique

Optique physique

(11 périodes)

Semaines 12 et 13	L'étudiant doit pouvoir...
Interférence	- expliquer l'expérience de Young (interférence à deux fentes) et dessiner le patron d'intensité lumineuse obtenu - expliquer le phénomène d'interférence à trois, quatre et N fentes (réseau) et reconnaître les patrons d'intensité lumineuse obtenus - expliquer les spectres obtenus au moyen d'un réseau et résoudre des problèmes de spectroscopie - expliquer l'interférence dans les pellicules minces et poser les conditions d'interférence constructive et destructive
Diffraction	- donner des exemples de diffraction de la lumière - expliquer le phénomène de diffraction de Fraunhofer par une fente simple et dessiner le patron d'intensité lumineuse correspondant - énoncer le critère de Rayleigh et l'utiliser dans des problèmes de fente ou d'ouverture circulaire - discuter de la limite de résolution des instruments d'optique (microscope, télescope, etc.) et énumérer des moyens techniques pour l'améliorer - définir la limite de résolution d'un réseau et l'utiliser

Physique moderne

(12 périodes)

Remarque : en tenant compte du cheminement des étudiants, on choisit parmi les sujets suivants

Semaines 14 et 15	L'étudiant doit pouvoir...
Relativité restreinte	- énumérer les principales contradictions de la physique résolues par la théorie de la relativité - expliquer l'hypothèse de l'éther et l'expérience de Michelson et Morley - énoncer les postulats de la relativité restreinte - décrire une expérience simple qui démontre que deux observateurs en mouvement relatif divergent sur les mesures de temps et d'espace - donner les expressions de la contraction des distances et de la dilatation du temps et les utiliser - obtenir à partir des transformations de Lorentz les expressions pour les transformations de vitesses et les utiliser
Relativité restreinte (suite)	- définir la quantité de mouvement et l'énergie relativistes - résoudre des problèmes simples de réactions nucléaires et de particules élémentaires en appliquant les lois de conservation de la masse-énergie et de la quantité de mouvement relativiste

Physique nucléaire	• décrire ce que sont les particules α, β et γ • différencier radioactivité naturelle et artificielle • obtenir la loi de la désintégration naturelle, définir la demi-vie d'une substance et l'appliquer • obtenir la loi d'absorption des particules β et γ et l'appliquer • compléter une réaction nucléaire • décrire quelques applications (médicales, agricoles, industrielles) utilisant des produits radioactifs (naturels et artificiels) • discuter des effets des radiations sur les cellules • appliquer la loi de désintégration dans des problèmes de datation au carbone 14 • calculer l'énergie dégagée lors d'une fission nucléaire • différencier fission et fusion • donner les conditions pour entretenir une réaction de fission
Introduction à la physique quantique	• décrire l'effet photoélectrique et expliquer ses conditions de réalisation • expliquer comment le concept de photon justifie les observations faites sur l'effet photoélectrique • appliquer la loi de conservation de l'énergie à des problèmes d'effet photoélectrique • expliquer les caractéristiques du modèle de Bohr de l'atome d'hydrogène • construire le diagramme des niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène ou des ions à un électron • résoudre des problèmes de transitions électroniques dans les ions à un électron ou dans l'atome d'hydrogène • expliquer l'hypothèse de Louis de Broglie sur la nature ondulatoire de la matière • appliquer la relation de de Broglie à des problèmes d'interférence et de diffraction • expliquer la portée du principe d'incertitude et l'appliquer

Expériences de laboratoire

(12 périodes)

Remarque

Les expériences mentionnées sont sujettes à des modifications éventuelles.

Sujets de laboratoire	L'étudiant
(semaine à déterminer) Oscillations	- analyse les différentes formes de systèmes oscillants (libre, amorti et entretenu)
(semaine à déterminer) Ondes	• expérimentation avec les ondes sonores dans un tube ouvert et fermé (mesure de la position des nœuds, résonance etc..) •
(semaine à déterminer) Fourier 1 et 2	• utilise un synthétiseur de Fourier pour se familiariser avec les propriétés des séries de Fourier - mesure le pourcentage de distorsion d'un amplificateur en reproduisant le signal déformé de l'amplificateur au moyen du synthétiseur.
(semaine à déterminer) Lentilles	• mesure les caractéristiques de lentilles divergentes et convergentes, séparément et en association, sur un banc d'optique
(semaine à déterminer) Ondes ultrasonores	- mesure de la vitesse d'un chariot par effet Doppler - interférence de Young et interférence d'une onde ultrasonore

4. Activités d'enseignement et d'apprentissage

Le cours se donne à raison de cinq heures de théorie par jour sauf, évidemment, les jours où des séances de laboratoire sont prévues.

Dans ce cas, il y aura trois heures de théorie et deux heures de laboratoire.

Théorie

Les méthodes pédagogiques peuvent varier d'un professeur à un autre. Généralement, le professeur expose la théorie en classe par des cours de type magistral. Quelle que soit la méthode utilisée, le professeur fait lui-même et fait travailler par les étudiants, en classe, un certain nombre de problèmes, dans le but d'aider l'étudiant à comprendre la théorie. De plus, chaque semaine, le professeur indique aux étudiants un certain nombre de problèmes à faire à la maison. Le travail régulier constitue certainement une des conditions essentielles de la réussite. L'étudiant doit consulter le *complément au plan d'étude*, à la fin de ce texte, pour connaître la méthodologie particulière du professeur.

Laboratoires

L'étudiant doit effectuer toutes les expériences dont la liste apparaît précédemment. Pour s'assurer de la participation continue des étudiants, le département de physique a établi les règlements suivants.

Les étudiants travaillent par équipes de deux au maximum. Ces équipes sont formées au début de la session et restent les mêmes pour toute la durée de la session.

La présence des deux membres est obligatoire pour toutes les séances prévues sur la *feuille de route*. Chaque absence entraîne, pour l'étudiant concerné, une note zéro pour ce laboratoire.

Les rapports sont communs et la note va aux deux étudiants. Les rapports doivent être remis une semaine après la séance de laboratoire, au début de la période normalement prévue pour les séances de laboratoire. Bien entendu les deux partenaires d'une même équipe sont conjointement responsables de la remise des travaux de laboratoire (préparations et rapports).

De plus chaque étudiant sera noté, pour la plupart des expériences, sur un travail préparatoire qu'il devra remettre avant la séance de laboratoire. Ces travaux sont appelés *préparations* sur la *feuille de route*.

Un examen pratique de laboratoire servira à vérifier l'acquisition, par chaque étudiant, de certaines théories et techniques vues en laboratoire.

La ponctualité à un laboratoire est très importante puisque plusieurs séances de laboratoire sont largement dirigées en début de séance. Le professeur se réserve le droit de pénaliser l'étudiant dont le retard n'est pas justifié. Un calendrier des séances de laboratoire sera fourni, sur la feuille de route, au début de la session.

5. Évaluation sommative

Le barème de la session se répartit comme suit:

- théorie: 80%
- laboratoires: 20%
- examen de labo: 10%

Le pourcentage alloué à la théorie inclut la note des devoirs et des travaux préparatoires (s'il y a lieu) et celle des examens. Ces derniers se subdivisent en trois modes distincts d'évaluation, à savoir:

- les mini-tests ayant une durée de 10 à 20 minutes,
- les contrôles réguliers, ayant une durée de 50 minutes ou de 1 heure 50 minutes,
- l'examen final, dont une partie est récapitulative.

L'étudiant trouvera les détails de l'évaluation sommative dans le *complément au plan d'étude*.

Il n'y a **aucun examen de reprise**. Mais en cas d'échec, le pourcentage obtenu dans la partie récapitulative (portant sur *ondes, optique géométrique et optique physique*) de l'examen final remplace, s'il y a lieu, le résultat des contrôles réguliers faits en cours de session qui désavantage le plus l'étudiant, sans toutefois dépasser 60% pour la note finale du cours.

De plus, le département de physique a adopté la politique suivante pour les étudiants qui ont précédemment échoué le cours au collège de Maisonneuve et qui le reprennent: tout étudiant qui a obtenu une note cumulative de laboratoire de 70 % (ou davantage) peut être exempté de reprendre les laboratoires s'il en fait la demande **en début de session**; l'ancienne note de laboratoire est alors reportée pour la session courante.

Le professeur évalue tout travail (et en particulier les examens) à partir de ce que l'étudiant a effectivement écrit et non en fonction de ce qu'il a voulu écrire. Conformément à la politique d'évaluation des apprentissages, l'étudiant devrait avoir reçu 20 ou 25 % de sa note au plus tard le 25 mars. Veuillez noter que les 9, 10 et 11 mars prochains sont des journées d'évaluation formative prévues au calendrier scolaire. L'évaluation formative a pour but de fournir à l'étudiant, durant le déroulement d'un cours, de l'information sur son apprentissage dans le but de l'aider à poursuivre son cours. Les journées d'évaluation formative peuvent comprendre des activités dirigées ou des activités de tutorat et la présence des étudiants à ces journées peut être exigée.

6. Modalités d'application des politiques institutionnelles et règles départementales particulières

La présence aux cours est très importante. L'étudiant qui suit un cours, loin de subir une perte de temps, fait déjà une partie du travail d'apprentissage sur place. Il en faut peu pour conclure que l'étudiant qui manque un cours s'expose à un surcroît de travail. Les absences répétées risquent de représenter un retard difficile à rattraper.

Dans le contexte actuel où l'étudiant est invité à prendre ses propres responsabilités, et à assumer ses libertés d'adulte, le département de physique n'impose pas généralement la présence obligatoire aux cours théoriques; il existe cependant un certain nombre d'absences limite, au-delà duquel un étudiant ne pourra pratiquement plus récupérer sa session. **La présence aux laboratoires et aux contrôles est évidemment obligatoire** (voir "Politique d'absence aux examens" en annexe).

A. Récupération

Cours théoriques

Dans le cas d'une absence justifiée, la récupération se fait à partir des indications du professeur. Dans le cas d'une absence non justifiée, l'étudiant devra récupérer par ses propres moyens. Advenant une absence prolongée, l'étudiant doit en aviser le collège le plus rapidement possible et voit si possible avec son professeur, les modalités de récupération.

Contrôles et laboratoires

Les absences non motivées entraînent pour l'étudiant la note zéro. Une absence à un contrôle ou à une séance de laboratoire doit être justifiée par l'étudiant auprès de son professeur et les raisons de son absence doivent être acceptées par le coordonnateur de département. C'est le professeur qui décide, s'il y a lieu, de la date de reprise du contrôle ou du laboratoire.

Un étudiant qui peut prévoir une absence est tenu d'en avertir son professeur le plus tôt possible et un étudiant qui a été absent doit aussi rencontrer son professeur le plus tôt possible.

B. Politique de la langue et écriture mathématique

La politique de la langue au département de Physique est celle en vigueur au Collège de Maisonneuve. Compte tenu que l'étudiant a accès à tout le matériel nécessaire à l'extérieur de la classe pour écrire ses travaux ou laboratoires dans un français convenable, il sera pénalisé jusqu'à un maximum de 10 % pour les fautes d'orthographe et de grammaire d'usage. Pour les travaux et les examens effectués en classe, il se verra pénalisé jusqu'à un maximum de 5 % de l'évaluation.

Pour les travaux et contrôles, une attention particulière est apportée à l'écriture mathématique. Cet aspect est objet à évaluation par tous les professeurs de physique et est intégré aux barèmes de correction du professeur.

C. Plagiat

Le plagiat en tout ou en partie entraîne la note zéro. La participation ou collaboration au plagiat entraîne également la note zéro.

D. Échéances

Le professeur rendra normalement les copies d'examen corrigées dans la semaine suivant le contrôle. La remise des rapports de laboratoire corrigés se fait normalement à la séance de laboratoire suivante. Tous les travaux de laboratoire et les examens sont conservés au département, par les professeurs concernés, durant au moins une session. Les étudiants doivent remettre au professeur leur copie, après consultation; ***aucune copie ne doit sortir de la classe.*** Cependant, les étudiants peuvent revoir leurs copies au bureau du professeur durant les périodes de disponibilité de celui-ci. Les travaux doivent être remis dans le délai prescrit par le professeur. Dans le cas des retards, ceux-ci seront pénalisés à hauteur de 10 % par jour (ouvrable) de retard. Les travaux en retard ne sont plus acceptés après la remise des corrigés.

7. Recours prévus pour les étudiants

En cas de problème l'étudiant dispose de certains recours présentés dans la dernière édition du cahier *Les Règles du Jeu*.

Au département de physique, la précision suivante doit être ajoutée à la procédure de révision de notes.

Le comité de révision est composé de trois membres du département:

- le R.C.D.,
- un professeur désigné par l'étudiant,
- un professeur désigné par le professeur de l'étudiant.

8. Médiagraphie

SÉGUIN, Marc. Physique XXI. Tome C Ondes, optique et physique moderne. 2010. Montréal : 2010. 572 p.

BENSON, Harris. Physique 3: Ondes, optique et physique moderne. 2e éd. Montréal : Éditions ERPI, 1999 428 p.

HALLIDAY , David et Robert RESNICK. Physique. Montréal : Éditions du Renouveau pédagogique , 1979-1980 . 3 v.
530 H188ph f.s

MORGAN , Joseph. Introduction to university physics. Boston : Allyn and Bacon , 1963-1964. 2 v.
530 M848in

SERWAY , Raymond A. , Physique 3 : Optique et physique moderne. 4e éd. Laval: Études vivantes , 1996. 326p.

SHORTLEY , George Hiram et Dudley WILLIAMS. Principles of college physics. 2nd ed. Englewood Cliffs, N.J. : Prentice-Hall, 1967. 863 p.
530 S559pr

9. Complément au plan d'étude

Professeur: _____ Local: _____

Documents de base

SÉGUIN, Marc. Physique XXI. Tome C Ondes, optique et physique moderne. 2010. Montréal : 2010. 572 p.

Cahier de laboratoire: 203 - NYC , Laboratoires

Barème

Laboratoires: 20%

Devoirs, travaux préparatoires:

Mini-tests:

Contrôles réguliers:

Contrôle final: 30%



10. Politique d'absence aux examens

Les absences non motivées à un examen entraînent pour l'étudiant la note de zéro. Dans le cas d'une absence motivée, voici la procédure à suivre :

1. Avertissez votre professeur de la situation le plus tôt possible.
2. À votre retour au collège, passez au bureau de Camil Cyr, coordonnateur du département de physique (local : D-5620), afin de remplir le formulaire "DEMANDE DE REPRISE D'EXAMEN". Vous devrez joindre au formulaire des photocopies des pièces justificatives (exemple : billet du médecin*), et remettre le formulaire complété à Camil Cyr.

Dans les jours qui suivent, votre professeur vous avisera de la décision concernant la reprise de l'examen, ainsi que de la date de la reprise si le droit de reprise a été accordé.

***Remarque importante:** Si vous avez été malade et que vous présentez un billet du médecin comme pièce justificative, le billet doit explicitement indiquer que vous aviez une incapacité à subir un examen à la date où il a eu lieu.