

## PHQ560/660 – TRAVAUX PRATIQUES AVANCÉS

### Cours

Titre :	TP avancés I et II
Sigle :	PHQ560/660
Session :	2 Automne / Hiver
Crédits :	3
Travaux pratiques :	6 heures / semaine
Travail personnel :	6 heures / semaine

### Place du cours dans le programme

Type de cours :	option
Cours préalables :	45 crédits
Cours partagé :	PHQ660/PHQ560

### Professeur

Nom :	Jeffrey Quilliam
Bureau :	D2-1075
Laboratoire :	D2-0046
Courriel :	jeffrey.quilliam@usherbrooke.ca
Poste :	66476

### Coordinateur

Nom :	Guy Bernier
Bureau :	D2-2050-1
Courriel :	guy.bernier@usherbrooke.ca
Poste :	61069

## DESCRIPTION DU COURS

### Objectifs

Se familiariser avec des techniques courantes en recherche et développement. Développer les aptitudes nécessaires pour critiquer des résultats expérimentaux dans un rapport de laboratoire détaillé.

### Contenu

Expériences typiquement rencontrées dans le domaine de la recherche et du développement telles que spectroscopies Fourier et Mössbauer, effet Hall classique et quantique, résonance paramagnétique électronique et conductivité hyperfréquence, photoluminescence dans les puits quantiques, résonance magnétique nucléaire, les inégalités de Bell et la supraconductivité. *Le contenu de PHQ 660 est partagé avec PHQ 560.*

### Préalable

Avoir obtenu 45 crédits dans le programme de physique

## MISE EN CONTEXTE

Les travaux pratiques permettent aux étudiants et étudiantes d'appliquer la méthode scientifique. Cette mise en pratique débute par le cours PHQ 260 dans lequel l'étudiant(e) s'initie à l'instrumentation scientifique et rend compte par écrit, de manière succincte, des résultats d'une expérience. Ensuite, l'étudiant(e) acquiert les habiletés nécessaires à l'étude en laboratoire de systèmes physiques et à l'analyse de résultats expérimentaux par l'entremise des cours PHQ 360 et PHQ 460. Enfin, les travaux pratiques avancés (PHQ

560 et 660) initient l'étudiant(e) à des expériences typiquement rencontrées en recherche et développement. Spécifiquement, les travaux pratiques avancés ont pour objectifs la familiarisation avec diverses techniques courantes de la physique expérimentale et le développement des aptitudes nécessaires pour critiquer des résultats expérimentaux, au moyen de rapports longs. Le contenu de PHQ 560 est partagé avec PHQ 660.

## APPRENTISSAGES VISÉS

En général, être capable d'effectuer et de présenter des expériences en physique, autant que possible comme dans le monde de la recherche moderne.

Les cibles d'apprentissage spécifiques pour ce cours sont les suivantes :

- Utiliser la méthode scientifique;
- Sonder expérimentalement divers phénomènes physiques;
- Comprendre les concepts théoriques derrière les expériences et faire le lien avec les résultats obtenus;
- Résoudre des problèmes techniques dans le laboratoire;
- Maintenir un cahier de laboratoire;
- Analyser et présenter graphiquement des données et procédures expérimentales;
- Faire le lien entre des résultats expérimentaux et la théorie. Juger la qualité et valeur de données expérimentales;
- Produire un rapport scientifique clair et élaboré;
- Donner une présentation "powerpoint" (de style congrès scientifique);
- Suivre les consignes de sécurité nécessaires pour travailler au laboratoire.

## MÉTHODES D'ÉVALUATION

Rapport #1	35%
Rapport #2	35%
Tests individuels (2)	10%
Présentation	20%

### Rapports

Vous aurez à produire deux rapports écrits correspondant à deux projets expérimentaux réalisés durant le cours. Les expériences, l'analyse des données et la rédaction des rapports seront réalisés en équipe de deux ou trois étudiants. Les rapports doivent présenter

- les concepts théoriques qui décrivent les expériences;
- une discussion et des diagrammes de l'instrumentation expérimentale;
- la procédure expérimentale (avec justification du choix de paramètres);
- les consignes de sécurité;
- les résultats obtenus, présentés graphiquement et discutés;
- des conclusions (lien entre les données obtenues et la théorie);
- il faut bien répondre aux questions posées dans les manuels d'expériences.

### **Tests**

Les deux expériences sur lesquelles vous allez écrire des rapports seront interrompues par des brefs tests individuels, chacun comprenant 5% de la note finale. Ces tests évalueront la compréhension de l'introduction / motivation théorique et les lectures proposées.

### **Présentations**

Le sujet de la présentation sera une partie de l'une des expériences effectuées dans le cours. Deux sujets par expérience seront choisis par le professeur et attribués aux étudiants. La présentation doit être dans le style d'un exposé à un congrès scientifique, d'une durée de 15 minutes, avec powerpoint ou un autre logiciel équivalent et suivie par 5 minutes de questions. Le temps de présentation doit être strictement respecté. Il faut soumettre au professeur (par courriel) une version pdf de votre présentation le jour de la présentation.

## **MÉTHODES PÉDAGOGIQUES**

Chaque projet de TP va incorporer les méthodes pédagogiques suivantes :

- introduction théorique / motivation (leçon magistrale donnée par le professeur, coordinateur ou moniteur);
- lecture personnelle / discussion en équipe;
- travail dans le laboratoire (en équipe) accompagné par professeur, moniteurs, coordinateur et/ou technicien;
- analyse des données en équipe. La consultation avec le professeur sera permise et encouragée et les ordinateurs et logiciels nécessaires seront disponibles aux étudiant(e)s.

## MATÉRIEL DIDACTIQUE

- Protocoles (manuels d'expériences) qui détaillent la théorie, les procédures expérimentales, et des schémas de l'équipement pour chaque expérience
- Références incluses dans les protocoles. Ces références sont disponibles sur le site <http://www.tp.physique.usherbrooke.ca> ou peuvent être empruntées de la bibliothèque

## PRÉSENCE EN LABORATOIRE

Durant les périodes de manipulation (détaillées dans le calendrier du cours), la présence de l'étudiant(e) au laboratoire est obligatoire. Pour tout conflit d'horaire ou absence prévue, il faut notifier le professeur à l'avance. Dans le cas d'une absence imprévue, il faut présenter une note de médecin ou autre justificatif. Une absence sans excuse durant une période de manipulation peut engendrer une perte de points sur la note du rapport proportionnelle au pourcentage de l'expérience manquée. Par exemple, si une expérience prend 12 heures à compléter et un(e) étudiant(e) est absent(e) (sans excuse valide) pendant 3 heures de cette expérience, il/elle peut perdre jusqu'à 25% de la note totale du rapport, ou 8,75% de sa note finale.

## CALENDRIER

La session sera divisée en trois blocs et une expérience sera effectuée par bloc. Dans deux blocs, vous préparerez des rapports et dans un troisième bloc, vous présenterez un aspect de l'expérience (choisi par le professeur). Le calendrier suivant (pour l'automne 2016) précise (en bleu) les dates auxquelles la présence des étudiant(e)s est obligatoire.

<b>Date</b>	<b>Description</b>	<b>Date</b>	<b>Description</b>
30 août	Séance intro		
6 sept.	Expérience #1	8 sept.	Expérience #1
13 sept.	Expérience #1	15 sept.	Expérience #1
20 sept.	Rédaction	22 sept.	Rédaction
27 sept.	Rédaction	29 sept.	Rédaction / Présentations
4 oct.	Expérience #2 et remise du rapport #1	6 oct.	Expérience #2
Relâche et intras (10 – 21 octobre 2016)			
25 oct.	Expérience #2	27 oct.	Expérience #2
1 nov.	Préparation des présentations	3 nov.	Préparation des présentations
8 nov.	Préparation des présentations	10 nov.	Présentations
15 nov.	Expérience #3	17 nov.	Expérience #3
22 nov.	Expérience #3	24 nov.	Expérience #3
29 nov.	Rédaction	1 déc.	Rédaction
6 déc.	Rédaction	8 déc.	Présentations
13 déc.	Remise du rapport #2		

## LES EXPÉRIENCES

Après consultation avec les étudiant(e)s, les expériences seront choisies parmi cette liste par le professeur et attribuées aux étudiant(e)s.

- Effet Hall quantique
- Inégalités de Bell
- Résonance magnétique nucléaire (RMN)
- Photoluminescence
- Supraconductivité
- Effet Mössbauer
- Spectroscopie Fourier
- Jonctions Josephson

## DIRECTIVES POUR LA RÉDACTION DES RAPPORTS

### Notes importantes :

Il est important de bien répondre à toutes les questions du guide, mais les réponses doivent être incorporées dans le texte du rapport. Le but de ces questions est de vous guider dans la rédaction de votre rapport et une liste de réponses aux questions n'est pas admissible.

Il est possible que le (la) responsable de l'expérience vous demande d'inclure des démonstrations en annexe du rapport. Il se peut aussi qu'il (elle) vous demande de le faire seulement dans votre cahier de notes de laboratoire. Il est cependant important d'avoir effectué toutes les démonstrations dans le cadre de la préparation d'une expérience.

Assurez-vous d'utiliser des caractères 12 points (de préférence Times New Roman ou style similaire facile à lire). Vous pourrez aussi utiliser le gabarit de rapport de laboratoire LaTeX fourni spécifiquement pour ce cours. Nous vérifierons la source de vos informations, que ce soit de livres, d'articles de revues scientifiques ou d'Internet. Nous vous suggérons de vous méfier des informations récoltées sur Internet. Elles sont souvent mal adaptées pour votre rapport, et quelquefois elles sont même fausses. Les cas de plagiat (partiel ou total) seront punis suivant les règles de la Faculté des sciences (pouvant aller jusqu'à l'expulsion du programme). Toutes les informations obtenues de sources externes (*i.e.* livres, articles scientifiques, pages web) doivent être mentionnées de façon adéquate dans le rapport à l'aide de références bibliographiques. Si vous avez un doute sur la façon de faire, consultez le moniteur ou le professeur.

Nous suggérons que vos rapports contiennent entre 10 et 12 pages de texte sans compter les figures, tableaux et annexes. Le rapport sera noté sur les critères suivantes :

- Sommaire – 1 point
- Introduction – 2 points
- Théorie – 4 points
- Montage et Méthode expérimentale – 4 points
- Présentation des Résultats – 8 points
- Analyse des résultats – 8 points
- Conclusion – 1 point
- Annexes – 2 points
- Bibliographie – 1 point
- Style (structure, concision, clarté, orthographe et grammaire) – 4 points

### Sommaire

En un seul paragraphe, résumez le but de l'expérience, les résultats obtenus et les conclusions de votre analyse.

## Introduction

Présentez le sujet de l'expérience dans son cadre historique en donnant une idée de son impact dans le développement des connaissances (sujet amené). Décrivez ensuite les grandes lignes de ce qui a été fait par vous dans le cadre de ce TP (sujet posé) et ce qui sera présenté dans le rapport (sujet divisé). L'introduction devrait couvrir environ 1/2 page et ne devra pas dépasser 1 page.

## Théorie

En trois pages maximum, présentez les formules importantes pour l'expérience. Les formules doivent être expliquées physiquement et non juste données mathématiquement. L'explication doit faire le lien avec votre expérience et votre analyse. Par exemple, on expliquera lequel des paramètres de la formule est varié expérimentalement. À moins que cela ne soit spécifiquement demandé dans le cahier, aucune preuve ou démonstration n'est exigée. Dans le cas échéant, les démonstrations doivent être présentées en Annexes. Vous pouvez inclure certaines équations plus tard dans la section d'analyse si vous jugez qu'elles faciliteraient la lecture du rapport.

Cette partie du rapport ne devrait en aucun cas simplement répéter le texte du guide. Le guide est là pour vous préparer pour les manipulations. Nous avons intentionnellement omis plusieurs détails dans les guides pour vous forcer à consulter la bibliographie, et même faire un effort de recherche bibliographique. La recherche bibliographique devrait aussi vous permettre de répondre aux questions parsemées ici et là dans les guides. La majorité des réponses à ces questions doivent être incorporées dans le texte à l'endroit que vous jugerez approprié. Toutes les équations, figures et tableaux doivent être numérotés adéquatement de manière à pouvoir s'y référer dans la suite du texte. Ceci s'applique pour toutes les sections du rapport.

## Montage et méthode expérimentale

En à peu près deux pages, montrez le schéma du montage expérimental utilisé avec les spécifications pertinentes (appareils, limitations, particularités, etc.). Le montage doit être expliqué physiquement et mis en lien avec les objectifs. On doit absolument éviter de rédiger une recette de cuisine des manipulations, cela devrait plutôt se retrouver dans le cahier de laboratoire. Note: Les schémas des montages devraient être placés dans cette section (et non pas en annexes).

## Présentation des résultats

La présentation des résultats peut être une section indépendante ou peut être combinée avec l'analyse des résultats. Il ne faut pas présenter tous vos résultats dans le texte, mais seulement les courbes ou résultats les plus importants qui vous permettent de tirer des conclusions ou qui aident à décrire des phénomènes physiques. La présentation des résultats implique trois aspects :

- **Graphiques:** Les graphiques sont très souvent la partie la plus importante d'un article scientifique. Il faut que vos graphiques soient clairs, bien étiquetés et bien décrits dans la légende. Il faut utiliser des couleurs avec assez de contraste et choisir la taille des points pour ne pas cacher des anomalies. Il faut parfois décaler des courbes pour les rendre faciles à distinguer. Les unités doivent être présentes et les limites d'échelle bien choisies. Le choix d'échelle log ou linéaire est aussi important. Utilisez votre

esprit de synthèse en combinant par exemple des courbes dans un même graphique pour montrer les différences ou similarités (et pour réduire le nombre de figures). On vous demande de présenter les graphiques que vous jugez les plus représentatifs de votre expérience. Ces graphiques seront insérés harmonieusement dans les sections de résultats ou analyse, en occupant une fraction de la page, en demeurant toutefois lisibles. Il ne faut pas mettre tous les graphiques dans l'annexe.

- **Tableaux de valeurs:** On vous demande également d'inclure des tableaux présentant les résultats les plus importants de votre travail (constantes physiques, étalon de résistance, facteur de Landé, etc.), sans oublier les unités et incertitudes expérimentales. Ce n'est pas l'endroit pour présenter les longueurs des échantillons, ou le détail des mesures comme par exemple de longs tableaux de données. Concentrez votre présentation sur les résultats qui font état de la réussite de vos manipulations, par exemple un tableau comparant la constante physique mesurée avec la valeur acceptée.
- **Description qualitative:** Il est également important de décrire qualitativement les résultats obtenus dans le texte en se référant aux figures. Obtenez-vous des courbes croissantes ou décroissantes? Y a-t-il des anomalies importantes (des pics, des sauts, des plateaux, etc.)? Quelle est l'évolution des courbes ou anomalies en fonction de la température (e.g. perte d'intensité, déplacement d'un pic, changement de résolution, etc.)?

### Analyse des résultats

C'est la section la plus importante du rapport. Elle devrait faire entre 3 et 5 pages. Les résultats doivent être discutés et analysés: est-ce que la valeur expérimentale correspond à la valeur théorique? Est-ce le comportement attendu d'après la théorie? Qu'est-ce qui pourrait avoir faussé les données? Qu'avez-vous fait pour corriger les lacunes? Comment avez-vous traité les données pour en tirer de l'information? etc.

L'analyse sert à démontrer que la théorie colle à l'expérience, et que les déviations par rapport à la théorie peuvent être expliquées (en général). C'est ici que les calculs d'incertitude deviennent importants. Ils permettent de voir s'il y a ou non lieu de s'inquiéter d'une déviation par rapport à la théorie. De plus, il peut arriver dans certaines expériences que vous ayez à trancher en faveur d'un régime (limite) de comportement physique. Par exemple, disons qu'il y a deux limites possibles dans le comportement attendu, les mesures vont vous permettre de dire laquelle est observée, et vous devrez tenter de dire pourquoi.

Comme pour la théorie, il faut éviter les affirmations gratuites. En fait, la majorité des notions physiques abordées dans l'analyse devrait avoir été introduite dans la section Théorie, ainsi que les possibles annexes théoriques. Cependant, il pourrait arriver que vous jugiez préférable de le mentionner uniquement dans l'analyse (un "punch"). Une affirmation sans justification immédiate devrait (en général) être soutenue au moins par une référence bibliographique.

### Conclusion

Le rôle de la conclusion est de revenir sur les aspects généraux de l'expérience. Il faut évidemment mentionner jusqu'à quel point vous avez réussi à reproduire les expériences précédentes. Quelles sont les sources de problèmes que vous auriez détectées durant les manipulations et qu'est-ce qui pourrait être fait pour améliorer la situation? On vous demande aussi de mentionner dans la conclusion les impacts (le plus souvent des applications actuelles ou passées) des fruits de la recherche dans ce domaine.



**Annexes**

- Théoriques: Ici, vous devez inclure les démonstrations demandées dans le guide et/ou par la personne en charge de l'expérience. En numérotant vos équations, vous pourrez y faire référence facilement à partir, en particulier, de la section théorie.
- Graphiques: Il faut inclure ici des graphiques qui ne sont pas absolument essentiels pour les conclusions de votre rapport. Vous pouvez inclure ici, par exemple, des démonstrations de calculs théoriques ou analyses en forme graphique et des données brutes.
- Tableaux: Vous pouvez inclure des tableaux détaillés, par exemple de valeurs non-essentiels ou de paramètres expérimentaux.
- Calculs: Ici, vous devez donner des explications ou des exemples de calculs pour la majorité de vos résultats. Un exemple type pour les calculs d'incertitude doit être donné.

**Bibliographie**

Vous devez indiquer toutes les références que vous avez utilisées pour le rapport.

## DIRECTIVES POUR LES PRÉSENTATIONS

- Vous allez préparer des présentations de 15 minutes, suivies par 5 minutes de questions
- Il faut utiliser Powerpoint (ou un logiciel équivalent) et inclure des illustrations claires.
- Il faut inclure un plan au début de votre présentation.
- Il faut imaginer que vous expliquez votre partie de l'expérience à vos pairs (même si votre audience comprend exclusivement les responsables du cours).
- Vous allez présenter une partie du montage expérimental, des concepts théoriques, de vos résultats et de votre analyse des données. Les tâches spécifiques de chaque présentateur seront précisées par le professeur après la période d'expérimentation.
- Comme pour les rapports, l'emphase est sur les résultats et l'analyse, et non sur la théorie.
- Il faut adapter vos figures à une présentation. Il faut que la police soit assez grande, par exemple.
- Il est important de répéter vos présentations avant de les donner aux responsables du cours.

### Grille d'évaluation

Catégorie	Critères	Pondération
Introduction	- Plan est présenté - Résumé des objectifs du projet - Sujet est bien motivé	5%
Théorie	- Démontre une bonne compréhension - Explication claire et concise - Équations essentielles à l'expérience (mais pas trop)	15%
Montage expérimental	- Bonne explication du fonctionnement de l'équipement - Illustrations essentielles	15%
Présentation des données	- Clarté des graphiques - Comparaison des courbes - Description qualitative des résultats	25%
Analyse	- Lissage de données - Comparaison avec la théorie ou la littérature	25%
Conclusions	- Résumé de l'expérience et des résultats les plus importants	5%
Communication orale	- Énonce clairement, parle assez fort - Regarde son audience - Bon rythme	10%