

---

## Maîtrise en physique (avec mémoire)

3  
4  
1  
0

Directeur(trice): Adam Duong  
CPCS-phys.sc.énergie matériaux  
819 376-5011, poste 3570

Bureau du registraire  
1 800 365-0922 ou 819 376-5045  
www.uqtr.ca

---

**Grade: Maître ès sciences (M.Sc)**

**Crédits: 45**

## Présentation

### En bref

#### Objectifs du programme

Le programme permet à l'étudiant d'étendre et d'approfondir ses connaissances de physique ainsi que de développer des aptitudes et habiletés scientifiques générales. Le programme vise à former des étudiants aptes à mener à bien une démarche systématique de recherche pouvant conduire aux études de doctorat ou à une carrière dans des entreprises de haute technologie.

Les cours visent à compléter la formation fondamentale de l'étudiant et à lui permettre d'aborder une problématique de recherche de pointe. Le mémoire vise à initier l'étudiant au travail de recherche concret. Un travail de recherche fondamental pourra être expérimental aussi bien que théorique. Un travail de recherche appliqué s'intégrera normalement à la problématique de l'IRH, c'est-à-dire le stockage, le transport, la sécurité et les utilisations de l'hydrogène. Il préparera l'étudiant plus spécifiquement à une carrière de spécialiste de recherche et développement dans le secteur industriel.

#### Avenir: Carrière et débouchés

La majorité de nos finissants en maîtrise poursuivent leurs études au niveau du doctorat; d'autres se dirigent dans l'enseignement ou, encore, dans les laboratoires de recherche gouvernementaux ou privés.

### La recherche dans le domaine

L'Institut de recherche sur l'hydrogène (IRH) met à la disposition des étudiants des instruments très récents et ils peuvent se familiariser avec les derniers développements technologiques. Les conférences, les séminaires et les visiteurs reçus au département de physique et à l'IRH mettent l'étudiant en contact avec des chercheurs renommés et le sensibilisent à la recherche effectuée dans des secteurs de pointe.

Pour de l'information sur les ressources professorales et la recherche, veuillez consulter le site du Département de chimie, biochimie et physique.

## Admission

### Trimestre d'admission et rythme des études

Automne, hiver, été.

Ce programme est offert à temps complet et à temps partiel.

## Conditions d'admission

---

---

## Études au Québec

Tous les candidats doivent obtenir un accord écrit préalable d'un directeur de recherche habilité à cette fin par l'UQTR.

### Base universitaire

Etre titulaire d'un baccalauréat ou l'équivalent en physique, ou en génie physique ou dans un domaine connexe, obtenu avec une moyenne cumulative d'au moins 3,2 (sur 4,3) ou l'équivalent.

### Base expérience

Posséder les connaissances requises, une formation appropriée et une expérience jugée pertinente.

Le candidat qui ne possède pas toutes les connaissances requises pour la poursuite du programme peut se voir imposer des cours d'appoint ou l'obligation de réussir un programme de propédeutique.

## Etudes hors Québec

Tous les candidats (Base études hors Québec et base expérience) doivent obtenir un accord écrit préalable d'un directeur de recherche habilité à cette fin par l'UQTR.

### Base études hors Québec

Etre détenteur d'un grade de premier cycle universitaire (baccalauréat nord-américain, licence, selon le système LMD, un diplôme de master 1) ou avoir réussi une formation jugée équivalente par le comité d'admission dans le domaine de la littérature, obtenu avec une moyenne cumulative d'au moins 12/20).

### Base expérience

Posséder les connaissances requises, une formation appropriée et une expérience jugée pertinente.

Le candidat qui ne possède pas toutes les connaissances requises pour la poursuite du programme peut se voir imposer des cours d'appoint ou l'obligation de réussir un programme de propédeutique.

## Modalités de sélection des candidatures

Le mode d'admission repose sur le dossier académique du candidat et, si applicable, sur son expérience pertinente.

Dans son analyse des dossiers académiques, le comité d'admission privilégie les candidats dont la moyenne cumulative est supérieure à 3.2 (12/20) ou l'équivalent. Pour ceux dont la moyenne cumulative est inférieure à 3.2 (12/20) mais supérieure à 2.9 (11,25/20), le comité d'admission favorisera ceux dont la moyenne montre une courbe ascendante notable au cours des dernières sessions d'études de 1er cycle en tenant compte de l'avis du directeur de recherche.

L'expérience pertinente, si applicable, aura été acquise durant au moins une année dans les trois ans qui précèdent la demande d'admission. Elle sera attestée par des publications scientifiques ou brevets.

Selon la formation du candidat, et spécialement si sa moyenne cumulative est inférieure à 3.2 (12/20), le comité d'admission pourra lui imposer des cours en appoint ou une propédeutique.

## Structure du programme et liste des cours

À moins d'indication contraire, un cours comporte trois (3) crédits.

### Cours obligatoires (7 crédits)

- PHQ6003 Physique statistique avancée
- PHQ6015 Séminaire en physique (1 crédit)
- PMO6002 Mécanique quantique avancée

---

Cours optionnels (0 à 3 crédits)

**L'étudiant peut choisir un maximum de trois crédits parmi la liste suivante des activités (0 à 3 crédits):**

ENG6004 L'hydrogène comme vecteur énergétique  
ENG6005 Piles à combustibles et électrolyseurs  
NRS0013 NRG9213 Structure et propriétés des matériaux  
NRS0020 NRG9206 Énergie  
PHQ6001 Electrodynamique  
PHQ6004 Théorie de champs quantiques  
PHQ6008 Physique mathématique  
PHQ6009 Phénomènes acoustiques  
PHQ6011 Stage industriel  
PMO6003 Physique atomique et moléculaire  
PMO6007 État solide  
PMO6009 Synthèse et caractérisation des matériaux  
PMO6010 Gaz et solides  
PMO6011 Méthodes de simulation numérique en sciences des matériaux

**Cours complémentaires (0 à 3 crédits)**

Un cours en dehors de la liste des cours du programme précédemment mentionnés peut être pris par l'étudiant avec l'autorisation préalable du directeur du comité de programmes de cycles supérieurs. L'étudiant admis sur la base d'un diplôme connexe peut suivre un cours de premier cycle en physique avec l'approbation du directeur du comité.

**Crédits de recherche (35 crédits)**

Pour réussir son programme l'étudiant doit réaliser un travail de recherche comptant pour 35 crédits.

**Travail de recherche**

Mémoire (trente-cinq crédits)

Le mémoire doit manifester de la part de l'auteur une aptitude à mener à bien une recherche scientifique. Cette étude sera menée dans l'orientation de recherche choisie par l'étudiant.

## Autres renseignements

**Description des activités**

**ENG6004 L'hydrogène comme vecteur énergétique**

Se familiariser avec certains aspects de l'hydrogène comme vecteur énergétique. Prendre connaissance des divers modes de production et stockage de l'hydrogène. S'initier à divers aspects liés à la sécurité de l'hydrogène. Étudier certaines utilisations actuelles et futures de l'hydrogène.

Introduction aux divers types de production de l'hydrogène : reformage du gaz naturel, électrolyse. Initiation aux principaux modes de stockage de l'hydrogène : gaz comprimé, charbon activé, hydrures métalliques, nanotubes. Mise en situation concernant certains aspects de la sécurité de l'hydrogène tels que les limites de flammabilité. Présentation de quelques exemples de systèmes énergétiques basés sur l'hydrogène : pile à combustible, moteur à combustion interne, etc.

**ENG6005 Piles à combustibles et électrolyseurs**

Ce cours portera sur l'étude de la pile à combustible et de l'électrolyseur à électrolyte de polymère (types PEMFC et PEME), les matériaux, les composants et les méthodes de caractérisation. L'étudiant sera amené à comprendre comment fonctionne une PEMFC et un PEME, à connaître les matériaux qui les composent ainsi que les problèmes qui leur sont reliés.

**NRS0013 NRG9213 Structure et propriétés des matériaux**

Présenter une vue d'ensemble des matériaux et particulièrement de l'influence des formes variées de structures sur leurs propriétés.

---

Types de liaisons. Structure cristalline. Défauts et diffusion. Élasticité, plasticité et ténacité. Phases et diagramme d'équilibre. Transformation de phases et modification des propriétés mécaniques. Théorie des bandes. Métaux, semi-conducteurs et isolants. Polymères. Céramiques. Matériaux composites. Elaboration des films minces. Modification des propriétés de surface. Visite d'installations de mise en forme des diverses classes de matériaux.

#### **NRS0020 NRG9206 Énergie**

Ce cours donnera une vue d'ensemble des déterminants et des technologies qui influencent le contexte énergétique.

Contexte international : réserves mondiales, rôle de l'OPEP, situation politique et économique. Efficacité énergétique : exergie, théorie " Pinch ", etc. Technologies de demande par secteur (résidentiel, commercial, industriel, transport), par usage (chauffage, éclairage, moteur, etc.) et technologies d'offres conventionnelles (hydroélectricité, centrales thermiques, etc.). Introduction à la modélisation et tarification : courbes de charges. Les nouvelles technologies de gestion d'énergie : stockage, pompes à chaleur, piles à combustible, etc. Les technologies alternatives : solaire, éolienne, fusion, etc. Les relations énergie-environnement.

#### **PHQ6001 Électrodynamique**

Formulation covariante de l'électrodynamique. Tenseur d'énergie-impulsion. Problèmes aux limites et fonctions de Green. Magnétohydrodynamique et plasmas. Potentiels de Liénard-Wiechert et rayonnement. Méthodes numériques utilisées en électrodynamique.

#### **PHQ6003 Physique statistique avancée**

Approfondir la compréhension de la physique statistique et l'utiliser dans des applications modernes. Les sujets traités seront choisis parmi les suivants : fondements de la physique statistique : ensembles et fluctuations. Transitions de phase : transitions du premier et du deuxième ordre, approche du champ moyen, notion d'universalité et groupe de renormalisation. Modèles de Ising et de Potts. Physique statistique hors d'équilibre. Théorie cinétique des gaz. Hiérarchie BBGKY. Équation de Boltzmann. Diffusion. Propriétés de transport. Méthode de théorie des champs en physique statistique.

#### **PHQ6004 Théorie de champs quantiques**

Initier les étudiants à la théorie des champs quantiques et à son utilisation dans divers domaines de la physique. Formalisme général. Champ de Klein-Gordon. Deuxième quantification du champ de Dirac. Deuxième quantification du champ électromagnétique. Interaction des champs. La théorie des perturbations appliquée au problème à N corps. Modèles à particules indépendantes. Les fluides de Fermi. Supraconductivité. Systèmes des bosons.

#### **PHQ6008 Physique mathématique**

Viser à compléter la formation de base de l'étudiant en ce qui a trait aux méthodes mathématiques utilisées en physique. Approfondir quelques-uns des sujets suivants: équations différentielles et fonctions de Green. Variables complexes. Fonctions spéciales. Équations différentielles non linéaires. Selon la préparation des étudiants et de leurs champs de spécialisation, la théorie des groupes, théorie des distributions et la géométrie différentielle seront également au programme.

#### **PHQ6009 Phénomènes acoustiques**

Les vibrations mécaniques; la corde vibrante; vibrations longitudinale et transversale d'une barre. Ondes planes et ondes sphériques dans les fluides. Ondes acoustiques dans les solides, aspects tensoriels. Transmission par un interface. Ondes de surface. Mécanismes d'absorption et d'atténuation. Radiation acoustique d'un corps vibrant; le piston circulaire. Diffusion et diffraction. Le transducteur piézo-électrique; modèles et caractéristiques. Applications des ultrasons: échographie, imagerie et holographie ultrasonores, etc. Interactions acousto-optiques, le phonon, diffraction de la lumière par une onde acoustique. Pression de radiation acoustique; couple acoustique dans un milieu anisotrope, application à l'imagerie ultrasonore. Phénomènes non linéaires.

#### **PHQ6011 Stage industriel**

Prendre contact avec le milieu industriel afin d'acquérir une expérience pratique en recherche et développement. Le stage, organisé par le responsable du programme et planifié selon l'industrie d'accueil, sera préférablement réalisé à plein temps. Le stage et la rédaction du rapport écrit qui en découle correspondent au temps normalement consacré à un cours de trois crédits.

#### **PHQ6015 Séminaire en physique (1 crédit)**

Améliorer les capacités de l'étudiant à communiquer les résultats de ses travaux de recherche en présentant une communication orale dans le contexte d'une conférence ou d'un congrès, ou encore à l'occasion d'un séminaire départemental.

---

L'activité est évaluée à l'aide des mentions "S" (succès) et "E" (échec).

#### **PMO6002 Mécanique quantique avancée**

Approfondir la compréhension du formalisme de la mécanique quantique et l'utiliser dans des applications modernes. Les sujets traités seront typiquement choisis parmi les suivants: équation de Dirac, intégrale fonctionnelle, seconde quantification, symétrie des atomes, des molécules et des cristaux; méthode de Hartree-Fock et fonctionnelle de densité, optique quantique, informatique quantique et décohérence.

#### **PMO6003 Physique atomique et moléculaire**

Atomes à plusieurs électrons: les diverses approximations. Les molécules simples. La liaison chimique: covalente et ionique. Liaisons non localisées; la liaison métallique. Agrégats macroscopiques d'atomes. Théorie des collisions: approximation de Born, méthode des ondes partielles, applications. Absorption. Potentiels intermoléculaires aux énergies thermiques.

#### **PMO6007 Etat solide**

Structure cristalline, constantes élastiques et ondes élastiques, phonons et vibrations d'un réseau. Propriétés thermiques d'isolants, gaz de Fermi, bande d'énergie, cristaux semi-conducteurs, superconductivité. Propriétés diélectriques. Propriétés magnétiques.

#### **PMO6009 Synthèse et caractérisation des matériaux**

Approfondir les connaissances en matière de caractérisation et de synthèse de matériaux, particulièrement les nanomatériaux. Effet de la nanostructure sur les propriétés des matériaux. Concepts de phase cristalline, abondance de phases, grosseur de cristallites, orientation préférentielle. Méthodes de synthèse et de contrôle de la microstructure. Caractérisation des matériaux (cristallographique, chimique et morphologique). Préparation d'échantillons et analyse de résultats.

#### **PMO6010 Gaz et solides**

Initier les étudiants aux divers processus physiques de sorption et d'interaction entre gaz et solides. Processus de sorption : adsorption sur surfaces solides et absorption dans les solides. Physique statistique et thermodynamique des processus de sorption. Interactions surface-gaz et solides-gaz. Nanocarbones. Hydrures métalliques : propriétés, diagramme de phase, formation d'hydrures. Comportement de l'hydrogène dans un cristal. Structure électronique des hydrures métalliques. Phénomènes de diffusion et d'électromigration de l'hydrogène dans les métaux.

#### **PMO6011 Méthodes de simulation numérique en sciences des matériaux**

Initier les étudiant(es) à l'utilisation de méthodes de simulations avancées dans le cadre de la science des matériaux. Probabilités et statistiques, Physique statistique. Analyse d'erreur. Méthodes numériques de base. Simulations Monte Carlo. Simulations de dynamique moléculaire. Corrections quantiques. Monte Carlo quantique. Simulations de chimie quantique. DFT quantique et dynamique moléculaire quantique.