

**Crédits: 12****Note**

Le démarrage du programme au trimestre d'hiver 2023 est conditionnel à un nombre suffisant d'inscriptions.

**Présentation****En bref**

Ce programme est exclusif dans le réseau des universités québécoises.

Les technologies de l'hydrogène sont intrinsèquement interdisciplinaires. Elles concernent en premier lieu les thématiques fondamentales de la science des matériaux et de l'électrochimie. Ces spécialités permettent de développer le stockage de l'hydrogène sur support solide ainsi que des cellules élémentaires d'électrolyseurs et de piles combustibles. Ensuite, ces cellules doivent être mises à l'échelle et associées afin de constituer le cœur d'un système hydrogène (électrolyseur ou d'un système pile à combustible). Ces cœurs impliquent des phénomènes des thermodynamiques intégrés à la discipline du génie mécanique. La mise en œuvre des systèmes implique des auxiliaires pour conditionner les différents flux multiphysiques (compresseur, gestion thermique, électronique de puissance, etc). Ensuite, les systèmes hydrogènes sont intégrés du point de vue du génie électrique au sein d'application véhiculaire ou stationnaire. Le déploiement des technologies implique enfin des notions technicoéconomiques de génie industriel.

Le programme court de 2<sup>ème</sup> cycle en hydrogène traite de l'ensemble de ces aspects au travers de deux parcours, un premier axé autour des sciences des matériaux et de l'électrochimie. Un second articulé autour des compétences d'ingénierie. Ces deux parcours sont constitués de 4 cours. Deux d'entre eux (L'hydrogène comme vecteur énergétique et Projets d'intégration des technologies de l'hydrogène) sont communs aux deux parcours afin d'offrir des bases et un langage commun à l'ensemble des étudiants.

Objectifs du programme

Ce programme court de 2<sup>e</sup> cycle vise à fournir aux étudiants une formation spécialisée dans le domaine de l'hydrogène. Il permettra également aux intervenants en poste de posséder et mettre à profit des connaissances plus élargies dans ce domaine.

**La recherche dans le domaine**

L'hydrogène est au cœur de l'une des orientations de la planification de la recherche stratégique 2020-2025 de l'UQTR, soit l'environnement et la transition énergétique.

L'Institut de recherche sur l'hydrogène (IRH) de l'Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR) est l'une des principales institutions Canadiennes de recherche sur l'hydrogène. La mission de l'IRH était de faire progresser la science et la technologie pour la mise en place d'un système énergétique durable utilisant de l'hydrogène comme vecteur énergétique, en particulier dans le domaine de la production, du stockage et de l'utilisation sécuritaire de l'hydrogène.

**Admission****Trimestre d'admission et rythme des études**

Hiver.

Programme offert à temps partiel seulement.

**Conditions d'admission****Études au Québec**

---

---

Base universitaire

Pour être admissible au programme, le candidat devra être titulaire d'un baccalauréat ou l'équivalent en génie, en chimie, en physique ou sciences des matériaux ou d'un baccalauréat ou l'équivalent dans un domaine connexe ou tout autre domaine sur analyse du dossier.

Base expérience

Posséder les connaissances requises, et une combinaison de formation et d'expérience jugée pertinente.

### Études hors Québec

Il est plus difficile d'obtenir un Certificat d'acceptation du Québec (CAQ) et un permis d'études pour ce type de programme.

Base études hors Québec

Pour être admissible au programme, le candidat devra être titulaire d'un grade de premier cycle universitaire (baccalauréat nord-américain, licence, master 1, ou autre selon le système d'éducation) en génie, en chimie, en physique ou sciences des matériaux, ou dans un domaine connexe ou tout autre domaine sur analyse du dossier.

Base expérience

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

## Structure du programme et liste des cours

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

### Cours obligatoires (6 crédits)

ENG6004 L'hydrogène comme vecteur énergétique

GEI6066 Déploiement des technologies de l'hydrogène (études de cas, Code et standards)

### Cours optionnels (6 crédits)

**L'étudiant doit suivre 2 cours parmi la liste de cours suivants (6 crédits). Avant d'effectuer son choix de cours, l'étudiant**

**doit contacter sa direction de programme.**

ENG6006 Hydrogène et métaux

GEI6067 Intégration des systèmes hydrogènes au sein de systèmes énergétiques

GMC6005 De la cellule électrochimique au système hydrogène (pile à combust. et électrolyseur)

PMO6014 Introduction aux piles à combustibles et électrolyseurs

## Autres renseignements

### Description des activités

#### ENG6004 L'hydrogène comme vecteur énergétique

Objectifs : Se familiariser avec certains aspects de l'hydrogène comme vecteur énergétique. Prendre connaissance des divers modes de production, de distribution et de stockage de l'hydrogène. S'initier à divers aspects liés à la sécurité de l'hydrogène.

Contenu : Propriétés physiques et chimiques de l'hydrogène. Introduction aux divers modes de production de l'hydrogène : reformage, extraction de la biomasse, électrolyse. Initiation aux principaux modes de stockage de l'hydrogène : compression, liquéfaction, stockage sur matériaux. Méthodes de distribution de l'hydrogène. Rôles de l'hydrogène. L'hydrogène et le système énergétique. Hydrogènes et batteries. Utilisation sécuritaire de l'hydrogène.

#### ENG6006 Hydrogène et métaux

Ce cours porte sur les différentes interactions entre l'hydrogène et les métaux. Plus spécifiquement : les hydrures métalliques, la fragilisation par l'hydrogène, les interactions entre l'hydrogène et les catalyseurs, la diffusion de l'hydrogène, les propriétés de surface, propriétés magnétiques et supraconductivité. Les aspects théoriques (théorie quantique, thermodynamique, élasticité) seront considérés ainsi que les techniques expérimentales. Les sujets seront établis en fonction de l'auditoire.

#### GEI6066 Déploiement des technologies de l'hydrogène (études de cas, Code et standards)

---

Ce cours présente plusieurs projets réels de déploiement des technologies de l'hydrogène (boucle hydrogène pour les mines, flottes d'autobus hydrogène, électrolyseurs de forte puissance connectés au réseau, etc) dans les contextes québécois, canadiens et internationaux. Ceux-ci sont abordés d'un point de vue technique mais également économique (microéconomie, analyse de rentabilité, contexte macroéconomique, etc). Le cours abordera le développement de projet mais également les spécificités des technologies de l'hydrogène tout au long du cycle de vie du projet (gestion des actifs, maintenance, formation des opérateurs, etc). Les chaînes de valeurs des technologies de l'hydrogène seront présentées. La prise en compte des aspects de sécurité tout au long de la mise en œuvre du projet sera détaillée. Une attention particulière sera accordée aux codes et standards encadrant les technologies de l'hydrogène (Canadian Hydrogen Installation Code par exemple).

#### **GEI6067 Intégration des systèmes hydrogènes au sein de systèmes énergétiques**

Ce cours se concentre sur les applications des systèmes hydrogènes. Une première partie traitera des véhicules à hydrogène (véhicule routier léger et lourd, applications ferroviaires, aéronautiques et maritimes). Les grandes contraintes de conception seront abordées (volume, masse, coût, durée de vie, etc) de même que les différentes architectures envisageables (hybridation avec un pack batterie par exemple). Une attention particulière sera accordée au dimensionnement du système pile à combustible vis-à-vis des profils de puissance appelés par la partie traction. Enfin, les problématiques du contrôle et de la gestion d'énergie seront détaillées. Une seconde partie traitera de l'intégration des technologies de l'hydrogène dans les systèmes stationnaires (groupe électrogène de secours, micro réseau électrique autonome et/ou îloté, réseau électrique de forte puissance, etc). La mise en œuvre d'une boucle hydrogène (électrolyseur, stockage, pile à combustible) au sein des systèmes d'énergie renouvelable (photovoltaïque et/ou éolien) sera détaillée (dimensionnement des différents éléments). Le contrôle et la gestion intelligente de l'énergie seront également traités (correcteurs, optimisations, IA, etc).

#### **GMC6005 De la cellule électrochimique au système hydrogène (pile à combust. et électrolyseur)**

Ce cours se concentre sur le développement des systèmes hydrogènes, piles à combustible et électrolyseurs en particulier. Une première partie du cours traitera de la cellule électrochimique. Les principes électrochimiques et thermodynamiques de la conversion seront détaillés ainsi que les différents facteurs influant sur les performances de cette conversion (température, pression, humidité, etc). Une seconde partie abordera la constitution du stack. Seront traitées les questions de la conception (canaux d'alimentation en gaz par exemple) et du dimensionnement (nombre de cellules, surfaces actives, etc). La troisième partie se concentrera sur l'intégration du stack au sein d'un système hydrogène. Les différentes architectures seront détaillées (cathode ouverte, recirculation d'hydrogène, mode bouché, etc) ainsi que les différents auxiliaires (balance of plant) nécessaires au bon fonctionnement du système (compresseur, système de gestion thermique, humidificateur, etc). L'impact des auxiliaires sur les performances sera étudié ainsi que leur contrôle et leur gestion. Les notions de durée de vie, diagnostic et pronostic seront ainsi abordées.

#### **PMO6014 Introduction aux piles à combustibles et électrolyseurs**

Ce cours porte sur l'étude des piles à combustible et des électrolyseurs. Après un survol des principes chimiques et physiques de base nécessaires au cours, il s'intéressera à leurs principes de base, à leur fonctionnement et à leurs performances.