



**POLYTECHNIQUE
MONTRÉAL**

UNIVERSITÉ
D'INGÉNIERIE

Plan de cours

MEC8252 - Combustion et pollution atmosphérique

Département de génie mécanique

Automne 2024

3 Crédits

Triplet horaire : 4 - 1 - 4

moodle.polymtl.ca

Coordonnées et disponibilités

| | |
|---------------|-----------------------------|
| Nom | Etienne Robert (Professeur) |
| Bureau | J-5067 (JAB) |
| Téléphone | (514) 340-4711 - Poste 4154 |
| Courriel | etienne.robert@polymtl.ca |
| Disponibilité | Sur rendez-vous |

| | |
|---------------|-----------------------------|
| Nom | Bruno Savard (Professeur) |
| Bureau | J-5065 (JAB) |
| Téléphone | (514) 340-4711 - Poste 4711 |
| Courriel | bruno.savard@polymtl.ca |
| Disponibilité | Sur rendez-vous |

| | |
|---------------|-----------------------------|
| Nom | Martin Vabre (chargé de TD) |
| Bureau | J-5023 (JAB) |
| Courriel | martin.vabre@polymtl.ca |
| Disponibilité | Sur rendez-vous |

Coordonnateur ou coordonnatrice

| | |
|------------|---------------------------|
| Nom | Etienne Robert |
| Courriel | etienne.robert@polymtl.ca |

Description du cours

Les combustibles : description, classification, production et consommation. Notions de combustion, point de rosée des fumées, rendement de combustion. Équilibre chimique, température de flamme adiabatique, vitesse de réaction. Dynamique des jets, description et calcul des flammes. Description et calcul des brûleurs. Fours industriels, description et calculs. Classification et effets des polluants. Étude des processus générant les polluants. Effet de serre et changement climatique, impact des polluants atmosphériques sur la santé. Techniques de mesure et méthodes de réduction des polluants.

| COURS PRÉALABLES | COURS COREQUIS | COURS SUBSÉQUENTS |
|------------------|----------------|-------------------|
| 70 cr. | - | - |

Qualités du BCAPG

| | | | | | |
|------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---|---------------------------------------|
| 1 Connaissances en génie | 2 Analyse de problèmes | 3 Investigation | 4 Conception | 5 Utilisation d'outils d'ing. | 6 Travail ind. et en équipe |
| CA | CA | | | AP | AP |
| 7 Communication | 8 Professionalisme | 9 Impacts soc. et environn. | 10 Déontologie et équité | 11 Économie et gestion de projets | 12 Apprentissage continu |
| | | IN | | | |

CA : Contrôle des acquis, AP : Approfondissement, IN : Introduction

Objectifs d'apprentissage

Connaître les ressources, les modes de production ainsi que les caractéristiques physico-chimiques des principaux combustibles (charbon, gaz naturel, alcool, hydrogène).

Comprendre les principes de la combustion stœchiométrique et non stœchiométrique ; savoir calculer la composition des gaz brûlés.

Savoir calculer le pouvoir calorifique des combustibles et la température de flamme dans les moteurs et les chaudières.

Comprendre le fonctionnement des brûleurs industriels, apprendre les méthodes de calcul et savoir les utiliser.

Connaître les modes de fonctionnement des fours industriels et acquérir les connaissances permettant d'en faire la conception.

Connaître les mécanismes de formation des polluants atmosphériques générés par la combustion, les méthodes de détection et de réduction de ces polluants.

Utilité du cours

Le cours a pour premier but de permettre aux étudiants d'acquérir des connaissances fondamentales sur ce qu'est la combustion comme phénomène physique et des lois décrivant les processus qui y sont associés. Le deuxième but du cours est de transmettre aux étudiants les connaissances reliées aux différentes applications de la combustion dans le domaine industriel, avec une emphase sur les applications émergentes. Le troisième but du cours est de permettre aux étudiants de connaître les mécanismes de production de la pollution générée lors d'une combustion, de connaître les effets de cette pollution et de comprendre les méthodes de mesure et les méthodes de réduction de cette pollution.

Méthodes d'enseignement et d'apprentissage

L'usage des systèmes d'intelligence artificielle (IA) générative (SIAG) est permis sous condition de mentionner en tout temps son usage tant comme outil d'aide à la rédaction que comme source d'information.

Il est strictement interdit de verser les notes de cours ou toute autre information dont vous n'êtes pas l'auteur ou l'autrice dans un SIAG.

Évaluations

| Nature | Nombre | Mode de réalisation (individuel/équipe) | Pondération | Date |
|-----------------------------------|--------|---|-------------|-------------------------------|
| Mini projet | 1 | en équipe de 3 membres | 25 % | Remise : 25 novembre 2024 |
| Examen intra (sans documentation) | 1 | individuel | 35 % | 22 octobre 2024 |
| Examen final (sans documentation) | 1 | individuel | 40 % | durant la période des examens |

Documentation

- Site WEB du cours MEC8252
- « Combustion et Pollution atmosphérique », notes de cours polycopiées (code : 6865), Par : Bruno Detuncq, Étienne Robert, François McKenty
- « Combustion Physics» Par : C.K. Law, Cambridge University Press
- « Principles of combustion » Par : Kenneth K. Kuo ; John Wiley & Sons ; 2005
- « An introduction of combustion , concepts and applications » Par : Stephen R. Turns ; McGraw-Hill ; 2000
- « Internal Combustion Engine Fundamentals » Par : John B. Heywood ; McGraw-Hill Book Co., 1988
- « Air pollution , Its origin and control » Par : Kenneth Wark, Cecil F. Warner , Wayne T. Davis ; Addison Wesley ; 1998

Calendrier des rencontres

| Chapitre | Thèmes | Nombre d'heures |
|--------------|---|-----------------|
| Introduction | | 2 |
| Chapitre 1 | Ressources en combustibles fossiles Classification, ressources, consommation et méthodes de production des combustibles fossiles : solides, liquides, gazeux. | 4 |
| Chapitre 2 | Caractéristiques physico-chimiques des combustibles Rappel des notions de chimie, classification des composés chimiques, propriétés physiques des combustibles, procédés de raffinage des combustibles. | 3 |
| Chapitre 3 | Équations de combustion stœchiométrique et non stœchiométrique Principes de physique, équations de combustion stœchiométrique, excès d'air, richesse de mélange, température de point de rosée des produits de combustion, analyse des gaz brûlés. | 5 |
| Chapitre 4 | Thermochimie de la combustion Premier principe de thermodynamique appliqué à la combustion, enthalpie de formation et pouvoir calorifique, température de flamme adiabatique, deuxième principe de thermodynamique appliqué à la combustion. | 7 |
| Chapitre 5 | Équilibre chimique Réaction en chaîne et équilibre chimique, calcul de la vitesse de réaction, température de flamme adiabatique pour des systèmes en équilibre chimique. | 10 |
| Chapitre 6 | Flammes Description et classification des flammes, température d'inflammation, limites d'inflammabilité, délais d'allumage, écoulement avec rotation, écoulement en atmosphère confinée, transition déflagration-détonation, stabilité. | 10 |
| Chapitre X | Concepts porteurs en combustion Combustion oxy-fuel, chemical looping combustion, gazéification et gaz de synthèse, propulsion spatiale, synthèse de nanomatériaux. | 8 |
| Chapitre 10 | Pollution atmosphérique, sources et effets Classification des polluants et de leurs effets sur l'homme et l'environnement, origine des polluants, effet de serre et changement climatique. | 5 |
| Chapitre 11 | Pollution atmosphérique, particules et gaz polluants Méthode de réduction des polluants, formation, dispersion et élimination des particules, gaz polluants : CO, HC, NO _x , SO ₂ , smog acide et oxydant, technique de mesure des polluants. | 8 |
| Mini-projet | Calcul d'équilibre chimique, de flammes et de formation de polluants Présentation du mini-projet le 25 octobre | 1 |
| Examen intra | Matière couverte : chapitres 1 à 5 inclusivement (sans documentation). | 2 |
| Total | | 65 |

CALENDRIER GÉNÉRAL TRIMESTRE : MEC8252

TRIMESTRE : AUTOMNE 2024

(PÉRIODES DE : COURS & TD)

Version : 2024-09-19

| MOIS | LUNDI | MARDI | MERCREDI | JEUDI | VENDREDI |
|--------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|----------|---|----------|
| AOÛT | 26 (#1) Chap 0-1 | 27 (#2) Chap 1 | 28 | 29 Pas de TD | 30 |
| SEPTEMBRE | 2 Congé | 3 (#3) Chap 2 | 4 | 4 TD 1 | 5 |
| | 9 (#4) Chap 3 | 10 (#5) Chap 3 | 11 | 12 TD 2 | 13 |
| | 16 (#6) Chap 4 | 17 (#7) Chap 4 | 18 | 19 TD 3 | 20 |
| | 23 (#8) Chap 4 | 24 (#9) Chap 5 | 25 | 26 TD 4 | 27 |
| | 30 Congé | 1 Cours du lundi (#10) Chap 5 | 2 | 3 TD 5 | 4 |
| OCTOBRE | 7 (#11) Chap 5 | 8 (#12) Chap 5 | 9 | 10 TD 5b | 11 |
| | 14 Semaine de Relâche | 15 | 16 | 17 | 18 |
| | 21 (#13) Chap 6 | 22 INTRA | 23 | 24 Début mini-projet Pres. Projet | 25 |
| | 28 (#14) Chap 6 | 29 (#16) Chap 6 | 30 | 31 TD 6a | 1 |
| NOVEMBRE | 4 (#15) Chap 6 | 5 (#17) Chap X | 6 | 7 TD 6b | 8 |
| | 11 (#18) Chap X | 12 (#19) Chap X | 13 | 14 TD Xa | 15 |
| | 18 (#20) Chap 10 | 19 (#21) Chap 10 | 20 | 21 TD Xb | 22 |
| Remise du mini-projet | 25 (#22) Chap 10-11 | 26 (#23) Chap 11 | 27 | 28 TD 11 | 29 |
| DÉCEMBRE | 2 (#24) Chap 11 | 7 (#25) Chap 11 | 8 | 9 <i>Examens 5-20 décembre</i> | 10 |

NOTE : Les cours en bleus sont enseignés par Bruno Savard

Charge de travail**

Rappel du triplet horaire (4 - 1 - 4) :

- 1er chiffre : cours et contrôles (4h de cours/semaine)
- 2e chiffre : travaux (1h de TP/semaine)
- 3e chiffre : travail personnel (ou en équipe) (4h/semaine)

** Cette information est donnée à titre indicatif seulement. Certaines personnes peuvent avoir besoin d'investir plus ou moins de temps.

Fraude : règlement et sanctions

En tant que futur ingénieur, les étudiantes et les étudiants doivent adopter une attitude professionnelle exemplaire. L'article 8 des règlements des études au baccalauréat présente la position de Polytechnique Montréal à l'égard de la fraude sur la base du principe de tolérance zéro. Voici quelques éléments [tirés du règlement](#) en vigueur.

Par fraude, on entend toute forme de plagiat, de tricherie ou tout autre moyen illicite utilisé par une étudiante ou un étudiant pour obtenir un résultat d'évaluation non mérité ou pour influencer une décision relative à un dossier académique.

À titre d'exemple, constituent une fraude :

- l'utilisation totale ou partielle, littérale ou déguisée, d'une œuvre d'autrui, y compris tout extrait provenant d'un support électronique (d'une IA générative, par exemple), en le faisant passer pour sien ou sans indication de référence à l'occasion d'un examen, d'un travail ou de toute autre activité faisant l'objet d'une évaluation ;
- le non respect des consignes lors d'un contrôle, d'un examen, d'un travail ou de toute autre activité faisant l'objet d'une évaluation ;
- la sollicitation, l'offre ou l'échange d'information pendant un contrôle ou un examen ;
- la falsification de résultats d'une évaluation ou de tout document en faisant partie ;
- la possession ou l'utilisation pendant un contrôle ou un examen de tout document, matériel ou équipement non autorisé y compris la copie d'examen d'une autre personne étudiante.

Selon la gravité de l'infraction et l'existence de circonstances atténuantes ou aggravantes, l'étudiante ou l'étudiant peut se voir imposer une sanction correspondant à, entre autres, l'attribution de la cote 0 pour l'examen, le travail ou toute autre activité faisant l'objet d'une évaluation qui est en cause, l'attribution de la note F pour le cours en cause, l'attribution de la note F à tous les cours suivis au trimestre.

Dans le cas d'un travail en équipe, les étudiantes et les étudiants d'une même équipe de travail tel que reconnu par l'enseignant sont solidaires du matériel produit au nom de l'équipe. Si un membre de l'équipe produit et remet un travail au nom de l'équipe et qu'il s'avère que ce travail est frauduleux tous les membres de l'équipe sont susceptibles de recevoir une sanction à moins qu'il soit démontré sans ambiguïté que l'infraction est le fait d'un ou de quelques membres de l'équipe en particulier.

Ressources et services pour les étudiantes et étudiants

Le [Service aux étudiants](#) (SEP) est constitué de professionnels qualifiés et d'une Escouade étudiante, dédiés à favoriser votre bien-être et votre réussite à Polytechnique Montréal, autant sur le plan académique, personnel que social. Que ce soit sous la forme de rencontres individuelles, d'ateliers pratiques ou de programmes tels que le tutorat et le mentorat, les services offerts vous aideront à vous épanouir à votre plein potentiel durant vos études à Polytechnique Montréal. N'hésitez pas à les contacter. Vous avez tout à y gagner !

Le [Bureau d'intervention et de prévention des conflits et de la violence](#) (BIPCV), vous accueille, vous guide et vous soutient en matière de violence à caractère sexuel, harcèlement ou tout enjeu relatif au respect des personnes. Le BIPCV est un bureau indépendant, assurant un service respectant la confidentialité et une écoute sans jugement. Contactez-les : bipcv@polymtl.ca 514 340-4711 Poste 5151.