

ENE6510

Modélisation Énergétique des Bâtiments



Plan de cours – Hiver 2022 (version du 2022-01-06)

3 crédits (3 – 0 – 6)

Site web du cours : <https://moodle.polymtl.ca/course/view.php?name=ENE6510>

1. Enseignants

Massimo Cimmino Bureau : C 318.11 Courriel : massimo.cimmino@polymtl.ca	Michel Bernier Bureau : C-318.6 Courriel : michel.bernier@polymtl.ca
---	---

2. Description de l'annuaire

Rôle et impacts de la simulation dans la conception et l'opération des bâtiments. Modélisation des transferts de chaleur et de masse dans les bâtiments et avec l'extérieur. Modélisation des occupants : comportement, confort thermique, gains de chaleur internes. Modélisation des systèmes thermiques dans le bâtiment : chauffage, ventilation et conditionnement d'air, et systèmes utilisant les énergies renouvelables. Stratégies de commande minimisant la consommation énergétique et les coûts d'opération. Équations de base et solveurs, types de logiciels de simulation pour les bâtiments résidentiels et commerciaux. Processus de validation des logiciels. Sources de données, stratégies de modélisation, zonage thermique des bâtiments. Analyse et interprétation des résultats, assurance de la qualité, analyse des incertitudes. Utilisation de la simulation pour la conception, l'optimisation, et pour améliorer les politiques et les codes du bâtiment.

3. Objectifs généraux

À la fin du cours, l'étudiant sera en mesure de :

- Décrire le rôle de la simulation des performances énergétique des bâtiments, ainsi que les bases mathématiques de la modélisation
- Sélectionner un logiciel et une approche de modélisation appropriés pour le problème considéré
- Modéliser un bâtiment neuf ou existant et ses systèmes énergétiques – systèmes de chauffage, ventilation et conditionnement d'air, et systèmes utilisant l'énergie renouvelable
- Simuler la performance de différentes options de design à l'aide du logiciel sélectionné
- Analyser et interpréter les résultats de simulation, assurer la qualité des résultats produits
- Participer à la conception d'un bâtiment et de ses systèmes énergétiques en proposant des solutions et en analysant leurs impacts énergétiques, économiques et environnementaux
- Expliquer et justifier les hypothèses et les résultats de simulation dans une optique de démontrer un niveau de performance répondant aux exigences des normes et systèmes de certification

4. Méthodes d'enseignement

4.1. Ajustements au cours en raison de la pandémie de la COVID-19

Compte tenu de la situation sanitaire, les quatre premiers cours (jusqu'au 4 février inclusivement) auront lieu à **distance en mode synchrone**. Des liens vers ces séances seront disponibles sur le [site Moodle du cours](#). La situation sera réévaluée à la fin janvier en vue d'un retour en présentiel. Toute modification sera communiquée sur le [site Moodle du cours](#). Tous les avis à la communauté de Polytechnique peuvent être consultés sur la plateforme [Polyvirtuel](#).

4.2. Cours magistraux

Les heures de cours théoriques sont réparties dans le trimestre à raison de 3 heures chaque vendredi. Les étudiants sont invités à procéder à une lecture préalable des sections concernées afin de profiter au maximum des séances de cours. Les diapositives des présentations sont disponibles sur le site Moodle du cours.

5. Méthodes d'évaluation

Nature de l'évaluation	Pondération
4 Devoirs (en équipe, tous les devoirs ont la même pondération)	40 %
Quiz (11 mars de 15h à 16h30)	25%
Examen final (19 avril de 14h à 16h30)	35%

Ce cours comporte 4 devoirs qui seront faits en équipe de 2. La composition des équipes est la responsabilité des étudiants et elle peut changer au cours du trimestre.

Toute documentation est permise lors du quiz et de l'examen final. Le contrôle périodique et l'examen final sont prévus en présentiel. Cependant, si la situation sanitaire l'exige d'autres méthodes d'évaluation pourraient être instaurées.

En cas d'**absence motivée au quiz**, la pondération associée au quiz est reportée à l'examen final. Toute absence doit être motivée par le Registrariat.

6. Thèmes abordés

Le programme de chaque semaine sera indiqué sur le [site web du cours](#). Les sujets suivants seront abordés :

- Contexte : impact énergétique des bâtiments
- Rôles de la simulation des performances énergétique des bâtiments : conception, validation et optimisation des performances, respect des codes, normes, et certifications, labels de performance
- Types de logiciels de simulation
- Équations de base et solveurs
- Processus de validation des logiciels
- Sélection d'un logiciel et d'une stratégie de modélisation adaptés aux besoins
- Zonage thermique des bâtiments
- Sources de données pour le design (bases de données, normes, guides)

- Conditions de design, données météorologiques pertinentes et leur importance, impact du changement climatique
- Modélisation des phénomènes de transfert thermique à travers l'enveloppe du bâtiment (parois opaques, fenêtres) et à l'intérieur
- Modélisation des phénomènes de transfert de masse (air et humidité) à travers l'enveloppe et à l'intérieur : infiltration, ventilation mécanique, naturelle et hybride
- Modélisation des phénomènes liés aux occupants : confort thermique, comportement des occupants, gains internes
- Éclairage
- Modélisation des systèmes de Chauffage, Ventilation et Conditionnement d'Air (CVCA) : modèles de composants (modèles dynamiques, cartes de performance), modélisation des systèmes,
- Systèmes typiques dans les bâtiments résidentiels et commerciaux
- Stockage thermique
- Stratégies de commande
- Systèmes spécialisés intégrant les énergies renouvelables dans les bâtiments
- Analyse et interprétation des résultats
- Assurance de la qualité et vérification
- Analyse et propagation des incertitudes
- Analyses économiques et environnementales
- Utilisation de la simulation pour l'aide à la décision et le développement de codes, normes et politiques (modélisation du stock de bâtiments)
- Utilisation de la simulation pour la vérification des performances
- Calibration des modèles
- Codes, normes et systèmes de certification –bâtiment de référence

7. Fraude et plagiat

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.

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

À titre d'exemple constitue une fraude :

- L'utilisation totale ou partielle, littérale ou déguisée, d'une œuvre d'autrui, y compris tout extrait provenant d'un support électronique, 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'un autre étudiant;

Selon la gravité de l'infraction et l'existence de circonstances atténuantes ou aggravantes, 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 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.

8. Documentation

Les notes de cours (sous forme de présentations) seront disponibles sur le [site web du cours](#):

Autres références pertinentes pour la matière du cours (liste partielle)

Livres sur la théorie et les applications de la modélisation énergétique des bâtiments

Beausoleil-Morrison, I. 2020. Fundamentals of building performance simulation. New York : Routledge. ISBN: 978-1-003-05527-3

Clarke, J. 2001. Energy Simulation in Building Design. 2nd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann

Hensen, J. and Lamberts, R. 2010. Building Performance Simulation for Design and Operation. London: Spon Press. ISBN: 978-0415474146

Guides, documents d'introduction et sites internet sur la modélisation énergétique des bâtiments

ASHRAE Building Building Energy Modeling Professional Certification: www.ashrae.org/bemp

Ayres, J.M. and E. Stamper. 1995. Historical Development of Building Energy Calculations. ASHRAE Journal. 37(2). p.47-55.

International Building Performance Simulation Association: www.ibpsa.org

M.E. GROUP and Hutton Architecture Studio, 2011. Energy modeling: a guide for the building professional (disponible sur le site web du cours).

Rocky Mountain Institute (RMI). 2013. Building Energy Modeling for Owners and Managers. <https://www.rmi.org/wp-content/uploads/2017/05/Building-Energy-Modeling-for-Owners-and-Managers-2013.pdf>

Outils de modélisation énergétique des bâtiments

IBPSA-USA, 2018. Building Energy Software Tools directory. <https://www.buildingenergysoftwaretools.com>

Crawley, D. B., Hand, J. W., Kummert, M., & Griffith, B. T. (2008). Contrasting the capabilities of building energy performance simulation programs. Building and Environment, 43(4), 661–673. http://gundog.lbl.gov/dirpubs/2005/05_compare.pdf

D'autres références bibliographiques, y compris les règlements et normes pertinents, seront communiquées pendant le cours.

9. Enregistrement des activités d'enseignement en ligne en mode synchrone

Les activités d'enseignement en ligne en mode synchrone seront enregistrées afin de permettre aux personnes étudiantes ne pouvant pas assister en temps réel au cours, notamment les étudiantes et les étudiants étrangers résidant dans un fuseau horaire différent de celui de Polytechnique Montréal, d'avoir accès à l'activité d'enseignement. L'enregistrement sera

ensuite rendu disponible sur Moodle aux seules personnes étudiantes inscrites au cours *ENE6510 – Modélisation énergétique des bâtiments* au trimestre d’hiver 2022.

Si l’étudiante ou l’étudiant active son micro et sa caméra lors de cette activité d’enseignement, il est possible que son nom, son image et sa voix apparaissent sur l’enregistrement. Ces renseignements personnels seront accessibles à la personne enseignante, aux personnes étudiantes inscrites au cours *ENE6510 – Modélisation énergétique des bâtiments* au trimestre d’hiver 2022 et aux employés de Polytechnique affectés à la gestion de Moodle. L’enregistrement sera conservé de façon confidentielle conformément à la *Loi sur l’accès aux documents des organismes publics et sur la protection des renseignements personnels*, RLRQ c A-2.1.

L’enregistrement sera retiré de Moodle 24 heures après la séance de cours et sera détruit dans les 30 jours après la fin de la session.

Si l’étudiante ou l’étudiant ne souhaite pas être enregistré, il est de sa responsabilité de désactiver son microphone et sa caméra.

À défaut de désactiver son microphone et sa caméra, l’étudiante ou l’étudiant consent à l’enregistrement audio ou audiovisuel, à la conservation, à l’utilisation et à la rediffusion de l’enregistrement de son nom, de sa voix et de son image dans le cadre de l’activité d’enseignement en ligne.

Rappel : droit d’auteur

Les activités d’enseignement en ligne sont protégés par les droits d’auteur et le droit à la vie privée dont le droit à l’image.

En conséquence, la personne étudiante ne peut pas :

- partager les vidéos ou des extraits de celles-ci avec une autre personne;
- enregistrer localement les vidéos;
- diffuser ou vendre les vidéos.