

Modélisation énergétique des bâtiments

Plan de cours – Hiver 2025 (Révision : 2025-01-10)

3 crédits (3 – 0 – 6)

Site web du cours : <https://moodle.polymtl.ca/course/view.php?name=ene6510>

1. Enseignant

Michaël Kummert, michael.kummert@polymtl.ca

Période de disponibilité : sur rendez-vous

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, les étudiantes et étudiants seront capable 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

Les séances de cours sont réparties dans le trimestre à raison d'un bloc de 3 heures par semaine. 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. Les heures de cours seront également utilisées pour présenter les devoirs et le projet et discuter des résultats.

Les heures de cours seront également utilisées pour des séances pratiques : résolution d'exercices, instructions sur les devoirs et le projet, discussion des résultats des devoirs. Pour ces séances, il est recommandé d'amener en classe un ordinateur portable avec les logiciels utilisés dans le cours.

5. Méthodes d'évaluation

Évaluation	Lieu et date ¹	Pondération
Devoirs	Au cours du trimestre	50 % (individuel)
Examen	Examen oral de 15 à 20 minutes. Les étudiant-es pourront choisir une plage horaire parmi au moins 3 journées proposées pendant la période d'examen en fin de trimestre.	20 % (individuel)
Projet	Remise du rapport pendant la session d'examen Présentation orale pendant le trimestre	30 % (équipe)

¹ Les dates exactes sont précisées dans le programme disponible sur le [site Moodle du cours](#)

5.1. Notes sur l'évaluation :

- La pénalité en cas de travail soumis en retard est de 20 % de la note par jour de retard (fins de semaine et jours fériés inclus). Les devoirs seront corrigés en classe, en général lors du premier cours qui suivra la date de remise. Aucune remise en retard ne sera acceptée après cette rétroaction en classe.
- Les devoirs et le projet seront abordés lors de l'examen oral en fin de session. L'étudiant-e devra être en mesure d'interpréter, d'analyser et d'argumenter les résultats obtenus dans les devoirs et le projet, et de discuter des hypothèses posées pour obtenir ces résultats.

6. Thèmes abordés

Le programme de chaque semaine sera donné 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. 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. 2019. Building Performance Simulation for Design and Operation. 2nd ed. Routledge. ISBN: 978-0-429-40229-6

Guides, documents d'introduction et sites web 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.