

MEC 6214

Énergie Solaire et Applications

POLYTECHNIQUE
MONTRÉAL



Plan de cours – Automne 2023 (Révision : 2023-08-27)

3 crédits (3 – 0 – 6)

Site web du cours : <https://moodle.polymtl.ca/course/view.php?name=MEC6214>

1 Enseignant

Michaël Kummert, michael.kummert@polymtl.ca

Période de disponibilité : sur rendez-vous

2 Description de l'annuaire

Rayonnement solaire. Éléments de physique céleste. Durée d'insolation, propagation du rayonnement dans l'atmosphère, énergie reçue par une surface inclinée. Données et estimation de rayonnement solaire. Principe de transfert thermique. Types de collecteurs solaires et leur analyse thermique. Performance des collecteurs solaires. Systèmes de stockage d'énergie. Analyse économique, aspects environnementaux et sociaux. Chauffage et ventilation des bâtiments. Climatisation et réfrigération solaire. Conception et calcul des systèmes d'énergie solaire. Simulation des systèmes d'énergie solaire. Production de l'énergie mécanique, électrique et combustible solaire. Applications.

3 Objectifs généraux

À la fin du cours l'étudiant sera capable de :

- Calculer le rayonnement solaire reçu par une surface inclinée
- Expliquer le principe de fonctionnement des systèmes d'énergie solaire
- Comprendre et calculer la performance de différents types de capteurs solaires
- Analyser le comportement des systèmes d'énergie solaire
- Concevoir des systèmes d'énergie solaire pour différentes applications
- Simuler des systèmes d'énergie solaire et déterminer leurs performances thermodynamiques et économiques
- Estimer les aspects économiques, sociaux et environnementaux de l'utilisation de l'énergie solaire

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 pourra être utile 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	40 % (individuel/équipe)
Examen	Examen oral de 15 à 20 minutes. Les étudiant(e)s pourront choisir une plage horaire parmi au moins 5 journées proposées pendant la période d'examen en fin de trimestre.	25 % (individuel)
Projet	Remise du rapport pendant la session d'examen Présentation orale pendant la dernière séance de cours	35 % (équipe)

¹ Les dates exactes sont précisées dans le programme disponible sur le site Moodle du cours

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.
- Travail en équipe
 - Les devoirs pourront être réalisés individuellement ou en équipe de 2.
 - Le projet sera réalisé en équipe de 2 ou 3.
 - 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

- Introduction
 - Introduction aux systèmes solaires
 - Énergie et environnement
 - Bilan énergétique des systèmes ouverts
- Rayonnement solaire
 - Rayonnement solaire extraterrestre
 - Rayonnement solaire incident sur terre
 - Rayonnement sur une surface inclinée
- Transfert de chaleur
 - Rappels de transfert de chaleur par convection et rayonnement
 - Caractéristiques de rayonnement des matériaux opaques
 - Transmission du rayonnement à travers les matériaux transparents
- Capteurs solaires plans
 - Coefficient de perte
 - Tests de rendement
 - Design des capteurs
- Capteurs sous vide et à concentration
- Comportement des systèmes
- Stockage thermique
- Besoins en chaleur
- Systèmes passifs
- Applications
 - Chauffage de l'eau domestique, chauffage des locaux, chauffage des piscines, chaleur de processus
 - Climatisation solaire
 - Production d'électricité
- Conception des systèmes / Applications
 - Méthodes simplifiées
 - Simulation des performances
 - Systèmes photovoltaïques
 - Énergie éolienne
 - Analyse économique

7 Bibliographie

Livre de référence pour les parties théoriques du cours (non obligatoire)

Duffie, J.A., and W. A. Beckman, 2013 – Solar Engineering of Thermal Processes, 4th ed. Hoboken, NJ: Wiley. ISBN 978-0-470-87366-3

Note: la 3^{ème} édition (2006) est équivalente pour les sujets abordés dans le cours. La 2^{ème} édition (1991) présente de légères différences mais est utilisable.

Autres références (liste partielle)

ASHRAE, 2019 – Handbook of Applications, Chapter 36 – Solar Energy Use. Atlanta, GA : American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers. www.ashrae.org.

Çengel, Y.A., M.A. Boles et M. Lacroix, 2008 – Thermodynamique : une approche pragmatique. Montréal, QC : Chenelière – McGraw-Hill. ISBN 9782765105114.

Falk A., C. Dürschner, et K. Remmers, 2010 – Le photovoltaïque pour tous : conception et réalisation d'installations, 2^{ème} ed. ISBN 9782281114706.

Peuser, F.A., K. Remmers, M. Schnauss, 2005 – Installations solaires thermiques : conception et mise en œuvre. Paris, FR : Éditions du Moniteur. ISBN 9782281112665.

Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie, 2010 – Planning and Installing Solar Thermal Systems : A guide for installers, architects and engineers, 2nd ed. London, UK: Earthscan. ISBN: 978-1-84407-760-1.

Weiss, W. (Ed.), 2003 – Solar Heating Systems for Houses: A Design Handbook for Solar Combisystems. London, UK: Earthscan. ISBN 9781902916460.

Références générales sur l'énergie solaire et les autres énergies renouvelables :

Scheer, H., 2005 – A solar manifesto, 2nd edition. London, UK: Earthscan: Routledge. ISBN: 978-1902916514.

Scheer, H., 2006 – Energy Autonomy: The Economic, Social and Technological Case for Renewable Energy. London, UK: Earthscan. ISBN: 978-1844073559.

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

8 Logiciels

Le logiciel TRNSYS (<http://sel.me.wisc.edu/trnsys>) sera utilisé pour certains devoirs et pour le projet. Les instructions pour l'installer sur votre ordinateur personnel et pour l'utiliser sur un serveur de calcul de l'école sont disponibles sur le site Moodle du cours : <https://moodle.polymtl.ca/course/view.php?name=MEC6214>.

Le langage de programmation Julia sera utilisé pour faciliter l'analyse des résultats de simulation et pour des applications pratiques. Les instructions pour installer et utiliser cet outil logiciel sont disponibles sur le site Moodle du cours.

Le logiciel EES (www.fchart.com/ees/) pourra être utilisé pour certains devoirs. Il est disponible dans les laboratoires informatiques de l'École et sur un serveur de calcul (voir instructions sur le site Moodle du cours).