

## PLAN DE COURS

**COURS :** Introduction à la thermodynamique des propulseurs

**PROGRAMME :** 280.B0 Techniques de génie aérospatial

**DISCIPLINE :** 280 Aéronautique

**PONDÉRATION :** Théorie : 0                      Pratique : 3                      Étude personnelle : 1

<b>Professeur(s)</b>	<b>Bureau</b>	<b>☎ poste</b>	<b>✉ courriel ou site web</b>
Saint-Jean, Daniel	D-113B	4652	<a href="mailto:daniel.saint-jean@cegepmontpetit.ca">daniel.saint-jean@cegepmontpetit.ca</a>
Michel, Vincent	D-113D	4676	<a href="mailto:vincent.michel@cegepmontpetit.ca">vincent.michel@cegepmontpetit.ca</a>
Ladouceur, Patrick	D-113C	4732	<a href="mailto:patrick.ladouceur@cegepmontpetit.ca">patrick.ladouceur@cegepmontpetit.ca</a>
Farkouh, Marc-André	D-113D	4437	<a href="mailto:marc-andre.farkouh@cegepmontpetit.ca">marc-andre.farkouh@cegepmontpetit.ca</a>

### PÉRIODE DE DISPONIBILITÉ AUX ÉTUDIANTS

	LUNDI	MARDI	MERCREDI	JEUDI	VENDREDI
Avant-midi					
Après-midi					

<b>Coordonnateur(s) du départ.</b>	<b>Bureau</b>	<b>☎ poste</b>	<b>✉ courriel ou site web</b>
Robert Champagne	D-113C	4696	<a href="mailto:robert.champagne@cegepmontpetit.ca">robert.champagne@cegepmontpetit.ca</a>

## 1- PLACE DU COURS DANS LA FORMATION DE L'ÉTUDIANT

Le cours 280-135 est un préalable absolu du cours 280-243 « Introduction à la thermodynamique des propulseurs. »

Ce cours a pour but d'approfondir les connaissances acquises dans le cours 280-135 en fonction des principes d'ingénieries de la conception des propulseurs d'aéronefs.

**Ce plan de cours doit être conservé par l'étudiant tout au long de ses études, car il sera utile au moment de l'activité d'intégration.**

Formation spécifique																		
65 unités	Mathématique appliquée à l'aéronautique <sup>3</sup> <b>201-115-EM</b> 3 2 3 011Q			Mathématique appliquée à la construction d'aéronefs II <b>201-914-EM</b> 2 2 2 011Q			Définition de composants d'aéronefs II <b>280-303-EM</b> 1 2 2 011R, 011U PA 280-203-EM PA 280-214-EM CR 280-313-EM			Dessins de cellule d'aéronef <b>280-463-EM</b> 1 2 1 011R, 011U PA 280-214-EM			Modélisation et dessins assistés par ordinateur II <b>280-513-EM</b> 1 2 1 011U PA 280-214-EM			Projets usinés d'appareillage et d'outillage <b>280-604-EM</b> 0 4 1 011S PA 280-423-EM PA 280-538-EM		
	Définition de composants d'aéronefs I <b>280-113-EM</b> 1 2 1 011P, 011R, 011U			Définition de composants d'aéronefs II <b>280-203-EM</b> 1 2 1 011R, 011U PA 280-113-EM			Analyse fonctionnelle d'assemblage d'aéronefs <b>280-313-EM</b> 2 1 2 011T, 011U PA 280-203-EM			Conception et analyse de mécanismes d'aéronefs <b>280-414-EM</b> 1 3 2 011R, 011Y PA 280-313-EM			Conception d'outillage pour pièces d'aéronefs <b>280-523-EM</b> 1 2 2 012A PA 280-313-EM			Conception d'outillage d'aéronefs <b>280-603-EM</b> 1 2 3 012C PA 280-523-EM		
	Traitements et transformation des matériaux d'aéronefs I <b>280-1A4-EM</b> 2 2 2 011W			Modélisation et dessins assistés par ordinateur I <b>280-214-EM</b> 2 2 1 011U CR 280-203-EM			Traitement et transformation des matériaux d'aéronefs II <b>280-324-EM</b> 2 2 2 011W PA 280-1A4-EM			Contrôle de la qualité de composants d'aéronefs <b>280-423-EM</b> 0 3 1 011T, 0128 PA 201-914-EM PA 280-235-EM			Planification et production en séries <b>280-538-EM</b> 3 5 2 011S PA 280-423-EM PA 280-446-EM			Stage en conception de composants d'aéronefs <sup>2</sup> <b>280-613-EM</b> 0 3 2 011Y, 0123 PA 280-463-EM PA 280-513-EM PA 280-523-EM		
	Fabrication de composants structuraux d'aéronefs <b>280-1B4-EM</b> 1 3 1 011V, 0122			Forces et contraintes appliquées aux aéronefs I <b>280-224-EM</b> 2 2 2 011W PA 201-115-EM			Forces et contraintes appliquées aux aéronefs II <b>280-334-EM</b> 2 2 2 011W PA 280-224-EM			Systèmes d'aéronefs <b>280-353-EM</b> 2 1 1 0121			Gestion de la qualité et de la production d'aéronefs <b>280-635-EM</b> 2 3 2 0126, 0128 PA 280-423-EM			Rédaction de gammes de fabrication <sup>2</sup> <b>280-623-EM</b> 1 2 2 011S, 0124, 0129 PA 280-455-EM PA 280-538-EM		
	Introduction aux propulseurs d'aéronefs <b>280-135-EM</b> 3 2 1 011X			Introduction à la thermodynamique des propulseurs <b>280-243-EM</b> 0 3 1 011X PA 280-135-EM			Planification et fabrication de structures d'aéronefs <b>280-345-EM</b> 2 3 1 011V, 0122 PA 280-1B4-EM PA 280-214-EM			Programmation assistée pour commande numérique I <b>280-446-EM</b> 3 3 2 011Z PA 201-115-EM PA 280-214-EM PA 280-235-EM			Conception et planification de pièces en composites <b>280-556-EM</b> 3 3 1 0120 PA 280-345-EM			Stage en structures d'aéronefs <b>280-544-EM</b> 0 4 1 011V, 0127, 012B PA 280-455-EM		
	Usinage de pièces sur machines conventionnelles <b>280-235-EM</b> 2 3 1 011S			Initiation à l'aéronautique <sup>3</sup> <b>280-265-EM</b> 3 2 2 011X			Systèmes avioniques <b>280-433-EM</b> 1 2 1 0121 PA 280-214-EM			Méthodes et procédés d'assemblage et d'installations <b>280-455-EM</b> 2 3 1 012B PA 280-345-EM			Programmation Cao/Fao pour commande numérique <b>280-614-EM</b> 1 3 1 011Z PA 280-446-EM					
<b>Pondération</b>																		
T - P - E	14	18	13	16	15	15	18	14	20	15	17	15	14	16	12	9	19	15
Heures/semaine	45			46			52			47			42			43		
Cours/session	8			8			9			9			7			8		

## 2- COMPÉTENCE DU PORTRAIT DU DIPLÔMÉ

Associer le type propulseur avec la mission de l'aéronef.

## 3- OBJECTIF MINISTÉRIEL (CODE ET ÉNONCÉ)

**011X** : Établir des relations entre les caractéristiques de fonctionnement d'un aéronef et les principes de construction.

#### **4- OBJECTIF TERMINAL DU COURS**

Distinguer le fonctionnement thermodynamique des propulseurs.

#### **ORIENTATION PÉDAGOGIQUE**

##### **Partie théorique :**

Ce cours ne comporte pas de partie théorique.

##### **Partie pratique :**

- Effectuer des essais en suivant les procédures établies.
- Colliger les données des essais effectués.
- Calculer la performance et les rendements des propulseurs.
- Produire des graphiques à partir des données et des calculs
- Analyser les résultats.

#### **PLANIFICATION DU COURS**

##### **Période des activités**

Une partie pratique (3 périodes par semaine).

Une partie de travaux d'apprentissage (1 période minimum par semaine de travail à la maison).

<b>Semaine</b>	<b>Objectif d'apprentissage</b>	<b>Contenu</b>	<b>Activités d'étude personnelle</b>
1	Introduction	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Révision des unités de base.</li> <li>▪ Conversion du système impérial au système international.</li> <li>▪ Le frein dynamométrique – outil mathématique.</li> </ul>	Révision des principes de fonctionnement des propulseurs étudié dans le cours 280-135
2 - 3	1- Appliquer les concepts de travail, puissance et chaleur aux propulseurs à piston.	<u>ÉTUDE PRATIQUE DU CYCLE OTTO</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Familiarisation à l'utilisation du frein dynamométrique – moteur diesel.</li> <li>▪ Essai du moteur 4 courses sous le cycle OTTO.</li> <li>▪ Prise de données (température, pression, débit, force, vitesse de rotation, etc.).</li> <li>▪ Calculs des résultats : débit (air-carburant), couple, puissance, consommation spécifique.</li> <li>▪ Analyse des résultats.</li> <li>▪ Courbes caractéristiques.</li> </ul>	Exécuter les calculs à partir de résultats de l'expérimentation et créer les courbes de performances. Différencier le travail et la puissance d'un moteur à piston
4	1- Appliquer les concepts de travail, puissance et chaleur aux propulseurs à turbine.	<u>ÉTUDE PRATIQUE DU CYCLE BRAYTON</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Révision du cycle Brayton.</li> <li>▪ Essai d'un turboréacteur sous le cycle Brayton.</li> <li>▪ Prise de données (température, pression, débit, vitesse de rotation, etc.)</li> <li>▪ Calculs des résultats : débit (air-carburant), puissance, consommation spécifique, etc.</li> <li>▪ Analyse des résultats.</li> <li>▪ Courbes caractéristiques.</li> </ul>	Exécuter les calculs à partir de résultats de l'expérimentation et créer les courbes de performances d'un turboréacteur.
5	Examen	Vérification du niveau d'acquisition de la compétence	Examen personnel écrit à livre ouvert.
6	2- Calculer des rendements énergétiques à partir	<u>ÉTUDE PRATIQUE DU CYCLE BRAYTON</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Essai d'un moteur turbopropulseur sous le cycle Brayton.</li> </ul>	Exécuter les calculs à partir de résultats de l'expérimentation et créer

*Plan de cours 280-243-EM : Introduction à la thermodynamique des propulseurs*

	de résultats d'essais moteurs.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Prise de données <math>N_F</math>, <math>N_G</math>, couple, débit de carburant.</li> <li>▪ Calculs des résultats : <math>N_{hélice}</math>, puissance, consommation spécifique.</li> <li>▪ Analyse des résultats.</li> </ul>	les courbes de performances d'un turbopropulseur.
7	3- Tester les propulseurs en appliquant la loi des gaz parfaits et le théorème de Bernoulli.	<p>ÉTUDE DE L'EFFET DE LA VARIATION DU RAPPORT ESSENCE/AIR</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Révision de la notion de rapport essence/air pour moteurs sous le cycle OTTO et le cycle BRAYTON.</li> <li>▪ Essai d'un moteur 4 courses sous le cycle OTTO.</li> <li>▪ Prises de données (température, pression, débit, force, etc.).</li> <li>▪ Calculs des résultats : couple, puissance, ratio A/E, consommation spécifique.</li> <li>▪ Analyse des résultats.</li> <li>▪ Courbes caractéristiques.</li> </ul>	Exécuter les calculs à partir de résultats de l'expérimentation et créer les courbes de performance et de rendement d'un moteur à piston.
8	2- Calculer des rendements énergétiques à partir de résultats d'essais moteurs.	<p>BILAN ÉNERGÉTIQUE D'UN MOTEUR 4 COURSES SOUS LE CYCLE OTTO</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Premier principe de la thermodynamique.</li> <li>▪ Notions de bilan énergétique.</li> <li>▪ Essai d'un moteur 4 courses sous le cycle OTTO.</li> <li>▪ Prise de données.</li> <li>▪ Calculs des résultats.</li> <li>▪ Analyse des résultats.</li> <li>▪ Tableaux des résultats.</li> </ul>	
9	3- Tester le système de climatisation/chauffage en appliquant la loi des gaz parfaits et le théorème de Bernoulli.	<p>ÉCHANGE DE CHALEUR AVEC LA MAQUETTE THERMOPOMPE</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Essai d'une maquette thermopompe.</li> <li>▪ Prise de données : (température, pression, etc.)</li> <li>▪ Calcul des échanges de chaleur.</li> <li>▪ Analyse des résultats.</li> <li>▪ Tableaux des résultats</li> </ul>	Comprendre les lois des gaz parfaits et de l'effet du changement d'état d'un liquide.
10	Examen	Vérification du niveau d'acquisition de la compétence	Examen personnel écrit à livre ouvert.
11 - 12	2- Calculer des rendements énergétiques à partir de résultats d'essais moteurs.	<p>RENDEMENT ÉNERGÉTIQUE DES COMPOSANTES DES MOTEURS À TURBINE SOUS LE CYCLE BRAYTON</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Second principe de la thermodynamique.</li> <li>▪ Conversion de la masse.</li> <li>▪ Rendement mécanique.</li> <li>▪ Rendement thermique.</li> <li>▪ Essai d'un moteur à turbine sous le cycle BRAYTON.</li> <li>▪ Prise de données.</li> <li>▪ Calculs des résultats.</li> <li>▪ Analyse des résultats.</li> </ul>	Exécuter les calculs à partir de résultats de l'expérimentation et créer les courbes de performance et de rendement d'une turbosoufflante.
13	2- Calculer des rendements énergétiques à partir de résultats d'essais moteurs.	<p>RENDEMENT ÉNERGÉTIQUE D'UN MOTEUR 4 COURSES SOUS LE CYCLE OTTO</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Essai d'un moteur turbo sous le cycle Otto.</li> <li>▪ Prise de données (température, pression, débit, vitesse de rotation, etc.).</li> <li>▪ Calculs des résultats : débit (air-carburant), puissance, consommation spécifique, etc.</li> <li>▪ Analyse des résultats.</li> </ul>	

*Plan de cours 280-243-EM : Introduction à la thermodynamique des propulseurs*

14	2- Calculer des rendements énergétiques à partir de résultats d'essais moteurs.	RENDEMENT ÉNERGÉTIQUE D'UN MOTEUR ÉLECTRIQUE <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Essai d'un moteur électrique avec hélice.</li> <li>▪ Prise de données (poussée, puissance).</li> <li>▪ Calculs des résultats : poussée/puissance.</li> <li>▪ Analyse des résultats.</li> </ul>	Exécuter les calculs à partir de résultats de l'expérimentation et créer les courbes de performance et de rendement d'une hélice.
15	Examen	Vérification du niveau d'acquisition de la compétence	Examen personnel écrit à livre ouvert.

*La chronologie et les expérimentations peuvent changer selon la disponibilité des équipements ou des opportunités ponctuelles.*

**MODALITÉS D'ÉVALUATION SOMMATIVE**

Description de l'activité d'évaluation	Contexte de réalisation et mode d'évaluation	Objectif(s) d'apprentissage	Critères d'évaluation	Échéance (date de remise d'un travail ou période d'examen)	Pondération (%)
Examen 1 Mises en situation et analyse des graphiques créés dans l'activité personnelle.	Individuelle avec documentation. Durée : 150 minutes Calculs, association, choix multiples, analyse à court développement.	1,	Cohérence des calculs. Démarche appropriée. Respect des unités.	Semaine 5	30%
Examen 2 Mises en situation et analyse des graphiques créés dans l'activité personnelle.	Individuelle avec documentation. Durée : 150 minutes Calculs, association, choix multiples, analyse à court développement.	2, 3,	Cohérence des calculs. Démarche appropriée. Respect des unités.	Semaine 10	30%
Examen final Mises en situation et analyse des graphiques créés dans l'activité personnelle.	Individuelle avec documentation. Durée : 150 minutes Calculs, association, choix multiples, analyse à court développement.	2.	Cohérence des calculs. Démarche appropriée. Respect des unités. Analyse juste du fonctionnement et de l'énergie des moteurs	Semaines 15	40%

**Total : 100%**

**MATÉRIEL REQUIS OBLIGATOIRE**

- Habit de laboratoire.
- Souliers de sécurité.
- Lunette de sécurité.
- Calculatrice SHARP EL 531.
- Papier millimétrique ou quadrillé ¼ Po (optionnelle).

## MÉDIAGRAPHIE

Lichty, L.C. Combustion Engine Processes, 7e éd., McGraw-Hill, Toronto, 1967.

Megatech Corporation, Megatech Mark III, 1971.

NIT, Powerplants for Aerospace Vehicles, McGraw-Hill Book Co., 1965.

Principles of Engine Analysis, Go Power Systems, 1969.

Salmon, B. et J. Grossetête, Moteurs, École nationale de l'aviation civile, 1962.

Skrotzki, Basic Thermodynamics, McGraw-Hill Book Co., 1963.

Smith et Cooper, Elements of Physics, McGraw-Hill Book Co., 1963.

Van Wylen & Sonntag, Fundamentals of Classical Thermodynamics, John Wiley & Sons Inc., 1965.

Van Wylen & Sonntag, Thermodynamique appliquée, Éd. du Renouveau pédagogique, 1981.

## CONDITIONS DE RÉUSSITE AU COURS

### (1) Note de passage

La note de passage du cours est de 60%. (PIEA, article 5.1m).

### (2) Présence aux évaluations sommatives

La présence aux activités d'évaluation sommative est obligatoire. (PIEA, article 5.2.5.1).

### (3) Remise des travaux

Les travaux exigés par un professeur doivent être remis à la date, au lieu et au moment fixés. Les **pénalités** entraînées par les retards sont établies **selon les règles départementales** (PIEA, article 5.2.5.2).

En cas de retard les pénalités sont :

- Voir la section « Règles des départements » à l'adresse suivante : <http://guideena.cegepmontpetit.ca/regles-des-departements/>

### (4) Présentation matérielle des travaux

L'étudiant doit respecter les « *Normes de présentation matérielle des travaux écrits* » adoptées par le Cégep. Le non-respect de ces normes peut retarder l'acceptation du travail ou affecter la note accordée. Ces normes sont disponibles dans **Liens éclair, Bibliothèques** sous la rubrique « **Méthodologie** » des centres de documentation du Cégep dont voici l'adresse : [www.cegepmontpetit.ca/normes](http://www.cegepmontpetit.ca/normes).

Les **pénalités départementales** concernant le non-respect des normes de présentation matérielle des travaux (PIEA, article 5.3.2) sont : <http://guideena.cegepmontpetit.ca/regles-des-departements/>.

### 5) Qualité de la langue française

L'évaluation de la qualité de la langue (PIEA, article 5.3.1) doit respecter les critères et les valeurs établis par le département.

La **procédure départementale** d'évaluation de la qualité du français est :

- Voir la section « Règles des départements » à l'adresse suivante :
- <http://guideena.cegepmontpetit.ca/regles-des-departements/>

## **MODALITÉS DE PARTICIPATION AU COURS**

- 1- Port de l'uniforme prescrit par l'école en tout temps.
- 2- Port des souliers de sécurité en tout temps
- 3- Port permanent des lunettes de sécurités lorsque le moteur fonctionne.
- 4- Aucune nourriture ne sera tolérée dans le local
- 5- Aucun appareil électronique ne sera toléré dans le local
- 6- L'absence à un examen sera gérée selon la politique du CÉGEP.
- 7- L'inobservation des règles de santé et sécurité entrainera l'expulsion immédiate de l'étudiant.

## **AUTRES RÈGLES DÉPARTEMENTALES**

Les étudiants sont invités à consulter le site web pour les règles particulières à ce cours :  
<http://guideena.cegepmontpetit.ca/regles-des-departements/>.

## **POLITIQUES ET RÈGLES INSTITUTIONNELLES**

Tout étudiant inscrit à l'École nationale d'aérotechnique du cégep Édouard-Montpetit doit prendre connaissance du contenu de quelques politiques et règlements institutionnels et s'y conformer. Notamment, la *Politique institutionnelle d'évaluation des apprentissages* (PIEA), la *Politique institutionnelle de la langue française* (PILF), la *Politique pour un milieu d'études et de travail exempt de harcèlement et de violence* (PPMÉTEHV), les *Conditions d'admission et cheminement scolaire*, la *Procédure concernant le traitement des plaintes étudiantes dans le cadre des relations pédagogiques*.

Le texte intégral de ces politiques et règlements est accessible sur le site Web du Cégep à l'adresse suivante : <http://www.cegepmontpetit.ca/ena/a-propos-de-l-ecole/reglements-et-politiques>. En cas de disparité entre des textes figurant ailleurs et le texte intégral, ce dernier est la seule version légale et appliquée.

## **ANNEXE**

Les périodes des activités inscrites dans les plans de cours du département propulseur le sont à titre indicatif seulement. Des modifications pourraient être apportées à ces périodes pour s'adapter à des problèmes de logistique.