

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

Professeur-s du cours	bureau	☎ poste	✉ courriel ou site Web
MICHEL, Vincent	D-113D	4676	vincent.michel@cegepmontpetit.ca
LADOUCEUR, Patrick	D-113C	4732	patrick.ladouceur@cegepmontpetit.ca
RICHER, David	D-113D	4614	david.richel@cegepmontpetit.ca

Période de disponibilité aux étudiants

	LUNDI	MARDI	MERCREDI	JEUDI	VENDREDI
Avant-midi					
Après-midi					
Autre					

Coordonnateur du département	bureau	☎ poste	✉ courriel
Robert Champagne	D-113B	4652	robert.champagne@cegepmontpetit.ca

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.**

Transports Canada : Ce plan de cours respecte les exigences de Transports Canada mentionnées dans le Manuel de contrôle de la formation (MCF). Le Département applique la norme de Transports Canada qui fixe à 5 % les absences tolérées aux cours (théorie et laboratoire). Le département compile les absences des étudiant(e)s inscrit(e)s aux programmes *Techniques de maintenance d'aéronefs* (280.CO) et *Techniques d'avionique* (280.DO) selon les exigences de Transports Canada. L'application de la politique de Transports Canada sur le contrôle des absences est disponible sur le site de l'ÉNA et dans l'agenda étudiant sous la rubrique « Privilèges accordés par Transports Canada ».

Formation spécifique																		
65 unités	Mathématique appliquée à l'aéronautique ³ 201-116-EM 3 2 3 011Q			Mathématique appliquée à la construction d'aéronefs II 201-914-EM 2 2 2 011Q			Définition de composants d'aéronefs II 280-303-EM 1 2 2 011R, 011U PA 280-203-EM PA 280-214-EM CR 280-313-EM			Dessins de cellule d'aéronef 280-463-EM 1 2 1 011R, 011U PA 280-214-EM			Modélisation et dessins assistés par ordinateur II 280-513-EM 1 2 1 011U PA 280-214-EM			Projets usinés d'appareillage et d'outillage 280-604-EM 0 4 1 011S PA 280-423-EM PA 280-538-EM		
	Définition de composants d'aéronefs I 280-113-EM 1 2 1 011P, 011R, 011U			Définition de composants d'aéronefs II 280-203-EM 1 2 1 011R, 011U PA 280-113-EM			Analyse fonctionnelle d'assemblage d'aéronefs 280-313-EM 2 1 2 011T, 011U PA 280-203-EM			Conception et analyse de mécanismes d'aéronefs 280-414-EM 1 3 2 011R, 011Y PA 280-313-EM			Conception d'outillage pour pièces d'aéronefs 280-523-EM 1 2 2 012A PA 280-313-EM			Conception d'outillage d'assemblages d'aéronefs 280-603-EM 1 2 3 012C PA 280-523-EM		
	Traitements et transformation des matériaux d'aéronefs I 280-1A4-EM 2 2 2 011W			Modélisation et dessins assistés par ordinateur I 280-214-EM 2 2 1 011U CR 280-203-EM			Traitement et transformation des matériaux d'aéronefs II 280-324-EM 2 2 2 011W PA 280-1A4-EM			Contrôle de la qualité de composants d'aéronefs 280-423-EM 0 3 1 011T, 0128 PA 201-914-EM PA 280-235-EM			Planification et production en série 280-538-EM 3 5 2 011S PA 280-423-EM PA 280-446-EM			Stage en conception de composants d'aéronefs ² 280-613-EM 0 3 2 011Y, 0123 PA 280-463-EM PA 280-513-EM PA 280-523-EM		
	Fabrication de composants structuraux d'aéronefs 280-1B4-EM 1 3 1 011V, 0122			Forces et contraintes appliquées aux aéronefs I 280-224-EM 2 2 2 011W PA 201-115-EM			Forces et contraintes appliquées aux aéronefs II 280-334-EM 2 2 2 011W PA 280-224-EM			Systèmes d'aéronefs 280-363-EM 2 1 1 0121			Gestion de la qualité et de la production d'aéronefs 280-636-EM 2 3 2 0126, 0128 PA 280-423-EM			Rédaction de gammes de fabrication ² 280-623-EM 1 2 2 011S, 0124, 0129 PA 280-455-EM PA 280-538-EM		
	Introduction aux propulseurs d'aéronefs 280-135-EM 3 2 1 011X			Introduction à la thermodynamique des propulseurs 280-243-EM 0 3 1 011X PA 280-135-EM			Planification et fabrication de structures d'aéronefs 280-345-EM 2 3 1 011V, 0122 PA 280-1B4-EM PA 280-214-EM			Programmation assistée pour commande numérique I 280-446-EM 3 3 2 011Z PA 201-115-EM PA 280-214-EM PA 280-235-EM			Conception et planification de pièces en composites 280-566-EM 3 3 1 0120 PA 280-345-EM			Stage en structures d'aéronefs 280-544-EM 0 4 1 011V, 0127, 012B PA 280-455-EM		
	Usinage de pièces sur machines conventionnelles 280-235-EM 2 3 1 011S			Initiation à l'aéronautique ³ 280-265-EM 3 2 2 011X			Systèmes avioniques 280-433-EM 1 2 1 0121 PA 280-214-EM			Méthodes et procédés d'assemblage et d'installations 280-455-EM 2 3 1 012B PA 280-345-EM			Initiation 280-614-EM 1 3 1 011Z PA 280-446-EM			Programmation Cao/Fao pour commande numérique		
Pondération																		
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(S) DU PORTRAIT DU DIPLÔMÉ

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

3 OBJECTIF(S) MINISTÉRIEL(S)

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

4 OBJECTIF TERMINAL DE COURS

– Distinguer le fonctionnement thermodynamique des propulseurs.

5 ORIENTATIONS PÉDAGOGIQUES

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.

Pour cette session, les présentations utilisées par le professeur vous seront acheminées sur LEA

Tous les cours et les examens auront lieu en présence, dans le local A57.

6 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).

Semaine	Objectif d'apprentissage	Contenu	Activités d'étude personnelle
1	Introduction	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Révision des unités de base. ▪ Conversion du système impérial au système international. ▪ Le frein dynamométrique – outil mathématique. 	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.	<p><u>ÉTUDE PRATIQUE DU CYCLE OTTO</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Familiarisation à l'utilisation du frein dynamométrique – moteur diesel. ▪ Essai du moteur 4 courses sous le cycle OTTO. ▪ Prise de données (température, pression, débit, force, vitesse de rotation, etc.). ▪ Calculs des résultats : débit (air-carburant), couple, puissance, consommation spécifique. ▪ Analyse des résultats. ▪ Courbes caractéristiques. 	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.	<p><u>ÉTUDE PRATIQUE DU CYCLE BRAYTON</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Révision du cycle Brayton. ▪ Essai d'un turboréacteur sous le cycle Brayton. ▪ Prise de données (température, pression, débit, vitesse de rotation, etc.) ▪ Calculs des résultats : débit (air-carburant), puissance, consommation spécifique, etc. ▪ Analyse des résultats. ▪ Courbes caractéristiques. 	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 de résultats d'essais moteurs.	<p><u>ÉTUDE PRATIQUE DU CYCLE BRAYTON</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Essai d'un moteur turbopropulseur sous le cycle Brayton. ▪ Prise de données N_F, N_G, couple, débit de carburant. ▪ Calculs des résultats : $N_{hélice}$, puissance, consommation spécifique. ▪ Analyse des résultats. 	Exécuter les calculs à partir de résultats de l'expérimentation et créer 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><u>ÉTUDE DE L'EFFET DE LA VARIATION DU RAPPORT ESSENCE/AIR</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Révision de la notion de rapport essence/air pour moteurs sous le cycle OTTO et le cycle BRAYTON. ▪ Essai d'un moteur 4 courses sous le cycle OTTO. ▪ Prises de données (température, pression, débit, force, etc.). ▪ Calculs des résultats : couple, puissance, ratio A/E, consommation spécifique. ▪ Analyse des résultats. ▪ Courbes caractéristiques. 	Exécuter les calculs à partir de résultats de l'expérimentation et créer les courbes de performance et de rendement d'un moteur à piston.

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

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"> ▪ Premier principe de la thermodynamique. ▪ Notions de bilan énergétique. ▪ Essai d'un moteur 4 courses sous le cycle OTTO. ▪ Prise de données. ▪ Calculs des résultats. ▪ Analyse des résultats. ▪ Tableaux des résultats. 	
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"> ▪ Essai d'une maquette thermopompe. ▪ Prise de données : (température, pression, etc.) ▪ Calcul des échanges de chaleur. ▪ Analyse des résultats. ▪ Tableaux des résultats 	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	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"> ▪ Second principe de la thermodynamique. ▪ Conversion de la masse. ▪ Rendement mécanique. ▪ Rendement thermique. ▪ Essai d'un moteur à turbine sous le cycle BRAYTON. ▪ Prise de données. ▪ Calculs des résultats. ▪ Analyse des résultats. 	Exécuter les calculs à partir de résultats de l'expérimentation et créer les courbes de performance et de rendement d'une turbosoufflante.
12	2- Calculer des rendements énergétiques à partir de résultats d'essais moteurs.	<p>RENDEMENT ÉNERGÉTIQUE D'UN MOTEUR ÉLECTRIQUE</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Essai d'un moteur électrique avec hélice. ▪ Prise de données (poussée, puissance). ▪ Calculs des résultats : poussée/puissance. ▪ Analyse des résultats. 	Exécuter les calculs à partir de résultats de l'expérimentation et créer les courbes de performance et de rendement d'une hélice.
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"> ▪ Essai d'un moteur turbo sous le cycle Otto. ▪ Prise de données (température, pression, débit, vitesse de rotation, etc.). ▪ Calculs des résultats : débit (air-carburant), puissance, consommation spécifique, etc. ▪ Analyse des résultats. 	
14	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.

7 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%

8 MATÉRIEL REQUIS OBLIGATOIRE

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

9 MÉDIAGRAPHIE

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

Megatech Corporation, Megatech Mark III, 1971.

NIT, Powerplants for Aerospace Vehicules, 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.

10 CONDITIONS DE RÉUSSITE AU COURS

1. Note de passage

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

2. Présence aux évaluations sommatives

La présence aux activités d'évaluation sommative est obligatoire (PIEA 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 départementales** sont :

<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. 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.

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 :

<http://guideena.cegepmontpetit.ca/regles-des-departements/>

1. Présence au cours de laboratoire

La présence au cours (PIEA, article 5.3.4d) est une preuve d'engagement de l'étudiant dans ses études. Le professeur doit consigner les absences dans le système électronique de gestion des absences ou sur un registre que l'étudiant pourra consulter. En cas d'absences répétées de l'étudiant, la procédure suivante s'applique: Les absences non motivées seront comptabilisées et un premier avis écrit sera envoyé à l'étudiant par MIO à la suite d'absences équivalant à 10 % du nombre d'heures du cours (le cours de laboratoire étant de 45 heures, cet avis sera transmis après 4.5 heures d'absence.) Il précisera les dates des absences, le nombre d'heures d'absences compilé ainsi que la possibilité d'exclusion qui pourrait entraîner un échec au cours si le pourcentage d'absences franchit le 2e seuil. À la suite des absences équivalant à 20 % du nombre d'heures du cours (soit 9 heures), un avis d'exclusion sera acheminé à l'étudiant et à la Direction des études qui en conservera le registre. La sanction pour cause d'absences se traduira par la note cumulée au moment de l'exclusion.

11 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.

En cas de cours offert en visioconférence :

En participant à un cours donné à distance par le biais d'une plateforme de visioconférence, l'étudiant comprend et accepte que son image et sa voix puissent être captées dans le cadre de la prestation de cours. Cette captation sera uniquement visible en direct, par le professeur et les autres étudiants du groupe.

Pour des raisons pédagogiques, certaines captations pourraient être enregistrées. Le professeur devra informer clairement les étudiants, avant le début de chaque enregistrement, que leur image et leur voix seront enregistrées. Si un étudiant s'oppose à ce que son image et/ou sa voix soient enregistrées, il pourra participer au cours en fermant sa caméra et son micro et communiquer par écrit selon les modalités précisées par le professeur. Autrement, l'étudiant qui utilise sa caméra ou son micro sera réputé avoir donné son consentement à l'enregistrement de sa voix et de son image. Les enregistrements de cours par visioconférence pourront être mis à la disposition uniquement des étudiants de tous les groupes du cours pour la durée de la session. Il est interdit de diffuser ces enregistrements de façon publique ou d'en faire une utilisation autre que pédagogique.

Aucun enregistrement d'un cours donné par visioconférence ne peut être fait par un étudiant sans obtenir l'accord du professeur au préalable. Les étudiants dont les renseignements (voix et images) sont recueillis peuvent exercer les recours pour les droits d'accès et de rectification prévus par la Loi sur l'accès aux documents des organismes publics et sur la protection des renseignements personnels auprès de la Secrétaire générale du Cégep.

12 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/>.

13 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.

14 LE CENTRE DE SERVICES ADAPTÉS – POUR LES ÉTUDIANTS EN SITUATION DE HANDICAP

Les étudiants ayant un diagnostic d'un professionnel (limitations motrices, neurologiques, organiques, sensorielles, troubles d'apprentissage, de santé mentale, trouble du spectre de l'autisme ou autres) ou ayant une condition médicale temporaire peuvent faire une demande pour obtenir des mesures adaptées.

Pour avoir accès à ce service, faites parvenir votre diagnostic soit par MIO à "Service, CSA-ENA" ou par courriel à servicesadaptesena@cegepmontpetit.ca

Si vous avez déjà un plan de mesures adaptées avec le CSA, vous êtes invités à communiquer avec votre professeur dès le début de la session afin de discuter avec lui des mesures d'accommodement déterminées par le CSA.

15 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.

GRILLE D'ÉVALUATION DU FRANÇAIS ÉCRIT

[http://guideena.cegepmontpetit.ca/regles-des-departements/.](http://guideena.cegepmontpetit.ca/regles-des-departements/)