



PLAN DE COURS

COURS : Aérodynamique

PROGRAMME : 280.C0 Techniques de maintenance d'aéronefs

DISCIPLINE : 280 Aéronautique

PONDÉRATION : Théorie : 2 Pratique : 2 Étude personnelle : 2

Professeur(s)	Bureau	☎ poste	✉ courriel ou site web
Bureau Gilbert	C-186	4545	gilbert.bureau@college-em.qc.ca

PÉRIODE DE DISPONIBILITÉ AUX ÉTUDIANTS

	LUNDI	MARDI	MERCREDI	JEUDI	VENDREDI
Avant-midi					
Après-midi					

Coordonnateur(s)	Bureau	☎ poste	✉ courriel ou site web
Ménard Pierre	C-160	207	pierre.menard@college-em.qc.ca

PLACE DU COURS DANS LA FORMATION DE L'ÉTUDIANT

Ce cours se situe à la troisième session du programme et s'adresse à tous(tes) les étudiants(es) du programme de Techniques de maintenance d'aéronefs.

Au terme de ce cours, l'étudiant aura développé :

- La capacité à reconnaître les facteurs qui influencent la traînée et la portance des aéronefs.
- La capacité à reconnaître les facteurs qui influencent la force propulsive des hélices.
- La capacité à effectuer des calculs de façon à pouvoir faire des comparaisons et des constatations sur les performances des aéronefs
- La capacité à reconnaître les facteurs qui influencent les performances des 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.

OBJECTIF(S) MINISTÉRIEL(S) OU COMPÉTENCE(S)

0260 Appliquer des principes d'aérodynamique.

STRATÉGIES D'ENSEIGNEMENT ET D'APPRENTISSAGE

Partie théorique :

La partie théorique du cours se divise en quatre modules traitant de notions avancées des principes de l'aérodynamique, des performances et du vol des aéronefs.

Les exposés magistraux seront appuyés par des exemples, des exercices, des illustrations, acétate, projection multimédia, vidéo, photographies et pièces d'aéronefs seront utilisées comme moyens pédagogiques.

Avant toute évaluation sommative, l'étudiant sera informé des éléments importants, du tableau d'étude, pouvant être ciblé par l'examen dans le but de lui donner le maximum de chance de réussir ce cours.

L'étudiant(e) complètera ses apprentissages par ses notes de cours, la révision des exercices et ses devoirs.

Partie laboratoire :

La partie laboratoire du cours se divise en cinq modules traitant de notions avancées l'aérodynamique, c'est par des essais en soufflerie que l'étudiant(e) appliquera et validera les éléments théoriques.

L'étudiant(e) complètera ses apprentissages par ses notes de cours, la révision des exercices et ses devoirs

Acétate, projection multimédia, vidéo, photographies et pièces d'aéronefs seront utilisées comme moyens pédagogiques.

PLANIFICATION DE COURS – PARTIE THÉORIQUE

Période des activités : 8 heures (approximativement)

MODULE 1 - ÉTUDE DE LA TRAINÉE

Objectif d'apprentissage	Contenu	Activités d'étude personnelle
1. A l'aide de démonstrations, reconnaître les principales lois, constante et variables inhérentes à l'aérodynamique.	Fiches descriptives d'aéronefs, masse, atmosphère standard, longueur, poids, surface, volume, masse volumique, équation générale des gaz, vitesse, vitesse du son, nombre de Mach, poids spécifique, pression, force, viscosité dynamique, nombre de Reynolds, travail, puissance, énergie	Révision des notes du cours 280-265 Notes de cours Lectures et exercices selon les consignes de l'enseignant(e) Appendice C Partie 1 RAC Partie I
2. Déterminer les réactions produites sur les variables aérodynamiques face à des variations externes.	Masse volumique, viscosité, vitesse, pression, surface, volume, masse, humidité, altitude, écoulement laminaire et turbulent	
3. A l'aide de démonstrations et de calculs, reconnaître les différentes facettes de la résistance de l'air et les différents types de traînées.	Couche limite, surface de référence, nombre de Reynolds, écoulement des fluides, viscosité, forme en plan, allongement, épaisseur relative, cambrure relative, fini de surface Traînée totale Traînée induite Traînée parasite : T forme T frottement T profil T interférence T compensation T refroidissement T parasitaire Traînée d'onde de choc	Appendice C Partie 2 6.1.1 et 24.0.1
4. Analyser les facteurs qui influencent le coefficient de traînée et la traînée	Courbes caractéristiques des profils aérodynamiques, état de surface, ajustements, positions, réglage, épaisseur relative, cambrure relative, allongement, forme en plan, vitesse, coefficient de Oswald, altitude, attitude, poids, rapport W_{TO}/S , rapport W_{TO}/HP ,	

Période des activités : 8 heures (approximativement)

MODULE 2 - ÉTUDE DE LA PORTANCE

Objectif d'apprentissage	Contenu	Activités d'étude personnelle
1. Effectuer la comparaison des caractéristiques d'aéronefs	Fiches descriptives d'aéronefs, Monomoteurs, bimoteurs, affaires, gros porteurs, militaires, supersonique, subsonique	Révision des notes du cours 280-265 Notes de cours
2. A l'aide de calcul, reconnaître les facteurs qui influencent les performances d'un aéronef	Surface, allongement, poids, rapport W_{TO}/S , rapport W_{TO}/HP , rapport W_E/W_{TO} , rapport $W_{CARBURANT}/W_{TO}$, rayon d'action, autonomie, endurance, distance de décollage, vitesse verticale, vitesse horizontale, altitude, virage	Lectures et exercices selon les consignes de l'enseignant(e)
3. Analyser les facteurs qui influencent le coefficient de portance (C_Z) et la portance	Couche limite, maître couple, nombre de Reynolds, type d'écoulement, viscosité, forme en plan, allongement, épaisseur relative (ER), cambrure relative (CR), fini de surface, maintenance	Appendice C Partie 2 24.0.1
4. Analyser les informations contenues dans un graphique représentant les courbes caractéristique d'une aile et de l'avion	Rapport entre le AR et les courbes caractéristique de l'aile, rapport entre le nombre de Reynolds et les courbes caractéristique de l'aile,	Appendice C Partie 2 6.1.1
5. Reconnaître les incidences d'un vol à des vitesses subsonique, transsonique et supersonique	Compressibilité, vitesse de création des ondes de choc, vitesse du son, angle de Mach, nombre de Mach, onde de pression, onde de détente, vitesse maximale	
6. Effectuer des calculs de portance sur un avion	Poids, charge alaire, rapport W_{TO}/S , rapport W_{TO}/HP , rapport W_{TO}/T , rapport W_E/W_{TO} , rapport $W_{CARBURANT}/W_{TO}$, rapport W_U/W_{TO}	
7. Effectuer des calculs de moment sur un avion	Centre de pression (cp), foyer (ac), coefficient de moment (C_m) et moment (M), influence de l'épaisseur relative et de la cambrure relative sur le cp, ac et C_m	

Période des activités : 6 heures (approximativement)

MODULE 3 - ÉTUDE DES PERFORMANCES

Objectif d'apprentissage	Contenu	Activités d'étude personnelle
1. Effectuer la comparaison des caractéristiques d'aéronefs	Fiches descriptives d'aéronefs, Monomoteurs, bimoteurs, affaires, gros porteurs, militaires, supersonique, subsonique	Révision des notes du cours 280-265 Notes de cours
2. A l'aide de calcul, reconnaître les facteurs qui influencent les performances d'un aéronef	Surfaces, rapports des surfaces, allongement, poids, rapport W_{TO}/S , rapport W_{TO}/HP , rapport W_E/W_{TO} , rapport $W_{CARBURANT}/W_{TO}$, rayon d'action, autonomie, endurance, distance de décollage, vitesse verticale, vitesse horizontale, altitude, virage, nombre de «G»	Lectures et exercices selon les consignes de l'enseignant(e)
3. Effectuer des calculs pour valider les performances d'un aéronef	Fiches descriptives d'aéronefs atmosphère standard, débit massique, débit volumique, consommation spécifique, temps de vol, temps de remplissage, distance de vol, vitesse	

Période des activités : 6 heures (approximativement)

MODULE 4 - ÉTUDE DE L'HÉLICE

Objectif d'apprentissage	Contenu	Activités d'étude personnelle
1. Expliquer la théorie de la propulsion de l'hélice	Rapport d'augmentation de vitesse, rapport d'avance, coefficient de traction, coefficient de puissance, coefficient vitesse puissance, rendement	Révision des notes du cours 280-265 Notes de cours
2. Expliquer l'hélice géométriquement	- Plan de rotation, moyeu, pales axe de l'hélice, axe de la pale, pas géométrique, pas expérimental	Lectures et exercices selon les consignes de l'enseignant(e) Appendice C Partie 2 13.0.1 et 13.0.2 et 24.0.1
3. Expliquer la cinématique de l'hélice	- Hélice idéale, théorie simplifiée de l'élément de pale, avance par tour, recul	
4. Expliquer à l'aide de vecteurs les différents modes de l'hélice	- Traction, moulinet, transparence, drapeau, frein et inversion de pas	
5. Distinguer les facteurs qui influencent la traction, le couple, la puissance et le rendement d'une hélice.	- Angle d'attaque, angle d'hélice, angle de pas géométrique, vitesse, RPM de l'hélice, couple de l'hélice, diamètre de l'hélice, forme en plan de pales, profil de pales, nombre de pales, coefficient de plénitude, moteur critique, dissymétrie de traction	
6. Effectuer des calculs se rapportant à l'hélice.	Forces propulsives, couple, puissance, angle de pas géométrique, angle de pas expérimental, angle d'hélice, vitesse tangentielle, vitesse	

PLANIFICATION DE COURS – PARTIE PRATIQUE

Période des activités : 2 heures (approximativement)

MODULE 1 – EFFECTUER L'ÉTALONNAGE DES SOUFFLERIES

Objectif d'apprentissage	Contenu	Activités d'étude personnelle
1. Concevoir un montage utilisant un tube Pitot-statique	Soufflerie 18X18 Plint&Partners, Soufflerie Aerolab 12 Soufflerie Hampden 8X8, tube Pitot-statique, pression totale, pression statique, pression dynamique, anémomètre, vitesse lue, vitesse vraie, vitesse théorique, constante de pression dynamique de la soufflerie	Révision des notes du cours 280-265 Notes de cours Lectures et exercices selon les consignes de l'enseignant(e) Appendice C Partie I RAC Partie I
2. Déterminer la pression dynamique dans la chambre d'essais	Formule : $P_D = \frac{1}{2}\rho V^2$ Masse volumique, tension, vitesse, anémomètre, baromètre	
3. Déterminer la vitesse réelle dans la chambre d'essais	Formule : $P_D = \frac{1}{2}\rho V^2$ Masse volumique, tension, vitesse, anémomètre, baromètre	

Période des activités : 6 heures (approximativement)

MODULE 2 - ÉTUDE DE LA TRAINÉE DE FORME ET DE PROFIL

Objectif d'apprentissage	Contenu	Activités d'étude personnelle
1.Effectuer des mesures de distribution de pression	Soufflerie 18X18 Plint&Partners, disque, manomètre, formes, profils, balance	Révision des notes du cours 280-265 Notes de cours
2.Déterminer la résultante normale aérodynamique	Soufflerie Hampden 8X8, cylindre, manomètre, formes, profils, balance	Lectures et exercices selon les consignes de l'enseignant(e)
3.Déterminer le coefficient de pression (CP)	- Formule : $F_N = \Delta P * S$	Appendice C Partie 2 6.1.1 et 24.0.1
4.Déterminer le coefficient normal	- Formule : $F_N = \frac{1}{2}\rho V^2 SC_N$	
5.Déterminer le coefficient de traînée de forme	- Formule : $T = \frac{1}{2}\rho V^2 SC_X$	
6.Déterminer le coefficient de traînée de profil		
7.Évaluer l'épaisseur de la couche limite	Soufflerie Hampden 8X8, Surface et peigne Nombre de Reynolds	
8.Décrire les ondes de choc produites devant différentes formes	Soufflerie supersonique, Formes	
9.Décrire l'influence de la vitesse sur les ondes de choc	Soufflerie supersonique, Formes	
10. Déterminer la vitesse maximale d'un avion supersonique	Maquettes et photos Formule : $Mach_{MAX} = 1/\sin(\theta)$	

Période des activités : 8 heures (approximativement)

MODULE 3 - ÉTUDE DE LA PORTANCE ET DE LA TRAINÉE SUR LES AILES

Objectif d'apprentissage	Contenu	Activités d'étude personnelle
1.Effectuer des mesures de distribution de pression 2.Déterminer la résultante normale aérodynamique 3.Déterminer le coefficient de pression (CP) 4.Déterminer le coefficient de portance (C _Z) 5.Déterminer la position du centre de pression (c.p.)	Soufflerie Aerolab, aile NACA 0012, manomètres Soufflerie Hampden 8X8, aile NACA 0020, manomètres	Révision des notes du cours 280-265 Notes de cours Lectures et exercices selon les consignes de l'enseignant(e) Appendice C Partie 2 6.1.1 et 24.0.1
6.Distinguer les réactions apportées aux courbes caractéristiques d'une aile suite à la variation de son allongement	-Soufflerie 18X18 Plint&Partners, ailes NACA 0012, - Soufflerie Hampden 8X8, ailes NACA 0000 et 0020 - Portance et traînée - Coefficient de portance et traînée - Formule : $T = \frac{1}{2}\rho V^2 SC_X$ - Formule : $P = \frac{1}{2}\rho V^2 SC_Z$ - Angle de décrochage - Pression dynamique - Nombre de Reynolds	Révision des notes du cours 280-265 Notes de cours Lectures et exercices selon les consignes de l'enseignant(e) Appendice C Partie 2 6.1.1 et 24.0.1
7.Distinguer les réactions apportées aux courbes caractéristiques d'une aile suite à la variation de sa forme en plan, de l'épaisseur relative et de la cambrure relative	-Soufflerie 18X18 Plint&Partners, ailes NACA 0012, 2412 - Soufflerie Hampden 8X8, ailes NACA 0000, rectangulaire, trapézoïdale, flèche rectangulaire, flèche trapézoïdale, delta, elliptique - Idem au contenu de 6	Révision des notes du cours 280-265 Notes de cours Lectures et exercices selon les consignes de l'enseignant(e)
8.Effectuer des calculs de portance et de traînée.	- Portance et traînée - Pression dynamique - Formule : $P = \frac{1}{2}\rho V^2 SC_Z$ - Formule : $T = \frac{1}{2}\rho V^2 SC_X$ - Coefficient de portance et traînée - Finesse - Nombre de Reynolds	Révision des notes du cours 280-265 Notes de cours Lectures et exercices selon les consignes de l'enseignant(e) Appendice C Partie 2 6.1.1 et 24.0.1

Période des activités : 4 heures (approximativement)

MODULE 4 - ÉTUDE DES MOMENTS

Objectif d'apprentissage	Contenu	Activités d'étude personnelle
1. Analyser les contraintes générées par les gouvernes	-Soufflerie 18X18 Plint&Partners, aile avec gouverne, maquette d'avion, centre de pression, coefficient de moment, moment, vitesse	Révision des notes du cours 280-265 Notes de cours
2. Comparer un empennage monobloc à un empennage standard	Formule : $M_n = \frac{1}{2}\rho V^2 SCC_{Mn}$ Soufflerie Hampden 8X8, aile avec gouverne, portance, traînée, vitesse	Lectures et exercices selon les consignes de l'enseignant(e)

Période des activités : 4 heures (approximativement)

MODULE 5 - ÉTUDE DES HÉLICES

Objectif d'apprentissage	Contenu	Activités d'étude personnelle
1. Distinguer les facteurs qui influent sur la traction, la puissance absorbée et le rendement d'une hélice.	Soufflerie 18X18 Plint&Partners,, Types d'hélices, nombre de pales, pas géométrique, diamètre, vitesse d'avance, vitesse tangentielle, mode, rendement, puissance, force propulsive, régime (RPM), angle d'avance, pas géométrique, pas réel, angle d'attaque, coefficient de plénitude	Révision des notes du cours 280-265 Notes de cours
2. Effectuer des calculs se rapportant à l'hélice		Lectures et exercices selon les consignes de l'enseignant(e)
3. Tracer les courbes caractéristiques d'hélice	Force propulsive, puissance, rendement, coefficient vitesse-puissance, rapport d'avance, vitesse	Appendice C Partie 2 13.0.1 et 24.0.1
4. Observer les différents modes d'hélice	Mode traction, transparence, frein, moulinet	

SYNTHÈSE DES MODALITÉS D'ÉVALUATION SOMMATIVE

PARTIE THÉORIQUE

Description de l'activité d'évaluation	Contexte de réalisation	Objectif(s) d'apprentissage	Échéance (date de remise d'un travail ou période d'examen)	Pondération (%)
Examen écrit à réponse à court développement et à choix multiples.	En classe, individuel, sans aucunes notes.	Module 1	Semaine 5	15%
Examen écrit à réponse à court développement et à choix multiples.	En classe, individuel, sans aucunes notes.	Module 2 et Module 1 (rappel)	Semaine 10	20%
Examen écrit à réponse à court développement et à choix multiples. Synthèse des objectifs d'apprentissage du cours.	En classe, individuel, sans aucunes notes.	Module 3 et 4 et principaux objectifs	Semaine 15	25%

SOUS-TOTAL : 60%

PARTIE PRATIQUE

Description de l'activité d'évaluation	Contexte de réalisation	Objectif(s) d'apprentissage	Échéance (date de remise d'un travail ou période d'examen)	Pondération (%)
Examen écrit à réponse à court développement et à choix multiples.	En classe, individuel, sans aucunes notes. L'examen comporte une partie écrite, calculs et manipulations.	Module 1 et 2	Semaine 5	10
Examen écrit à réponse à court développement et à choix multiples.	En classe, individuel, sans aucunes notes. L'examen comporte une partie écrite, calculs et manipulations.	Module 3 et Module 1 et 2 (rappel)	Semaine 10	15
Examen écrit à réponse à court développement et à choix multiples. Synthèse des objectifs d'apprentissage du cours.	En classe, individuel, sans aucunes notes. L'examen comporte une partie écrite, calculs et manipulations.	Module 4 et 5 et Module 1 à 3 (rappel)	Semaine 15	15

SOUS-TOTAL : 40%

TOTAL : 100%

CONDITIONS DE RÉUSSITE AU COURS

(1) NOTE DE PASSAGE

La note de passage d'un cours est de 60% résultant de l'addition des notes théorique et pratique.

(2) PRÉSENCE AUX ÉVALUATIONS SOMMATIVES

La présence aux activités d'évaluation sommative est obligatoire. L'étudiant(e) doit se conformer aux prescriptions de réalisation de l'activité d'évaluation prévues par l'enseignant et inscrites au plan de cours.

Tout retard non justifié de l'étudiant(e) à une activité d'évaluation sommative peut amener l'enseignant à lui refuser le droit de participer à ladite activité.

Toute absence non motivée pour des raisons graves (maladie, décès, événement de force majeure, etc...) à une activité d'évaluation sommative peut entraîner la note de zéro (0) pour ladite activité.

Il revient à l'étudiant(e) de prendre les mesures pour rencontrer son enseignant avant la tenue de l'activité d'évaluation ou dès son retour à l'ÉNA et lui expliquer les motifs de son absence avec pièces justificatives à l'appui. Si les motifs sont graves et reconnus comme tels par l'enseignant, des modalités de report de l'activité d'évaluation seront convenues entre l'enseignant et l'étudiant(e).

(3) REMISE DES TRAVAUX

Les travaux exigés doivent être remis à la date, au lieu et au moment fixés par l'enseignant. Tout devoir ou travail à la maison remis en retard sera noté avec 10% de moins par jour de retard et la note de zéro (0) sera attribuée après une semaine.

(4) PRÉSENTATION MATÉRIELLE DES TRAVAUX

L'enseignant fournit aux étudiants(es) les informations et les directives relatives à une présentation méthodique et une composition ordonnée des travaux. Lorsqu'un travail remis est jugé inacceptable en raison de la présentation, la correction de ce travail sera retardée jusqu'à ce que le travail soit rendu dans les normes fixées par l'enseignant. Dans ce cas, les pénalités prévues pour les retards dans la remise des travaux s'appliquent.

L'étudiant doit respecter les « Normes de présentation matérielle des travaux écrits » adoptées par le Collège. Ces normes sont disponibles sous la rubrique « Aides à la recherche » du centre de documentation du Collège dont voici l'adresse : <http://ww2.college-em.qc.ca/biblio/normes.pdf>

(5) QUALITÉ DE LA LANGUE FRANÇAISE

Un enseignant qui considère un travail présenté dans un français incorrect le refuse ou en retarde l'acceptation. Dans le cas du refus, la note "0" est attribuée au travail. Si le professeur en retarde l'acceptation, le travail est alors soumis aux pénalités prévues dans la règle « Remise des travaux ».

MODALITÉS DE PARTICIPATION AU COURS

MESURES DE SÉCURITÉ AU LABORATOIRE D'AÉRODYNAMIQUE

1. Interdiction de fumer.
2. Interdiction de manger ou de boire dans le laboratoire.
3. Interdiction de salir le laboratoire.
4. Interdiction de s'asseoir sur les tables et les machines.
5. Des souliers sont obligatoires en tout temps.
6. Ne se servir des machines et ordinateurs qu'avec autorisation de l'enseignant seulement.
7. Casquette ou filet pour chevelure longue.
8. Nettoyer les machines et les établis après usage.
9. Nettoyer le laboratoire après chaque cours.

MATÉRIEL REQUIS OBLIGATOIRE

- Cahier Canada 200 feuilles
- Calculatrice SHARP EL 531

MÉDIAGRAPHIE

- 1) CHUAN-TAU Edward et ROSKAM, Jan Dr., **Airplane Aérodynamique**, Roskam Aviation and Engineering Corporation, Lawrence, Kansas, University of Kansas, 1990, 550 p..
- 2) HURT, H. H., **Aerodynamics for naval aviators**, USA, University of Southern California, 1965, 416 p..
- 3) KERMORE, A.C., **Mécanique du vol**, Traduction par Didier Feminier, Outremont, Modulo, C 2000, 447 p..
- 4) CAUVIN, D., **Aérodynamique mécanique du vol**, Paris, Institut aéronautique Jean Mermoz, 1979, 281 p..
- 5) GILES, R.V., **Low-Speed Wind Tunnel Testing**, USA, John Wiley & Sons, Mcgraw-Hill, 1984, 535 p..
- 6) GILES, R.V., **Mécanique des fluides et hydrauliques**, cours et problèmes, Série Schaum, Toronto, Mcgraw-Hill, 1975, 272 p..
- 7) Rice, **Handbook of airfoil sections for light aircraft**.

POLITIQUES ET RÈGLES INSTITUTIONNELLES

Tout étudiant inscrit au collège 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*, les *conditions particulières concernant le maintien de l'admission d'un étudiant*, la *Politique de valorisation de la langue française*, la *Politique pour un milieu d'études et de travail exempt de harcèlement et de violence*, les *procédures et règles concernant le traitement des plaintes étudiantes*.

Le texte intégral de ces politiques et règlements est accessible sur le site web du Collège à l'adresse suivante : www.college-em.qc.ca. En cas de disparité entre des textes figurant ailleurs et le texte intégral, ce dernier est la seule version légale et appliquée.

AUTRES RÈGLES DÉPARTEMENTALES

Les étudiants sont invités à consulter le site web pour les règles particulières à ce cours : www.college-em.qc.ca/ena/preenvol/reglements