

## PLAN DE COURS

**COURS :** Forces et contraintes appliquées aux aéronefs II

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

**DISCIPLINE :** 280 Aéronautique

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

Professeurs du cours	Bureau	☎ poste	✉ courriel ou site web
Roger Chakour	A-183	4727	<a href="mailto:roger.chakour@cegepmontpetit.ca">roger.chakour@cegepmontpetit.ca</a>
Denis Grenier	A-183	4386	<a href="mailto:denis.grenier@cegepmontpetit.ca">denis.grenier@cegepmontpetit.ca</a>

### PÉRIODE DE DISPONIBILITÉ AUX ÉTUDIANTS

	LUNDI	MARDI	MERCREDI	JEUDI	VENDREDI
Avant-midi					
Après-midi					

*En dehors des heures de disponibilité, il est possible de contacter l'enseignant par MIO pour prendre un rendez-vous.*

Coordonnateurs du département	Bureau	☎ poste	✉ courriel ou site web
Audrée Duguay-Gosselin	A-183	4392	<a href="mailto:a.duguay-gosselin@cegepmontpetit.ca">a.duguay-gosselin@cegepmontpetit.ca</a>
Dominique Gonthier	A-183	4671	<a href="mailto:dominique.gonthier@cegepmontpetit.ca">dominique.gonthier@cegepmontpetit.ca</a>

## **PLACE DU COURS DANS LA FORMATION DE L'ÉTUDIANT**

Ce cours s'inscrit dans les fonctions de travail de l'agent(e) de planification au Bureau des méthodes, du dessinateur (trice) à la conception et de l'agent(e) de contrôle de la qualité. Il contribue à optimiser la performance des matériaux utilisés en aéronautique.

**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.**

## **COMPÉTENCE DU PORTRAIT DU DIPLÔMÉ**

Volet Conception / Volet Planification / Volet Qualité

## **OBJECTIF(S) MINISTÉRIEL(S) (CODE ET ÉNONCÉ)**

011W Optimiser la performance des matériaux utilisés en aéronautique.

## **OBJECTIF TERMINAL DE COURS**

Faire les calculs et les analyses nécessaires au bon usage des matériaux en fonction des conditions d'opération des structures.

## **ORIENTATIONS PÉDAGOGIQUES**

### **Partie théorique**

Méthodes d'enseignement :

- Pédagogie par discussion et par questionnement ;
- Enseignement magistral.

Activités d'apprentissage :

- Exercices.

### **Partie pratique**

Méthodes d'enseignement :

- Présentations brèves des concepts théoriques ;
- Démonstrations.

Activités d'apprentissage :

- Travaux pratiques dirigés ;
- Réalisation des essais ;

L'étudiant pourra bénéficier de livres de référence disponibles à la bibliothèque, de logiciels d'analyse ou encore de sites internet spécialisés.

## PLANIFICATION DU COURS – PARTIE THÉORIQUE ET PRATIQUE

**Période des activités :** Semaines 1 à 4 (théorie) **THÈME 1 :**  
Semaines 1 à 4 (TP et essai) LES CONTRAINTES ET LES DÉFORMATIONS

Objectif d'apprentissage	Contenu	Activités d'étude personnelle
1.1 Distinguer forces, contraintes mécaniques et déformations.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Types de forces et de contraintes appliquées sur les pièces mécaniques.</li> <li>▪ Types de contraintes appliquées sur le fuselage, les ailes, etc.</li> <li>▪ Contraintes de tension, de compression et de cisaillement.</li> <li>▪ Contraintes mécaniques et déformations causées par la chaleur.</li> <li>▪ Contraintes dans les réservoirs sous pression à paroi mince.</li> <li>▪ Coefficient de sécurité.</li> <li>▪ Différence entre le <i>Buffeting</i> et <i>Flutter</i> d'une aile d'avion.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Étudier les chapitres 1 et 2.</li> <li>▪ Faire des exercices dans les chapitres 1 et 2.</li> </ul>
1.2 Catégoriser les contraintes mécaniques et les déformations appliquées sur les structures d'aéronefs.		
1.3 Calculer la contrainte sécuritaire admissible pour une charge statique appliquée sur des composants d'aéronefs.		
1.4 Distinguer tiges, colonnes, arbres réservoirs et poutres.		

**Période des activités :** Semaines 4 et 5 (théorie) **THÈME 2 :**  
Semaines 5 et 6 ( TP et essai) CONTRAINTES DUES À LA TORSION

Objectif d'apprentissage	Contenu	Activités d'étude personnelle
2. Calculer les contraintes mécaniques et les déformations causées par la torsion sur des composants d'aéronefs.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Moment d'inertie polaire.</li> <li>▪ Contraintes de cisaillement causées par la torsion.</li> <li>▪ Déformations causées par la torsion.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Étudier le document donné en classe.</li> <li>▪ Faire des exercices donnés en classe.</li> </ul>

**Période des activités :** Semaines 6 et 7 (théorie) **THÈME 3 :**  
Semaine 7 (TP) CONTRAINTES DANS LES JOINTS RIVETÉS BOULONNÉS, SOUDÉS ET COLLÉS

Objectif d'apprentissage	Contenu	Activités d'étude personnelle
3. Calculer les contraintes mécaniques exercées sur des assemblages rivetés, boulonnés, soudés et collés des composants d'aéronefs.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Types de joints rivetés.</li> <li>▪ Pas et efficacité du joint riveté.</li> <li>▪ Contraintes mécaniques dans les joints rivetés simples.</li> <li>▪ Contraintes mécaniques dans les joints rivetés à rivets multiples.</li> <li>▪ Contraintes mécaniques dans les joints boulonnés.</li> <li>▪ Types de joints soudés.</li> <li>▪ Contraintes mécaniques dans les joints soudés.</li> <li>▪ Types des joints collés.</li> <li>▪ Contraintes mécaniques dans les joints collés.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Étudier le chapitre 4.</li> <li>▪ Faire des exercices dans le chapitre 4.</li> </ul>

**Période des activités :** Semaine 8 : EXAMEN

**Période des activités :** Semaines 9 à 11 (théorie)  
Semaines 11 à 12 (TP)

**THÈME 4 :**  
CONTRAINTES MÉCANIQUES DANS LES  
COMPOSANTS EN FLÉXION

Objectif d'apprentissage	Contenu	Activités d'étude personnelle
4.1 Tracer des diagrammes d'efforts tranchants et de moments fléchissants.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Diagrammes d'efforts tranchants et de moments fléchissants.</li> <li>▪ Contraintes de tension, de compression et de cisaillement dues à la flexion.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Étudier le chapitre 3.</li> <li>▪ Faire des exercices dans le chapitre 3.</li> </ul>
4.2 Calculer les contraintes mécaniques causées par la flexion sur des composants d'aéronefs : poutres, tiges, arbres, etc.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Contraintes de tension et de compression dues à des efforts combinés.</li> <li>▪ Force de coupe, contraintes mécaniques et déformations lors de l'usinage.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Étudier le chapitre 6.</li> <li>▪ Faire des exercices dans le chapitre 6.</li> </ul>
4.2 Calculer les contraintes mécaniques dues aux efforts combinés.		

**Période des activités :** Semaine 12 (théorie)  
Semaines 10 et 15 (essai et TP)

**THÈME 5 :**  
DÉFLEXION DES POUTRES

Objectif d'apprentissage	Contenu	Activités d'étude personnelle
5.1 Déterminer les déflexions des poutres en flexion.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Déflexion maximum et sa position.</li> <li>▪ Déflexion à une section quelconque de la poutre.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Étudier le chapitre 5.</li> <li>▪ Faire des exercices dans le chapitre 5.</li> </ul>

**Période des activités :** Semaine 13 (théorie)  
Semaine 15 (TP)

**THÈME 6 :**  
FLAMBAGE DES COLONNES ET DES  
PLAQUES

Objectif d'apprentissage	Contenu	Activités d'étude personnelle
6.1 Déterminer les types d'appuis.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Flambage selon les types d'appui.</li> <li>▪ Charge critique et contrainte critique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Étudier le chapitre 7.</li> <li>▪ Faire des exercices dans le chapitre 7.</li> </ul>
6.2 Calculer la charge critique et la contrainte critique.		

**Période des activités :** Semaine 14 (théorie)  
Semaine 13 (essai)

**THÈME 7 :**  
FATIGUE ET CONC. DES CONTRAINTES

Objectif d'apprentissage	Contenu	Activités d'étude personnelle
7.1 Présenter les principaux paramètres qui influencent la durée de vie en fatigue des composants d'aéronefs.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Selon le nombre de cycles.</li> <li>▪ Selon le type d'effort appliqué.</li> <li>▪ Limite d'endurance.</li> <li>▪ Influence de concentration de contraintes sur la résistance mécanique des composants d'aéronefs.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Étudier le document donné en classe.</li> <li>▪ Faire des exercices donnés en classe.</li> </ul>
7.2 Expliquer les philosophies de conception <i>Safe Life</i> et <i>Fail Safe</i> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Utilisation d'un polariscope.</li> </ul>	
7.3 Expliquer le concept de concentration de contraintes.		

## MODALITÉS D'ÉVALUATION SOMMATIVE

### Partie théorique

Description de l'activité d'évaluation	Contexte de réalisation et mode d'évaluation	Objectif(s) d'apprentissage	Critères d'évaluation montrés en dessous de ce tableau	Échéance (date de remise d'un travail ou période d'examen)	Pondération (points)
Devoirs portant sur le calcul des réactions aux appuis, de contraintes de tension, de compression, de cisaillement et des déformations dans les composants des systèmes mécaniques et des structures.	Individuel à la maison.	1 et 2	1 à 7 et 9	Semaines 3, 4 et 5	3 % total (1 % chaque)
Devoir portant sur le calcul des contraintes mécaniques dans les assemblages rivetés, boulonnés, soudés et collés d'aéronefs.	Individuel à la maison.	3	1 à 6 et 9	Semaines 6 et 7	2% total (1% chaque)
Examen écrit portant sur le calcul des contraintes et des déformations dans des composants mécaniques d'aéronefs.	Individuel en classe.	1, 2 et 3	1 à 7 et 9	Semaine 8	20%
Devoirs portant sur le calcul de contraintes mécaniques et de la déflexion des poutres en flexion.	Individuel à la maison.	4 et 5	1 à 9	Semaines 11,12 13 et 14	4 % total (1 % chaque)
Devoir portant sur le flambage des colonnes, des plaques et des tôles ainsi que sur les principaux paramètres qui influencent la durée de vie en fatigue.	Individuel à la maison.	4	1 à 9	Semaines 15	1 % total
Examen final écrit.	Individuel en classe.	1 à 4	1 à 9	Semaine 15	30 %

Sous-total : 60%

### Critères d'évaluation

- 1- Application conforme des unités;
- 2- Application conforme des termes techniques;
- 3- Respect des règles de présentation. Par exemple, tableaux, équations, graphiques, etc.
- 4- Application adéquate des équations d'équilibre  $\sum F_x$ ,  $\sum F_y$  et  $\sum M$ ;
- 5- Calcul précis des réactions sur les différents composants d'un mécanisme ou d'un assemblage quelconque;
- 6- Calcul précis des contraintes mécaniques;
- 7- Calcul juste des déformations;
- 8- Représentation appropriée des diagrammes de l'effort tranchant et du moment fléchissant;
- 9- Analyse et présentation précises des résultats.

## Partie pratique

Description de l'activité d'évaluation	Contexte de réalisation et mode d'évaluation	Objectif(s) d'apprentissage	Critères d'évaluation montrés en dessous de ce tableau	Échéance (date de remise d'un travail ou période d'examen)	Pondération (points)
Travaux pratiques dirigés portant sur le calcul des réactions aux appuis et des contraintes de tension, de compression, de cisaillement ainsi que les déformations dans des composants des systèmes mécaniques.	Individuel en classe.	1	1 à 7 et 9	Semaines 1, 2 et 4.	6 % total (2 % chaque)
Par ordre, essais portant sur : <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ coefficient d'expansion thermique;</li> <li>▪ torsion des tiges cylindriques;</li> </ul> Rédaction d'un rapport ou un mini -test pour chacun de ces essais.	En équipe.	1 et 2	1 à 7 et 9 à 10	Semaines 3 et 5. Remise des rapports semaines 4 et 6	8 % total (4 % chaque)
Travaux pratiques dirigés portant sur les contraintes de cisaillement et sur les déformations causées par la torsion et sur les contraintes mécaniques exercées sur les assemblages rivetés, boulonnés, soudés et collés.	Individuel en classe.	1, 2 et 3	1 à 7 et 9	Semaine 6 et 7	4 % total (2 % chaque)
-Essai portant sur le collage des jauges de contraintes et leur utilisation pour déterminer le module d'élasticité. -Rédaction d'un rapport ou un mini -test.	En équipe.	1	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9 et 10	Semaines 8 et 9. Remise du rapport semaine 10.	8 % total (4 % chaque)
-Essai portant sur la déflexion des poutres. -Rédaction d'un rapport ou un mini -test	Individuel en classe.	4	1 à 6 et 8 à 9	Semaine 10. Remise du rapport semaine 11.	4 %
Travaux pratiques dirigés portant sur les contraintes de tension, de compression et de cisaillement dans les composants soumis à la flexion.	Individuel en classe.	4	1 à 6 et 8 à 9	Semaines 11 et 12	4 % total (2 % chaque)
-Essai portant sur les concentrations des contraintes. -Rédaction d'un rapport ou un mini -test.	En équipe.	5 et 7	1 à 9	Semaine 13. Remise du rapport semaine 14.	2 %
Travaux pratiques dirigés sur la déflexion des poutres et sur le flambage.	Individuel en classe.	5 et 6	1 à 9	Semaines 14 et 15.	4 % total (2% chaque)

Sous-total : 40%

### Critères d'évaluation

- 1- Application conforme des unités;
- 2- Application conforme des termes techniques;
- 3- Respect des règles de présentation. Par exemple, tableaux, équations, graphiques, etc.
- 4- Application adéquate des équations d'équilibre  $\sum F_x$ ,  $\sum F_y$  et  $\sum M$ ;
- 5- Calcul précis des réactions sur les différents composants d'un mécanisme ou d'un assemblage quelconque;
- 6- Calcul précis des contraintes mécaniques;
- 7- Calcul juste des déformations;
- 8- Représentation appropriée des diagrammes de l'effort tranchant et du moment fléchissant;

- 9- Analyse et présentation précises des résultats;
- 10- Exactitude du montage et participation efficace à la réalisation du montage.

## **MATÉRIEL REQUIS OBLIGATOIRE**

- Cahiers COOP #3874 et #4907
- Calculatrice scientifique.
- Règle.
- Compas.
- Rapporteur d'angles.
- Papier quadrillé.
- Papier graphique.
- Souliers de sécurité.
- Lunettes de sécurité.
- Tenue vestimentaire de l'ÉNA.

## **MÉDIAGRAPHIE**

Bassin, M.G., Brodsky, S.M. et Wolkoff, H. (1988). *Statics and Strength of Materials*. McGraw-Hill Book Co.

Edition

Côté, M. *Résistance de matériaux CCDMD*. Sainte-Foy, Québec : Éditions Le griffon d'argile

Drouin, G. *Éléments de machines*. Éditions de l'École polytechnique de Montréal

Kermode, A.C. (1982). *Mécanique du vol*. Montréal. Québec : Modulo éditeur

Levinson, I. J. (1968). *Introduction to Mechanics*. Upper Saddle River, NJ : Prentice-Hall Inc.

Meriam, J.L. *Engineering Mechanics: volume 1, Statics, (SI version)*. Hoboken, NJ : John Wiley & Sons

Raletz, R. (1983). *Théorie élémentaire de l'hélicoptère*. Aérospatiale

## CONDITIONS DE RÉUSSITE AU COURS

### (1) Note de passage

L'étudiant doit satisfaire aux exigences suivantes pour réussir : obtenir un minimum de 60% à l'évaluation théorique; obtenir un minimum de 60% à l'évaluation pratique;

À défaut de répondre à ces exigences, l'étudiant obtient, à son bulletin, la note la plus basse enregistrée : celle de l'évaluation théorique ou celle de l'évaluation pratique du cours.

### (2) Présence aux évaluations sommatives

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

N.B.: Les calculatrices programmables ne sont pas tolérées aux examens. Le seul modèle de calculatrice autorisé pour les périodes d'examens est le SHARP EL 531.

### (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 :

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

### (5) Qualités 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**

L'utilisation des appareils, des machines et des locaux de laboratoire du Département par l'étudiant en dehors de ses heures de cours est absolument interdite à moins d'avoir obtenu l'accord du coordonnateur du Département.

Une tenue vestimentaire adéquate ainsi que le port des lunettes de sécurité seront exigés dans les ateliers. Ne seront pas tolérés les sandales, les culottes courtes et tout autre vêtement jugé inadéquat pour des raisons de sécurité.

Tout étudiant dont le comportement au laboratoire représente un risque pour les autres personnes présentes sera, après avertissement par le professeur, exclu du laboratoire jusqu'à révision du cas par le professeur et le coordonnateur du Département de génie aérospatial.

Un usage ou entretien non conforme aux règles enseignées d'un instrument mis à la disposition de l'étudiant(e) peut entraîner une suspension des cours de l'étudiant(e) jusqu'à révision du cas par le professeur du cours et le coordonnateur du Département.

Pour assurer le bon déroulement du cours, l'étudiant :

- 1- ne dérange ni son professeur ni ses collègues;
- 2- doit éteindre son téléphone cellulaire et le ranger dans son sac ou dans sa poche;
- 3- ne doit utiliser aucun appareil électronique en classe sans autorisation des autorités concernées
- 4- doit être ponctuel.

Le non-respect de ces règlements peut mener à l'exclusion de l'étudiant de la classe.

Puisque la porte sera fermée au début de chaque cours, dans une situation de retard et selon le cas, l'étudiant devra attendre à l'extérieur de la classe le temps nécessaire avant que le professeur l'autorise de rentrer en classe.

## **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.

