

## PLAN DE COURS

**COURS :** **Traitement et transformation des matériaux d'aéronefs I**

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

**DISCIPLINE :** 280 Aéronautique

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

Professeurs du cours	Bureau	☎ poste	✉ courriel ou site web
Julien Mercier	A-183	4477	<a href="mailto:julien.mercier@ena.ca">julien.mercier@ena.ca</a>
Guillaume Couturier	A-183	4431	<a href="mailto:guillaume.couturier@ena.ca">guillaume.couturier@ena.ca</a>
Pierre-Luc Vachon	A-183	4488	<a href="mailto:pierre-luc.vachon@ena.ca">pierre-luc.vachon@ena.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@ena.ca">a.duguay-gosselin@ena.ca</a>
Stéphan Jacques	A-183	4706	<a href="mailto:stephan.jacques@ena.ca">stephan.jacques@ena.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 (de la) 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 cours est un préalable absolu au cours 280-324-EM.

## **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**

Choisir les matériaux selon leurs caractéristiques mécaniques et les procédés de fabrication pour les composants d'aéronef.

## **ORIENTATIONS PÉDAGOGIQUES**

### **Partie théorique**

#### Méthodes d'enseignement

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

#### Activités d'apprentissage

- Exercices.
- Travail de réflexion à partir de questions.

### **Partie pratique**

#### Méthodes d'enseignement

- Présentations brèves des concepts théoriques.
- Démonstrations.

#### Activités d'apprentissage

- Travaux pratiques dirigés.
- Exécution des joints soudés.

L'étudiant(e) pourra bénéficier de livres de référence disponibles à la bibliothèque ainsi que de certains sites Internet.

**PLANIFICATION DU COURS – PARTIE THÉORIQUE**

**Période des activités : Semaines 1 à 6**

**THÈME 1 : Les matériaux et leurs propriétés physiques et chimiques**

Objectif d'apprentissage	Contenu	Activités d'étude personnelle
1. Caractériser les matériaux, leurs propriétés et leurs applications.	1.1 Différence entre un métal, un alliage et un matériau composite. 1.2 Localisation des matériaux sur un aéro-nef. 1.3 Propriétés physiques et chimiques des matériaux. 1.4 Usinabilité des matériaux (introduction) 1.5 Désignation des alliages selon AA, AISI, SAE, etc.	Étude : Module 1.  Consultation des livres de référence.

**Période des activités : Semaines 8 à 12**

**THÈME 2 : Les propriétés mécaniques des matériaux**

Objectif d'apprentissage	Contenu	Activités d'étude personnelle
2. Comparer les propriétés mécaniques des principaux matériaux utilisés en aéronautique.	2.1 Essai de traction. 2.2 Essai de dureté. 2.3 Essai de cisaillement. 2.4 Essai Charpy. 2.5 Fatigue. 2.6 Fluage. 2.7 Interprétation d'une courbe de traction, d'une courbe de transition, d'une courbe S-N et d'une courbe de fluage. 2.8 Conséquences de l'écrouissage sur les propriétés mécaniques des matériaux. 2.9 Conséquences du phénomène de concentration des contraintes sur la performance des composants d'aéronefs.	Étude : Module 2.  Consultation des sites Internet.  Consultation des livres de référence.

**Période des activités : Semaines 13 et 14**

**THÈME 3 : Procédés de fabrication et d'assemblage**

Objectif d'apprentissage	Contenu	Activités d'étude personnelle
3. Décrire les principaux procédés de fabrication, de mise en forme et d'assemblage utilisés en aéronautique.	3.1 Procédé de mise en forme et formabilité. 3.2 Moulage. 3.3 Frittage. 3.4 Modes d'assemblage. 3.5 Usinage et usinabilité. 3.6 Conséquences sur les propriétés mécaniques, physiques et chimiques.	Étude : Module 3.  Consultation des sites Internet.  Consultation des livres de référence.

**Période des activités : Semaine 15**

**EXAMEN FINAL**

## **PLANIFICATION DU COURS – PARTIE PRATIQUE**

### **SOUDAGE ET PROCÉDÉS DE FABRICATION**

**Période des activités : Semaines 1 à 9**

<b>Objectif d'apprentissage</b>	<b>Contenu</b>	<b>Activités d'étude personnelle</b>
1. Exécuter des joints soudés à l'aide du procédé GTAW (TIG).  2. Décrire les principaux procédés de soudage et de coupage utilisés en aéronautique et leur influence sur les propriétés mécaniques des composants.  3. Démontrer, par la pratique, les concepts étudiés en théorie.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Soudage sous protection gazeuse avec électrode non fusible (GTAW).</li> <li>▪ Exécution des soudures au GTAW sur des plaques en acier et en alliage d'aluminium.</li> <li>▪ Défauts de soudure.</li> <li>▪ Microstructure d'un joint soudé.</li> <li>▪ Soudage au plasma.</li> <li>▪ Coupage au plasma.</li> <li>▪ Identification des matériaux.</li> <li>▪ Soudage par résistance électrique.</li> <li>▪ Santé et sécurité.</li> </ul>	Étude : Module 4.  Consultation des livres de référence.  Consultation des sites Internet.

**Période des activités : Semaine 10 EXAMEN PRATIQUE**

**Période des activités : Semaines 11 à 14**

<b>Objectif d'apprentissage</b>	<b>Contenu</b>	<b>Activités d'étude personnelle</b>
4. Décrire brièvement les principaux procédés de soudage utilisés, autre qu'en aéronautique.  5. Décrire les principaux procédés de fabrication.  6. Décrire, par la pratique, les concepts étudiés en théorie.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Soudage à l'arc avec électrode enrobée (SMAW).</li> <li>▪ Soudage à l'arc sous protection gazeuse avec électrode fusible (GMAW).</li> <li>▪ Soudage oxyacétylénique.</li> <li>▪ Soudage par faisceau d'électrons.</li> <li>▪ Soudage au laser.</li> <li>▪ Brasage.</li> <li>▪ Coupage au gaz.</li> <li>▪ Symboles de soudage.</li> <li>▪ Forgeage.</li> <li>▪ Laminage.</li> <li>▪ Moulage.</li> </ul>	Étude : Module 4.  Consultation des livres de référence.  Consultation des sites Internet.

**Période des activités : Semaine 15 EXAMEN THÉORIQUE ET PRATIQUE**

## **MODALITÉS D'ÉVALUATION SOMMATIVE**

### **Partie théorique**

<b>Description de l'activité d'évaluation</b>	<b>Contexte de réalisation et mode d'évaluation</b>	<b>Objectif(s) d'apprentissage</b>	<b>Critères d'évaluation montrés en dessous de ce tableau</b>	<b>Échéance (date de remise d'un travail ou période d'examen)</b>	<b>Pondération (%)</b>
Travail écrit portant sur les caractéristiques et emplacements des matériaux sur un aéronef.	En équipe de deux, à la maison.	1	1 à 5	Semaine 4	15%
Examen écrit portant sur les caractéristiques des matériaux et leurs applications.	Individuel, en ligne, d'une durée de 2 heures.	1 et 2	1 à 8	Semaine 7	15%
Examen final écrit sur les propriétés physiques, mécaniques des matériaux ainsi que leurs applications et les procédés de fabrication.	Individuel, en ligne, réponses à court développement, d'une durée de 2 heures.	Tous	1 à 11	Semaine 15	30%

**Sous-total : 60%**

### **Critères d'évaluation**

- 1- Clarté et précision des réponses;
- 2- Justification appropriée des réponses;
- 3- Respect des unités ;
- 4- Respect de la terminologie ;
- 5- Choix judicieux des matériaux en fonction des sollicitations qui s'exercent sur les différents composants d'aéronefs;
- 6- Compréhension de l'usinabilité ;
- 7- Interprétation juste de la désignation des alliages d'aluminium et celle des aciers;
- 8- Interprétation juste des propriétés physiques et chimiques des matériaux ;
- 9- Interprétation juste des propriétés mécaniques des matériaux obtenues à l'aide des essais mécaniques ;
- 10- Calcul précis des propriétés mécaniques obtenues à l'aide de la courbe de traction, de la courbe de transition et de la courbe d'endurance;
- 11- Choix approprié des procédés de fabrication selon la fonction des composants d'aéronefs.

**Partie pratique**

<b>Description de l'activité d'évaluation</b>	<b>Contexte de réalisation et mode d'évaluation</b>	<b>Objectif(s) d'apprentissage</b>	<b>Critères d'évaluation montrés en dessous de ce tableau</b>	<b>Échéance (date de remise d'un travail ou période d'examen)</b>	<b>Pondération (%)</b>
Examen pratique sur l'exécution d'un joint soudé au GTAW (TIG).	Individuel, au laboratoire, d'une durée d'au plus une heure, à l'aide de plaques en acier et du poste de soudage GTAW.	1 à 3	2 à 5	Semaine 10	5%
Examen pratique portant sur les procédés de fabrication et l'identification des matériaux.	Individuel, au laboratoire, d'une durée d'au plus une heure, à l'aide de pièces mécaniques.	Tous	2, 6 et 7	Semaine 15	15%
Examen théorique sur le soudage et les procédés de fabrication.	Individuel, au laboratoire, d'une durée d'une heure.	Tous	2, 8 à 12	Semaine 15	20%

**Sous-total : 40%**

**TOTAL : 100%**

**Critères d'évaluation**

- 1- Respect de la présentation ;
- 2- Respect de la terminologie ;
- 3- Choix judicieux des paramètres afin d'éviter les défauts des soudures;
- 4- Exactitude de la procédure ;
- 5- Exécution appropriée de la soudure afin d'éviter les défauts de soudure
- 6- Identification juste des matériaux en fonction de leurs propriétés physique et mécaniques ;
- 7- Identification juste des procédés de fabrication selon la fonction des composants d'aéronefs ;
- 8- Description juste des procédés de soudage ;
- 9- Interprétation juste des paramètres de soudage ;
- 10- Respect des unités ;
- 11- Justification appropriée des réponses ;
- 12- Clarté et précision des réponses;

**Plan de cours 280-1A4-EM : Traitement et transformation des matériaux d'aéronefs I**

<b>SEM</b>	<b>LES ACTIVITÉS D'APPRENTISSAGE : THÉORIE</b>
1	– Présenter le plan de cours. Caractériser les matériaux, leurs propriétés et leurs applications. Différence entre un métal, un alliage et un matériau composite.
2	– Localisation des matériaux sur un aéronef.
3	– Propriétés physiques et chimiques des matériaux.
4	– Activité C-Series (travail écrit portant sur les caractéristiques et emplacements des matériaux sur un aéronef <b>15%</b> ).
5	– Usinabilité des matériaux (introduction).
6	– Désignation des alliages selon AA, AISI, SAE, etc.
7	– Examen (examen écrit portant sur les caractéristiques des matériaux et leurs applications <b>15%</b> ).
8	– Comparer les propriétés mécaniques des principaux matériaux utilisés en aéronautique (essai de traction, essai de dureté, essai de cisaillement, essai Charpy, fatigue et fluage).
9	– Interprétation d'une courbe de traction, d'une courbe de transition, d'une courbe S-N et d'une courbe de fluage.
10	– Conséquences de l'érouissage sur les propriétés mécaniques des matériaux.
11	– Conséquences du phénomène de concentration des contraintes sur la performance des composants d'aéronefs.
12	– Comparer les propriétés mécaniques des principaux matériaux utilisés en aéronautique (essai de traction, essai de dureté, essai de cisaillement, essai Charpy, fatigue et fluage).
13	– Décrire les principaux procédés de fabrication, de mise en forme et d'assemblage utilisés en aéronautique (procédé de mise en forme et formabilité, moulage, frittage).
14	– Modes d'assemblage, usinage et usinabilité, conséquences sur les propriétés mécaniques, physiques et chimiques.
15	– Examen (examen final écrit sur les propriétés physiques, mécaniques des matériaux ainsi que leurs applications et les procédés de fabrication <b>30%</b> )

<b>SEM</b>	<b>LES ACTIVITÉS D'APPRENTISSAGE : LABORATOIRE</b>
1 à 9	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Exécuter des joints soudés à l'aide du procédé GTAW (TIG).</li> <li>– Décrire les principaux procédés de soudage et de coupage utilisés en aéronautique et leur influence sur les propriétés mécaniques des composants.</li> <li>– Démontrer, par la pratique, les concepts étudiés en théorie.</li> </ul>
10	– Examen pratique sur l'exécution d'un joint soudé au GTAW (TIG) <b>5%</b> .
11 à 14	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Décrire brièvement les principaux procédés de soudage utilisés, autre qu'en aéronautique.</li> <li>– Décrire les principaux procédés de fabrication.</li> <li>– Décrire, par la pratique, les concepts étudiés en théorie.</li> </ul>
15	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Examen pratique portant sur les procédés de fabrication et l'identification des matériaux <b>15%</b>.</li> <li>– Examen théorique sur le soudage et les procédés de fabrication <b>20%</b>.</li> </ul>

## **MATÉRIEL REQUIS OBLIGATOIRE**

Cahiers de notes de cours; calculatrice scientifique non programmable Sharp EL-531; règle; lunettes de sécurité; chaussures de sécurité; combinaison ÉNA.

## **MÉDIAGRAPHIE**

Bouchy, Godin. *Métallurgie*. Paris, France : Armand Collin

Compa, A. *Technologie professionnelle, tome II*. Paris, France : Foucher

De garno, E. P. *Materials and Processes in Manufacturing*. McMillan Co

Dell, K. Allen. *Metallurgy Theory and Practice*. American Technical Society

Dorlot, I.M., Baillon, J.P. et Masounave, S. *Des matériaux*. École polytechnique

Frier. *Elementary Metallurgy*. McGraw-Hill

Hilly & Chaisson. *Cours de métallurgie*. Dunod, Paris

Levinson I.J. *Mechanics of Materials*. Prentice-Hall

Lignon, J. et Nijon, M. *Matériaux, propriétés, traitements normalisation*. Paris, France : Delagrave

Sacks, R. J. et Bohnart, Edward R. *Welding Principles and Practices*. McGraw-Hill



## 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 : <https://mareussite.cegepmontpetit.ca/ena/mon-parcours/mon-programme/regles-departementales>

### (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 à l'adresse suivante : <http://rmsh.cegepmontpetit.ca/normes-de-presentations-materielle-des-travaux-ecrits-du-cegep/>.
- Les **pénalités départementales** concernant le non-respect des normes de présentation matérielle des travaux (PIEA, article 5.3.2) sont : <https://mareussite.cegepmontpetit.ca/ena/mon-parcours/mon-programme/regles-departementales>

### (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.

Article 5.3.1 de la PIEA : « La maîtrise de la langue des étudiants est évaluée dans tous les cours où le français est la langue d'enseignement. » Au regard de l'importance d'une bonne maîtrise du français, nous vous invitons à consulter le site du Cégep Le français s'affiche ([www.cegepmontpetit.ca/lefrancais-saffiche](http://www.cegepmontpetit.ca/lefrancais-saffiche)).

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

<https://mareussite.cegepmontpetit.ca/ena/mon-parcours/mon-programme/regles-departementales>

## **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 techniques 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 règles peut mener à l'exclusion de l'étudiant de la classe.

## **AUTRES RÈGLES DÉPARTEMENTALES**

Les étudiants sont invités à consulter le site web pour les règles particulières à ce cours :

<https://mareussite.cegepmontpetit.ca/ena/mon-parcours/mon-programme/regles-departementales>

## **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.

## **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 plus d'information, veuillez consulter <https://mareussite.cegepmontpetit.ca/ena/mes-ressources/soutien-aux-apprentissages/centre-de-services-adaptes/>.

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