CADETS DE L'AVIATION ROYALE DU CANADA

NIVEAU DE QUALIFICATION TROIS

GUIDE PÉDAGOGIQUE

SECTION 5

OCOM C370.02 – DÉCRIRE LES MATÉRIAUX UTILISÉS POUR LA CONSTRUCTION D'AÉRONEF

Durée totale : 30 min

PRÉPARATION

INSTRUCTIONS PRÉALABLES À LA LEÇON

Les ressources nécessaires à l'enseignement de cette leçon sont énumérées dans la description de leçon qui se trouve dans l'A-CR-CCP-803/PG-002, chapitre 4. Les utilisations particulières de ces ressources sont indiquées tout au long du guide pédagogique, notamment au PE pour lequel elles sont requises.

Réviser le contenu de la leçon pour se familiariser avec la matière avant d'enseigner la leçon.

Créer des transparents des figures qui se trouvent aux annexes N à P.

DEVOIR PRÉALABLE À LA LEÇON

S.O.

APPROCHE

Un exposé interactif a été choisi pour cette leçon afin de réviser, clarifier, faire ressortir et résumer les matériaux utilisés pour la construction d'aéronef.

INTRODUCTION

RÉVISION

S.O.

OBJECTIFS

À la fin de la présente leçon, le cadet doit être en mesure de décrire les matériaux utilisés pour la construction d'aéronef.

IMPORTANCE

Il est important que les cadets étudient les matériaux utilisés pour la construction d'aéronef, car cela leur permettra de mieux comprendre les matériaux utilisés et la raison pour laquelle ils sont choisis.

Unofficial convenience copy of A-CR-CCP-803/PF-002, cached 2026-11-08 from https://app.cadets.gc.ca/cadet-publications/A-CR-CCP-803-PF-002/A-CR-CCP-803-PF-002.pdf.
Verify against the official publication.

Point d'enseignement 1 **Décrire le bois et les tissus utilisés dans la construction des aéronefs**

Durée : 5 min Méthode : Exposé interactif

BOIS

Bien que le bois ait été choisi pour les premiers avions en raison de sa grande résistance et de sa légèreté, le coût en main-d'œuvre des constructions en bois et de leur entretien a fait que le bois a été presque entièrement remplacé par d'autres matériaux, en particulier par le métal.

Espèces de bois

Si le bois est utilisé, il faut le choisir avec soin afin de satisfaire aux exigences du secteur de l'aéronautique. L'épinette de qualité aéronautique de Sitka de qualité aéronautique, parfois appelée épinette d'avion, est le bois de préférence en aéronautique en raison de son uniformité, de sa solidité et de sa résistance aux chocs.

Évaluation du bois

Si l'on remplace l'épinette de qualité aéronautique de Sitka par un autre bois, celui-ci doit satisfaire aux mêmes exigences.

Le bois lamellé est composé de deux ou plusieurs couches de bois liées au moyen de colle ou de résine.

Pour évaluer le bois, il faut étudier de nombreuses caractéristiques, dont le grain, les nœuds et les poches de résine. Un défaut peut rendre un morceau de bois inutilisable.

TISSU

Tissus organiques

Les premiers aéronefs étaient construits de tissus organiques, tels que la toile de lin, pour revêtir le fuselage et les ailes. Les premiers constructeurs n'ont eu recours à aucun processus permettant de rendre le matériau plus résistant. Le matériau n'était pas étanche à l'air; il se relâchait et se froissait selon les variations du taux d'humidité. Peu après, les revêtements caoutchoutés et vernis ont commencé à être utilisés pour améliorer le tissu. Plus tard, des fibres de coton dissoutes dans l'acide nitrique ont servi à fabriquer un enduit qui a été incorporé au tissu pour obtenir un apprêt plus résistant.



Montrer aux cadets un exemple de construction en tissu, l'aéronef Black Maria, qui se trouve à l'annexe N.



De nos jours, on peut admirer le Black Maria au Musée de l'aviation du Canada à Ottawa, en Ontario.

La prochaine étape pour améliorer le tissu était de couvrir le tissu enduit de peinture émail. La peinture se craquelait et s'épluchait avec le temps, alors on a incorporé de la poudre d'aluminium à celle-ci. La pigmentation à la poudre d'aluminium s'est révélée très efficace pour ce qui est de bloquer la lumière du soleil nuisible et d'éloigner la chaleur du tissu.

D'autres améliorations en matière d'enduisage ont suivi, mais, avec le temps, l'évolution de la technologie chimique a permis la création de nouveaux apprêts pour les matériaux synthétiques résistants. Bien que

Unofficial convenience copy of A-CR-CCP-803/PF-002, cached 2026-11-08 from https://app.cadets.gc.ca/cadet-publications/A-CR-CCP-803-PF-002/A-CR-CCP-803-PF-002.pdf.
Verify against the official publication.

plusieurs grades supérieurs de coton soient encore utilisés de temps à autre, les tissus inorganiques artificiels sont devenus le matériau le plus populaire pour le revêtement des aéronefs.

Tissus inorganiques

Les fibres de polyester, qui sont tissés pour produire des étoffes de différents poids, sont vendues sous diverses marques de commerce. D'autres tissus inorganiques comprennent les fibres de verre et les matériaux composites.

CONFIRMATION DU POINT D'ENSEIGNEMENT 1

QUESTIONS

Q1. Pourquoi se sert-on moins du bois dans la construction des aéronefs modernes?

Q2. Quelle espèce de bois est le bois préférentiel pour la construction des aéronefs?

Q3. Qu'entend-on par bois lamellé?

RÉPONSES ANTICIPÉES

R1. Les constructions en bois entraînent des coûts de main-d'œuvre plus élevés.

R2. L'espèce de préférence est l'épinette de Sitka.

R3. Le bois lamellé est composé de deux ou plusieurs couches de bois liées au moyen de colle ou de résine.

Point d'enseignement 2 — **Décrire les fibres composites utilisées dans la construction des aéronefs**

Durée : 15 min — Méthode : Exposé interactif

CONSTRUCTION AVEC DES MATÉRIAUX COMPOSITES



Dans la présente leçon, on entend par « matériau composite » la combinaison de deux ou plusieurs matériaux de composition ou de forme différente. On utilise parfois le terme « matériau composite » pour désigner n'importe quel matériau de construction synthétique.

Les structures construites de matériaux composites se distinguent des structures en métal de façons importantes; elles possèdent notamment d'excellentes propriétés élastiques, une haute résistance combinée à la légèreté, ainsi qu'une capacité à être adaptées tant sur le plan de la résistance que de la rigidité. La nature fondamentale de beaucoup de matériaux composites est attribuable aux caractéristiques d'une étoffe en fibres résistante enduite de résine.

Fibre de verre

La fibre de verre est composée de brins de verre de silice qui sont filés ensemble puis tisser pour produire une étoffe. La fibre de verre est plus lourde et moins résistante que la plupart des autres fibres composites. Cependant, l'amélioration des matériaux « matrices » permet maintenant l'utilisation de la fibre de verre dans des applications de matériaux composites en construction aéronautique.



Une matrice est tout matériel qui permet de lier d'autres matériaux ensemble.

Unofficial convenience copy of A-CR-CCP-803/PF-002, cached 2026-11-08 from https://app.cadets.gc.ca/cadet-publications/A-CR-CCP-803-PF-002/A-CR-CCP-803-PF-002.pdf.
Verify against the official publication.

Divers types de verre entrent dans la composition de la fibre de verre : le verre E, qui est très résistant au courant électrique, et le verre S, qui a une résistance à la traction plus élevée, ce qui signifie que les tissus qui en sont fabriqués sont résistants à la déchirure.

Aramide

L'aramide est un polymère. Un polymère se compose d'une ou plusieurs grandes molécules qui sont formées à partir d'unités répétées de plus petites molécules.



Demander aux cadets de nommer toutes les applications du Kevlar® qu'ils connaissant.

La fibre aramide la mieux connue est le Kevlar®, qui a une résistance à la traction environ quatre fois supérieure au meilleur alliage d'aluminium. Ce matériel de production d'étoffe est utilisé dans des applications qui exigent une haute résistance : les canots, les gilets « pare-balles » et les rotors d'hélicoptère. L'aramide se prête idéalement à la fabrication de pièces d'aéronefs qui sont assujetties à des contraintes d'intensité et de vibration élevées. La flexibilité de l'aramide lui permet de se tordre et de se plier pendant le vol, ce qui permet d'absorber une grande partie des contraintes. En comparaison, une pièce d'aéronef en métal développerait des fissures de fatigue ou de contrainte plus rapidement dans les mêmes conditions.

Carbone/Graphite

Les termes « carbone » et « graphite » sont souvent utilisés de façon interchangeable. Toutefois, ils ne sont pas tout à fait le même matériau. Les fibres de carbone se forment à 1 315 degrés Celsius (2 400 degrés Fahrenheit, alors que les fibres de graphite ne se forment qu'à une température supérieure à 1 900 degrés Celsius (3 450 degrés Fahrenheit). Leur teneur réelle en carbone est également différente; toutefois, les matériels de fibre de carbone et de fibre de graphite ont tous deux une haute résistance à la compression et une grande rigidité.

Les molécules de carbone forment de long fils qui sont extrêmement résistants (c'est ce qui rend les diamants si durs). Ces brins de carbone minuscules qui ressemblent à des cheveux (un élément très commun et peu coûteux) sont, par unité de mesure de poids, plusieurs fois plus résistants que l'acier. Les fibres de carbone individuelles sont flexibles plutôt que rigides et se plient facilement en dépit de leur haute résistance à la traction. Afin de donner du raide aux fibres, des couches en travers sont immergées dans une matrice telle que le plastique époxy.



Le terme « époxy » se rapporte à une substance dérivée d'un époxyde. Un époxyde est un composé du carbone qui contient un atome d'oxygène lié en disposition triangulaire à deux atomes de carbone. Ainsi, une matrice d'époxyde est elle-même à base de carbone, comme le sont les fibres qu'elle lie.



Montrer aux cadets la figure 17O-1.

La cabine des avions de ligne doit être pressurisée pour que les passagers ne soient pas obligés de porter des masques à oxygène pendant le vol. La vaste cabine à deux niveaux de l'Airbus A380 doit être munie d'une cloison (mur) afin d'empêcher que cet air sous pression ne s'échappe dans la section arrière non pressurisée.

Unofficial convenience copy of A-CR-CCP-803/PF-002, cached 2026-11-08 from https://app.cadets.gc.ca/cadet-publications/A-CR-CCP-803-PF-002/A-CR-CCP-803-PF-002.pdf.
Verify against the official publication.

L'installation d'Airbus à Stade, en Allemagne, se spécialise dans la conception et la production de composantes en résine polymère en fibre de carbone et la cloison arrière de l'A380 a été produite ici.

Céramique

La fibre en céramique est une forme de fibre de verre utilisée dans des applications à haute température. Elle peut résister à des températures qui avoisinent 1 650 degrés Celsius (3 000 degrés Fahrenheit), ce qui la rend efficace pour l'utilisation autour de moteurs et de systèmes d'échappement.



Montrer aux cadets la figure 17O-2.

Parmi les désavantages de la céramique, il y a son poids et son coût, mais il arrive qu'aucun autre matériau connu ne fasse l'affaire. Une des applications les plus connues de la céramique est le système de protection thermique utilisé sur la navette spatiale. Une des propriétés de l'aluminium exige que la température maximale de la structure de la navette reste inférieure à 175 degrés Celsius (350 degrés Fahrenheit) pendant les opérations. Le réchauffement pendant la rentrée dans l'atmosphère (autrement dit, le réchauffement causé par la friction du contact avec l'air) crée des températures de loin supérieures à ce niveau et, à beaucoup d'endroits, se situera bien au-delà du point de fusion de l'aluminium (660 degrés Celsius ou 1 220 degrés Fahrenheit).



Sous sa couche protectrice de tuiles et d'autres matériaux, la navette a une construction en aluminium ordinaire qui ressemble à celle de beaucoup de gros aéronefs.



Montrer aux cadets la figure 17O-3.

Le système de protection thermique d'une navette spatiale est très complexe et comprend des matériaux hautement sophistiqués. Des milliers de tuiles de diverses dimensions et formes couvrent une forte proportion de la surface extérieure de la navette spatiale. Il existe deux types de tuiles de céramique de silice utilisées sur la navette spatiale :

- **L'isolation de surface réutilisable à basse température (LRSI)** Les tuiles LRSI couvrent les surfaces à température relativement basse d'une des navettes, Columbia, où la température de surface maximale se situe entre 370 et 650 degrés Celsius (700 et 1 200 degrés Fahrenheit), principalement sur la surface supérieure du fuselage autour du poste de pilotage. Ces tuiles ont un revêtement en céramique blanc qui réfléchit le rayonnement solaire pendant le séjour en espace, permettant ainsi de maintenir la navette Columbia au frais.



Montrer aux cadets la figure 17O-4.

- **L'isolation de surface réutilisable à haute température (HRSI)** Les tuiles HRSI couvrent les surfaces où la température de surface maximale se situe entre 650 et 1 260 degrés Celsius (1 200 et 2 300 degrés Fahrenheit). Ils ont un revêtement en céramique noir qui leur permet de rayonner la chaleur pendant la rentrée dans l'atmosphère.

Unofficial convenience copy of A-CR-CCP-803/PF-002, cached 2026-11-08 from https://app.cadets.gc.ca/cadet-publications/A-CR-CCP-803-PF-002/A-CR-CCP-803-PF-002.pdf.
Verify against the official publication.

Les tuiles LRSI et HRSI sont toutes deux fabriquées à partir du même matériau et leur principale différence est le revêtement.

Un matériau différent et encore plus sophistiqué, le carbone-carbone renforcé (RCC), est utilisé dans la fabrication de la pointe avant et des bords d'attaque de la navette spatiale. Il s'agit d'un matériau composé d'un renforcement en fibres de carbone dans une matrice de graphite souvent muni d'un revêtement en carbure de silicium pour prévenir l'oxydation.

CONFIRMATION DU POINT D'ENSEIGNEMENT 2

QUESTIONS

Q1. Quel type de verre sert à produire les brins de fibre de verre?

Q2. Quel est le matériau en aramide le mieux connu?

Q3. Quelle est la méthode utilisée pour donner du raide aux matériaux en fibres de carbone?

RÉPONSES ANTICIPÉES

R1. Le verre de silice.

R2. Le Kevlar®.

R3. L'immersion de couches de fibres de carbone de directions opposées dans un composé matriciel tel que le plastique époxyde.

Point d'enseignement 3 — **Décrire les métaux utilisés dans la construction des aéronefs**

Durée : 5 min — Méthode : Exposé interactif

MÉTAUX UTILISÉS DANS LA CONSTRUCTION DES AÉRONEFS

L'aluminium

L'aluminium pur n'est pas suffisamment résistant pour être utilisé dans la construction des aéronefs. Cependant, sa résistance augmente considérablement lorsqu'il est allié ou combiné à d'autres métaux compatibles. Lorsque l'aluminium est mélangé à du cuivre ou à du zinc, par exemple, l'alliage qui en résulte est aussi résistant que l'acier, mais ne pèse que le tiers. De plus, la résistance à la corrosion de l'aluminium se transmet à l'alliage nouvellement formé.

L'Alclad®

La plupart des surfaces extérieures des aéronefs sont en aluminium plaqué. L'Alclad® est composé d'un revêtement en aluminium pur déroulé sur la surface d'un alliage d'aluminium traité thermiquement. L'épaisseur du revêtement en aluminium correspond à environ cinq pour cent de l'épaisseur de l'alliage, de chaque côté de la feuille d'alliage. Cette surface plaquée permet d'augmenter considérablement la résistance à la corrosion de l'alliage en aluminium. Cependant, si le revêtement en aluminium est pénétré, la corrosion peut s'attaquer à l'alliage qui se trouve à l'intérieur.

Le magnésium

Le magnésium est l'un des métaux les plus légers et possède la résistance et les caractéristiques fonctionnelles requises pour l'utilisation dans les structures des aéronefs. Dans sa forme pure, il lui manque de la résistance. Toutefois, comme l'aluminium, s'il est mélangé à d'autres métaux pour créer un alliage, il obtient des caractéristiques de résistance qui le rendent utile.

Unofficial convenience copy of A-CR-CCP-803/PF-002, cached 2026-11-08 from https://app.cadets.gc.ca/cadet-publications/A-CR-CCP-803-PF-002/A-CR-CCP-803-PF-002.pdf.
Verify against the official publication.

Le titane

Le titane et ses alliages constituent des métaux légers dont la résistance est très élevée. Le poids du titane à l'état pur n'est que la moitié de celui de l'acier inoxydable, et il est doux et ductile. Les alliages du titane possèdent une excellente résistance aux éléments corrosifs, particulièrement à l'eau salée.



Montrer aux cadets les figures 17P-1 et 17P-2.

L'acier inoxydable

Le terme « acier inoxydable » est la classification des aciers résistants à la corrosion qui contiennent d'importantes quantités de chrome et de nickel. Il se prête bien aux applications à haute température comme les pare-feu et les composantes des systèmes d'échappement.

CONFIRMATION DU POINT D'ENSEIGNEMENT 3

QUESTIONS

Q1. Pourquoi l'aluminium pur ne convient-il pas pour la fabrication des composantes d'aéronef?

Q2. Quelles trois caractéristiques font du titane un métal utile pour la fabrication des composantes d'aéronef?

Q3. Quels deux métaux sont mélangés à l'acier pour produire de l'acier inoxydable?

RÉPONSES ANTICIPÉES

R1. L'aluminium pur n'est pas assez résistant.

R2. Les alliages du titane sont hautement résistants, légers et résistants à la corrosion.

R3. L'acier est mélangé au chrome et au nickel.

CONFIRMATION DE FIN DE LEÇON

QUESTIONS

Q1. Quelle espèce de bois sert de référence pour la construction des aéronefs?

Q2. Comment nomme-t-on généralement la matière aramide?

Q3. Quels deux métaux sont mélangés à l'acier pour produire de l'acier inoxydable?

RÉPONSES ANTICIPÉES

R1. L'espèce de référence est l'épinette de Sitka.

R2. L'aramide est généralement appelé Kevlar®.

R3. L'acier est mélangé au chrome et au nickel.

Unofficial convenience copy of A-CR-CCP-803/PF-002, cached 2026-11-08 from https://app.cadets.gc.ca/cadet-publications/A-CR-CCP-803-PF-002/A-CR-CCP-803-PF-002.pdf.
Verify against the official publication.

CONCLUSION

DEVOIR/LECTURE/PRATIQUE

S.O.

MÉTHODE D'ÉVALUATION

S.O.

OBSERVATIONS FINALES

Les matériaux utilisés dans la construction des aéronefs ont évolué et se sont améliorés depuis le début et le rythme du changement augmente. Les avancées dans les technologies associées sont continuellement intégrées dans les méthodes de construction à mesure que les aéronefs deviennent plus gros, plus puissants et plus complexes.

COMMENTAIRES/REMARQUES À L'INSTRUCTEUR

S.O.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

C3-136 (ISBN 0-88487-207-6) Sanderson Training Systems. (2001). *A&P Technician Airframe Textbook*. Englewood, Colorado, Jeppesen Sanderson Inc.

Unofficial convenience copy of A-CR-CCP-803/PF-002, cached 2026-11-08 from https://app.cadets.gc.ca/cadet-publications/A-CR-CCP-803-PF-002/A-CR-CCP-803-PF-002.pdf.
Verify against the official publication.