

CHAPITRE 13

OREN 232 – IDENTIFIER LES CARACTÉRISTIQUES D'UN AÉRONEF À MOTEUR À PISTONS



**CADETS DE L'AVIATION
ROYALE DU CANADA**

NIVEAU DE QUALIFICATION DEUX

GUIDE PÉDAGOGIQUE



SECTION 1

OCOM M232.01 – IDENTIFIER LES TYPES DE MOTEURS 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-802/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.

Faire des transparents ou des documents de cours des annexes A et B.

DEVOIR PRÉALABLE À LA LEÇON

S.O.

APPROCHE

L'exposé interactif a été choisi pour cette leçon afin de présenter les types de moteurs d'aéronef et donner un aperçu de ceux-ci.

INTRODUCTION

RÉVISION

S.O.

OBJECTIFS

À la fin de la présente leçon, le cadet doit être en mesure d'identifier les types de moteurs d'aéronef.

IMPORTANCE

Les moteurs sont un des principaux systèmes d'un aéronef propulsé. Il est important que les cadets connaissent les types de moteurs d'aéronef pour pouvoir comprendre les aspects subséquents et reliés à l'aviation.

Point d'enseignement 1**Expliquer qu'un aéronef propulsé nécessite un moyen de propulsion**

Durée : 10 min

Méthode : Exposé interactif

Un aéronef propulsé a besoin d'un moyen de propulsion pour vaincre la traînée et permettre aux ailes de produire une portance suffisante pour surmonter le poids.

L'hélice et le moteur à réaction ont un lien très étroit, car ils fournissent une poussée de la même façon, c.-à-d. l'accélération d'une masse d'air. L'hélice produit une poussée en agissant sur une large masse d'air, lui donnant une accélération relativement faible. Le moteur à réaction fait exactement la même chose en donnant une accélération plus intense à une plus petite masse d'air.

Les types de moteur les plus communs utilisés pour la propulsion en aviation utilisent la combustion interne et comprennent :

- les moteurs-fusées;
- les moteurs à réaction à turbine à gaz; et
- les moteurs à pistons à mouvement alternatif.



Présenter aux cadets un transparent ou un document de cours portant sur les utilisations d'un moteur-fusée, qui se trouvent aux figures A-1 et A-2.

Les plus anciens moteurs de véhicule sont les moteurs-fusées qui étaient utilisés pour alimenter les flèches à feu chinoises. Cette méthode de propulsion s'est avérée tellement efficace, avec plusieurs améliorations, qu'elle est toujours couramment utilisée de nos jours pour plusieurs applications, y compris l'exploration spatiale. Les fusées, autonomes et comportant leurs propres comburants, ont le grand avantage d'être capables de fonctionner dans une dépression telle que l'espace.



Tous les systèmes de propulsion sont réactifs, ce qui signifie qu'ils utilisent tous une réaction égale et opposée précisée par la troisième loi de Newton.

Les moteurs à pistons à combustion interne ont été créés à la fin du dix-neuvième siècle. C'est avec ce type de moteur qu'Orville et Wilbur Wright ont conçu leur engin de vol en 1903, soit un moteur à piston à quatre cylindres.



Présenter aux cadets un transparent ou un document de cours portant sur l'utilisation du moteur à pistons Harvard, qui se trouve aux figures A-3 et A-4.

Les moteurs à pistons sont les moteurs les plus couramment utilisés dans les véhicules. Ce sont ceux que les cadets de niveau deux étudieront plus en profondeur. De plusieurs façons, les pistons représentent le système le plus compliqué pour convertir l'énergie chimique du carburant en énergie de mouvement, mais ils se trouvent à plusieurs endroits, y compris les aéronefs, les automobiles, les bateaux et les tondeuses.



Présenter aux cadets un transparent ou un document de cours portant sur l'utilisation du moteur à réaction à turbine à gaz, qui se trouve aux figures A-5 et A-6. Mettre en évidence le cheminement du débit d'air et l'emplacement de la combustion dans le schéma.

Les moteurs à réaction à turbine à gaz résultent de l'amélioration d'un simple statoréacteur. Le statoréacteur est semblable au moteur-fusée à propergol liquide qui utilise l'oxygène atmosphérique pour faire brûler le carburant. Un des aspects les plus restrictifs du statoréacteur est qu'il nécessite une vitesse élevée pour fonctionner. Il ne peut donc pas commencer la combustion avant d'avoir atteint une certaine vitesse; il doit être lancé d'un véhicule en grande vitesse. Les missiles aéroportés sont l'une des quelques applications des statoréacteurs.

Toute turbine transforme l'énergie des gaz ou des liquides en déplacement, comme le flux d'échappement ou le vent, en mouvement rotatif pour tourner un arbre. Une éolienne est une turbine qui utilise l'énergie du vent pour faire tourner un arbre. Parmi les autres avantages, l'ajout d'une turbine au simple statoréacteur permet à un compresseur de produire de l'air à haute pression pour que le moteur à réaction à turbine à gaz puisse être démarré depuis une position de repos ou statique. C'est le secret du moteur à réaction à turbine à gaz moderne, qui dépend encore de l'éjection des gaz chauds pour produire la poussée. Cependant, le moteur ne peut démarrer avant que la turbine et le compresseur fonctionnent et fournissent de l'air à haute pression au moteur. Alors, même les moteurs à réaction à turbine à gaz doivent être démarrés par un moteur de démarrage.



Présenter aux cadets un transparent ou un document de cours portant sur l'utilisation du turboréacteur à gaz Tutor CT-114, qui se trouve aux figures A-7 et A-8.

Un moteur à réaction à turbine à gaz qui assure une poussée, sans sortie d'arbre tournant, est un **TURBORÉACTEUR**.



Présenter aux cadets un transparent ou un document de cours portant sur l'utilisation du turbopropulseur C-130 Hercules, qui se trouve aux figures A-9 et A-10.

Un moteur à réaction à turbine à gaz qui assure une poussée et entraîne une hélice est un **TURBOPROPULSEUR**.



Présenter aux cadets un transparent ou un document de cours portant sur l'utilisation du turbomoteur CH-146 Griffon, qui se trouve aux figures A-11 et A-12.

Une turbine à gaz qui entraîne un rotor d'hélicoptère est généralement un **TURBOMOTEUR**. Dans un turbomoteur d'hélicoptère, l'arbre d'entraînement de sortie est dissocié de l'arbre de la turbine de compresseur pour que la vitesse du moteur ne soit pas liée à la vitesse du rotor principal de l'hélicoptère.



Présenter aux cadets un transparent ou un document de cours portant sur l'utilisation du réacteur à double flux CC-150 Polaris (A310-300 Airbus), qui se trouve aux figures A-5 et A-6. Indiquer l'emplacement de la soufflante.

La version la plus courante du moteur à réaction à turbine à gaz est le **RÉACTEUR À DOUBLE FLUX**, qui est l'hybride d'un turboréacteur et d'un turbopropulseur. Le réacteur à double flux est muni d'une soufflante qui donne la poussée avec l'air de dilution, au lieu d'une hélice, venant augmenter la poussée réactive des gaz d'échappement éjectés. Cette application permet à l'aéronef d'aller plus vite que les simples hélices, tout en réduisant le bruit du moteur et en permettant à l'aéronef d'utiliser le carburant avec efficacité. La réduction de bruit et l'économie de carburant des réacteurs à double flux les rendent très efficaces pour l'aviation commerciale.



Ces trois types de moteur, soit le moteur-fusée, le moteur à réaction à turbine à gaz et le moteur à pistons, utilisent la combustion interne pour capturer l'énergie des gaz chauds en expansion dans une enceinte fermée.

CONFIRMATION DU POINT D'ENSEIGNEMENT 1

QUESTIONS

- Q1. Quel a été le premier type de moteur utilisé pour la propulsion?
- Q2. Pourquoi les moteurs-fusées, les moteurs à réaction à turbine à gaz et les moteurs à pistons sont-ils tous des moteurs à combustion interne?
- Q3. Pourquoi un moteur à réaction à turbine à gaz a-t-il besoin d'un moteur de démarrage?

RÉPONSES ANTICIPÉES

- R1. Le moteur-fusée fut le premier à être utilisé pour la propulsion.
- R2. Les moteurs-fusées, les moteurs à réaction à turbine à gaz et les moteurs à pistons utilisent tous la combustion interne pour capturer l'énergie des gaz chauds en expansion dans une enceinte fermée.
- R3. Un moteur à réaction à turbine à gaz nécessite un moteur de démarrage, car il n'y a pas d'air à haute pression pour faire fonctionner le moteur avant que la turbine et le compresseur soient mis en marche.

Point d'enseignement 2

Expliquer la combustion dans un moteur-fusée, une turbine à gaz et un moteur à pistons

Durée : 5 min

Méthode : Exposé interactif

Les moteurs-fusées, les turboréacteurs et les moteurs à pistons sont des moteurs à combustion interne, car ils utilisent tous la combustion de carburant pour obtenir une force provenant des gaz en expansion dans une enceinte fermée. Cependant, tous ces circuits réacteurs comportent des différences importantes qui les distinguent les uns des autres.



Présenter aux cadets un transparent ou des documents de cours portant sur la combustion, qui se trouvent à la figure B-1.

Lorsque le carburant est oxydé, il donne de la chaleur. La chaleur entraîne l'expansion des gaz qui résultent de l'oxydation. Si l'oxydation est très lente, on l'appelle simplement l'oxydation ou la rouille. Si l'oxydation se fait plus rapidement, on l'appelle plutôt la combustion. Si elle se fait très rapidement, on la nomme explosion. Toutes ces transformations sont le résultat de la combinaison chimique du carburant et de l'oxygène. La caractéristique qui les différencie est la vitesse de la combinaison moléculaire.



Présenter aux cadets un transparent ou un document de cours portant sur les emplacements de la combustion, qui se trouvent aux figures B-2 et B-3.

En capturant les gaz chauds en expansion de la combustion dans une enceinte fermée hermétiquement, telle qu'une chambre de combustion de moteur à pistons ou une chambre de combustion de moteur à réaction à turbine à gaz, l'énergie des gaz chauds peut contribuer à un travail utile. Tous les types de moteurs, présentés dans la présente, contiennent l'énergie des gaz en expansion dans une enceinte fermée hermétiquement; on dit alors qu'ils sont des moteurs à combustion interne.

Plusieurs méthodes ont été élaborées pour diriger et transmettre cette force. La plus courante est la rotation d'un arbre, tel qu'un arbre de turbine ou un vilebrequin. Cet arbre peut ensuite être utilisé pour tourner l'hélice d'un aéronef, la roue d'un compresseur d'air ou la roue d'une automobile.



Une fusée applique l'énergie des gaz en expansion de la combustion de la manière la plus directe, en les éjectant simplement pour obtenir la réaction égale et opposée. Les turbines à gaz et les moteurs à pistons appliquent l'énergie indirectement par l'entremise des mécanismes en mouvement.

CONFIRMATION DU POINT D'ENSEIGNEMENT 2

QUESTIONS

- Q1. Qu'est-ce qui cause l'expansion des gaz de combustion?
- Q2. Quelle est la différence entre la combustion du carburant et l'explosion du carburant?
- Q3. Quel type de moteur applique l'énergie des gaz en expansion de la manière la plus directe?

RÉPONSES ANTICIPÉES

- R1. La chaleur de la combustion provoque l'expansion des gaz.
- R2. La différence entre la combustion et l'explosion est la vitesse d'oxydation.
- R3. Le moteur-fusée applique l'énergie des gaz en expansion de la manière la plus directe.

Point d'enseignement 3**Expliquer le processus d'oxydation des différents types de moteurs**

Durée : 5 min

Méthode : Exposé interactif

Le système le plus simple pour mélanger le carburant avec l'oxygène est le système autonome du moteur-fusée et le système le plus compliqué est le moteur à combustion interne. Les moteurs à réaction à turbine à gaz se situent entre ces extrêmes.

Le moteur-fusée transporte son propre carburant et son oxygène et les mélange dans une enceinte fermée à un rythme qui produit l'énergie nécessaire à n'importe quel moment donné. Évidemment, le moteur-fusée doit démarrer avec suffisamment d'oxygène pour terminer son opération, étant donné qu'il ne peut en puiser à l'extérieur de son enceinte fermée. Le carburant et l'oxygène doivent donc être soigneusement calculés et chargés avant le lancement. Les gaz chauds en expansion qui résultent d'une explosion dans la chambre de combustion de la fusée sont expulsés derrière la fusée à haute vitesse par une tuyère. La tuyère applique la réaction égale et opposée des gaz en déplacement vers le corps de la fusée, en le projetant vers le haut.



Un moteur à réaction est semblable à un moteur-fusée. Par contre, puisque le moteur à réaction se sert de l'air pour l'oxydation, il doit prendre en considération que l'air est surtout composé d'azote et d'environ seulement 20 pour cent d'oxygène. L'obtention d'une quantité suffisante d'oxygène pour une combustion efficace dans un moteur à réaction nécessite donc que l'air soit comprimé d'une manière ou d'une autre avant que la combustion puisse avoir lieu.

Un moteur à réaction à turbine à gaz ressemble généralement à un cylindre creux où l'air est aspiré à l'avant et expulsé vers l'arrière. Ces moteurs peuvent être suspendus en dessous de l'aile de la plupart des avions. Le carburant à brûler est conservé dans des réservoirs, souvent dans l'aile de l'avion. L'air, qui est tiré par une soufflante de compresseur dans la partie avant du moteur, contient l'oxygène qui est nécessaire à l'oxydation du carburant. Le carburant est combiné ou mélangé avec l'air sous pression et le mélange explose dans une enceinte qui s'appelle la chambre de combustion et qui est située à l'intérieur du moteur. Comme dans une fusée, les gaz chauds en expansion sont expulsés à l'arrière du moteur par une tuyère qui applique la réaction égale et opposée des gaz en déplacement vers le corps du moteur, en le propulsant vers l'avant. Ce qui est important est la présence d'une turbine à côté de la chambre de combustion, qui utilise une partie des gaz chauds en expansion pour faire tourner un arbre. Cet arbre entraîne la soufflante de compresseur pour aspirer l'air dans le moteur. Ce système de production de propulsion s'est avéré tellement utile et fiable que plusieurs variations de la conception de base ont été créées et ont reçu des noms comme « réacteur à double flux », « turbopropulseur » et « turbomoteur ».



Les utilisations spécialisées des turbines à gaz sont examinées dans les leçons complémentaires du niveau deux.

La méthode la plus complexe pour produire l'énergie par oxydation de carburant est la plus courante. Le moteur à pistons à mouvement alternatif est utilisé dans de nombreuses applications. Dans un moteur à pistons à quatre temps, l'air est soigneusement mélangé à des gouttelettes de carburant pulvérisées et aspirées ou injectées dans des cylindres où le mélange explose pour entraîner les pistons dans un cycle d'admission, de compression, de combustion et d'échappement. Ces cycles seront examinés dans l'OCOM M232.03 (Participer à une discussion portant sur les cycles d'un moteur à pistons à quatre temps).

CONFIRMATION DU POINT D'ENSEIGNEMENT 3

QUESTIONS

- Q1. À quel endroit une fusée puise-t-elle son oxygène pour faire brûler le carburant lorsqu'elle se trouve dans l'espace?
- Q2. Qu'est-ce qui est utilisé pour faire tourner la turbine dans une turbine à gaz?
- Q3. À quel endroit un moteur à réaction, comme une turbine à gaz, prend-il son oxygène pour faire brûler le carburant?

RÉPONSES ANTICIPÉES

- R1. Une fusée transporte son propre oxygène en plus de son carburant.
- R2. Une partie des gaz chauds en expansion de la chambre de combustion du moteur est utilisée pour faire tourner la turbine.
- R3. L'air entrant dans la partie avant du moteur contient l'oxygène qui est utilisé pour oxyder le carburant.

Point d'enseignement 4**Identifier l'aéronef et les types de moteur correspondants**

Durée : 5 min

Méthode : Exposé interactif



Présenter aux cadets des transparents ou des documents de cours des photos des aéronefs suivants, qui se trouvent à l'annexe A, et, dans chaque cas, demander aux cadets d'identifier l'aéronef. Dévoiler ensuite aux cadets le type de moteur qui est utilisé dans l'aéronef et leur demander d'examiner les points suivants :

Figure A-9 C-130 Hercules : quatre turbopropulseurs Allison T-56-A-7/15.

Le type de moteur est choisi selon la mission prévue. Alors pourquoi le C-130 Hercules présenté à la figure A-9 a-t-il des turbopropulseurs?

Aujourd'hui, la distinction entre le transport aérien tactique et le transport aérien stratégique ne dépend pas autant du nombre que du type de moteur d'un aéronef de transport. En général, les aéronefs à turboréacteurs sont considérés comme « stratégiques », alors que les aéronefs à turbopropulseurs (donc plus lent et à portée moindre) sont considérés comme « tactiques ». Par ailleurs, les aéronefs de transport tactique sont généralement conçus pour le décollage et l'atterrissage dans des aérodromes aux pistes plus cahoteuses, plus courtes et moins bien aménagées que les installations nécessaires par les aéronefs de transport stratégique.

Figure A-5 CC-150 Polaris : deux réacteurs à double flux General Electric CF6-80C2A2.

Quelle est la fonction principale du CC-150 Polaris?

Le principal rôle de cet aéronef de transport stratégique est le transport à grande distance de personnel et de matériel, d'une capacité de 194 passagers ou 32 000 kg de fret. Ces aéronefs ont participé à des opérations à l'appui des FAC et de l'OTAN, ainsi qu'à de nombreuses missions des Nations Unies et de la Croix-Rouge.

Figure A-3 Harvard North American T-6J : un moteur à neuf cylindres en étoile Pratt & Whitney.

Qu'est-ce qui se passe dans la figure A-3?

Le Harvard 20449 est en réalité un T-6J de North American, l'un des 270 derniers aéronefs du genre à intégrer l'effectif de l'ARC en novembre 1951. Il a été affecté à la 1^{re} École d'instructeurs de vol, établie à la station ARC de Trenton en Ontario, le 1^{er} avril 1951. Par la suite, il demeure avec l'école qui déménage à la station ARC de Moose Jaw le 8 juin 1959. Cette dernière existe toujours à cet endroit et s'appelle l'École d'instructeurs de vol des Forces canadiennes. L'aéronef d'entraînement Harvard a ensuite été remplacé par le Tutor CT-114 de Canadair. L'équipe de voltige des années 50 s'appelait les Golden Hawks. Cependant, les instructeurs qui la formaient dénigraient tellement les efforts de leurs anciens élèves qu'ils ont décidé de constituer leur propre équipe, les Goldilocks, avec l'aéronef d'entraînement Harvard pour montrer comment, selon eux, leurs élèves volaient en formation.

Figure A-7 CT-114 Tutor : un turboréacteur General Electric J85-CAN-40.

Il me semble avoir déjà vu la figure A-7. Où a-t-on déjà vu cet aéronef?

Lorsque les Snowbirds, la plus célèbre équipe d'acrobatie aérienne du Canada, s'exécute au-dessus des nuages, leur Tutor CT-114 de Canadair sont mis à l'épreuve. Le Tutor, un aéronef d'entraînement à réaction subsonique à moteur unique conçu et produit au Canada, a fait son entrée en service au milieu des années 1960 et était utilisé pour l'entraînement des pilotes de niveau élémentaire et de niveau avancé. Il a été remplacé en 2000 par les aéronefs CT-156 Harvard II et CT-155 Hawk.

Figure A-11 CH-146 Griffon : un turbomoteur PT6T-3D de Pratt & Whitney.

À quoi sert un Griffon?

En tant qu'hélicoptère utilitaire de transport tactique (HUTT) du Canada, le Griffon offre une capacité solide, fiable et rentable pour : le transport aérien d'équipement et de personnel, les vols de commande et de liaison, la surveillance et la reconnaissance, l'évacuation de blessés, le transport logistique, la recherche et le sauvetage, les opérations antidrogue et les opérations de secours national.

CONFIRMATION DU POINT D'ENSEIGNEMENT 4

La participation des cadets à l'identification des aéronefs servira de confirmation de l'apprentissage de ce PE.

CONFIRMATION DE FIN DE LEÇON

QUESTIONS

- Q1. Pourquoi les moteurs-fusées, les moteurs à réaction à turbine à gaz et les moteurs à pistons sont-ils tous des moteurs à combustion interne?
- Q2. Qu'est-ce qui est utilisé pour faire tourner la turbine dans une turbine à gaz?
- Q3. Qu'est-ce qui cause l'expansion des gaz de combustion?

RÉPONSES ANTICIPÉES

- R1. Les moteurs-fusées, les moteurs à réaction à turbine à gaz et les moteurs à pistons utilisent tous la combustion interne pour capturer l'énergie des gaz chauds en expansion dans une enceinte fermée.
- R2. Une partie des gaz chauds en expansion de la chambre de combustion du moteur est utilisée pour faire tourner la turbine.
- R3. La chaleur de la combustion provoque l'expansion des gaz.
-

CONCLUSION

DEVOIR/LECTURE/PRATIQUE

S.O.

MÉTHODE D'ÉVALUATION

S.O.

OBSERVATIONS FINALES

Le sujet des moteurs d'aéronef est très large et en constante évolution, car de nouvelles solutions sont élaborées et de nouveaux produits sont développés en vue de pousser la performance à la limite.

COMMENTAIRES/REMARQUES À L'INSTRUCTEUR

Si l'instructeur dispose d'un ordinateur et d'un projecteur, il peut se servir d'un logiciel qui permet de faire la démonstration du fonctionnement du moteur. Celui-ci se trouve aux sites Web indiqués au paragraphe 7c de la section Documents de référence.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

A3-031 Forces armées canadiennes. *Aéronefs*. (2006). Extrait le 20 novembre 2006 du site http://www.airforce.forces.gc.ca/site/equip/index_f.asp.

C3-084 NASA Glenn Research Center. *Engines 101*. Extrait le 21 février 2007 du site <http://www.ueet.nasa.gov/Engines101.html#Aeronautics>.

C3-086 NASA Glenn Research Center. *Engines 101*. Extrait le 21 février 2007 du site <http://www.grc.nasa.gov/WWW/K-12/airplane/icengine.html>.

C3-087 NASA Glenn Research Center. *Propulsion Index*. Extrait le 21 février 2007 du site <http://www.grc.nasa.gov/WWW/K-12/airplane/shortp.html>.

C3-088 NASA. *Welcome to the Beginner's Guide to Rockets*. Extrait le 21 février 2007 du site <http://exploration.grc.nasa.gov/education/rocket/bgmr.html>.

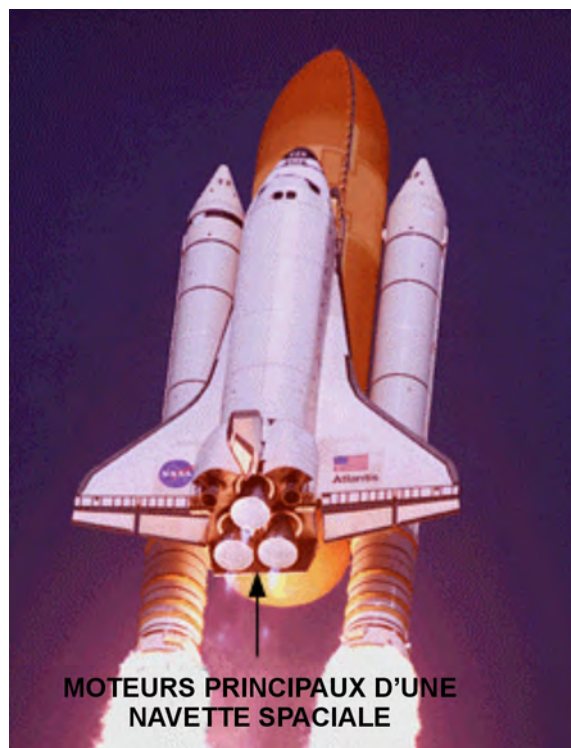
C3-116 A-CR-CCP-263/PT-001/(ISBN 0-9680390-5-7) MacDonald, A. F. et Peppler, I. L. (2000). *Entre ciel et terre : édition du millénaire*. Ottawa, ON, Aviation Publishers Co. Limited.

C3-120 Pratt & Whitney Canada. (2006). *Imagine the Power*. Extrait le 18 mars 2007 du site http://www.pwc.ca/en/3_0/3_0_3/3_0_3_3_1.asp.

C3-121 NASA. (2007). *Missions: Space Shuttle Main Engines*. Extrait le 18 mars 2007 du site http://www.nasa.gov/returntoflight/system/system_SSME.html.

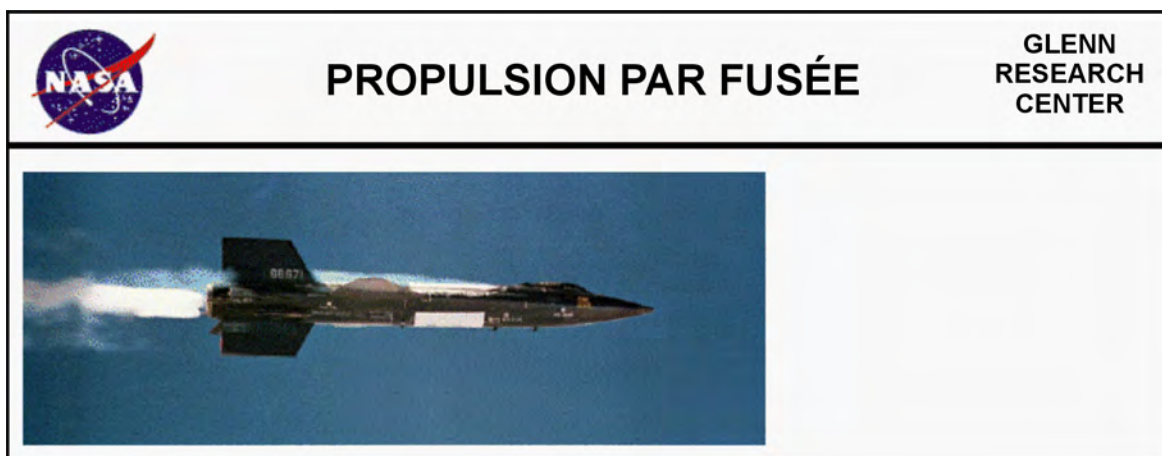
IDENTIFICATION D'AÉRONEFS ET LES TYPES DE MOTEUR CORRESPONDANTS

Moteurs-fusées



*National Aeronautics and Space Administration (NASA), "Missions" Space Shuttle System (2006).
Extrait le 17 mars 2007 du site http://www.nasa.gov/returntoflight/system/system_SSME.html*

Figure A-1 Moteur-fusée



*NASA Glenn Research Center. "Propulsion Index". Rocket Propulsion (2006). Extrait
le 21 février 2007 du site <http://www.grc.nasa.gov/WWW/K-12/airplane/shortp.html>*

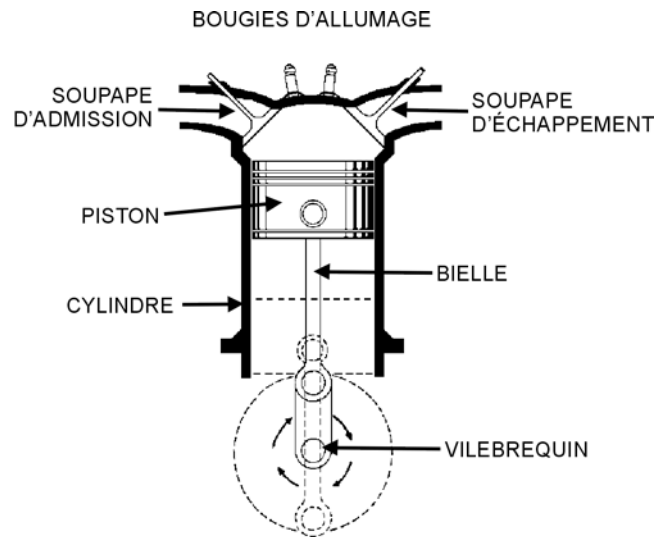
Figure A-2 X-15 en vol

Moteur à pistons



Forces armées canadiennes. Aéronefs. (2005). Extrait le 17 mars 2007 du site http://www.airforce.gc.ca/equip/equip1_e.asp

Figure A-3 Moteur à pistons



A-CR-CCP-263/PT-001 (p. 53)

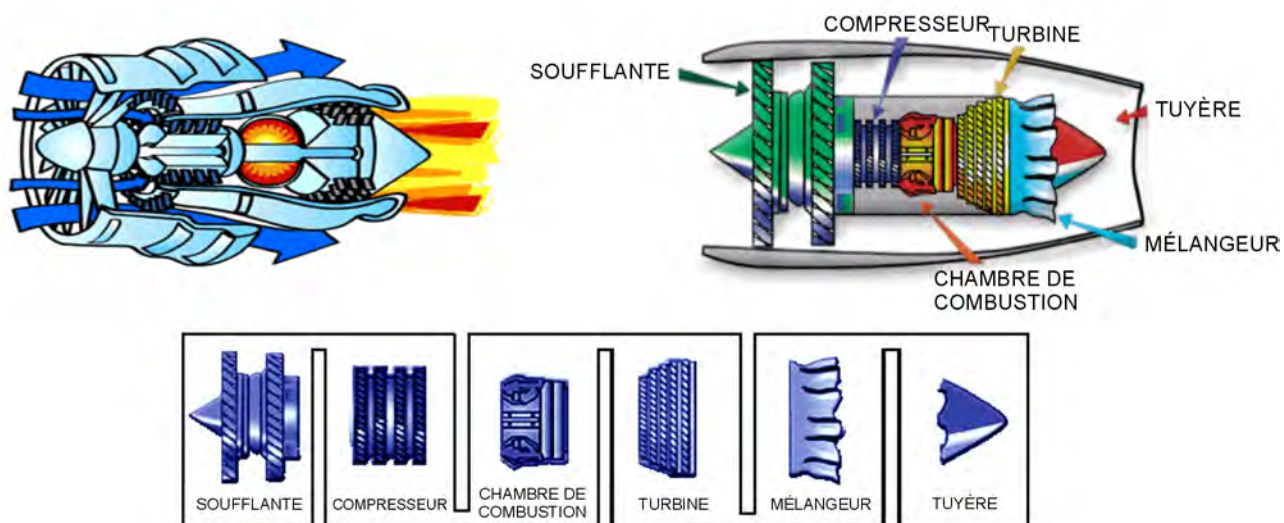
Figure A-4 Schéma d'un moteur à pistons

Moteurs à réaction



Forces armées canadiennes. Aéronefs. (2005). Extrait le 17 mars 2007 du site http://www.airforce.gc.ca/equip/equip1_e.asp

Figure A-5 Turbine à gaz



NASA "Engines 101". Ultra Efficient Engine Technology (UEET). (2001).
Extrait le 17 mars 2007 du site <http://www.ueet.nasa.gov/Engines101.html>

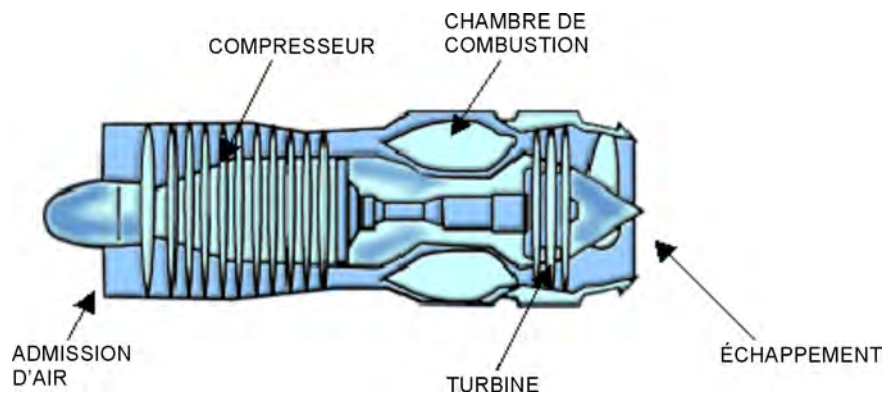
Figure A-6 Parties d'un réacteur à double flux

Turboréacteurs



Forces armées canadiennes. Aéronefs. (2005). Extrait le 17 mars 2007 du site http://www.airforce.gc.ca/equip/equip1_e.asp

Figure A-7 Turboréacteur



NASA Engines 101. Ultra Efficient Engine Technology (UEET). (2001).
Extrait le 17 mars 2007 du site <http://www.ueet.nasa.gov/Engines101.html>

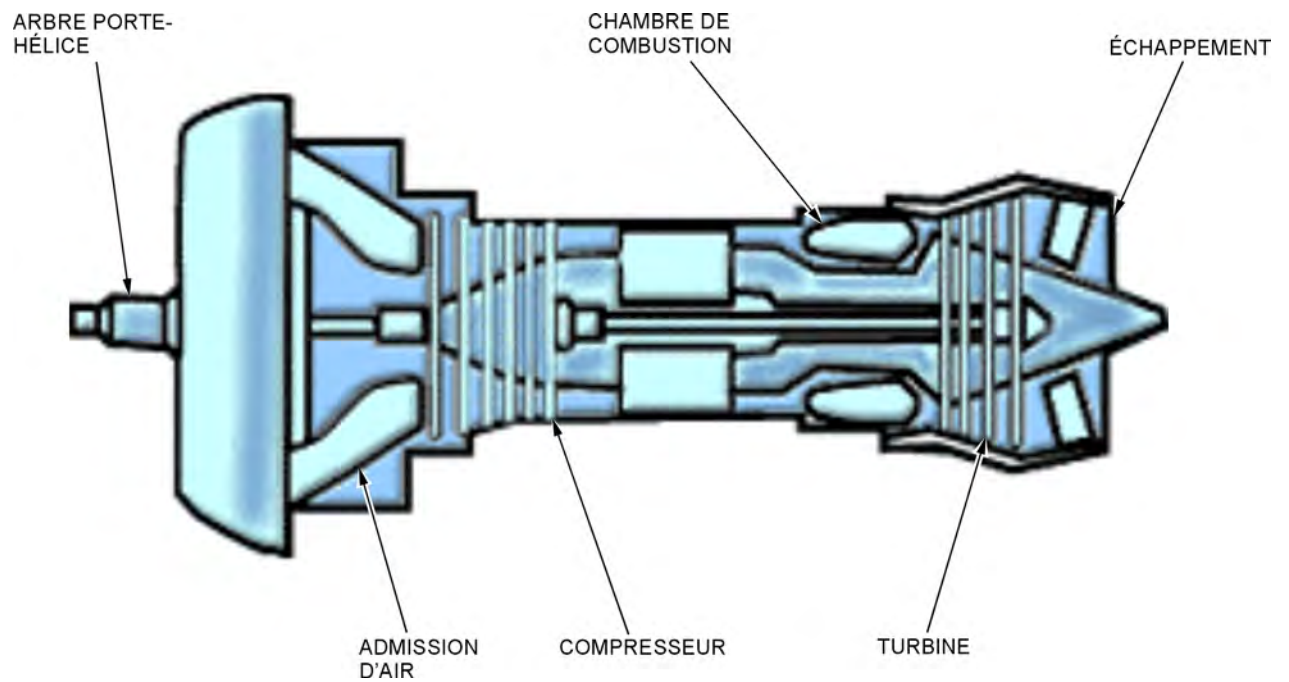
Figure A-8 Schéma d'un turboréacteur

Turbopropulseurs



Forces armées canadiennes. Aéronefs. (2005). Extrait le 17 mars 2007 du site http://www.airforce.gc.ca/equip/equip1_e.asp

Figure A-9 Turbopropulseur



NASA Engines 101. Ultra Efficient Engine Technology (UEET). (2001).
Extrait le 17 mars 2007 du site <http://www.ueet.nasa.gov/Engines101.html>

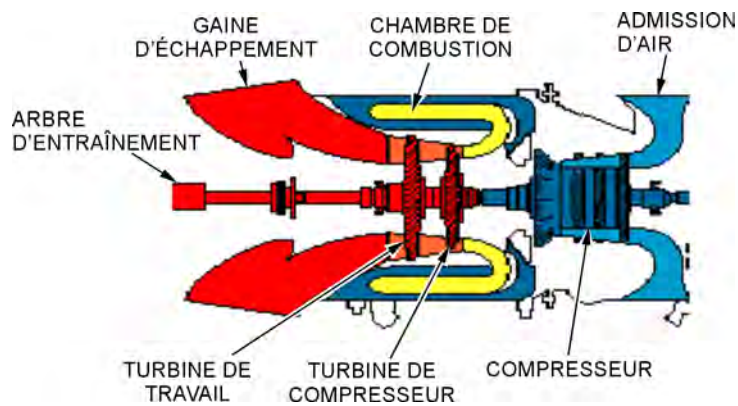
Figure A-10 Schéma d'un turbopropulseur

Turbomoteurs



Canadian Forces. Aircraft. (2005). Extrait le 17 mars 2007 du site http://www.airforce.gc.ca/equip/equip1_e.asp

Figure A-11 Turbomoteur

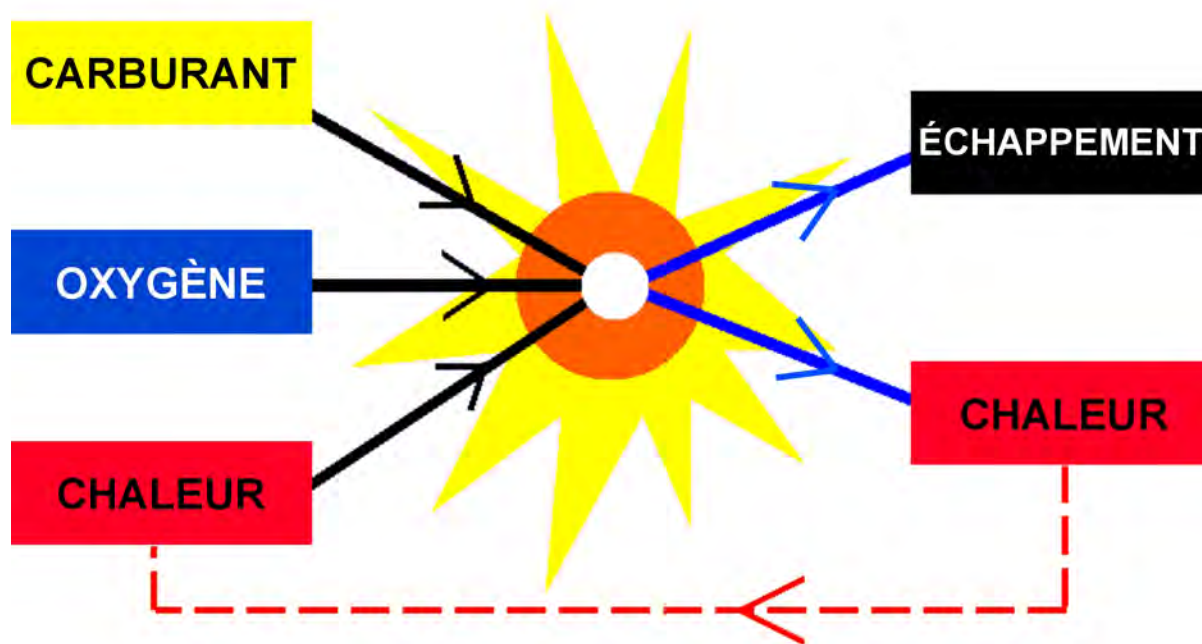


Imagine the Power, Pratt & Whitney Canada. Extrait le 16 mars 2007 du site http://www.pwc.ca/en/3_0/3_0_3/3_0_3_3_1.asp

Figure A-12 Schéma du turbomoteur



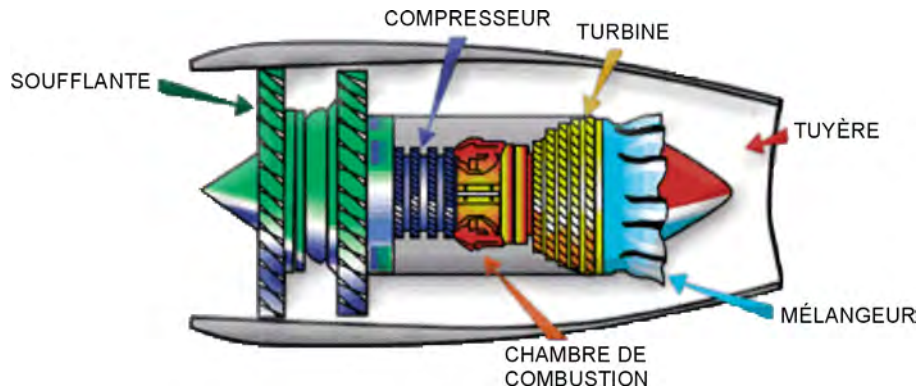
COMBUSTION



NASA Ultra Efficient Engine Technology (UEET). (2001). Extrait le 17 mars 2007 du site <http://www.ueet.nasa.gov/Engines101.html>

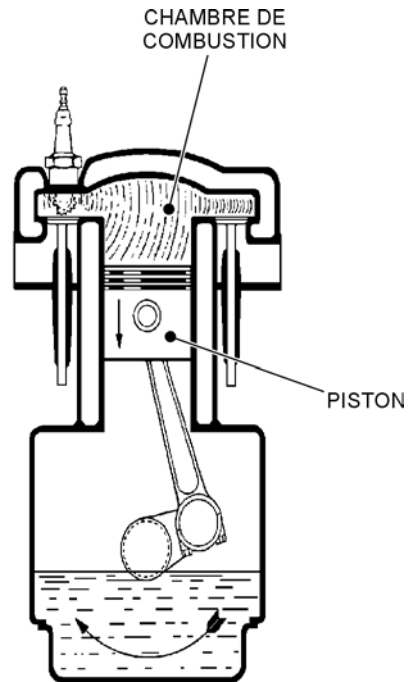
Figure B-1 Combustion

Emplacement de la combustion



NASA Ultra Efficient Engine Technology (UEET). (2001). Extrait le 17 mars 2007 du site <http://www.ueet.nasa.gov/Engines101.html>

Figure B-2 Emplacement de la chambre de combustion dans une turbine à gaz



A-CR-CCP-263/PT-001 (p. 53)

Figure B-3 Emplacement de la chambre de combustion dans un moteur à pistons



**CADETS DE L'AVIATION
ROYALE DU CANADA**

NIVEAU DE QUALIFICATION DEUX

GUIDE PÉDAGOGIQUE



SECTION 2

**OCOM M232.02 – IDENTIFIER LES COMPOSANTS
DES MOTEURS À PISTONS À COMBUSTION INTERNE**

Durée totale :

60 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-802/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 ou des documents de cours des figures A-1 à A-3, B-1, C-1 et D-1 respectivement.

Copier les documents de cours de la figure A-4 pour chaque cadet.

DEVOIR PRÉALABLE À LA LEÇON

S.O.

APPROCHE

L'exposé interactif a été choisi pour les PE1 à PE3 afin de présenter les composants des moteurs à combustion interne et donner un aperçu de ceux-ci.

Une activité en classe a été choisie pour le PE4, parce qu'il s'agit d'une façon interactive de stimuler l'esprit et l'intérêt des cadets.

INTRODUCTION

RÉVISION

S.O.

OBJECTIFS

À la fin de la présente leçon, le cadet doit être en mesure d'identifier les composants des moteurs à pistons à combustion interne.

IMPORTANCE

Il est important que les cadets apprennent les composants des moteurs à pistons à combustion interne pour pouvoir comprendre les principes subséquents et reliés à l'aviation.

Point d'enseignement 1**Identifier et expliquer le fonctionnement des principaux composants d'un moteur à pistons**

Durée : 25 min

Méthode : Exposé interactif

PRINCIPAUX COMPOSANTS D'UN MOTEUR À PISTONS

Présenter aux cadets un transparent ou un document de cours portant sur un moteur à pistons, qui se trouve à la figure A-1.

Cylindre. Pour comprendre la façon dont un moteur fonctionne, il est nécessaire de connaître d'abord ses composants. Le cylindre est le composant principal. C'est l'endroit où se produit la combustion d'un mélange d'essence et d'air.

Piston. Le piston se trouve dans le cylindre et est entraîné vers le haut et vers le bas par le mélange explosif d'air et de carburant.

Bielle. Le piston est relié au vilebrequin par l'entremise d'une bielle. La bielle est reliée au piston et au vilebrequin avec des paliers qui assurent le mouvement pour que le mouvement alternatif (haut et bas) du piston puisse être transformé en mouvement rotatif (tournant) du vilebrequin.

Vilebrequin. Tandis que le piston monte et descend, la bielle tourne autour du vilebrequin et le fait tourner. Le vilebrequin peut tourner pendant que le piston monte et descend.

Arbre à cames. Le vilebrequin fait souvent tourner un autre arbre qui s'appelle l'arbre à cames. Les cames sont des bosses sur l'arbre à cames qui ouvrent et ferment les soupapes d'admission et d'échappement au bon moment. Évidemment, le vilebrequin fait également tourner l'hélice d'un aéronef. Chaque cylindre a au moins un jeu de soupapes qui fonctionne grâce aux cames sur l'arbre à cames. La soupape d'admission s'ouvre pour laisser entrer le mélange d'essence et d'air dans le cylindre et se ferme ensuite. Une fois que cela est fait et que le mélange est brûlé, la soupape d'échappement s'ouvre pour libérer l'échappement et se ferme ensuite.

Distributeur. Le mélange d'essence et d'air est allumé par une bougie d'allumage. La plupart des aéronefs possèdent deux bougies d'allumage dans chaque cylindre. Le carburant prend du temps à brûler complètement. À cause de ce délai, l'étincelle doit s'allumer exactement au bon moment, soit une fraction de seconde avant que le piston ait atteint le haut de sa course. Dans un moteur à plusieurs cylindres, comme ceux qui se trouvent dans un aéronef, un signal électrique doit être envoyé à la bougie d'allumage de chaque cylindre exactement au bon moment. Le calage et la distribution d'allumage dépendent parfois d'un distributeur central qui fonctionne avec les pignons du vilebrequin. Si ce distributeur est défectueux, le moteur s'arrête. Une meilleure méthode, mais plus coûteuse, est de munir chaque cylindre de son propre système de calage et de distribution d'allumage.



Présenter aux cadets un transparent ou un document de cours portant sur un carburateur, qui se trouve à la figure A-2.

Carburateur. Avant que le carburant soit envoyé au cylindre aux fins d'explosion, il est mélangé avec une proportion exacte d'air. Un injecteur de carburant ou un carburateur exécute cette fonction. Pour une explosion efficace et un brûlage propre, le carburant doit être décomposé en fines gouttelettes et mélangé avec de l'air.

Carter d'huile. Les composants mobiles du moteur doivent tous être recouverts d'huile à moteur. L'huile est fournie sous pression pour s'assurer que tous les composants mobiles en sont recouverts. Un carter humide contient l'approvisionnement en huile dans le carter de moteur à l'aide du vilebrequin, tandis qu'un carter sec contient l'huile dans un réservoir séparé et fournit l'huile au moteur par le biais de canalisation.



Présenter aux cadets un transparent ou un document de cours portant sur le circuit de graissage du carter sec, qui se trouve à la figure A-3.



L'huile est circulée et réutilisée pour servir à d'autres fins que le graissage. Pendant que l'huile circule, elle nettoie le moteur en éliminant la saleté. Elle refroidit également le moteur en emportant la chaleur et améliore l'intégrité de la pression pour maintenir la chambre de combustion étanche à l'air.



Demander aux cadets de nommer les composants du moteur à pistons, qui se trouvent à la figure A-4.

CONFIRMATION DU POINT D'ENSEIGNEMENT 1

QUESTIONS

- Q1. À quel endroit la combustion a-t-elle lieu dans un moteur à pistons?
- Q2. Quelles sont les deux soupapes qui se trouvent dans un moteur à pistons?
- Q3. Pourquoi le piston monte-t-il et descend-il?

RÉPONSES ANTICIPÉES

- R1. Dans un moteur à pistons, la combustion se fait dans le cylindre.
- R2. Les moteurs à pistons se composent d'une soupape d'admission et d'une soupape d'échappement.
- R3. L'explosion du mélange d'air et de carburant entraîne les pistons vers le haut et vers le bas.

Point d'enseignement 2

Expliquer la différence entre les moteurs rotatifs et les moteurs en étoile

Durée : 5 min

Méthode : Exposé interactif

Certains anciens avions utilisaient des moteurs rotatifs dans lesquels les cylindres tournaient eux-mêmes autour du vilebrequin central stationnaire. Ceux-ci étaient différents des moteurs en étoile plus récents dans lesquels les cylindres stationnaires étaient placés autour du vilebrequin rotatif.

Plusieurs gros avions plus anciens comprenaient des moteurs en étoile. Dans ce modèle, les cylindres étaient placés en cercle à l'avant du moteur et la partie supérieure des cylindres pointait vers l'extérieur. Le vilebrequin passait au centre des cylindres vers l'avant de l'avion. Les moteurs en étoile se composaient de plusieurs cylindres; certains avions de la Seconde Guerre mondiale avaient 13 cylindres.



Présenter aux cadets un transparent ou un document de cours portant sur le moteur en étoile, qui se trouve à l'annexe B.

Même les aéronefs plus anciens, ceux d'avant et pendant la Première Guerre mondiale, avaient des moteurs rotatifs qui étaient différents. Par contre, ils étaient souvent confondus avec les moteurs en étoile qui sont arrivés plus tard. Dans le moteur rotatif, le vilebrequin était stationnaire et les cylindres tournaient autour du vilebrequin. C'est le contraire d'un moteur en étoile, car celui-ci a des cylindres stationnaires et un vilebrequin rotatif. La conception des moteurs rotatifs a été abandonnée, car on a constaté que le poids important des cylindres rotatifs nuisait au virage de l'aéronef en vol.

CONFIRMATION DU POINT D'ENSEIGNEMENT 2

QUESTIONS

- Q1. Dans un moteur rotatif, quel composant tourne et quel composant est stationnaire?
- Q2. Pourquoi la conception des moteurs rotatifs a-t-elle été abandonnée pour les aéronefs?
- Q3. De quelle façon les cylindres stationnaires étaient-ils placés dans un moteur en étoile d'un aéronef?

RÉPONSES ANTICIPÉES

- R1. Dans un moteur rotatif, les cylindres tournent et l'arbre d'entraînement est stationnaire.
- R2. La conception des moteurs rotatifs a été abandonnée, car on a constaté que le poids important des cylindres rotatifs nuisait au virage de l'aéronef en vol.
- R3. Dans les moteurs en étoile, les cylindres étaient placés en cercle à l'avant du moteur et la partie supérieure des cylindres pointait vers l'extérieur.

Point d'enseignement 3

Décrire les configurations de moteur d'aéronef

Durée : 10 min

Méthode : Exposé interactif

Il existe une variété de types de moteurs à combustion interne qui sont décrits par la façon dont les cylindres sont configurés.



Présenter aux cadets un transparent ou un document de cours portant sur le moteur à cylindres horizontaux opposés, qui se trouve à l'annexe C.

Le moteur à cylindres horizontaux opposés est utilisé le plus couramment dans les aéronefs d'aviation générale. Ce moteur a deux rangées de cylindres couchés qui sont opposées directement l'une à l'autre et qui fonctionnent sur le même vilebrequin. Il peut y avoir quatre, six ou huit cylindres. L'avantage de ce type de moteur est sa forme plate qui produit moins de traînée de forme. La traînée de forme est une force qui oppose le mouvement de l'aéronef dans l'air.



Présenter aux cadets un transparent ou un document de cours portant sur le moteur en ligne, qui se trouve à l'annexe D.

Certains aéronefs plus anciens ont des moteurs en ligne. C'était le premier type de moteur d'aéronef à être utilisé en grand nombre. Dans un moteur en ligne, les cylindres sont alignés en rangée de l'avant à l'arrière du moteur, la partie supérieure pointant vers le haut. Le vilebrequin passe sous les cylindres vers l'avant de l'aéronef.

CONFIRMATION DU POINT D'ENSEIGNEMENT 3

QUESTIONS

- Q1. De quelle façon les cylindres sont-ils placés dans un moteur en ligne?
- Q2. De quelle façon les cylindres sont-ils placés dans un moteur à cylindres horizontaux opposés?
- Q3. Pourquoi les moteurs à cylindres horizontaux opposés sont-ils le modèle de préférence pour les petits aéronefs?

RÉPONSES ANTICIPÉES

- R1. Dans un moteur en ligne, les cylindres sont alignés en rangée de l'avant à l'arrière du moteur.
- R2. Un moteur à cylindres horizontaux opposés comprend deux rangées de cylindres couchés qui sont opposées directement l'une à l'autre.
- R3. La forme plate d'un moteur à cylindres horizontaux opposés produit moins de traînée de forme.

Point d'enseignement 4

Jouer au jeu de base-ball à pistons

Durée : 15 min

Méthode : Activité en classe

ACTIVITÉ

OBJECTIF

L'objectif de cette activité est de demander aux cadets d'utiliser l'information apprise dans cette leçon pour jouer à un jeu qui permet de passer le sujet en revue.

RESSOURCES

- Liste de questions et de réponses qui se trouve à l'annexe E,
- Une pièce de monnaie,
- Un gros dé,
- Une affiche de carton de couleur, et
- Du ruban-cache.

DÉROULEMENT DE L'ACTIVITÉ

Disposer la salle de classe de façon à en faire un terrain de base-ball avec des buts en carton reliés aux lignes de fond à l'aide de ruban-cache.

INSTRUCTIONS SUR L'ACTIVITÉ

- Pour ce jeu de révision, l'instructeur agit en tant que « lanceur », « arbitre » et « marqueur ».
- Deux équipes sont choisies et chacune s'assoit dans les « abris des joueurs » fait de chaises sur les lignes de fond opposées, en « ordre de frappeurs ». Les équipes tirent à pile ou face pour déterminer laquelle ira au bâton en premier.
- L'instructeur « lance » une question au premier frappeur. Les coéquipiers peuvent donner des indices au frappeur, mais ce dernier doit choisir la réponse.
- Si la réponse est incorrecte, le frappeur est retiré.
- Si la réponse est correcte, le frappeur lance le dé. Si le dé présente un, deux ou trois, le joueur se dirige au premier, deuxième ou troisième but respectivement. Un quatre représente un coup de circuit.
- Un cinq équivaut à une fausse balle, alors le joueur doit répondre à une autre question. Il y a deux façons de se faire retirer : en répondant incorrectement à la question ou en obtenant un six au lancé du dé.
- Les joueurs qui se trouvent sur les buts sont « forcés » d'avancer par le coureur suivant et obtiennent un point s'ils se rendent au marbre.
- Après trois retraits, c'est à l'autre équipe d'aller au bâton.
- Lorsqu'une équipe obtient cinq points, c'est à l'équipe suivante d'aller au bâton.
- Le processus est répété jusqu'à ce que le temps alloué pour le jeu soit écoulé.

MESURES DE SÉCURITÉ

S.O.

CONFIRMATION DU POINT D'ENSEIGNEMENT 4

La participation des cadets à l'activité servira de confirmation de l'apprentissage de ce PE.

CONFIRMATION DE FIN DE LEÇON

QUESTIONS

- Q1. À quel endroit la combustion se fait-elle dans un moteur à pistons?
- Q2. De quelle façon les cylindres stationnaires étaient-ils placés dans un moteur en étoile d'un aéronef?
- Q3. Pourquoi les moteurs à cylindres horizontaux opposés sont-ils le modèle de préférence pour les petits aéronefs?

RÉPONSES ANTICIPÉES

- R1. Dans un moteur à pistons, la combustion se fait dans le cylindre.
- R2. Dans les moteurs en étoile, les cylindres étaient placés en cercle à l'avant du moteur et la partie supérieure des cylindres pointait vers l'extérieur.
- R3. La forme plate d'un moteur à cylindres horizontaux opposés produit moins de traînée de forme.

CONCLUSION

DEVOIR/LECTURE/PRATIQUE

S.O.

MÉTHODE D'ÉVALUATION

S.O.

OBSERVATIONS FINALES

La production et le contrôle de la puissance sont seulement limités par notre imagination; ainsi, depuis plus de 100 ans, les moteurs d'aéronef sont constamment améliorés par de nouvelles conceptions.

COMMENTAIRES/REMARQUES À L'INSTRUCTEUR

Si l'instructeur dispose d'un ordinateur et d'un projecteur, il peut se servir d'un logiciel qui permet de faire la démonstration du fonctionnement du moteur. Celui-ci se trouve aux sites Web indiqués au paragraphe 7c de la section Documents de référence.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

C3-003 (ISBN 0-943210-44-5) Pike, B. et Busse, C. (1995). *101 More Games for Trainers*. Minneapolis, MN, Lakewood Books.

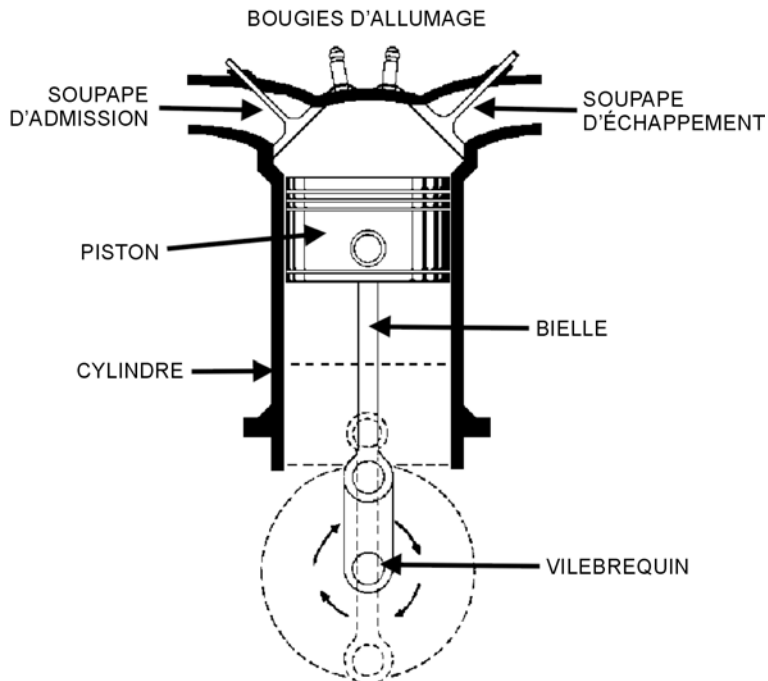
C3-086 NASA Glenn Research Center. *Engines 101*. Extrait le 21 février 2007 du site <http://www.grc.nasa.gov/WWW/K-12/airplane/icengine.html>.

C3-087 NASA Glenn Research Center. *Propulsion Index*. Extrait le 21 février 2007 du site <http://www.grc.nasa.gov/WWW/K-12/airplane/shortp.html>.

C3-116 A-CR-CCP-263/PT-001/(ISBN 0-9680390-5-7) MacDonald, A. F. et Peppler, I. L. (2000). *Entre ciel et terre : édition du millénaire*. Ottawa, ON, Aviation Publishers Co. Limited.

CETTE PAGE EST INTENTIONNELLEMENT LAISSÉE EN BLANC

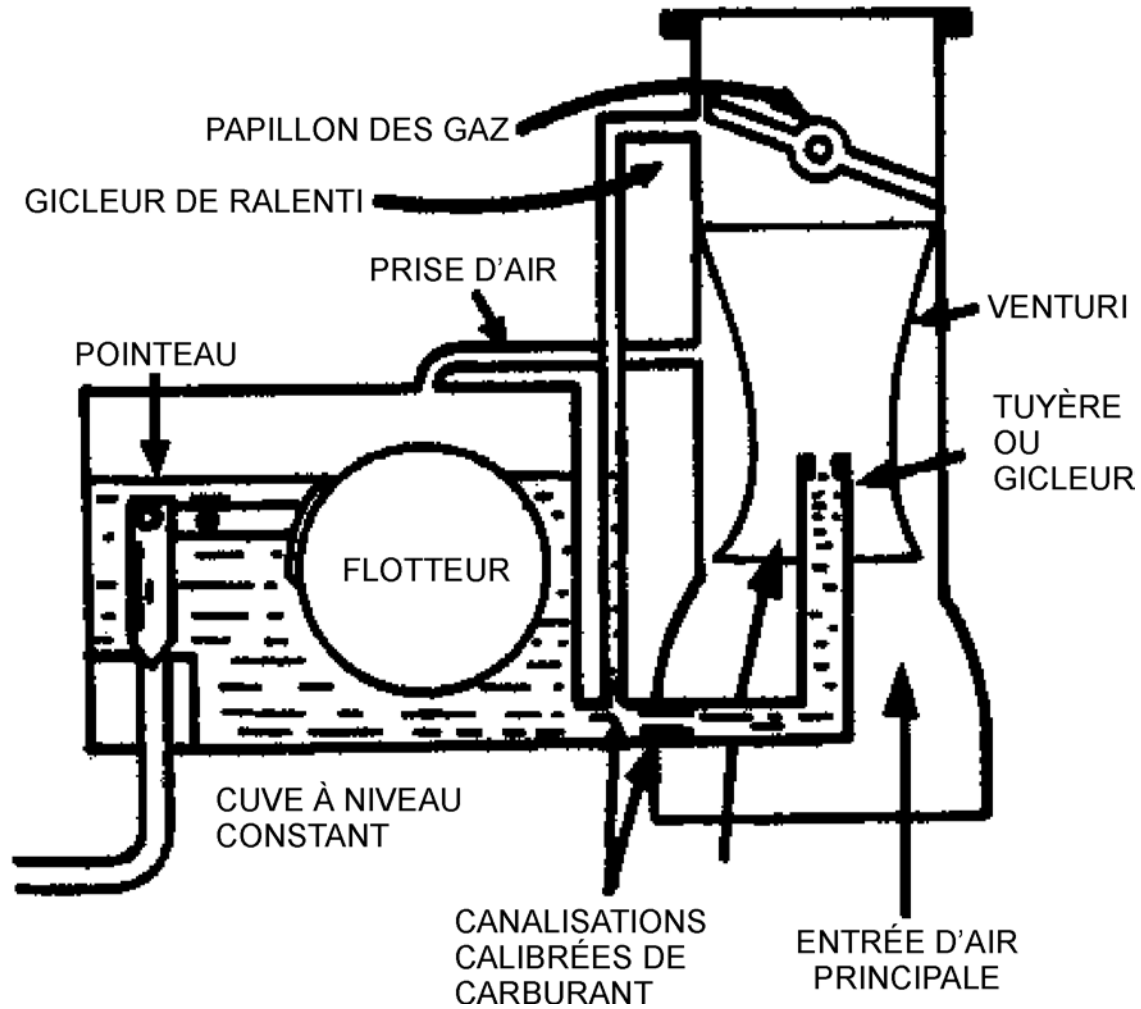
IDENTIFICATION DES COMPOSANTS DES MOTEURS À COMBUSTION INTERNE D'UN AÉRONEF À MOTEUR À PISTONS



A-CR-CCP-263/PT-001 (p. 53)

Figure A-1 Moteur à pistons à combustion interne

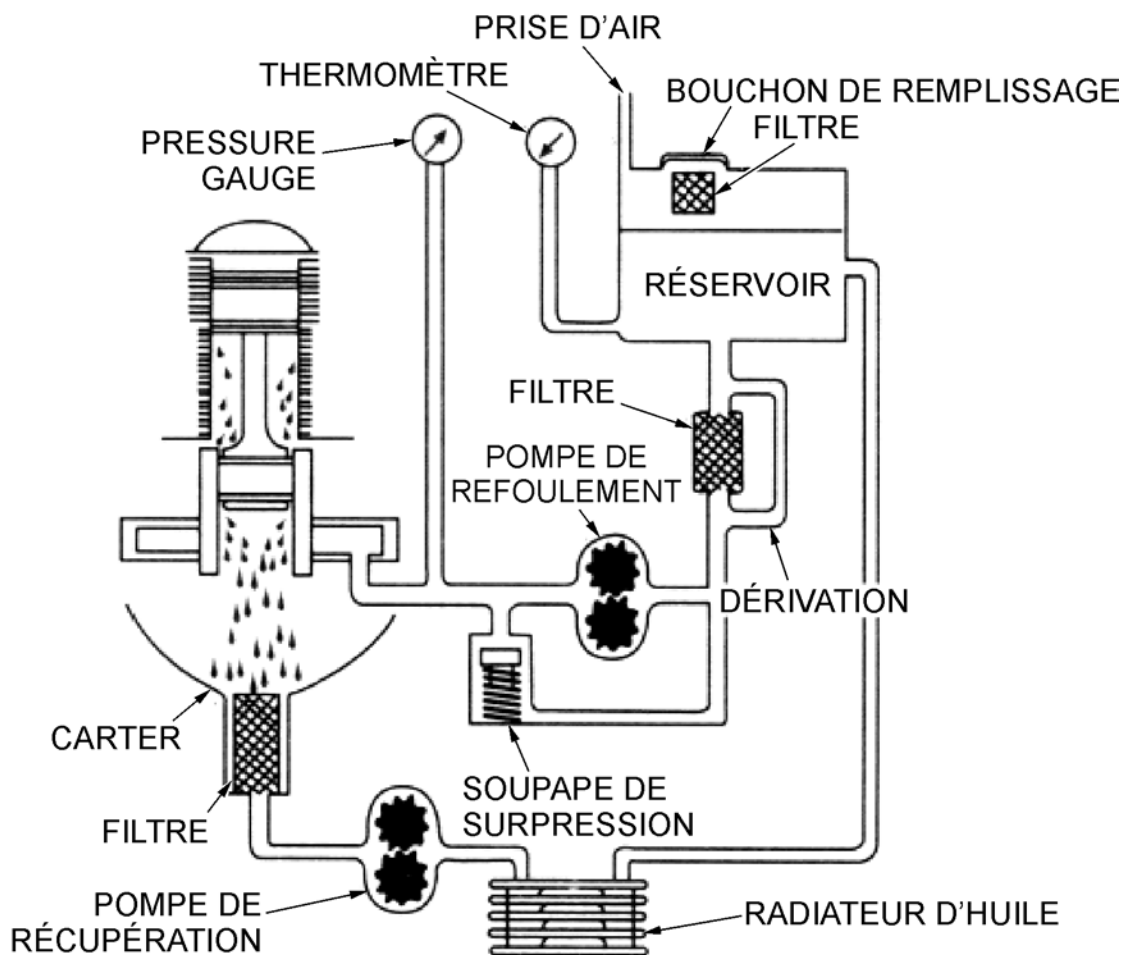
CARBURATEUR



A-CR-CCP-263/PT-001 (p. 62)

Figure A-2 Composants du carburateur

CIRCUIT DE GRAISSAGE DU CARTER SEC

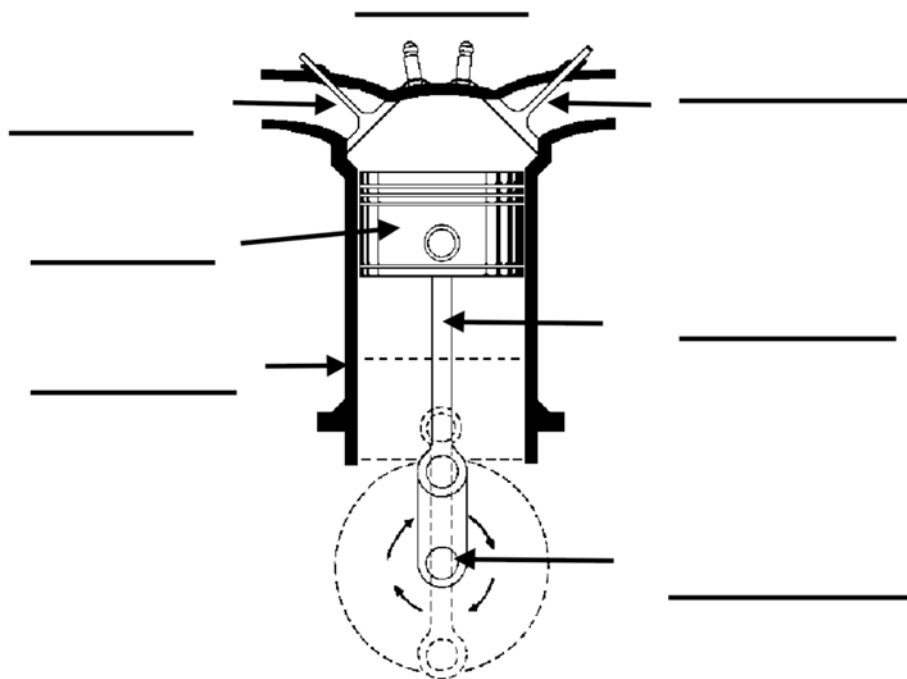


A-CR-CCP-263/PT-001 (p. 62)

Figure A-3 Graissage du moteur

INDIQUER AU BON ENDROIT LE NOM DES
 COMPOSANTS DU MOTEUR À COMBUSTION
 INTERNE.

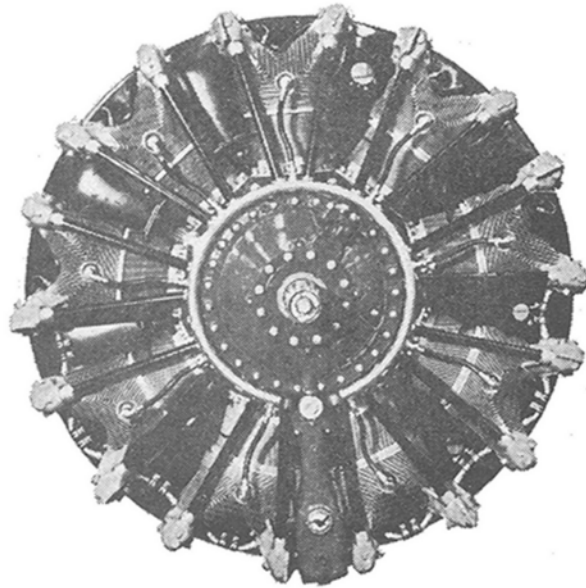
NOM : _____



A-CR-CCP-263/PT-001 (p. 53)

Figure A-4 Identification des composants du moteur

MOTEUR EN ÉTOILE

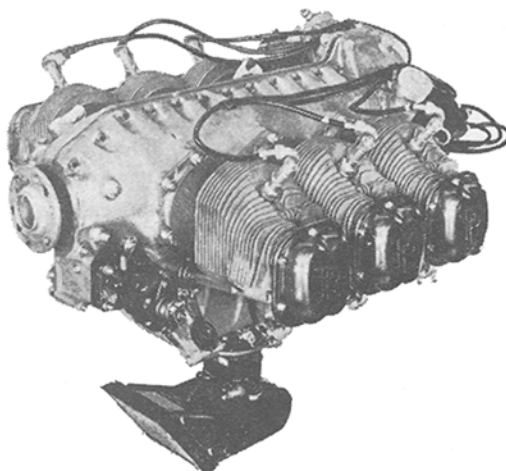


A-CR-CCP-263/PT-001 (p. 52)

Figure B-1 Configuration du moteur en étoile

CETTE PAGE EST INTENTIONNELLEMENT LAISSÉE EN BLANC

MOTEUR À CYLINDRES HORIZONTAUX OPPOSÉS

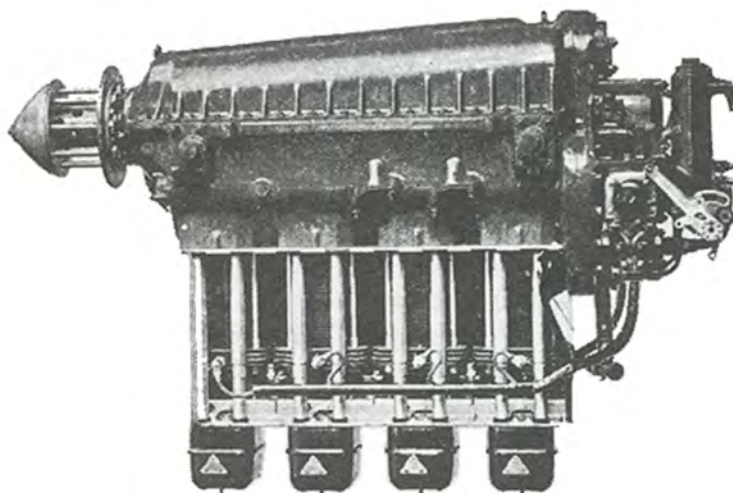


A-CR-CCP-263/PT-001 (p. 52)

Figure C-1 Configuration du moteur à cylindres horizontaux opposés

CETTE PAGE EST INTENTIONNELLEMENT LAISSÉE EN BLANC

MOTEUR EN LIGNE



A-CR-CCP-263/PT-001 (p. 52)

Figure D-1 Configuration du moteur en ligne

CETTE PAGE EST INTENTIONNELLEMENT LAISSÉE EN BLANC

QUESTIONS ET RÉPONSES POUR LE JEU DE BASE-BALL À PISTONS DU PE4

QUESTIONS

- Q1. À quel endroit la combustion se fait-elle lieu dans un moteur à pistons?
- Q2. Quelles sont les deux soupapes qui se trouvent dans un moteur à pistons?
- Q3. Pourquoi le piston monte-t-il et descend-il?
- Q4. Dans un moteur rotatif, quel composant tourne et quel composant est stationnaire?
- Q5. Pourquoi la conception des moteurs rotatifs a-t-elle été abandonnée pour les avions?
- Q6. De quelle façon les cylindres stationnaires étaient-ils placés dans un moteur en étoile d'un avion?
- Q7. De quelle façon les cylindres sont-ils placés dans un moteur en ligne?
- Q8. De quelle façon les cylindres sont-ils placés dans un moteur à cylindres horizontaux opposés?
- Q9. Pourquoi les moteurs à cylindres horizontaux opposés sont-ils le modèle de préférence pour les petits avions?

RÉPONSES PRÉVUES

- R1. Dans un moteur à pistons, la combustion se fait dans le cylindre.
- R2. Les moteurs à pistons se composent d'une soupape d'admission et d'une soupape d'échappement.
- R3. L'explosion du mélange d'air et de carburant entraîne les pistons vers le haut et vers le bas.
- R4. Dans un moteur rotatif, les cylindres tournent et l'arbre d'entraînement est stationnaire.
- R5. La conception des moteurs rotatifs a été abandonnée, car on a constaté que le poids important des cylindres rotatifs nuisait au virage de l'avion en vol.
- R6. Dans les moteurs en étoile, les cylindres étaient placés en cercle à l'avant du moteur et la partie supérieure des cylindres pointait vers l'extérieur.
- R7. Dans un moteur en ligne, les cylindres sont alignés en rangée de l'avant à l'arrière du moteur.
- R8. Un moteur à cylindres horizontaux opposés comprend deux rangées de cylindres couchés qui sont opposées directement l'une à l'autre.
- R9. La forme plate d'un moteur à cylindres horizontaux opposés produit moins de traînée de forme.

CETTE PAGE EST INTENTIONNELLEMENT LAISSÉE EN BLANC



**CADETS DE L'AVIATION
ROYALE DU CANADA**

NIVEAU DE QUALIFICATION DEUX

GUIDE PÉDAGOGIQUE



SECTION 3

OCOM M232.03 – EXPLIQUER LES CYCLES D'UN MOTEUR À PISTONS À QUATRE TEMPS

Durée totale :

60 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-802/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.

Faire des transparents ou photocopier les documents de cours, qui se trouvent aux figures A-1 à A-6, pour chaque cadet.

Faire des copies des documents de cours, qui se trouvent à la figure B-1, pour chaque cadet.

DEVOIR PRÉALABLE À LA LEÇON

S.O.

APPROCHE

L'exposé interactif a été choisi pour les PE1 à PE4 afin de présenter les cycles du moteur à pistons à quatre temps et donner un aperçu de ceux-ci.

Une activité en classe a été choisie pour le PE5, parce qu'il s'agit d'une façon interactive de stimuler l'esprit et l'intérêt des cadets.

INTRODUCTION

RÉVISION

S.O.

OBJECTIFS

À la fin de cette leçon, le cadet doit être en mesure d'expliquer les cycles du moteur à pistons à quatre temps.

IMPORTANCE

Il est important que les cadets apprennent les cycles du moteur à pistons à quatre temps pour comprendre la façon dont un aéronef fonctionne.

Point d'enseignement 1**Expliquer les fonctions des courses d'un piston à quatre temps**

Durée : 15 min

Méthode : Exposé interactif

LES COURSES DU MOTEUR À PISTONS À QUATRE TEMPS

Les pièces d'un moteur fonctionnent ensemble dans un cycle pour faire tourner l'hélice d'un aéronef. Dans la plupart des moteurs d'aéronef, ce cycle comprend quatre étapes distinctes qui s'appellent des « courses » :

- l'admission aspire le carburant et l'air dans le cylindre;
- la compression force le carburant et l'air dans la chambre de combustion;
- la combustion transmet l'énergie de l'explosion de carburant au vilebrequin; et
- l'échappement nettoie le cylindre des gaz d'échappement et le prépare pour l'admission suivante.



Le piston fait quatre courses (deux vers le haut et deux vers le bas) pour effectuer un cycle. Pendant cette opération, le vilebrequin fait deux révolutions complètes.

L'admission (induction)

Présenter aux cadets un transparent ou remettre un document de cours portant sur l'admission, qui se trouve à la figure A-1.

Pendant la première course (admission), la soupape d'admission s'ouvre pour laisser entrer le mélange d'essence et d'air dans le cylindre et le piston se déplace vers le bas pour aspirer le mélange dans le cylindre. La soupape d'échappement est fermée pendant cette course.

La compression

Présenter aux cadets un transparent ou remettre un document de cours portant sur la compression, qui se trouve à la figure A-2.

Dans la deuxième course (compression), les deux soupapes sont fermées pendant que le piston se déplace vers le haut pour comprimer le mélange.

La combustion (combustion)

Présenter aux cadets un transparent ou remettre un document de cours portant sur la combustion, qui se trouve à la figure A-3.

Dans la troisième course (combustion), les deux soupapes restent fermées pendant que la bougie d'allumage enflamme l'essence, qui brûle, se gonfle et force le piston à redescendre.

L'échappement



Présenter aux cadets un transparent ou remettre un document de cours portant sur l'échappement, qui se trouve à la figure A-4.

Dans la quatrième course (échappement), la soupape d'échappement est ouverte pour laisser s'échapper les gaz brûlés pendant que la soupape d'admission est fermée. Le piston remonte à nouveau pour forcer les gaz brûlés à sortir par la soupape d'échappement ouverte.



Présenter aux cadets un transparent ou remettre un document de cours portant sur les quatre courses du moteur à pistons, qui se trouve à la figure A-5.

Après l'échappement, le processus complet est refait des milliers de fois par minute, ce qui permet au vilebrequin de faire tourner l'hélice de l'aéronef.

CONFIRMATION DU POINT D'ENSEIGNEMENT 1

QUESTIONS

- Q1. Que doit-il se produire entre la combustion et l'échappement?
- Q2. Que doit-il se produire avant que la combustion puisse avoir lieu?
- Q3. Combien y a-t-il de révolutions complètes du vilebrequin dans les quatre courses?

RÉPONSES ANTICIPÉES

- R1. Entre la combustion et l'échappement, la soupape d'échappement doit s'ouvrir.
- R2. Le carburant et l'air doivent être aspirés, toutes les soupapes doivent être fermées et la bougie d'allumage doit s'allumer.
- R3. Le vilebrequin effectue deux révolutions complètes dans les quatre courses (deux vers le bas et deux vers le haut).

Point d'enseignement 2

Identifier et expliquer le fonctionnement des soupapes et des arbres à cames

Durée : 5 min

Méthode : Exposé interactif

Les autres composants importants des moteurs à pistons à combustion interne à quatre temps sont les systèmes à cames qui assurent le fonctionnement des soupapes.



Présenter aux cadets un transparent ou remettre un document de cours portant sur le mécanisme à cames et à soupapes, qui se trouve à la figure A-6.

Puisque le vilebrequin tourne en même temps que les mouvements du piston, sa rotation sert à donner des signaux aux soupapes leur indiquant à quel moment s'ouvrir. La méthode courante est que le vilebrequin fasse tourner un arbre secondaire (arbre à cames) muni de cames ou de lobes élevés à sa surface. La came est d'une telle forme qu'elle force mécaniquement l'ouverture de sa soupape correspondante; il y a plusieurs façons de disposer mécaniquement cette configuration, c.-à-d. exactement à la bonne position au bon moment.



Le vilebrequin fournit l'information de calage aux soupapes en utilisant les cames de l'arbre à cames pour forcer l'ouverture des soupapes. L'arbre à cames est généralement relié au vilebrequin par des pignons.

CONFIRMATION DU POINT D'ENSEIGNEMENT 2

QUESTIONS

- Q1. De quel composant du moteur provient d'abord le calage des soupapes?
- Q2. Qu'est-ce qui force l'ouverture des soupapes à la bonne position au bon moment?
- Q3. De quelle façon l'information de calage se rend-elle généralement du vilebrequin à la came?

RÉPONSES ANTICIPÉES

- R1. Le calage des soupapes provient d'abord du vilebrequin.
- R2. Une came d'un arbre à cames en rotation force l'ouverture des soupapes à la bonne position au bon moment.
- R3. Le vilebrequin fournit l'information de calage aux soupapes en utilisant les cames d'un arbre à cames pour forcer l'ouverture des soupapes. L'arbre à cames est généralement relié au vilebrequin par des pignons.

Point d'enseignement 3

Expliquer le calage de la distribution de l'étincelle d'allumage électrique

Durée : 10 min

Méthode : Exposé interactif

Un brûlage efficace et complet prend du temps. Bien qu'une explosion comme celle qui se produit dans le cylindre d'un moteur à pistons semble se produire instantanément, un certain temps est tout de même requis. Le moteur tourne très vite, des milliers de révolution par minute, alors le délai est très court. Pour s'assurer que le carburant est complètement brûlé et que toute l'énergie du carburant est récupérée, l'étincelle qui débute l'explosion doit être envoyée pendant que le piston est toujours en train de monter dans la compression. Si l'étincelle arrive pendant la combustion, il n'y a pas suffisamment de temps pour brûler le carburant complètement et le carburant non brûlé s'échappe. Cela entraîne donc une dépense inutile de carburant et contribue à la pollution de l'environnement sous forme de fumée bleue. Par conséquent, le calage du signal électrique de la bougie d'allumage doit être exact.



Les bougies d'allumage de chaque cylindre doivent recevoir le signal électrique pendant que le piston monte et avant la fin de la compression.

Le calage de la distribution de l'étincelle provient également du vilebrequin, par l'entremise d'un système de pignons qui fournit un calage brut ou approximatif. La précision est tellement importante qu'un technicien mesure généralement le calage de l'étincelle avec des outils électroniques pour assurer la précision pendant les mises au point du moteur.

CONFIRMATION DU POINT D'ENSEIGNEMENT 3

QUESTIONS

- Q1. Pourquoi l'étincelle est-elle envoyée au cylindre tôt, pendant la compression?
- Q2. D'où provient le calage de l'étincelle?
- Q3. Combien de révolutions par minute un moteur en marche fait-il?

RÉPONSES ANTICIPÉES

- R1. L'étincelle est envoyée tôt, car le brûlage complet du carburant prend du temps.
- R2. Le calage de l'étincelle provient du vilebrequin.
- R3. Un moteur en marche effectue des milliers de révolutions par minute.

Point d'enseignement 4

Expliquer que toutes les étapes de fonctionnement du moteur doivent se produire en ordre

Durée : 10 min

Méthode : Exposé interactif

Les étapes de fonctionnement du moteur doivent se produire exactement en ordre. Plus d'une étape de fonctionnement doit souvent se produire simultanément. Par exemple, l'étincelle doit être envoyée au cylindre pendant que les deux soupapes sont fermées. Une étincelle envoyée à un cylindre chargé lorsqu'une soupape est ouverte causera un « retour de flamme ». La combustion sera perdue et la soupape sera brûlée ou même brisée.



Présenter aux cadets un transparent ou remettre un document de cours portant sur les quatre courses du moteur à pistons à quatre temps, qui se trouve à la figure A-5.

Le fonctionnement d'un moteur doit se produire de la façon suivante :

- Le mélange d'air et de carburant doit être disponible pour tous les cylindres, en même temps, dans un moteur à plusieurs cylindres.
- L'admission du piston doit se produire lorsque la soupape d'admission est ouverte et la soupape d'échappement est fermée.
- La compression du piston doit se produire lorsque les deux soupapes sont fermées.
- Les signaux électriques doivent être envoyés aux bougies d'allumage juste avant que le piston complète sa combustion, lorsque les deux soupapes sont fermées.
- La combustion du piston doit se produire lorsque les deux soupapes sont fermées.
- L'échappement du piston doit se produire lorsque la soupape d'échappement est ouverte et la soupape d'admission est fermée.
- L'arbre à cames doit forcer l'ouverture et la fermeture de chaque soupape au bon moment.



Pour un bon fonctionnement, le calage des soupapes et de l'étincelle doit être précis pour tous les cylindres.



Distribuer des copies de la figure B-1 et demander aux cadets d'inscrire le nom des courses montrées.

CONFIRMATION DU POINT D'ENSEIGNEMENT 4

QUESTIONS

- Q1. Pendant quelles courses les deux soupapes sont-elles fermées?
- Q2. Pendant quelles courses une soupape est-elle ouverte?
- Q3. Qu'est-ce qui cause un retour de flamme?

RÉPONSES ANTICIPÉES

- R1. Les deux soupapes sont fermées pendant la compression et la combustion.
- R2. Pendant l'admission, la soupape d'admission est ouverte; pendant l'échappement, la soupape d'échappement est ouverte.
- R3. Un retour de flamme est causé par une étincelle envoyée à un cylindre chargé lorsqu'une soupape est ouverte.

Point d'enseignement 5

Jouer le rôle d'un moteur à pistons à quatre temps

Durée : 15 min

Méthode : Activité en classe

ACTIVITÉ

OBJECTIF

L'objectif de cette activité est que les cadets mettent en pratique leurs connaissances au sujet des cycles du moteur à pistons à quatre temps en jouant le rôle des cycles en ordre.

RESSOURCES

S.O.

DÉROULEMENT DE L'ACTIVITÉ

S.O.

INSTRUCTIONS SUR L'ACTIVITÉ

Diviser les cadets en équipes de six, composées de :

- Un cadet jouant le rôle du piston,
- Un cadet jouant le rôle du vilebrequin,
- Un cadet jouant le rôle de la soupape d'admission,
- Un cadet jouant le rôle de la soupape d'échappement,

- Un cadet jouant le rôle de l'arbre à cames, et
- Un cadet jouant le rôle de la bougie d'allumage.

Demander aux cadets de reproduire les cycles du moteur à pistons à quatre temps de la façon suivante :

1. Demander à cinq cadets de former un cercle debout autour du piston assis.
2. Pendant que le vilebrequin appelle les courses successivement (admission, compression, combustion et échappement), le piston baisse et lève les deux mains en conséquence.
3. L'arbre à cames pointe vers chaque soupape lorsqu'elle doit être ouverte.
4. Chaque soupape ouvre grand les bras lorsqu'elle est ouverte et remet ses bras de chaque côté lorsqu'elle est fermée.
5. La bougie d'allumage serre la tête du piston juste avant la fin de la compression (avant que les tiges du piston soient complètement levées), lorsque les deux soupapes sont fermées.
6. La séquence complète est recommencée aussi rapidement que possible jusqu'à ce qu'il y ait une erreur.

MESURES DE SÉCURITÉ

S.O.

CONFIRMATION DU POINT D'ENSEIGNEMENT 5

La participation des cadets à l'activité servira de confirmation de l'apprentissage de ce PE.

CONFIRMATION DE FIN DE LEÇON

QUESTIONS

- Q1. Quelle est la première course d'un moteur à pistons à quatre temps et qu'est-ce qu'elle fait?
- Q2. Quelle est la deuxième course d'un moteur à pistons à quatre temps et qu'est-ce qu'elle fait?
- Q3. Quelle est la troisième course d'un moteur à pistons à quatre temps et qu'est-ce qu'elle fait?
- Q4. Quelle est la quatrième course d'un moteur à pistons à quatre temps et qu'est-ce qu'elle fait?

RÉPONSES ANTICIPÉES

- R1. L'admission aspire le carburant et l'air dans le cylindre.
- R2. La compression force le carburant et l'air dans la chambre de combustion.
- R3. La combustion transmet l'énergie de l'explosion de carburant au vilebrequin.
- R4. L'échappement nettoie le cylindre des gaz d'échappement et le prépare pour la course d'admission suivante.

CONCLUSION

DEVOIR/LECTURE/PRATIQUE

S.O.

MÉTHODE D'ÉVALUATION

S.O.

OBSERVATIONS FINALES

Le moteur à pistons à quatre temps est celui dont le fonctionnement est le plus complexe de tous les moteurs qui sont étudiés dans le programme des cadets de l'Air. Ce type de moteur est de loin le type le plus commun que les cadets rencontreront dans le domaine de l'aviation, ainsi qu'à plusieurs autres endroits, comme les tondeuses, les automobiles et les bateaux.

COMMENTAIRES/REMARQUES À L'INSTRUCTEUR

Si l'escadron dispose d'un ordinateur et d'un projecteur, il peut se servir du logiciel qui permet de faire la démonstration du fonctionnement du moteur et qui se trouve au site Web indiqué sous C3-086 dans la section Documents de référence.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

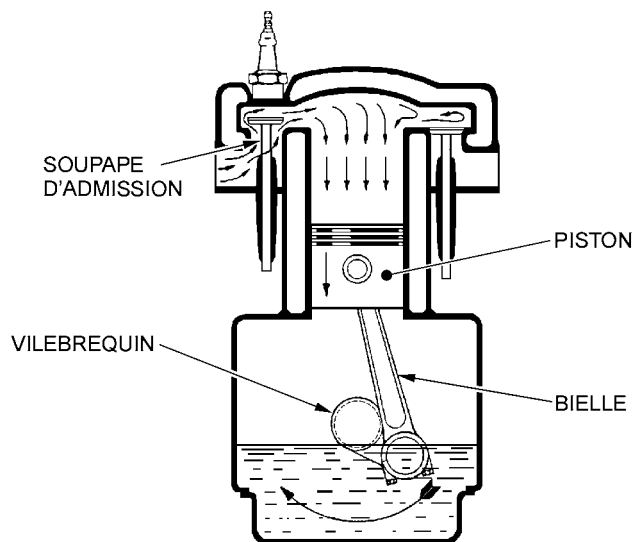
C3-086 NASA Glenn Research Center. *Engines 101*. Extrait le 21 février 2007 du site <http://www.grc.nasa.gov/WWW/K-12/airplane/icengine.html>.

C3-087 NASA Glenn Research Center. *Propulsion Index*. Extrait le 21 février 2007 du site <http://www.grc.nasa.gov/WWW/K-12/airplane/shortp.html>.

C3-116 A-CR-CCP-263/PT-001/(ISBN 0-9680390-5-7) MacDonald, A. F. et Peppler, I. L. (2000). *Entre ciel et terre : édition du millénaire*. Ottawa, ON, Aviation Publishers Co. Limited.

CYCLES D'UN MOTEUR

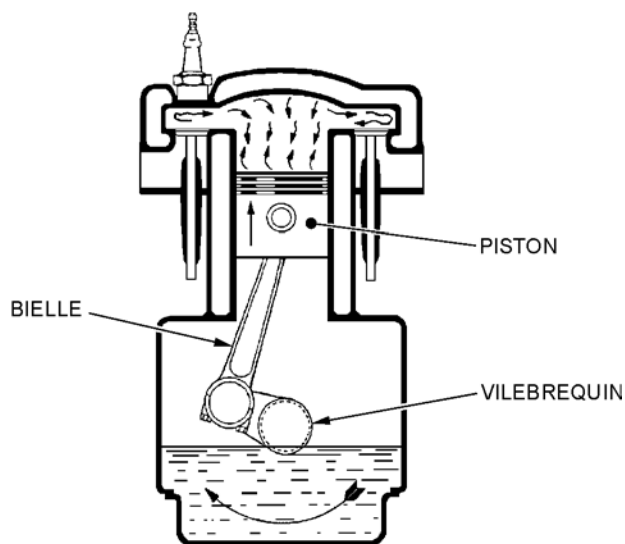
ADMISSION



Cadets Canada : URSC Pacifique, 2007, Plans de leçon principal des cadets de l'Air. Extrait le 7 mars 2007 du site http://www.regions.cadets.ca/pac/aircad/resources/mlp_air_e.asp

Figure A-1 Admission

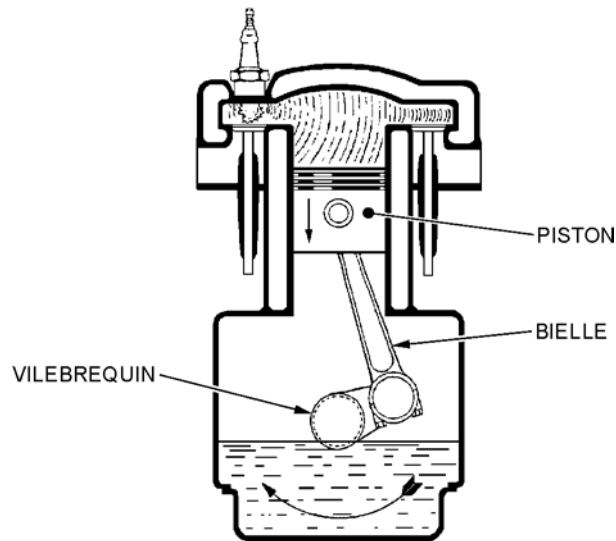
COMPRESSION



Cadets Canada : URSC Pacifique, 2007, Plans de leçon principal des cadets de l'Air. Extrait le 7 mars 2007 du site http://www.regions.cadets.ca/pac/aircad/resources/mlp_air_e.asp

Figure A-2 Compression

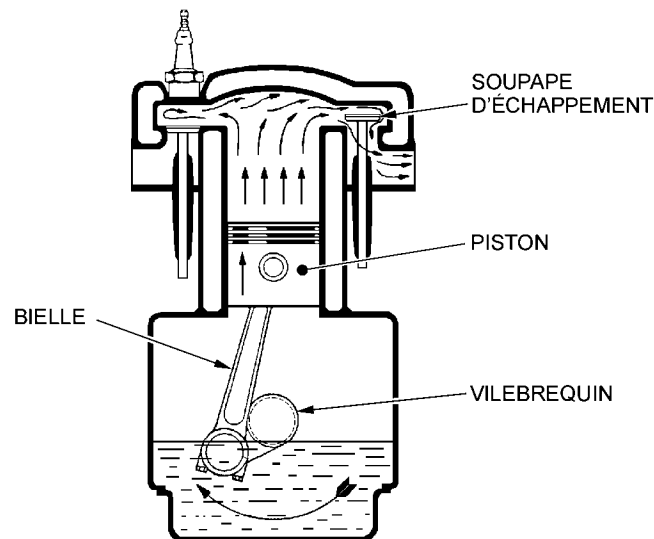
COMBUSTION



Cadets Canada : URSC Pacifique, 2007, Plans de leçon principal des cadets de l'Air. Extrait le 7 mars 2007 du site http://www.regions.cadets.ca/pac/aircad/resources/mlp_air_e.asp

Figure A-3 Combustion

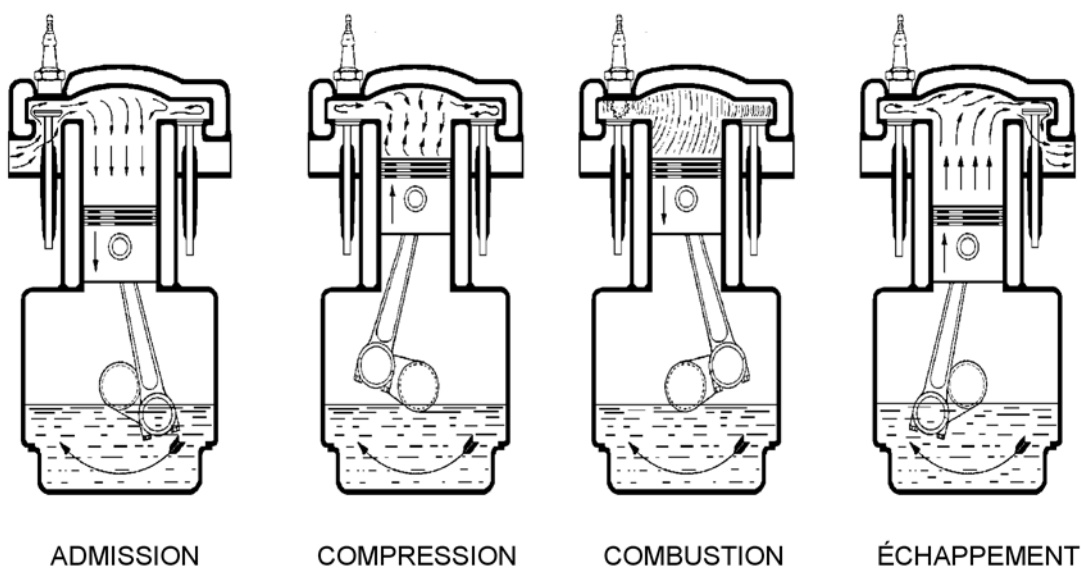
ÉCHAPPEMENT



Cadets Canada : URSC Pacifique, 2007, Plans de leçon principal des cadets de l'Air. Extrait le 7 mars 2007 du site http://www.regions.cadets.ca/pac/aircad/resources/mlp_air_e.asp

Figure A-4 Échappement

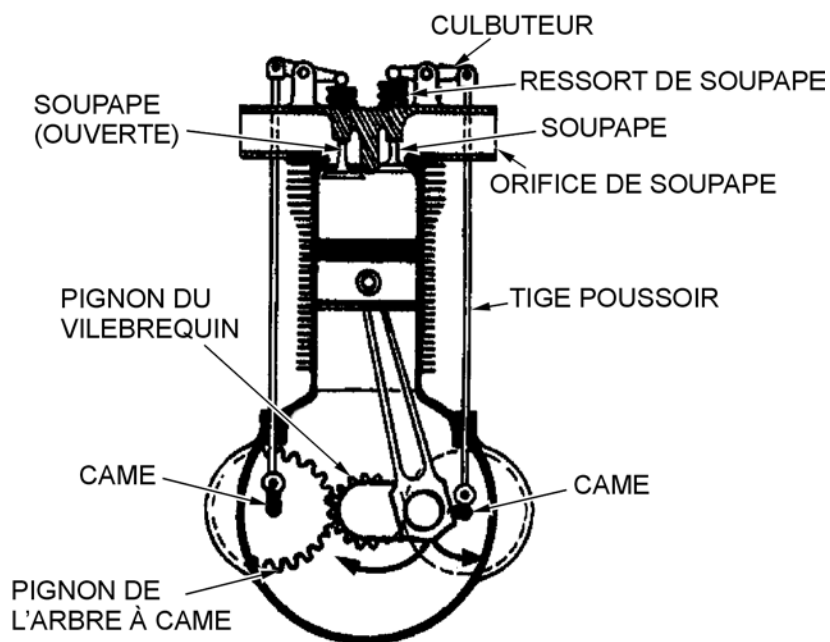
CYCLES À QUATRE TEMPS



Cadets Canada : URSC Pacifique, 2007, Plans de leçon principal des cadets de l'Air. Extrait le 7 mars 2007 du site http://www.regions.cadets.ca/pac/aircad/resources/mlp_air_e.asp

Figure A-5 Cycles d'un moteur à pistons à quatre temps

MÉCANISME DE SOUPAPES



A-CR-CCP-263/PT-001 (p. 56)

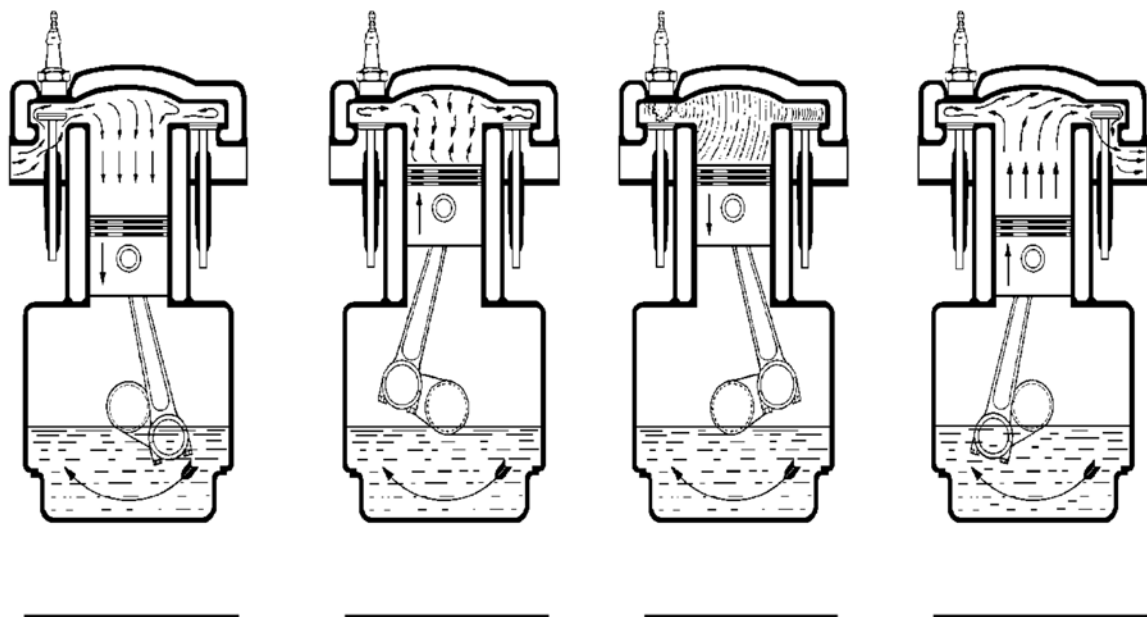
Figure A-6 Mécanisme de soupapes

CETTE PAGE EST INTENTIONNELLEMENT LAISSÉE EN BLANC

ACTIVITÉ POUR IDENTIFIER LES DIFFÉRENTS CYCLES

INDIQUER LE NOM DE CHAQUE COURSE
AU BON ENDROIT.

NOM : _____



*Cadets Canada : URSC Pacifique, 2007, Plans de leçon principal des cadets de l'Air. Extrait
le 7 mars 2007 du site http://www.regions.cadets.ca/pac/aircad/resources/mlp_air_e.asp*

Figure B-1 Identifier les temps

CETTE PAGE EST INTENTIONNELLEMENT LAISSÉE EN BLANC



**CADETS DE L'AVIATION
ROYALE DU CANADA**

NIVEAU DE QUALIFICATION DEUX

GUIDE PÉDAGOGIQUE



SECTION 4

**OCOM M232.04 – RECONNAÎTRE LES FONCTIONS DE
L'HUILE DANS UN MOTEUR À PISTONS À QUATRE TEMPS**

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-802/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.

Faire un transparent ou un document de cours de la figure A-1.

Faire des copies du document de cours de la figure B-1 pour chaque cadet.

DEVOIR PRÉALABLE À LA LEÇON

S.O.

APPROCHE

L'exposé interactif a été choisi pour le PE1 et les PE3 à PE5 pour présenter les fonctions de l'huile dans un moteur à pistons à quatre temps et pour donner un aperçu de celles-ci.

Une activité en classe a été choisie pour le PE2, parce qu'il s'agit d'une façon interactive de stimuler l'esprit et l'intérêt des cadets.

INTRODUCTION

RÉVISION

S.O.

OBJECTIFS

À la fin de cette leçon, le cadet doit être en mesure de reconnaître les fonctions de l'huile dans un moteur à pistons à quatre temps.

IMPORTANCE

Il est important que les cadets apprennent les quatre fonctions de l'huile, car une huile particulière est nécessaire au fonctionnement efficace et à l'entretien des moteurs qui sont tellement essentiels à l'aviation.

Point d'enseignement 1**Expliquer que l'huile lubrifie le moteur**

Durée : 5 min

Méthode : Exposé interactif



Présenter aux cadets un transparent ou un document de cours portant sur les fonctions de l'huile, qui se trouve à l'annexe A.

L'huile joue un rôle important dans le fonctionnement d'un moteur d'aéronef. L'huile a quatre fonctions importantes :

- la lubrification,
- l'étanchéité,
- le refroidissement, et
- le rinçage.

LUBRIFICATION

L'huile lubrifie le moteur en créant une surface lisse entre les pièces qui se frottent l'une contre l'autre, comme le piston lorsqu'il monte et descend dans le cylindre.

L'huile est fabriquée dans différentes qualités et viscosités. La qualité d'un échantillon d'huile particulier est une mesure de sa capacité à maintenir sa viscosité, ou sa résistance à l'écoulement, dans des températures extrêmes.

La viscosité, ou la résistance à l'écoulement, a un effet sur l'adhésivité de l'huile. L'huile à faible viscosité circule plus facilement que l'huile à viscosité élevée. L'huile devient plus liquide lorsque la température monte; alors, une huile de la bonne qualité doit être choisie pour la condition prévue lorsque le moteur atteint une température de fonctionnement. Une huile qui est trop liquide (un indice de viscosité trop bas) à une température de fonctionnement entraînera une pression d'huile faible et ne protégera pas adéquatement les surfaces des composants du moteur. Une huile qui est trop épaisse entraînera une pression d'huile trop élevée et ne pourra être envoyée en quantité suffisante lorsque le moteur est froid.

Une huile d'une bonne qualité est celle dont les changements de viscosité sont minimales, malgré les températures de fonctionnement qui varient énormément.



Le fabricant de moteurs précise l'huile à utiliser et cette directive doit être suivie pour éviter l'usure du moteur.

Une huile froide est souvent trop épaisse pour atteindre les surfaces métalliques des composants du moteur en quantité suffisante; alors, lorsqu'un moteur est froid, il ne doit pas fonctionner trop rapidement ni recevoir une charge. On aperçoit souvent un aéronef au repos avec le moteur et l'hélice en marche en attendant que l'huile à moteur atteigne la température de fonctionnement, tout comme une voiture en hiver.

CONFIRMATION DU POINT D'ENSEIGNEMENT 1**QUESTIONS**

Q1. Comment l'huile lubrifie-t-elle un moteur?

Q2. Qui précise l'huile à utiliser pour un moteur?

Q3. Que signifie l'indice de viscosité de l'huile?

RÉPONSES ANTICIPÉES

R1. L'huile lubrifie le moteur en créant une surface lisse entre les pièces qui se frottent l'une contre l'autre.

R2. Le fabricant du moteur précise l'huile à utiliser.

R3. L'indice de viscosité représente la résistance à l'écoulement de l'huile; plus l'indice est élevé, plus la résistance est importante.

Point d'enseignement 2

Comparer la friction et la chaleur

Durée : 5 min

Méthode : Activité en classe

ACTIVITÉ

OBJECTIF

L'objectif de cette activité est de permettre aux cadets de faire l'expérience des effets de la lubrification.

RESSOURCES

Crème à main.

DÉROULEMENT DE L'ACTIVITÉ

S.O.

INSTRUCTIONS SUR L'ACTIVITÉ

1. Demander aux cadets de frotter leurs mains fermement ensemble pour produire de la chaleur et de la friction.
2. Mettre une goutte de crème à main dans la paume de la main des cadets et leur demander de recommencer l'exercice de frottement.
3. Discuter de l'expérience.
4. Demander aux cadets si leurs mains glissaient mieux et si elles semblaient plus froides après avoir mis de la crème à main.



Diriger une brève discussion pour permettre aux cadets de partager leur expérience avec les autres cadets et d'y réfléchir :

- Leurs mains glissaient-elles mieux avec la crème à main? La réponse devrait être oui.
- Leurs mains semblaient-elles plus froides avec la crème à main? La réponse devrait être oui.

Si un cadet est en désaccord avec le fait que ses mains glissaient mieux et que la chaleur disparaissait après avoir mis de la crème à main, lui demander de recommencer l'expérience. S'assurer que les mains sont frottées vigoureusement avant de mettre de la crème à main, puis mettre une grande quantité de crème.

MESURES DE SÉCURITÉ

S.O.

CONFIRMATION DU POINT D'ENSEIGNEMENT 2

La participation des cadets à l'activité servira de confirmation de l'apprentissage de ce PE.

Point d'enseignement 3**Expliquer que l'huile rend la chambre de combustion étanche**

Durée : 5 min

Méthode : Exposé interactif

L'ÉTANCHÉITÉ

L'huile rend étanche la chambre de combustion en empêchant les gaz en expansion de s'échapper pendant la combustion. Elle crée une barrière entre les composants du moteur de façon à ce que l'air et les autres gaz ne puissent pénétrer. Cette fonction est surtout importante dans le cas du cylindre, car le mélange explosif d'essence et d'air ne doit pas s'échapper.

L'huile doit satisfaire à des exigences contradictoires. Une viscosité élevée (résistance à l'écoulement) offre la meilleure étanchéité à la chambre de combustion, tandis qu'une faible viscosité permet la distribution de l'huile en plus grande quantité aux surfaces des coussinets. La même huile doit effectuer les deux fonctions; le fabricant du moteur doit alors tenir compte de ces deux exigences contradictoires lorsqu'il précise la viscosité et la qualité de l'huile à utiliser.

CONFIRMATION DU POINT D'ENSEIGNEMENT 3

QUESTIONS

- Q1. Quel composant du moteur l'huile aide-t-elle à rendre étanche et pourquoi?
- Q2. De quelle façon l'huile est-elle étanche?
- Q3. À quelles exigences contradictoires l'huile doit-elle satisfaire?

RÉPONSES ANTICIPÉES

- R1. L'huile rend étanche la chambre de combustion pour empêcher les gaz en expansion de s'échapper.
- R2. L'huile rend étanche les composants du moteur en créant une barrière entre eux.
- R3. L'huile doit être suffisamment liquide pour s'écouler jusqu'aux surfaces des coussinets, mais elle doit être suffisamment épaisse pour rendre étanche la chambre de combustion.

Point d'enseignement 4**Expliquer que l'huile refroidit les points chauds dans le moteur**

Durée : 5 min

Méthode : Exposé interactif

LE REFROIDISSEMENT

Certaines pièces du moteur deviennent plus chaudes que d'autres. Les endroits près de la chambre de combustion deviennent particulièrement chauds et doivent être refroidis. L'huile refroidit les points chauds dans

le moteur en emportant la chaleur et en équilibrant la température à l'intérieur du moteur. Cette équilibration de température aide aussi à réchauffer plus rapidement un moteur froid.

L'huile doit maintenir sa viscosité lorsqu'elle est près de la chaleur de la chambre de combustion. Ainsi, les fabricants d'huile ont conçu des modificateurs de viscosité qui réduisent le changement de viscosité causé par le changement de température. Les fabricants de moteur doivent tenir compte de ce facteur lorsqu'ils précisent l'huile à utiliser.

CONFIRMATION DU POINT D'ENSEIGNEMENT 4

QUESTIONS

- Q1. Quelles pièces du moteur deviennent particulièrement chaudes?
- Q2. De quelle façon l'huile refroidit-elle les points chauds dans le moteur?
- Q3. Qu'est-ce que l'huile doit pouvoir faire près de la chambre de combustion?

RÉPONSES ANTICIPÉES

- R1. Les pièces du moteur près de la chambre de combustion deviennent particulièrement chaudes.
- R2. L'huile refroidit les points chauds à l'intérieur du moteur en emportant la chaleur et en équilibrant la température.
- R3. L'huile doit maintenir sa viscosité lorsqu'elle est près de la chaleur de la chambre de combustion.

Point d'enseignement 5

Expliquer que l'huile retire et garde les particules nuisibles au moteur

Durée : 5 min

Méthode : Exposé interactif

LE RINÇAGE

L'huile rince le moteur. Elle retire et garde les petites particules et les saletés qui sont nuisibles au moteur. Cela signifie que l'huile emporte la saleté et les débris, qui se trouvent dans le moteur, lorsqu'elle y circule. C'est pourquoi il est important de vidanger l'huile fréquemment, à la fréquence précisée par le fabricant du moteur.

L'huile circule continuellement autour du moteur et passe dans un filtre à huile. Ce filtre se remplit de débris et doit lui aussi être remplacé à une fréquence régulière pour demeurer efficace, tout comme dans une voiture.



Distribuer les documents de cours de la figure B-1 et demander aux cadets d'inscrire les quatre fonctions de l'huile.

CONFIRMATION DU POINT D'ENSEIGNEMENT 5

QUESTIONS

- Q1. Comment l'huile nettoie-t-elle un moteur?
- Q2. Qui précise la fréquence de la vidange d'huile?
- Q3. Quel composant doit être remplacé régulièrement avec l'huile pour demeurer efficace?

RÉPONSES ANTICIPÉES

R1. L'huile retire et garde les petites particules et les saletés qui sont nuisibles au moteur.

R2. Le fabricant du moteur précise la fréquence de la vidange d'huile.

R3. Le filtre à huile doit être remplacé régulièrement pour demeurer efficace.

CONFIRMATION DE FIN DE LEÇON

QUESTIONS

Q1. Quelles sont les fonctions de l'huile dans un moteur?

Q2. Pourquoi l'huile doit-elle être vidangée selon les directives du fabricant du moteur?

Q3. À quelles exigences contradictoires l'huile doit-elle satisfaire?

RÉPONSES ANTICIPÉES

R1. Les fonctions de l'huile dans un moteur sont la lubrification, l'étanchéité, le refroidissement et le rinçage.

R2. L'huile doit être vidangée selon les directives du fabricant du moteur pour prolonger la durée de vie du moteur.

R3. L'huile doit être suffisamment liquide pour s'écouler jusqu'aux surfaces des coussinets, mais elle doit être suffisamment épaisse pour rendre étanche la chambre de combustion.

CONCLUSION

DEVOIR/LECTURE/PRATIQUE

S.O.

MÉTHODE D'ÉVALUATION

S.O.

OBSERVATIONS FINALES

L'huile est de première importance au fonctionnement et à l'entretien du moteur et, si les directives du fabricant sont suivies, elle prolongera la durée de vie du moteur.

COMMENTAIRES/REMARQUES À L'INSTRUCTEUR

S.O.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

C3-116 A-CR-CCP-263/PT-001/(ISBN 0-9680390-5-7) MacDonald, A. F. et Peppler, I. L. (2000). *Entre ciel et terre : édition du millénaire*. Ottawa, ON, Aviation Publishers Co. Limited.

LES FONCTIONS DE L'HUILE



1. LUBRIFICATION

2. ÉTANCHÉITÉ



3. REFROIDISSEMENT



4. RINÇAGE



*Cadets Canada : URSC Pacifique, 2007, Plans de leçon principal des cadets de l'Air. Extrait
le 7 mars 2007 du site http://www.regions.cadets.ca/pac/aircad/resources/mlp_air_e.asp*

Figure A-1 Fonctions de l'huile

CETTE PAGE EST INTENTIONNELLEMENT LAISSÉE EN BLANC

NOMMER LES FONCTIONS DE L'HUILE

NOMMER LES QUATRE
FONCTIONS DE L'HUILE.

NOM : _____

1.

2.

3.

4.



*Cadets Canada : URSC Pacifique, 2007, Plans de leçon principal des cadets de l'Air. Extrait
le 7 mars 2007 du site http://www.regions.cadets.ca/pac/aircad/resources/mlp_air_e.asp*

Figure B-1 Nommer les fonctions de l'huile

CETTE PAGE EST INTENTIONNELLEMENT LAISSÉE EN BLANC



**CADETS DE L'AVIATION
ROYALE DU CANADA**

NIVEAU DE QUALIFICATION DEUX

GUIDE PÉDAGOGIQUE



SECTION 5

OCOM C232.01 – IDENTIFIER LES CARACTÉRISTIQUES DES TURBINES À GAZ

Durée totale :

60 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-802/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.

Faire des transparents ou des photocopies des documents de cours, qui se trouvent aux annexes A, B, C et D pour chaque cadet.

DEVOIR PRÉALABLE À LA LEÇON

S.O.

APPROCHE

Un exposé interactif a été choisi pour le PE1 et les PE3 à PE5 afin de présenter les caractéristiques des turbines à gaz et donner un aperçu de celles-ci.

Une activité en classe a été choisie pour les PE2 et PE6, parce qu'il s'agit d'une façon interactive de stimuler l'esprit et l'intérêt des cadets.

INTRODUCTION

RÉVISION

Réviser l'OCOM M232.01 (Identifier les types de moteurs d'aéronef), y compris :

- les turboréacteurs,
- les réacteurs à double flux, et
- les turbomoteurs.

OBJECTIFS

À la fin de la présente leçon, les cadets doivent être en mesure d'identifier les caractéristiques des turbines à gaz.

IMPORTANCE

Il est important que les cadets connaissent les caractéristiques des turbines à gaz, car ces connaissances leur permettront de reconnaître diverses applications de la propulsion et les raisons des différentes performances entre les diverses catégories d'aéronef.

Point d'enseignement 1**Expliquer qu'un moteur à réaction est un moteur réactif**

Durée : 5 min

Méthode : Exposé interactif

Un moteur à réaction est un moteur réactif qui se propulse en éjectant la matière pour créer une force, tel que décrit par la troisième loi de Newton.

La troisième loi de Newton stipule qu'il existe une réaction équivalente et opposée pour toute action. Tous les systèmes de propulsion reposent sur ce fait d'une certaine façon. Un moteur à réaction se propulse dans une direction en éjectant un liquide (gaz chaud) dans la direction opposée.

La poussée créée par les gaz chauds d'éjection dépend de la masse et de la vitesse de la matière éjectée. Pour produire une grande poussée, beaucoup de matière doit être éjectée, sinon elle doit être éjectée à haute vitesse. La plus grande partie de la masse éjectée par un moteur à réaction provient de l'air, qui est capté de l'atmosphère à travers lequel l'aéronef à réaction passe. L'air capté est augmenté à une vitesse élevée grâce à la combustion du carburant.



Étant donné que le moteur à réaction peut toujours obtenir plus d'air, sa durée de poussée est limitée uniquement par la quantité de carburant disponible.

CONFIRMATION DU POINT D'ENSEIGNEMENT 1**QUESTIONS**

- Q1. Qu'est-ce que la troisième loi de Newton?
- Q2. Qu'est-ce qui détermine la quantité de poussée créée par un moteur à réaction?
- Q3. Qu'est-ce qui détermine la durée possible de poussée créée par un moteur à réaction?

RÉPONSES ANTICIPÉES

- R1. La troisième loi de Newton stipule qu'il existe une réaction équivalente et opposée pour toute action.
- R2. La masse et la vitesse de la matière éjectée déterminent la quantité de poussée.
- R3. La durée de poussée du moteur à réaction est déterminée par la quantité de carburant disponible.

Point d'enseignement 2**Fabriquer et faire fonctionner une machine de Hero en utilisant une canette de boisson gazeuse**

Durée : 15 min

Méthode : Activité en classe

ACTIVITÉ**OBJECTIF**

L'objectif de cette activité est de demander aux cadets de fabriquer et de faire fonctionner une machine de Hero en utilisant une canette de boisson gazeuse pour apprendre que la force réactive équivalente et opposée, telle que décrite par Newton, peut entraîner la rotation d'un objet.

RESSOURCES

- Les directives pour fabriquer une machine de Hero en utilisant une canette de boisson gazeuse, qui se trouvent à l'annexe A,
- Une canette vide avec son onglet d'ouverture toujours fixé (une par groupe de quatre cadets),
- Un clou ordinaire - un par groupe,
- De la ficelle (très petite ou de la soie dentaire), et
- Un seau ou un bac rempli d'eau (un par groupe).

DÉROULEMENT DE L'ACTIVITÉ

L'activité doit se dérouler dans un endroit où il y a un couvre-planche étanche.

INSTRUCTIONS SUR L'ACTIVITÉ

1. Mettre de l'eau dans les bacs jusqu'à moitié afin de remplir la canette vide.
2. Donner à chaque groupe une canette vide, qui est toujours munie de son onglet d'ouverture plié vers le haut.
3. Donner à chaque groupe un mètre de ficelle très fine ou de soie dentaire.
4. Placer la canette sur son côté, tel que montré à l'annexe A.
5. À l'aide d'un clou, percer un trou sur le côté inférieur de la canette, tel que montré à l'étape 1 de la figure A-1 (s'assurer que les trous sont percés bien droits).
6. Tourner la canette et percer un trou à tous les 90 degrés, donnant ainsi quatre trous espacés uniformément.
7. Enfiler la ficelle dans l'onglet d'ouverture de la canette.
8. Demander aux cadets de remplir leurs machines de Hero (canette) avec de l'eau et de les suspendre au-dessus du bac pour que l'eau coule dans celui-ci.



La machine de Hero (canette) n'est pas encore terminée à cette étape. Elle ne doit pas tourner pendant que l'eau se vide.

9. Demander maintenant aux cadets de réinsérer le clou dans chaque trou et de plier chaque trou, tel que montré à l'étape 2 de la figure A-1. Les trous doivent tous être pliés dans la même direction, soit dans le sens horaire ou antihoraire, pour que la machine de Hero puisse tourner selon la réaction équivalente et opposée de l'eau qui se vide.
10. Demander aux cadets de remplir à nouveau leur machine de Hero avec l'eau dans leur seau et de la suspendre au-dessus de celui-ci à l'aide de la ficelle. Cette fois, la machine de Hero tournera pendant que l'eau se vide.



La vitesse de rotation devrait augmenter aussi longtemps que l'eau continue de se vider, si une ficelle très fine est utilisée pour la suspension.

MESURES DE SÉCURITÉ

Éviter de verser de l'eau sur le plancher, car celui-ci peut devenir dangereusement glissant.

CONFIRMATION DU POINT D'ENSEIGNEMENT 2

La participation des cadets à l'activité servira de confirmation de l'apprentissage de ce PE.

Point d'enseignement 3

Donner l'historique du perfectionnement du moteur à réaction

Durée : 10 min

Méthode : Exposé interactif

BREF HISTORIQUE DES TURBINES À GAZ

150 av. J.-C. – Héron. Un philosophe et mathématicien d'Égypte qui a inventé un jouet (éolipyle) qui utilisait la vapeur pour faire tourner un objet au-dessus d'un contenant d'eau bouillante. La vapeur provoquait une réaction qui déplaçait plusieurs buses placées sur une roue.

1232 – Bataille de Kai-Keng. Des soldats chinois utilisaient des fusées comme armes pour repousser les Mongols lors de la Bataille de Kai-Keng. Ils utilisaient de la poudre noire en combustion et le principe de réaction pour projeter les fusées. Après la bataille de Kai-Keng, les Mongols utilisaient des fusées et on croit que ce sont eux qui ont apporté cette technologie en Europe.

1500 – Léonard de Vinci. Il a dessiné l'esquisse d'un appareil, la lanterne, qui tournait grâce au mouvement de la fumée et des gaz chauds s'échappant d'une cheminée. Cet appareil utilisait l'air chaud pour faire tourner un arbre qui, à son tour, faisait tourner une broche. L'air chaud du feu montait vers le haut pour passer au travers d'un ensemble d'aubes coniques faisant tourner un arbre qui, à son tour, faisait tourner la broche de cuisson.

1629 – Giovanni Branca. Il a conçu un bocard pour plier le métal. Son bocard se servait des jets de vapeur pour faire tourner une turbine, qui faisait tourner un arbre, afin de faire fonctionner la machinerie.

1872 – Dr. F. Stolze. Il a conçu la première vraie turbine à gaz. Son moteur utilisait une turbine à plusieurs étages et un compresseur de flux. Ce moteur n'a jamais fonctionné avec sa propre alimentation.

1930 – Sir Frank Whittle. Il a conçu une turbine à gaz pour la propulsion par réaction, en Angleterre. La première utilisation réussie de ce moteur a eu lieu en avril 1937. Ses premiers travaux sur la théorie de propulsion des gaz étaient fondés sur les contributions de la plupart des pionniers de ce domaine.

1939 – Heinkel Aircraft Company. Cette compagnie a fait voler le premier aéronef à réaction à turbine à gaz, le HE178.

1941 – Sir Frank Whittle. Il a conçu le premier avion à turboréacteur qui a volé, le Gloster Meteor. Whittle a amélioré son moteur à réaction pendant la Seconde Guerre mondiale et, en 1942, il a envoyé le prototype du moteur à General Electric aux États-Unis. Le premier avion à réaction de l'Amérique a été construit l'année suivante.

1942 – Dr. Franz Anslem. Il a conçu le turboréacteur à écoulement axial, qui a été utilisé dans le premier chasseur à réaction opérationnel, le Messerschmitt Me 262.

Après la Seconde Guerre mondiale, le perfectionnement des moteurs à réaction a été entrepris par un certain nombre de compagnies commerciales. Les moteurs à réaction sont vite devenus le moyen le plus populaire de propulser des aéronefs à haute performance.

ACTIVITÉ

OBJECTIF

L'objectif de cette activité est de demander aux cadets de fabriquer une turbine à gaz simple qui transforme l'écoulement axial en mouvement rotatif.

RESSOURCES

- Les directives pour fabriquer une turbine à réaction à un seul élément, qui se trouvent à l'annexe B,
- Des ciseaux,
- Une épingle droite, et
- Un crayon avec gomme à effacer.

DÉROULEMENT DE L'ACTIVITÉ

S.O.

INSTRUCTIONS SUR L'ACTIVITÉ

1. Découper le rectangle, présenté dans la figure B-1. Ensuite, découper le long de chaque ligne pointillée en arrêtant à environ deux centimètres du trou, au centre du carré.
2. Prendre une épingle droite et percer un trou dans le coin supérieur gauche de chacun des quatre rabats. (Les trous ne doivent pas être placés les uns à côté des autres.)
3. Prendre un rabat par un coin percé et le replier soigneusement vers le trou central, le fixant avec l'épingle. Recommencer cet exercice pour les autres rabats.
4. Lorsque les quatre rabats sont retenus par l'épingle, soulever soigneusement le papier sans laisser les rabats se dérouler.
5. Coucher le crayon sur une table et pousser soigneusement la pointe de l'épingle dans le côté de la gomme à effacer.



Les cadets peuvent faire tourner la turbine en soufflant directement dans le centre des aubes. Cette action transforme le mouvement axial de l'air en mouvement rotatif des aubes de la turbine.



Le mouvement rotatif de la turbine peut servir à plusieurs fins, tels que le fonctionnement d'un compresseur d'air ou d'un générateur électrique.

CONFIRMATION DU POINT D'ENSEIGNEMENT 3

QUESTIONS

- Q1. Quelle est la plus ancienne utilisation connue des gaz chauds afin de produire un mouvement rotatif?
- Q2. Pour quelle utilisation Léonard de Vinci a-t-il utilisé des gaz chauds afin de produire un mouvement rotatif?
- Q3. Quel aéronef a été le premier à voler avec une turbine à gaz?

RÉPONSES ANTICIPÉES

- R1. En 150 av. J.-C., Héron, un philosophe et mathématicien d'Égypte, a utilisé des gaz chauds dans un jouet rotatif.
- R2. Léonard de Vinci a utilisé des gaz chauds pour produire un mouvement rotatif dans le but de faire cuire des aliments sur une broche.
- R3. Le Heinkel HE178 a été le premier aéronef à voler avec une turbine à gaz.

Point d'enseignement 4

Expliquer les avantages de l'utilisation d'une turbine

Durée : 5 min

Méthode : Exposé interactif



Présenter aux cadets un transparent ou remettre un document de cours de la figure C-1.

Le premier avion à réaction qui a volé était un statoréacteur; celui-ci n'avait aucune pièce mobile. La vitesse de l'aéronef force l'air dans le petit volume du moteur, ce qui fait augmenter la pression d'air et la densité. Le statoréacteur est restreint par le fait que sa compression d'air dépend de la vitesse vers l'avant. Il ne crée aucune poussée statique (stationnaire) et très peu de poussée en général lorsqu'il voyage à une vitesse inférieure à la vitesse du son. Par conséquent, un statoréacteur nécessite un décollage assisté quelconque, comme l'utilisation d'un autre aéronef; c'est pourquoi, il a été utilisé principalement pour les missiles guidés.

En 1930, l'idée ingénieuse qu'a eu Sir Frank Whittle de placer une turbine dans un courant de gaz d'échappement chauds a permis de faire fonctionner un compresseur et a résolu le problème de faire fonctionner un moteur à basses vitesses ou dans des conditions statiques. Voilà le secret du turboréacteur et de toutes les autres versions améliorées du modèle, comme les turbopropulseurs, les réacteurs à double flux et les turbomoteurs.



Présenter aux cadets la turbine montrée à la figure C-2 et l'absence d'une turbine dans la figure C-1.

Un autre avantage des turbines dans les moteurs à réaction est qu'elles fournissent une puissance pour divers instruments de vol auxiliaires et pour d'autres systèmes. Dans les avions de ligne modernes, la puissance de la turbine fournit tout ce qui est nécessaire allant des radiocommunications avec la tour de contrôle de la circulation aérienne à l'eau chaude pour les passagers.

CONFIRMATION DU POINT D'ENSEIGNEMENT 4

QUESTIONS

- Q1. Quel a été le premier type d'avion à réaction à voler?
- Q2. Quelle est la principale différence entre un turboréacteur et un statoréacteur?
- Q3. En plus de comprimer l'air, quelle autre utilité a été trouvée pour la puissance de la turbine à bord des aéronefs?

RÉPONSES ANTICIPÉES

- R1. Le premier type d'avion à réaction à voler était un statoréacteur qui dépendait grandement sur la haute vitesse pour comprimer l'air utilisé pour la combustion.
- R2. Un turboréacteur peut fonctionner à basse vitesse ou même dans des conditions statiques, mais un statoréacteur ne peut pas.
- R3. En plus de comprimer l'air, les turbines servent à alimenter des systèmes auxiliaires, tels que les radios.

Point d'enseignement 5

Identifier et décrire les composants d'un réacteur à double flux à turbine à gaz

Durée : 5 min

Méthode : Exposé interactif



Présenter aux cadets un transparent ou remettre un document de cours de la figure D-1.

Les quatre composants de base d'un moteur à réaction à turbine à gaz sont le compresseur, la chambre de combustion, la turbine et la tuyère. Ces composants traitent tous l'air, ou centralisent l'air, qui circule dans le moteur. Dans le moteur à turbine à gaz le plus commun des aéronefs, c.-à-d. le réacteur à double flux, il y a aussi une soufflante qui fournit le flux secondaire et l'air central, ainsi qu'un mélangeur qui combine le flux central avec le flux secondaire. Grâce à son bruit moins élevé et son excellente efficacité énergétique, le réacteur à double flux est le modèle de choix pour la plupart des applications commerciales modernes. Des exemples de diverses utilisations des réacteurs à double flux sont les deux réacteurs à faible taux de dilution GE F404 des CF-18 et les quatre réacteurs à haut taux de dilution Trent 900 Rolls-Royce des Airbus A380. Il s'agit de deux utilisations différentes qui favorisent la technologie du réacteur à double flux.

COMPOSANTS D'UN RÉACTEUR À DOUBLE FLUX

Soufflante. La soufflante est le premier composant dans le réacteur à double flux. Elle tire l'air dans le moteur. L'air se divise ensuite en deux parties. Une partie de l'air continue de circuler vers le « noyau central » ou le centre du moteur, où il est utilisé par les autres composants du moteur. L'autre partie de l'air « contourne » le noyau central, passant dans un conduit jusqu'à l'arrière du moteur, où il produit une grande partie de la force qui propulse l'aéronef vers l'avant.

Compresseur. Le compresseur est le premier composant dans le noyau central. Il comprime l'air en plus petit volume, ce qui augmente sa pression. L'air est ensuite forcé dans la chambre de combustion.

Chambre de combustion. Dans la chambre de combustion, l'air est mélangé avec le carburant puis allumé, ce qui produit une température élevée et des gaz en expansion.

Turbine. Le débit d'air à haute énergie qui sort de la chambre de combustion passe dans la turbine, ce qui fait tourner les aubes de la turbine. La fonction de la turbine est de transformer le mouvement linéaire des gaz en énergie mécanique de rotation afin d'entraîner le compresseur, qui alimente ensuite la chambre de combustion avec de l'air à haute pression.

Tuyère. La tuyère est l'orifice d'échappement du moteur. Les gaz chauds et à haute pression, qui ont passé dans la turbine et qui sont mélangés avec l'air plus frais qui a contourné le noyau central, produisent une force en sortant de la tuyère qui permet de propulser le moteur, et donc l'aéronef, vers l'avant. La tuyère peut être précédée d'un mélangeur, qui combine l'air à haute température provenant du noyau central avec l'air à basse température qui a été contourné dans la soufflante. Le moteur fait moins de bruit lorsqu'il comprend un mélangeur.

Postcombustion. En plus des composants de base du moteur à réaction à turbine à gaz, un autre processus est utilisé de temps en temps pour augmenter la poussée d'un moteur donné. La postcombustion comprend l'entrée et la combustion du combustible brut entre la turbine du moteur et la tuyère d'éjection, utilisant l'oxygène non brûlé dans le gaz d'échappement pour maintenir la combustion. L'augmentation de la température des gaz d'échappement augmente davantage leur vitesse lorsqu'ils sortent de la tuyère de propulsion, ce qui fait augmenter la poussée du moteur. On pourrait obtenir cette poussée en utilisant un moteur plus gros, mais cela ferait augmenter le poids et la consommation générale de carburant.

CONFIRMATION DU POINT D'ENSEIGNEMENT 5

QUESTIONS

- Q1. Quels sont les quatre composants de base d'un moteur à réaction à turbine à gaz?
- Q2. En plus des quatre composants de base, quels sont les deux composants qui se trouvent dans un réacteur à double flux?
- Q3. Quelles sont les deux caractéristiques du réacteur à double flux qui le rend attrayant pour les aéronefs commerciaux modernes?

RÉPONSES ANTICIPÉES

- R1. Les quatre composants de base d'un moteur à réaction à turbine à gaz sont le compresseur, la chambre de combustion, la turbine et la tuyère.
- R2. En plus des quatre composants de base du moteur à réaction à turbine à gaz, un réacteur à double flux comprend une soufflante et un mélangeur.
- R3. Les deux caractéristiques du réacteur à double flux qui le rend attrayant pour les aéronefs commerciaux modernes sont la réduction de bruit et l'efficacité énergétique.

Point d'enseignement 6**Faire un jeu de mots croisés sur le thème de la propulsion**

Durée : 15 min

Méthode : Activité en classe

ACTIVITÉ**OBJECTIF**

L'objectif de cette activité est de donner l'occasion aux cadets de se servir de la terminologie et des définitions qui ont été apprises dans cette leçon.

RESSOURCES

- Une pièce de monnaie,
- Un tableau de papier, et
- Des marqueurs.

DÉROULEMENT DE L'ACTIVITÉ

Au centre d'un tableau de papier, inscrire le mot « combustion ».

INSTRUCTIONS SUR L'ACTIVITÉ

1. Répartir les cadets en deux équipes.
2. Déterminer l'ordre en tirant à pile ou face.
3. La première équipe doit faire un mot à partir de la terminologie présentée dans cette leçon, à l'aide d'une des lettres du mot « combustion » inscrit sur le tableau de papier et disposé selon le jeu des mots croisés.
4. Pour chaque lettre du nouveau mot, l'équipe obtient un point.
5. Avant d'écrire le mot sur le tableau de papier, la définition du mot doit être donnée par l'équipe et l'instructeur doit accepter le mot et la définition.
6. Les équipes peuvent ensuite utiliser n'importe quelle lettre sur le tableau de papier.
7. Chaque lettre qui est réutilisée vaut deux points.
8. Le but du jeu est d'obtenir le plus de points pour le plus de lettres dans le temps prescrit.



S'assurer que les deux équipes obtiennent un nombre de tours équivalent.

MESURES DE SÉCURITÉ

S.O.

CONFIRMATION DU POINT D'ENSEIGNEMENT 6

La participation des cadets à l'activité servira de confirmation de l'apprentissage de ce PE.

CONFIRMATION DE FIN DE LEÇON

QUESTIONS

- Q1. Qu'est-ce qui détermine la quantité de poussée créée par un moteur à réaction?
- Q2. Quelle est la principale différence entre le fonctionnement d'un turboréacteur et celui d'un statoréacteur?
- Q3. Quels sont les quatre composants de base d'un moteur à réaction à turbine à gaz?

RÉPONSES ANTICIPÉES

- R1. La masse et la vitesse de la matière éjectée déterminent la quantité de poussée.
- R2. Un turboréacteur peut fonctionner à basse vitesse ou même dans des conditions statiques, mais un statoréacteur ne peut pas.
- R3. Les quatre composants de base d'un moteur à réaction à turbine à gaz sont le compresseur, la chambre de combustion, la turbine et la tuyère.
-

CONCLUSION

DEVOIR/LECTURE/PRATIQUE

S.O.

MÉTHODE D'ÉVALUATION

S.O.

OBSERVATIONS FINALES

La turbine à gaz s'est avérée tellement efficace et adaptable qu'elle est devenue l'une des solutions les plus populaires de l'aviation. Les cadets de l'Air verront que les turbines à gaz sont utilisées dans plusieurs applications.

COMMENTAIRES/REMARQUES À L'INSTRUCTEUR

S.O.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

C0-003 (ISBN 0-943210-44-5) Pike, B. et Busse, C. (1995). *101 More Games for Trainers*. Minneapolis, MN, Lakewood Books.

C3-016 EG-2003-01-108-HQ NASA. (2003). *Rockets: A Teacher's Guide With Activities in Science, Mathematics, and Technology*. Washington, DC, NASA.

C3-057 (ISBN-10 1-59647-055-0) Sobey, E. (2006). *Rocket-powered Science*. Tucson, AZ, Good Year Books.

C3-084 NASA Glenn Research Center. *Engines 101 – Ultra-Efficient Engine Technology (UEET)*. Extrait le 21 février 2007 du site <http://www.ueet.nasa.gov/Engines101.html#Aeronautics>.

C3-086 NASA Glenn Research Center. *Engines 101*. Extrait le 21 février 2007 du site <http://www.grc.nasa.gov/WWW/K-12/airplane/icengine.html>.

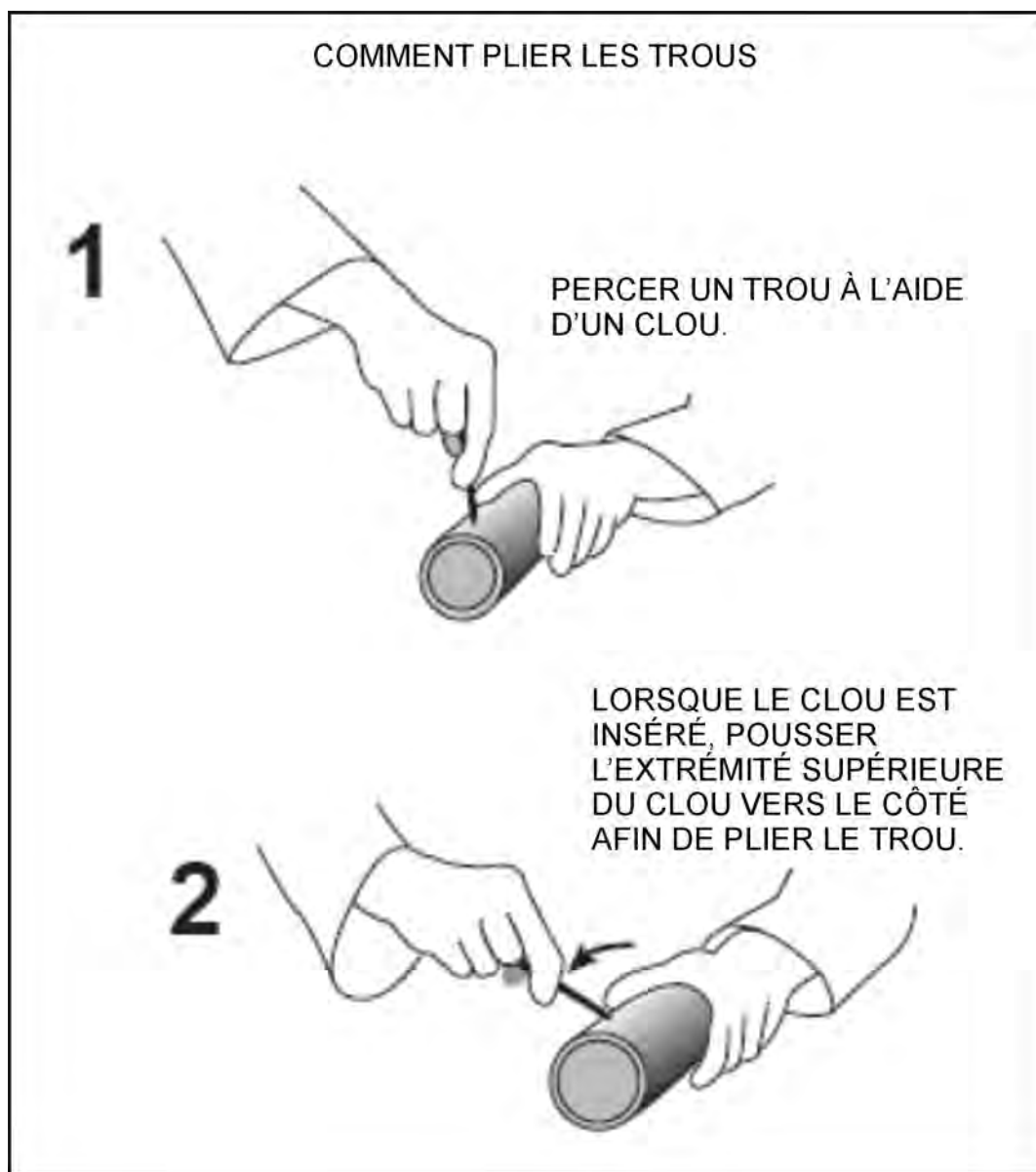
C3-087 NASA Glenn Research Center. *Propulsion Index*. Extrait le 21 février 2007 du site <http://www.grc.nasa.gov/WWW/K-12/airplane/shortp.html>.

C3-088 NASA Glenn Research Center. *Beginner's Guide to Rockets*. Extrait le 21 février 2007 du site <http://exploration.grc.nasa.gov/education/rocket/bgmr.html>.

C3-116 A-CR-CCP-263/PT-001/(ISBN 0-9680390-5-7) MacDonald, A. F. et Peppler, I. L. (2000). *Entre ciel et terre : édition du millénaire*. Ottawa, ON, Aviation Publishers Co. Limited.

CETTE PAGE EST INTENTIONNELLEMENT LAISSÉE EN BLANC

FABRIQUER UNE MACHINE DE HERO EN UTILISANT UNE CANNETTE DE BOISSON GAZEUSE

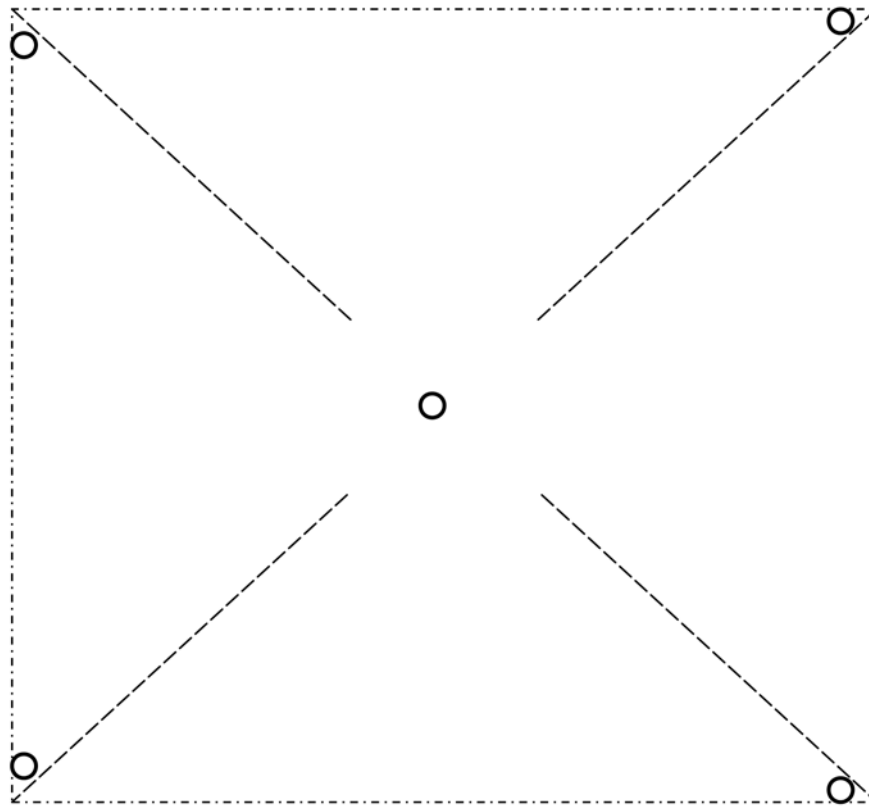


NASA, Rockets: A Teacher's Guide with Activities in Science, Mathematics and Technology, NASA (p. 30)

Figure A-1 Fabriquer une machine de Hero en utilisant une canette de boisson gazeuse

CETTE PAGE EST INTENTIONNELLEMENT LAISSÉE EN BLANC

TURBINE À RÉACTION À UN SEUL ÉLÉMENT



D Cad 3, 2007, Ottawa, ON, Ministère de la Défense nationale

Figure B-1 Gabarit d'une turbine à réaction à un seul élément

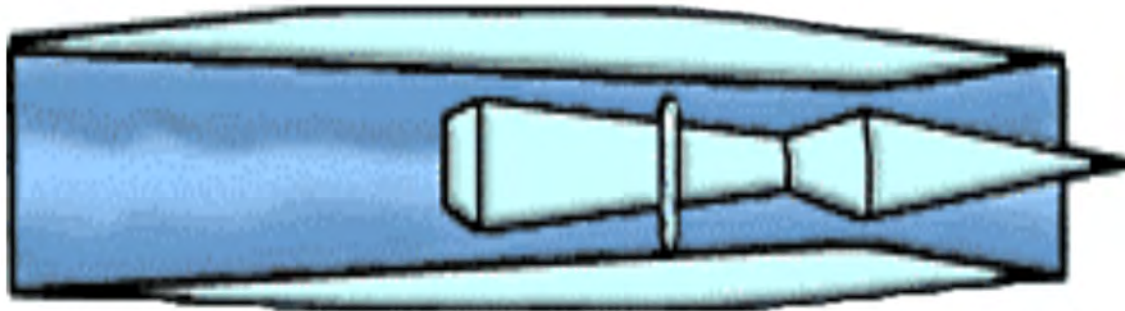


*The Franklin Institute. "Resources for Science Learning" Pinwheel Wind Collector.
Extrait le 21 février 2007 du site <http://sln.fi.edu/tfi/units/energy/pinwheel.html>*

Figure B-2 Turbine à réaction à un seul élément

CETTE PAGE EST INTENTIONNELLEMENT LAISSÉE EN BLANC

TURBINES – AVEC OU SANS STATORÉACTEUR



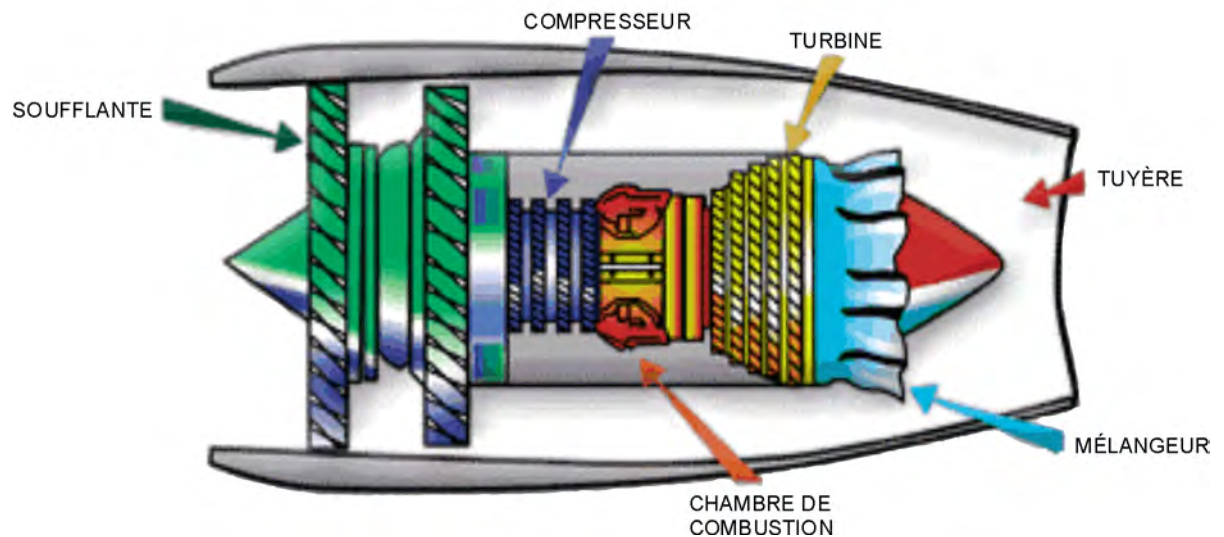
ADMISSION

ÉCHAPPEMENT

NASA "Engines 101". Ultra Efficient Engine Technology (UEET). (2001).
Extrait le 17 mars 2007 du site <http://www.ueet.nasa.gov/Engines101.html>

Figure C-1 Statoréacteur

RÉACTEUR À DOUBLE FLUX

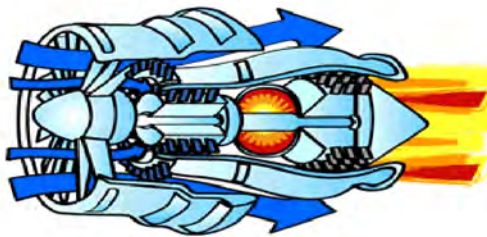
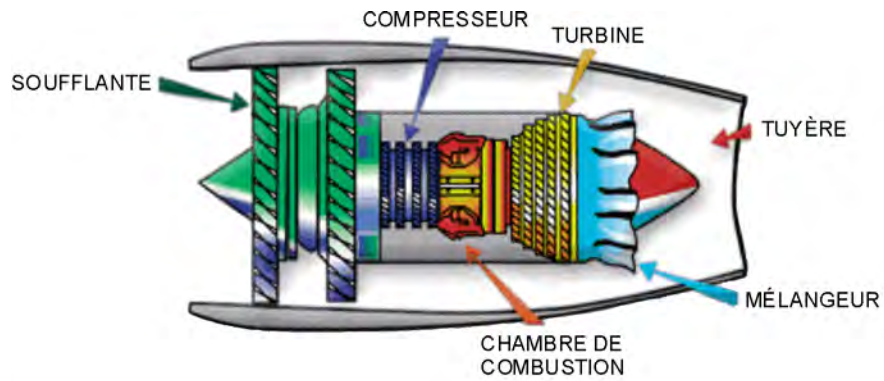


NASA "Engines 101". Ultra Efficient Engine Technology (UEET). (2001).
Extrait le 17 mars 2007 du site <http://www.ueet.nasa.gov/Engines101.html>

Figure C-2 Réacteur à double flux

CETTE PAGE EST INTENTIONNELLEMENT LAISSÉE EN BLANC

COMPOSANTS D'UN RÉACTEUR À DOUBLE FLUX



NASA "Engines 101". Ultra Efficient Engine Technology (UEET). (2001).
Extrait le 17 mars 2007 du site <http://www.ueet.nasa.gov/Engines101.html>

Figure D-1 Composants d'un réacteur à double flux

CETTE PAGE EST INTENTIONNELLEMENT LAISSÉE EN BLANC



**CADETS DE L'AVIATION
ROYALE DU CANADA**

NIVEAU DE QUALIFICATION DEUX

GUIDE PÉDAGOGIQUE



SECTION 6

OCOM C232.02 – IDENTIFIER LES CARACTÉRISTIQUES DES MOTEURS-FUSÉES

Durée totale :

90 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-802/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.

Faire des transparents ou photocopier les documents de cours, qui se trouvent aux annexes A, B, C, D et à l'annexe A de l'OCOM C232.03 pour chaque cadet.

DEVOIR PRÉALABLE À LA LEÇON

S.O.

APPROCHE

L'exposé interactif a été choisi pour les PE1, PE3, PE4 et PE5 afin de présenter les moteurs-fusées et donner un aperçu de ceux-ci.

Une activité en classe a été choisie pour le PE2, parce qu'il s'agit d'une façon interactive de stimuler l'esprit et l'intérêt des cadets.

INTRODUCTION

RÉVISION

S.O.

OBJECTIFS

À la fin de la présente leçon, le cadet doit être en mesure d'identifier les caractéristiques des moteurs-fusées.

IMPORTANCE

Il est important que les cadets connaissent les caractéristiques des fusées afin de pouvoir comprendre la mission de l'Agence spatiale canadienne, qui est de promouvoir l'utilisation pacifique et le développement de l'espace, de faire avancer les connaissances de l'espace par le biais de la science et d'assurer que les sciences et les techniques spatiales fournissent des avantages sociaux et économiques aux Canadiens.

Point d'enseignement 1**Expliquer les aspects de la poussée réactive utilisée en propulsion**

Durée : 5 min

Méthode : Exposé interactif

Toutes les méthodes de propulsion découlent de la troisième loi de Newton, qui stipule qu'il existe une réaction équivalente et opposée pour toute action. Cela est le plus évident lorsque l'action initiale a un effet sur un objet qui est de taille semblable à l'objet qui est soumis à la réaction, tel qu'un nageur qui pousse un objet flottant. Dans ce cas, le nageur est poussé vers l'arrière lorsque l'objet est poussé vers l'avant.

Cependant, lorsque l'objet à pousser est aussi volumineux que la Terre, comme dans le cas d'une personne avançant d'un pas, il n'est pas aussi évident que la Terre se déplace dans le sens opposé lorsque le pas est fait. Par contre, le petit mouvement de la Terre se fait dans le sens opposé. La différence dans la quantité déplacée est proportionnelle à la différence de poids entre la Terre et la personne qui marche de façon à ce que la réaction soit équivalente ainsi qu'opposée.

De la même façon, un véhicule à roues, comme une automobile, pousse sur la Terre lorsqu'il débute son voyage. Puisque l'automobile est beaucoup plus petite que la Terre, la masse plus petite de l'automobile se déplace beaucoup plus que la grande masse de la Terre. Le nageur, la personne qui marche et l'automobile à roues dépendent tous de la traction pour les propulser vers l'avant.

La troisième loi de Newton mentionne également le mouvement d'un aéronef à hélice et d'un aéronef à réaction. Le mouvement vers l'avant de l'aéronef dépend de la poussée des gaz vers l'arrière au lieu de pousser la Terre vers l'arrière. Une hélice pousse l'air vers l'arrière, ce qui s'appelle le souffle de l'hélice. Un moteur à réaction éjecte des gaz d'échappement chauds vers l'arrière. Pour se déplacer dans un sens quelconque, tous les objets et toutes les créatures, qu'elles soient vivantes ou artificielles, doivent pousser la matière de façon quelconque dans le sens opposé.



La troisième loi de Newton stipule qu'il existe une réaction équivalente et opposée pour toute action. La troisième loi peut être interprétée correctement pour signifier qu'il doit y avoir une action équivalente et opposée pour chaque réaction désirée.

CONFIRMATION DU POINT D'ENSEIGNEMENT 1**QUESTIONS**

- Q1. Que stipule la troisième loi de Newton?
- Q2. Pourquoi la Terre ne semble-t-elle pas se déplacer vers l'arrière lorsqu'une personne fait un pas vers l'avant?
- Q3. Qu'est-ce qu'un aéronef à hélice crée pour se déplacer vers l'avant?

RÉPONSES ANTICIPÉES

- R1. La troisième loi de Newton stipule qu'il existe une réaction équivalente et opposée pour toute action.
- R2. La Terre se déplace réellement lorsqu'une personne fait un pas vers l'avant, mais le poids de la Terre par rapport au poids de la personne est tellement grand que le mouvement de la Terre est trop minime pour être perçu.
- R3. Un aéronef à hélice crée un souffle de l'hélice pour se déplacer vers l'avant.

Point d'enseignement 2**Examiner la troisième loi de Newton en faisant fonctionner des fusées en ballon**

Durée : 20 min

Méthode : Activité en classe

ACTIVITÉ**OBJECTIF**

L'objectif de cette activité est que les cadets examinent la troisième loi de Newton en mettant en étages multiples les fusées en ballon et en les faisant fonctionner.

RESSOURCES

- Les directives pour la mise en étages multiples des fusées en ballon, qui se trouvent à l'annexe A,
- Des ballons,
- De la ficelle,
- Une paille,
- Du ruban, et
- Un verre de carton ou de styromousse.

DÉROULEMENT DE L'ACTIVITÉ

L'activité doit se dérouler dans un endroit suffisamment grand pour pouvoir suspendre un système de guidage à ficelle. Enfiler la ficelle dans les deux pailles et suspendre la ficelle à l'horizontale, à environ 1 mètre 1/2 du plancher, en plaçant les extrémités aussi loin que possible. Serrer la ficelle.

INSTRUCTIONS SUR L'ACTIVITÉ

1. Coller à l'aide de ruban les deux ballons gonflés mais non attachés aux deux pailles, tel que montré aux figures A-1 et A-2.
2. Découper le fond du verre en carton ou en styromousse et le glisser sur la jonction entre les deux ballons de façon à ce que l'air ne puisse s'échapper du deuxième étage avant que le premier étage ne soit vidé et largué.
3. Relâcher le ballon du premier étage et permettre à la fusée à deux étages de parcourir sa course aussi loin que possible le long de la ficelle de guidage.



Faire remarquer aux cadets que l'air éjecté du ballon provoque son accélération vers l'avant, tel que stipulé dans la troisième loi de Newton. Souligner que l'énergie utilisée provenait des cadets qui ont soufflé fort pour gonfler les ballons.

MESURES DE SÉCURITÉ

S.O.

CONFIRMATION DU POINT D'ENSEIGNEMENT 2

La participation des cadets à l'activité servira de confirmation de l'apprentissage de ce PE.

Point d'enseignement 3**Expliquer la façon dont les systèmes des fusées fonctionnent dans l'espace**

Durée : 5 min

Méthode : Exposé interactif

Une fusée en ballon fonctionnerait dans l'espace. L'air qui est éjecté du ballon produirait la même réaction équivalente et opposée dans l'espace qu'elle produit dans l'atmosphère terrestre, sauf que la traînée de forme de l'atmosphère ne ralentirait pas la course du ballon. La performance de la fusée en ballon serait améliorée dans l'espace, sans la traînée de forme de l'air.

Un système de propulsion réactive peut fonctionner en éjectant n'importe quelle matière. Cependant, plus la vitesse de la matière éjectée est élevée, plus la force propulsive résultante est grande. Pour accroître la vitesse d'éjection, la matière est souvent chauffée afin de créer de la pression. C'est la solution de choix depuis que Héron a utilisé de la vapeur pour faire fonctionner son éolipyle.



Présenter aux cadets un transparent ou distribuer les documents de cours portant sur l'éolipyle, qui se trouvent à la figure B-1.

Dans les années 150 av. J.-C., Héron d'Alexandrie a inventé une sphère qui ressemblait à une fusée, nommée éolipyle, qui utilisait la vapeur comme gaz de propulsion. Héron l'avait installée sur une bouilloire. Un feu sous la bouilloire transformait l'eau en vapeur et celle-ci circulait dans des tubes jusqu'à l'éolipyle. Deux tubes en L placés des deux côtés de la sphère laissaient la vapeur s'échapper; ce qui donnait la poussée à la sphère et la faisait tourner.

Dans les fusées contemporaines, la matière à éjecter est chauffée, la plupart du temps par une combustion, même si d'autres méthodes peuvent être utilisées. Les systèmes de combustion des fusées fonctionnent dans l'espace, car ils sont autonomes et n'ont pas besoin de l'oxygène de l'air.



Présenter aux cadets un transparent ou distribuer les documents de cours portant sur la combustion, qui se trouvent à la figure B-2.

La combustion dans un moteur-fusée ou un moteur à réaction nécessite une oxydation rapide du carburant. Un moteur à réaction obtient de l'oxygène en l'aspirant de l'air environnant; la portée d'un réacteur est donc limitée à l'atmosphère. Une fusée crée la poussée de la même façon qu'un aéronef à réaction, mais elle transporte sa propre alimentation en oxygène. Les moteurs-fusées et les moteurs à réaction ont tous les deux des tuyères pour produire la poussée.



Présenter aux cadets un transparent ou distribuer les documents de cours portant sur une tuyère de fusée, qui se trouvent à la figure B-3.

Le moteur-fusée utilise une tuyère pour accélérer l'échappement des gaz chauds afin de produire de la poussée, tel que décrit par la troisième loi de Newton. La quantité de poussée produite par le moteur, à n'importe quel moment donné, dépend de la quantité de gaz éjecté chaque seconde et de sa vitesse. Ces facteurs sont déterminés par le modèle de tuyère de la fusée.



Une fusée fonctionne dans l'espace, car elle transporte tout ce dont elle a besoin.

L'atmosphère de la Terre se compose principalement d'azote. L'oxygène représente seulement un cinquième de la composition de l'atmosphère. Ainsi, le fait d'entreposer seulement de l'air pour la combustion gaspillerait la plus grande partie de l'espace d'entreposage pour de l'azote non réactif. Pour une bonne utilisation de l'espace d'entreposage, l'oxygène est entreposé sous ses formes les plus pures, y compris l'oxygène liquide ou LOX. Le moteur-fusée peut donc fonctionner pendant une période plus longue dans l'espace.

CONFIRMATION DU POINT D'ENSEIGNEMENT 3

QUESTIONS

- Q1. Qu'est-ce que le système de propulsion réactive doit éjecter pour avancer?
- Q2. Pourquoi entrepose-t-on de l'oxygène et non de l'air pour la combustion d'une fusée?
- Q3. Pourquoi un moteur-fusée contemporain fait-il chauffer la matière à éjecter?

RÉPONSES ANTICIPÉES

- R1. Un système de propulsion réactive peut éjecter n'importe quelle matière pour avancer.
- R2. On entrepose de l'oxygène plutôt que de l'air pour la combustion, car l'air est principalement composé d'azote.
- R3. Un moteur-fusée chauffe la matière à éjecter pour créer une pression afin d'accroître la vitesse de la matière éjectée.

Point d'enseignement 4

Expliquer les différences entre les moteurs-fusées à propergol liquide et à poudre

Durée : 10 min

Méthode : Exposé interactif

FABRICATION

Il y a trois catégories principales de moteurs-fusées : ceux à propergol liquide et ceux à poudre.

Les propulseurs à propergol liquide, soit le carburant et le comburant, sont entreposés séparément comme liquides et sont pompés dans la chambre de combustion de la tuyère où se produit la combustion.

Les propulseurs à poudre, soit le carburant et le comburant, sont mélangés pour créer un carburant composite, puis compactés dans un cylindre solide. À des températures normales, les propulseurs à poudre ne brûlent pas avant d'être exposés à une source de chaleur fournie par un allumeur. Une fois que la poudre commence à brûler, elle continue jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de propulseur.



Dans le cas des moteurs-fusées à propergol liquide, le pilote peut arrêter ou modifier la poussée en coupant le flux des propulseurs. Par contre, dans le cas des moteurs-fusées à poudre, il faut détruire l'enveloppe pour arrêter le moteur.

Les moteurs-fusées à propergol liquide sont en général plus lourds et plus complexes en raison des pompes et des réservoirs d'entreposage. Les propulseurs sont installés sur la fusée juste avant son lancement. Cependant, le moteur-fusée à poudre est beaucoup plus facile à manipuler et peut ne pas être utilisé pendant des années avant d'être allumé.



Présenter aux cadets un transparent ou distribuer les documents de cours de la figure C-1, Moteur-fusée à poudre, et de la figure C-2, Moteur-fusée à propergol liquide.

APPLICATIONS VÉHICULAIRES

Les moteurs-fusées à poudre sont utilisés pour les missiles air-air et air-sol, les modèles réduits de fusées et comme accélérateurs pour les lanceurs de satellite, y compris les deux propulseurs auxiliaires à poudre de la navette spatiale américaine.

Les moteurs-fusées à propergol liquide sont utilisés dans les moteurs principaux de la navette spatiale américaine pour envoyer des humains en orbite, dans plusieurs missiles robots pour envoyer des satellites en orbite et dans plusieurs avions haute-vitesse de recherche.

CARBURANTS ET OXYDATION

Dans un moteur-fusée à poudre, le carburant et le comburant sont mélangés jusqu'à ce qu'ils deviennent une poudre, qui est ensuite compactée dans un cylindre solide. Un trou dans le cylindre sert de chambre de combustion. Lorsque le mélange est allumé, la combustion se produit sur la surface du propulseur. Un front de flamme est produit et brûle dans le mélange. La combustion produit une grande quantité de gaz d'échappement à une température et à une pression élevées. La quantité de gaz d'échappement qui est produite dépend de l'endroit du front de flamme; les concepteurs de moteur utilisent une variété de formes de trou pour contrôler le changement de la poussée d'un moteur en particulier. Les gaz d'échappement chauds passent dans une tuyère, ce qui accélère le flux. La poussée est ensuite produite conformément à la troisième loi de Newton.

Dans un moteur-fusée à propergol liquide, le carburant et le comburant entreposés sont pompés dans une chambre de combustion où ils sont mélangés et brûlés. La combustion produit une grande quantité de gaz d'échappement à une température et une pression élevées. Les gaz d'échappement chauds passent dans une tuyère, ce qui accélère le flux. La poussée est ensuite produite conformément à la troisième loi de Newton.



Présenter aux cadets un transparent ou distribuer les documents de cours de la figure C-3, Moteur-fusée à propergol liquide.

Le moteur-fusée à propergol liquide est composé de plusieurs pièces. Pour des fins de conception et d'analyse, les ingénieurs regroupent les pièces qui ont la même fonction en systèmes. Il y a donc quatre systèmes principaux dans une fusée en grandeur réelle : le système structural, le système de charge utile, le système de guidage et le système de propulsion.

CONFIRMATION DU POINT D'ENSEIGNEMENT 4

QUESTIONS

- Q1. Que signifie le terme moteur-fusée à poudre « composite »?
- Q2. Quel avantage opérationnel comporte un moteur-fusée à poudre par rapport à un moteur-fusée à propergol liquide?
- Q3. Quel avantage opérationnel important comporte un moteur-fusée à propergol liquide par rapport à un moteur-fusée à poudre?

RÉPONSES ANTICIPÉES

- R1. Une poudre composite contient du carburant et du comburant mélangés.
- R2. Un moteur-fusée à poudre est moins pesant et moins complexe.
- R3. Un moteur-fusée à propergol liquide peut être contrôlé et fermé après l'allumage.

Point d'enseignement 5

Discuter des lanceurs américains, russes, européens et chinois

Durée : 15 min

Méthode : Exposé interactif

Bien que l'âge de la fuséonautique soit souvent considéré comme étant à un stade précoce, plusieurs lanceurs peuvent être explorés. Voici un exemple des lanceurs américains, russes, européens et chinois :

Lanceur américain – Ares

La NASA possède actuellement plusieurs lanceurs qui peuvent être utilisés selon la mission. Dans le cas des vols habités, la série de fusée Ares a été conçue à la suite du Programme de la navette spatiale.



Présenter aux cadets un transparent ou distribuer les documents de cours de la figure D-1, Lanceur Ares I.

Ares I est une fusée en ligne à deux étages surmontée du véhicule d'équipages Orion et de son système d'interruption de lancement. En plus de la mission principale du lanceur, qui est de transporter les équipages de quatre à six astronautes à une orbite terrestre basse (LEO), l'Ares I peut aussi utiliser sa capacité de charge utile de 22.5 tonnes pour livrer des ressources et des approvisionnements à la Station spatiale internationale ou pour « laisser » les charges utiles en orbite pour qu'elles soient récupérées par les engins spatiaux se dirigeant vers la lune ou d'autres destinations.

Le premier étage de l'Ares I est un propulseur auxiliaire à poudre modifié (RSRB) unique et à cinq segments, qui est un dérivé du moteur-fusée à poudre réutilisable du Programme de la navette spatiale et qui brûle un propulseur à poudre à formule et à forme spéciales.

Le deuxième étage de l'Ares I, ou étape supérieur, est propulsé par un moteur principal J-2X qui est alimenté d'oxygène liquide et d'hydrogène liquide.



Présenter aux cadets un transparent ou distribuer les documents de cours de la figure D-2, Lanceur Ares V.

Le premier étage du lanceur Ares V compte sur deux propulseurs auxiliaires à poudre modifié à cinq segments pour le décollage. Les deux propulseurs du premier étage bordent un simple élément d'accélération central à propergol liquide.

Le réservoir du propulseur central envoie l'oxygène liquide et l'hydrogène liquide aux cinq moteurs-fusées RS-68. Ces moteurs-fusées servent d'étage principal de propulsion de l'Ares.

En haut de l'élément de propulsion central se trouve un cylindre interétage, qui comprend les moteurs de séparation du propulseur et un adaptateur avant de conception nouvelle qui relie le premier étage à l'étage de décollage de la Terre. Le moteur principal J-2X, qui est alimenté d'oxygène liquide et d'hydrogène liquide, propulse l'étage de décollage de la Terre; il s'agit du même moteur J-2X qui est utilisé dans l'étage supérieur de l'Ares I.

Lanceur russe – Proton



Présenter aux cadets un transparent ou distribuer les documents de cours de la figure D-3, Lanceur Proton.

Les moteurs du lanceur Proton brûlent un propergol liquide qui se nomme l'hydrazine (UDMH) avec un comburant qui se nomme tétraoxyde de diazote. Le tétraoxyde de diazote et l'hydrazine s'enflamment lorsqu'ils entrent en contact, sans allumage; on dit alors qu'ils sont hypergoliques.

Le lanceur Proton est actuellement utilisé pour les programmes nationaux et les lancements commerciaux de satellites étrangers. Le lanceur Proton est conçu comme lanceur tandem disponible en modèle à trois étages et à quatre étages.

Lanceur européen – Ariane 5



Présenter aux cadets un transparent ou distribuer les documents de cours de la figure D-4, Lanceur Ariane.

L'étage principal cryogénique d'Ariane 5 est désigné sous le nom de « EPC » en raison de son titre français *Etage Principal Cryotechnique*. L'EPC est essentiellement composé d'un réservoir en aluminium doté de deux compartiments : un pour l'oxygène liquide et un pour l'hydrogène liquide. Les deux propulseurs sont fabriqués à des usines situées dans le port spatial de l'Europe en Guyane française.

Chacun pesant 37 tonnes lorsqu'ils sont vides, les SRB fournissent 1100 tonnes de poussée, environ 92 % de la poussée totale au décollage.

Lanceurs chinois – Fusées Changzheng (Long March)



Présenter aux cadets un transparent ou distribuer les documents de cours de la figure D-5, Lanceur Changzheng.

Les principaux étages et les fusées de lancement des fusées Long March utilisent des propulseurs à propergol liquide stockable avec l'hydrazine comme carburant et le tétraoxyde de diazote comme agent oxydant; il s'agit du même système hypergolique utilisé dans la fusée Proton, tel que présenté ci-dessus. Les étages supérieurs des fusées Long March CZ-3A et CZ-3B utilisent l'hydrogène liquide (LH2) comme carburant et l'oxygène liquide (LOX) comme comburant.

CONFIRMATION DU POINT D'ENSEIGNEMENT 5

QUESTIONS

- Q1. Quelle famille d'engins spatiaux la famille Ares remplace-t-elle?
- Q2. Où sont produits l'oxygène liquide et l'hydrogène liquide d'Ariane 5?
- Q3. Quel système d'oxydation de carburant la fusée Proton partage-t-elle avec les fusées Long March?

RÉPONSES ANTICIPÉES

- R1. Les fusées Ares remplacent la navette spatiale américaine.
- R2. Les deux propulseurs sont fabriqués à des usines situées dans le port spatial de l'Europe en Guyane française.
- R3. Les fusées Proton et Long March utilisent l'hydrazine comme carburant et le tétraoxyde de diazote comme comburant.

CONFIRMATION DE FIN DE LEÇON

QUESTIONS

- Q1. Que stipule la troisième loi de Newton?
- Q2. Pourquoi entrepose-t-on de l'oxygène plutôt que de l'air pour la combustion d'une fusée?
- Q3. Quel avantage opérationnel important comporte un moteur-fusée à propergol liquide par rapport à un moteur-fusée à poudre?

RÉPONSES ANTICIPÉES

- R1. La troisième loi de Newton stipule qu'il existe une réaction équivalente et opposée pour toute action.
- R2. L'oxygène est entreposé pour la combustion plutôt que de l'air, car l'air est principalement composé d'azote non réactif.
- R3. Un moteur-fusée à propergol liquide peut être contrôlé et fermé après l'allumage.

CONCLUSION

DEVOIR/LECTURE/PRATIQUE

S.O.

MÉTHODE D'ÉVALUATION

S.O.

OBSERVATIONS FINALES

De toutes les méthodes de propulsion, les fusées ont l'histoire la plus longue. De plus, elles ont un avenir des plus excitants pour aider à réaliser la mission de l'Agence spatiale canadienne.

COMMENTAIRES/REMARQUES À L'INSTRUCTEUR

Les cadets doivent avoir accès aux références Web pour qu'ils puissent les examiner pendant leur temps libre.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

C3-016 EG-2003-01-108-HQ NASA. (2003). *Rockets: A Teacher's Guide With Activities in Science, Mathematics, and Technology*. Washington, DC, NASA.

C3-037 *Exploration*. (2006). Extrait le 25 mai 2006 du site <http://www.space.gc.ca/asc/eng/exploration/exploration.asp>.

C3-057 (ISBN 10-1-59647-055-0) Sobey, E. (2006). *Rocket-powered Science*. Tucson, AZ, Good Year Books.

C3-087 NASA Glenn Research Center. *Propulsion Index*. Extrait le 21 février 2007 du site <http://www.grc.nasa.gov/WWW/K-12/airplane/shortp.html>.

C3-088 NASA Glenn Research Center. *Beginner's Guide to Rockets*. Extrait le 21 février 2007 du site <http://exploration.grc.nasa.gov/education/rocket/bgm.html>.

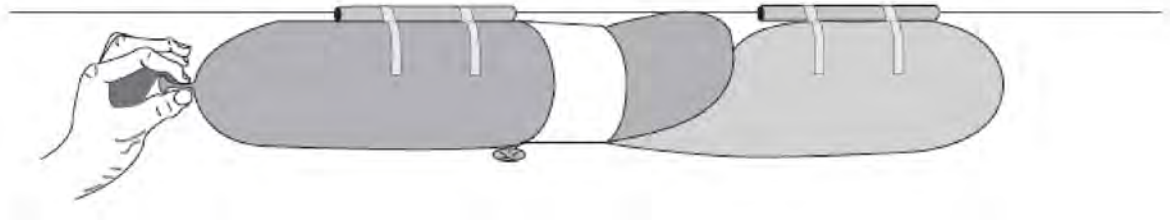
C3-100 China In Space. *The Long March Space Rockets*. Extrait le 26 février 2007 du site <http://www.spacetoday.org/China/ChinaRockets.html>.

C3-112 Federal Space Agency. *Rocket1Show*. Extrait le 26 février 2007 du site <http://www.roscosmos.ru/RocketsMain.asp>.

C3-113 Agence spatiale européenne. *Lanceurs ASE*. Extrait le 26 février 2007 du site <http://www.esa.int/esaCP/index.html>.

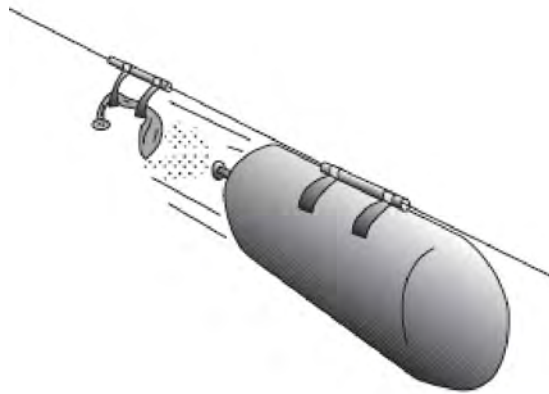
C3-114 NASA. *Countdown! NASA Launch Vehicles and Facilities*. Extrait le 27 février 2007 du site <http://www-pao.ksc.nasa.gov/kscpao/nasafact/count1.htm#nasa>.

DIRECTIVES POUR LA MISE EN ÉTAGES MULTIPLES DES FUSÉES EN BALLON



NASA, Rockets: A Teacher's Guide with Activities in Science, Mathematics and Technology, NASA (p. 64)

Figure A-1 Mise en étage des fusées en ballon



NASA, Rockets: A Teacher's Guide with Activities in Science, Mathematics and Technology, NASA (p. 63)

Figure A-2 Largage du premier étage

CETTE PAGE EST INTENTIONNELLEMENT LAISSÉE EN BLANC

FONCTIONNEMENT D'UN SYSTÈME DE FUSÉE DANS L'ESPACE



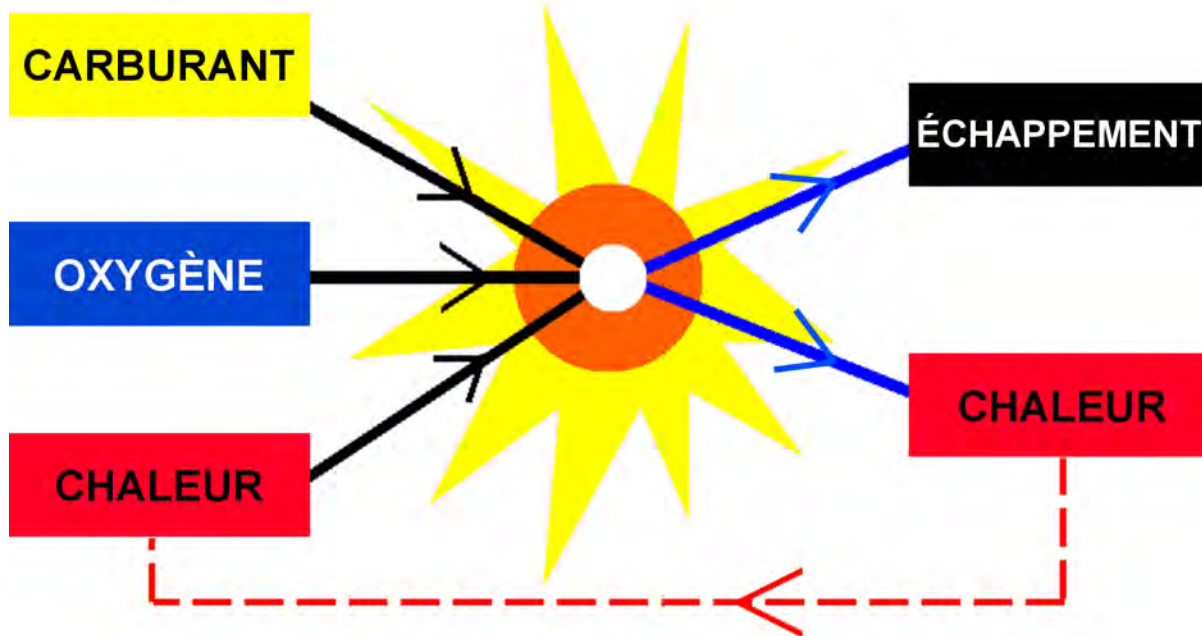
MACHINE DE HERO

"Rockets" A Brief History of Rockets. Extrait le 24 mars 2007 du site http://www.grc.nasa.gov/WWW/K-12/TRC/Rockets/history_of_rockets.html

Figure B-1 Le premier moteur réactif

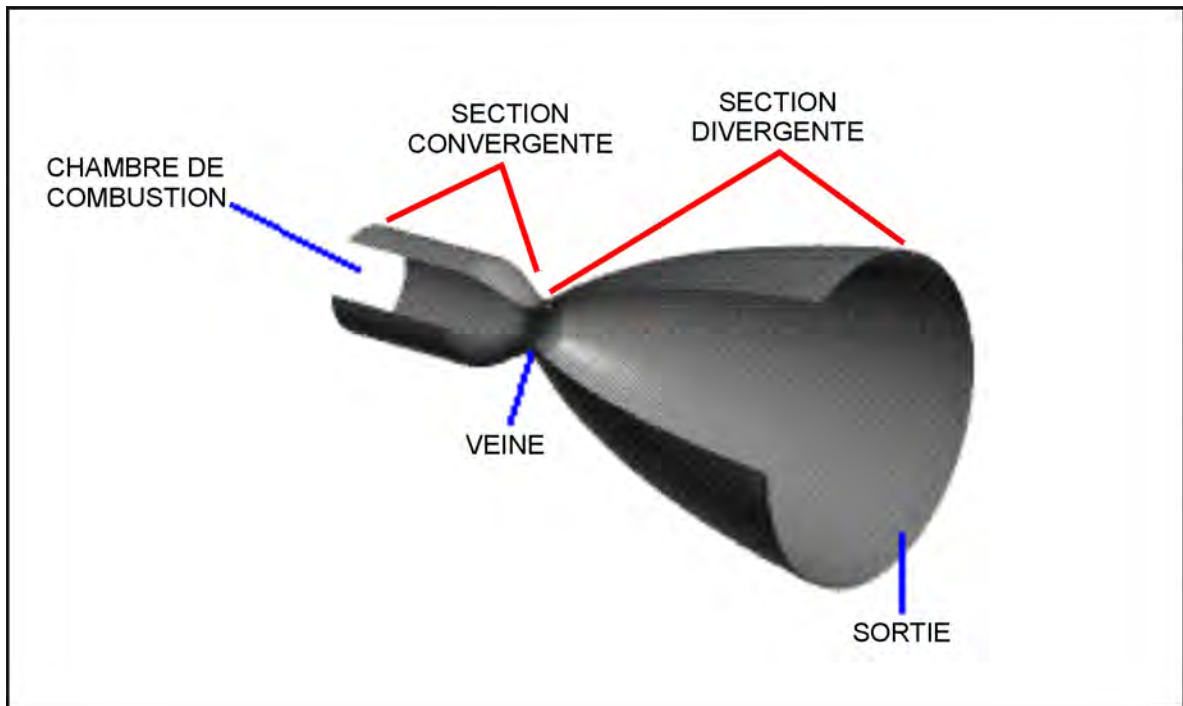


COMBUSTION



"Beginner's Guide to Rockets" Combustion. Extrait le 25 mars 2007 du site <http://exploration.grc.nasa.gov/education/rocket/combst1.html>

Figure B-2 Combustion

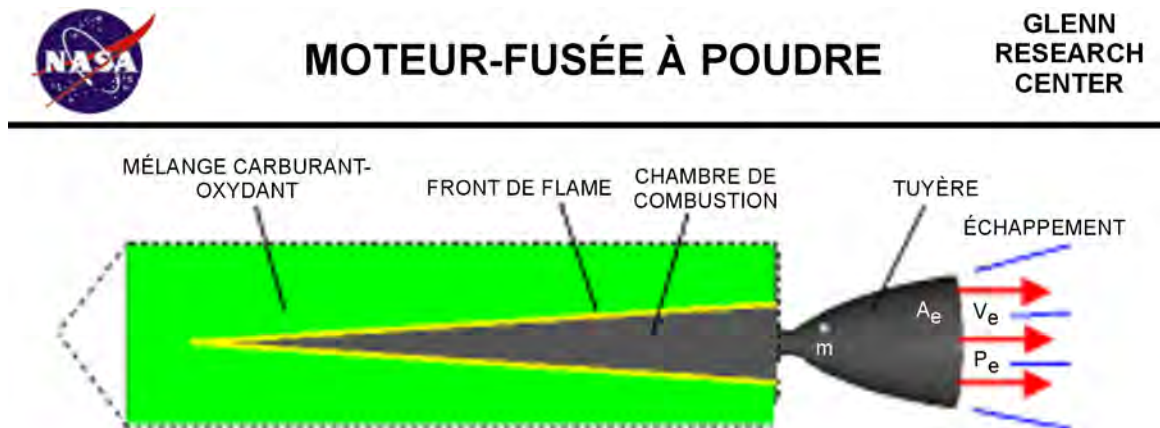


"Beginner's Guide to Rockets" Combustion. Extrait le 25 mars 2007 du site <http://exploration.grc.nasa.gov/education/rocket/nozzle.html>

Figure B-3 Tuyère de fusée

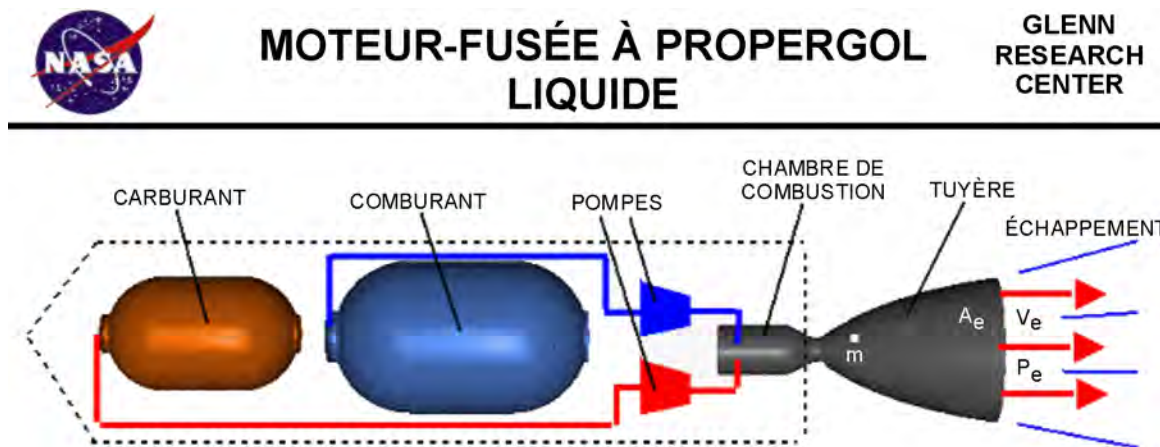
CETTE PAGE EST INTENTIONNELLEMENT LAISSÉE EN BLANC

MOTEURS-FUSÉES À POUDRE ET À PROPERGOL LIQUIDE



"Beginner's Guide to Rockets" Solid Rockets. Extrait le 25 mars 2007 du site <http://exploration.grc.nasa.gov/education/rocket/lrockth.html>

Figure C-1 Conception du moteur-fusée à poudre

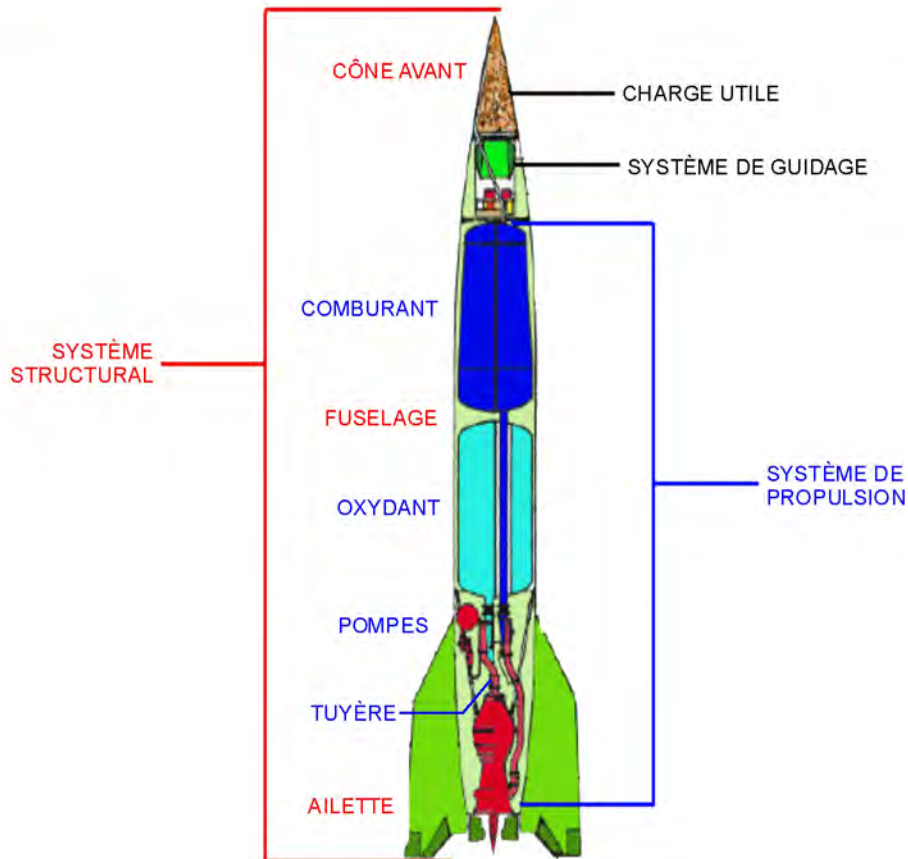


"Beginner's Guide to Rockets" Liquid Rockets. Extrait le 25 mars 2007 du site <http://exploration.grc.nasa.gov/education/rocket/lrockth.html>

Figure C-2 Conception du moteur-fusée à propergol liquide



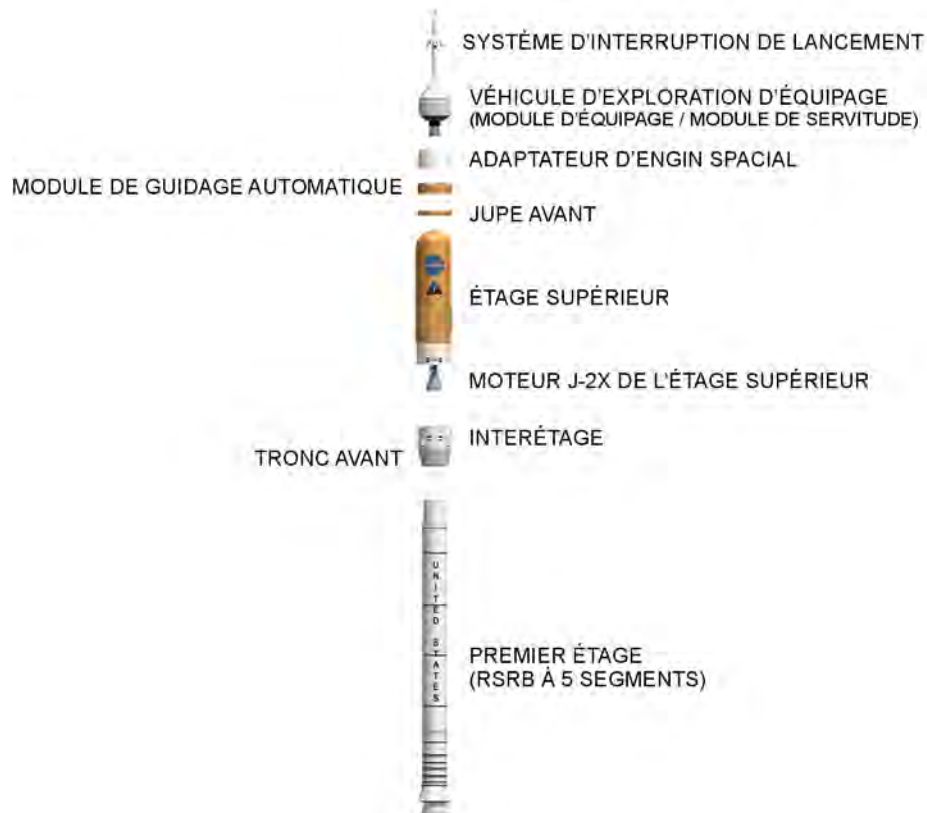
PARTIES DE LA FUSÉE



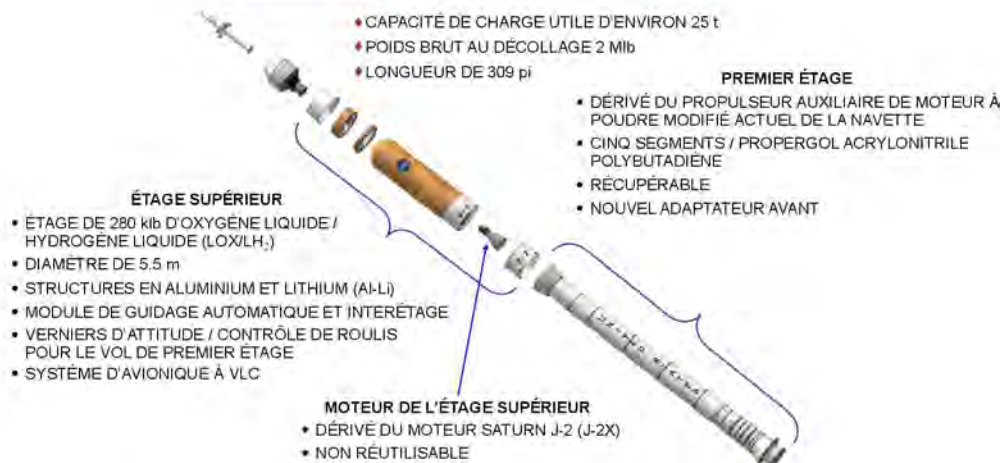
"Beginner's Guide to Rockets" Rocket Parts. Extrait le 25 mars 2007 du site <http://exploration.grc.nasa.gov/education/rocket/rockpart.html>

Figure C-3 Fusée à propergol liquide

LANCEURS



LANCEUR D'ÉQUIPAGES ARES I



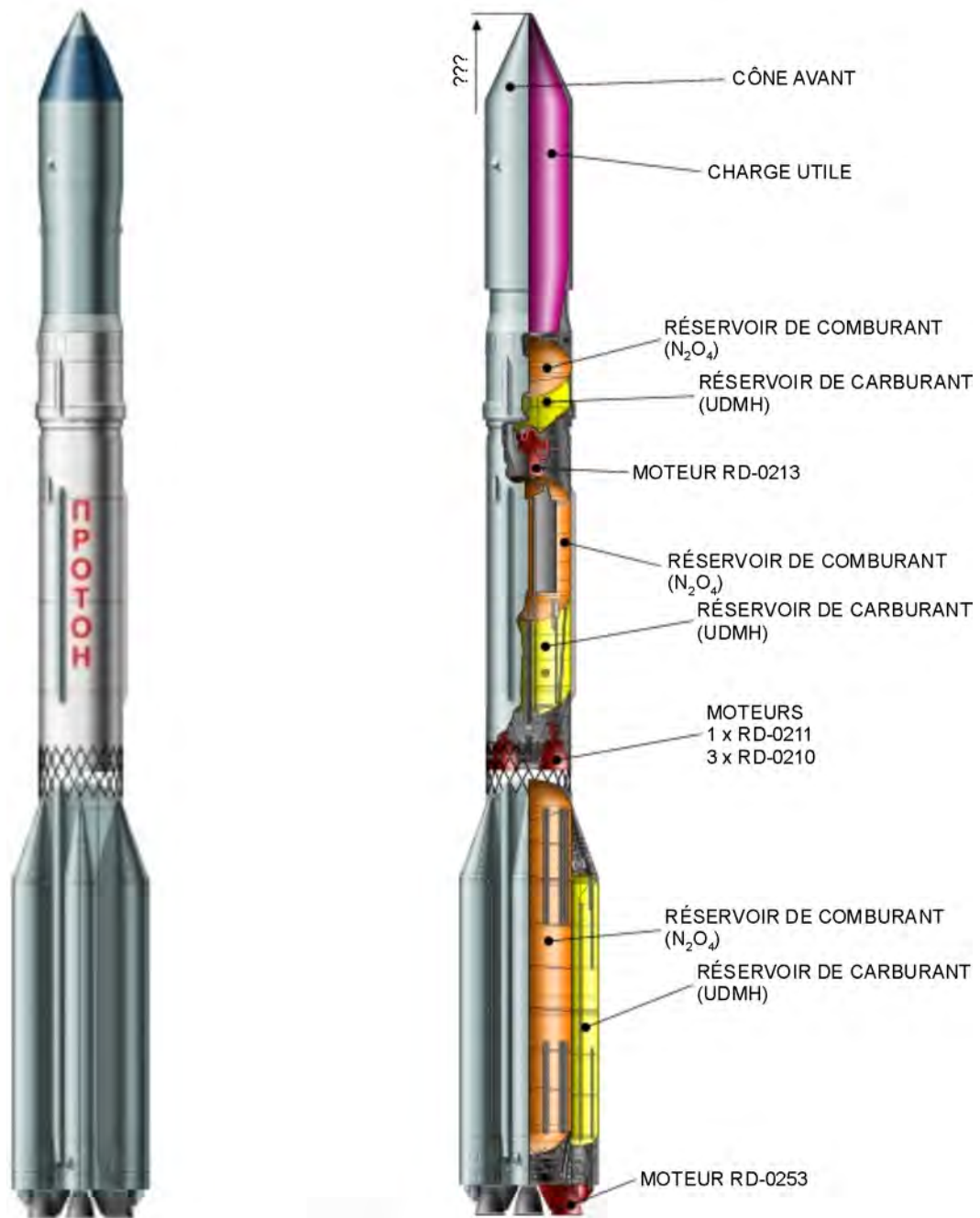
NASA "Constellation Program" Ares Launch Vehicles. Extrait le 24 mars 2007
du site http://www.nasa.gov/mission_pages/constellation/ares/aresI.html

Figure D-1 Lanceur Ares I



NASA "Constellation Program" Ares Launch Vehicles. Extrait le 24 mars 2007
 du site http://www.nasa.gov/mission_pages/constellation/ares/aresV.html

Figure D-2 Lanceur Ares V



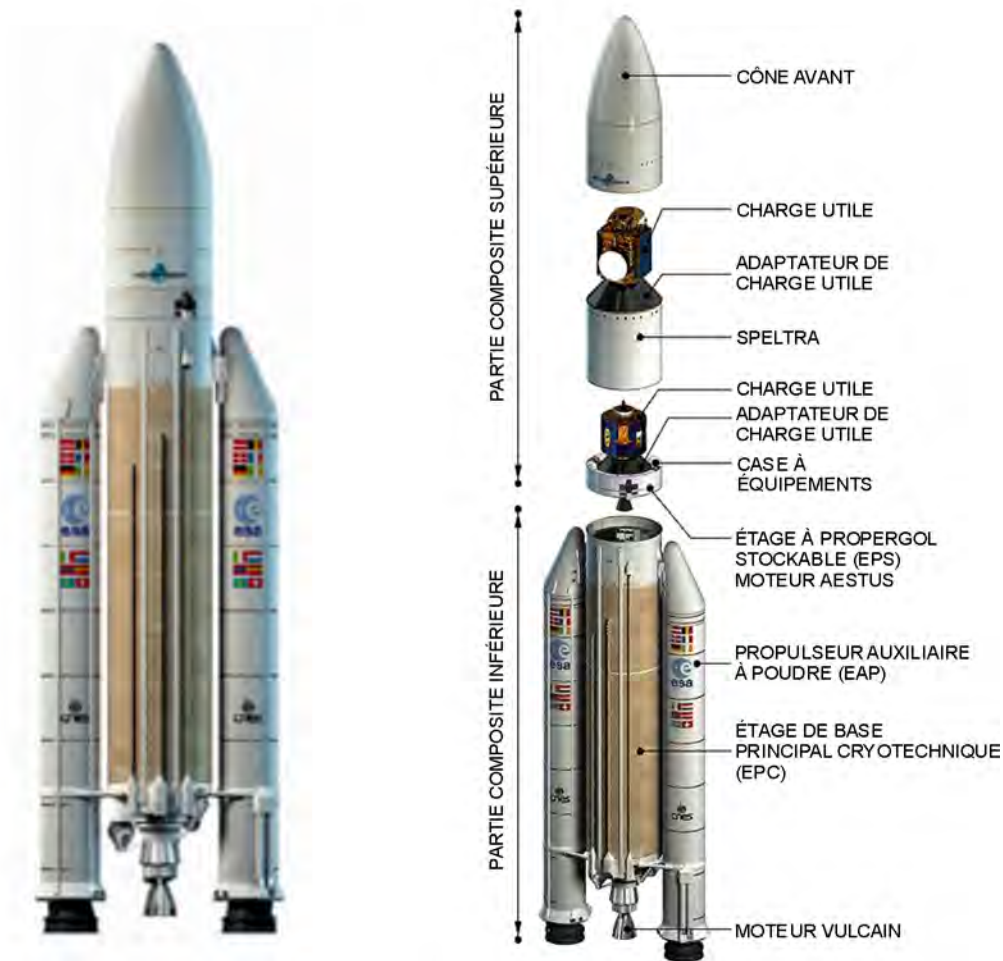
"Roscosmos Rocket Families" Proton. Extrait le 27 mars 2007 du site <http://www.roscosmos.ru/RocketsMain.a>

Figure D-3 Lanceur de l'agence spatiale fédérale – Proton

LE PROPERGOL DU PROPULSEUR (SRB) D'ARIANE 5 EST SOLIDE (POUDRE).

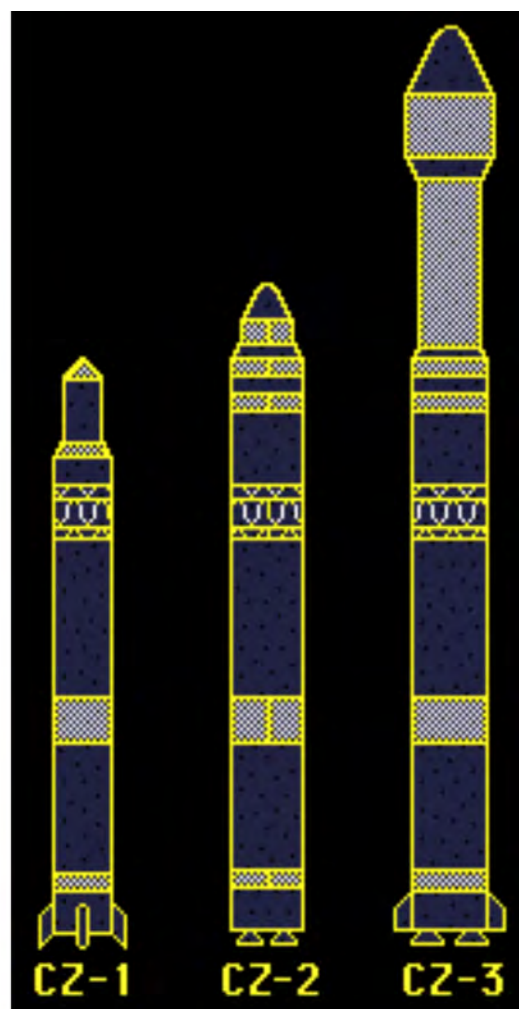
LES MOTEURS PRINCIPAUX BRÛLENT DE L'OXYGÈNE LIQUIDE ET DE L'HYDROGÈNE LIQUIDE.

DONNÉES GÉNÉRALES : ARIANE 5G
HAUTEUR : 46 À 52 m
DIAMÈTRE : JUSQU'À 5.4 m
MASSE AU DÉCOLLAGE : 746 TONNES



From "European Space Agency" Launch Vehicles. Extrait le 24 mars 2007 du site http://www.esa.int/SPECIALS/Launchers_Access_to_Space/SEMH3E67ESD_0.html

Figure D-4 Ariane 5 – Agence spatiale européenne



*"China in Space" China's Space Rockets. Extrait le 24 mars 2007 du site
<http://www.spacetoday.org/China/ChinaRockets.html#LongMarchRockets>*

Figure D-5 Fusées Long March (Changzheng)

CETTE PAGE EST INTENTIONNELLEMENT LAISSÉE EN BLANC



**CADETS DE L'AVIATION
ROYALE DU CANADA**

NIVEAU DE QUALIFICATION DEUX

GUIDE PÉDAGOGIQUE



SECTION 7

OCOM C232.03 – IDENTIFIER LES CARACTÉRISTIQUES DES MOTEURS D'HELICOPTÈRE

Durée totale :

60 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-802/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.

Faire une photocopie des documents de cours des annexes A à D, pour chaque cadet. Des transparents des figures, qui se trouvent dans les annexes A à D, peuvent également être faits.

Faire une photocopie, pour chaque cadet, des gabarits de fabrication des hélicoptères en papier et des instructions qui se trouvent aux figures A-2 et A-3.

Se procurer un ballon gonflé à l'hélium pour le PE3.

DEVOIR PRÉALABLE À LA LEÇON

S.O.

APPROCHE

Un exposé interactif a été choisi pour le PE1 et les PE3 à PE6 afin de présenter les caractéristiques des moteurs d'hélicoptère et donner un aperçu de ceux-ci.

Une activité en classe a été choisie pour le PE2, parce qu'il s'agit d'une façon interactive de stimuler l'esprit et l'intérêt des cadets.

INTRODUCTION

RÉVISION

La révision pour cette leçon est tirée de l'OCOM M232.01 (Identifier les types de moteurs d'aéronef), y compris les caractéristiques des turbomoteurs.

OBJECTIFS

À la fin de la présente leçon, le cadet doit être en mesure d'identifier les caractéristiques des moteurs d'hélicoptère.

IMPORTANCE

Il est important que les cadets connaissent les caractéristiques des moteurs d'hélicoptère, car les hélicoptères représentent une partie importante des capacités de transport, de manœuvre tactique de combat et de recherche et sauvetage des Forces armées canadiennes.

Point d'enseignement 1

Expliquer les progrès technologiques qui ont rendu les hélicoptères rentables

Durée : 5 min

Méthode : Exposé interactif

Des défis importants ont limité les premières expériences avec les hélicoptères. Plus particulièrement, il n'existait pas de moteurs convenables dans les premières années. Ce problème n'a pas été surmonté avant le début du 20^e siècle lors de la mise au point des moteurs à combustion interne (à essence). Et malgré tout, ce n'est pas avant le milieu des années 1920 que des moteurs possédant suffisamment de puissance et ayant un rapport puissance-poids élevé convenable pour le vol vertical sont devenus plus largement disponibles.

Les premiers moteurs étaient faits de fonte et étaient trop lourds pour les hélicoptères. L'aluminium, substance commune utilisée dans les aéronefs modernes, était disponible en commerce vers les années 1890, mais était extrêmement coûteux. L'aluminium n'était pas beaucoup utilisé dans les applications aéronautiques avant 1920.

Bien que plusieurs autres facteurs aient contribué d'une certaine façon au manque de progrès pour réussir à voler verticalement, la création d'un hélicoptère pratique a dû attendre que la technologie des moteurs soit raffinée au point où des moteurs légers à puissance considérable puissent être construits. Après 1920, les moteurs à pistons à essence avec un rapport puissance-poids élevé étaient plus largement disponibles. Il est donc devenu possible de commencer à régler les problèmes de commande du vol vertical. La période suivant 1920 est marquée par la mise au point d'un grand nombre de prototypes d'hélicoptères à travers le monde.

CONFIRMATION DU POINT D'ENSEIGNEMENT 1

QUESTIONS

- Q1. Pourquoi les premiers moteurs à pistons étaient-ils trop lourds pour les hélicoptères?
- Q2. Quelle substance a permis la fabrication d'hélicoptères et de moteurs d'hélicoptères en 1920?
- Q3. À quel moment est-il devenu possible de régler les problèmes de commande de vol vertical?

RÉPONSES ANTICIPÉES

- R1. Les premiers moteurs à pistons étaient trop lourds, car ils étaient faits de fonte.
- R2. En 1920, l'aluminium a permis d'alléger suffisamment les fuselages et les moteurs des hélicoptères.
- R3. Il est devenu possible de régler les problèmes de commande de vol vertical lorsque les moteurs efficaces ont été disponibles après 1920.

Point d'enseignement 2

Fabriquer un hélicoptère en papier et le faire voler

Durée : 20 min

Méthode : Activité en classe

Lorsqu'un moteur d'hélicoptère perd sa puissance en vol, le pilote peut faire un atterrissage en autorotation jusqu'au sol.



Présenter aux cadets un transparent ou distribuer le document de cours portant sur le vol en autorotation par rapport à un vol normal, qui se trouve à la figure A-1.

L'autorotation est l'état de vol où le rotor principal est tourné par l'action du vent qui passe au travers du disque rotor au lieu d'être tourné par la puissance du moteur.

Pour ce faire, le rotor doit être détaché du moteur. Ce détachement est effectué par un dispositif à roue libre qui permet au rotor de tourner même si le moteur ne fonctionne pas.

Pour passer avec succès du débit d'air descendant à un débit d'air ascendant efficace pendant l'autorotation, l'angle de pas des pales du rotor principal doit être réduit. Ce transfert peut se comparer à l'abaissement du nez et au changement de l'assiette en tangage d'un aéronef à voilure fixe afin d'établir le vol plané.

ACTIVITÉ

Durée : 15 min

OBJECTIF

L'objectif de cette activité est de demander aux cadets de plier les hélicoptères en papier et de faire une autorotation jusqu'au sol avec les hélicoptères afin de démontrer que la perte de puissance du moteur n'entraîne pas nécessairement un écrasement.

RESSOURCES

Les instructions et le gabarit pour plier un hélicoptère de papier sont présentés aux figures A-2 et A-3.

DÉROULEMENT DE L'ACTIVITÉ

S.O.

INSTRUCTIONS SUR L'ACTIVITÉ

1. Distribuer les instructions et le gabarit portant sur la fabrication de l'hélicoptère en papier, à chaque cadet.
2. Demander aux cadets de découper l'hélicoptère en papier et de le plier selon la forme prévue.
3. Demander aux cadets de se lever et de laisser tomber les hélicoptères.



Faire tourner l'hélicoptère en papier avant de le laisser tomber. Cela permettra d'établir une action de rotation efficace, car, tel que stipulé dans la Première loi de Newton, tout objet dans un état de mouvement uniforme tend à rester dans cet état à moins qu'une force extérieure n'agisse sur lui.

MESURES DE SÉCURITÉ

S.O.

CONFIRMATION DU POINT D'ENSEIGNEMENT 2

La participation des cadets à l'activité servira de confirmation de l'apprentissage de ce PE.

Point d'enseignement 3**Expliquer pourquoi les hélicoptères ont une vitesse de pointe et pourquoi les rotors d'hélicoptère ont une vitesse constante**

Durée : 10 min

Méthode : Exposé interactif

La caractéristique qui définit le plus un moteur d'hélicoptère est son besoin de maintenir une vitesse de rotor constante ou un nombre constant de tours par minute (tr/min), tel que précisé par le fabricant.

Si le rotor va trop vite, il y aura une perte de portance et des dommages au moment où les extrémités des pales approcheront la vitesse du son et les ondes de choc se formeront. Ce résultat est plus important avec les longues pales des voilures tournantes qu'avec les pales plus courtes des propulseurs d'aéronef à voilure fixe.

Par contre, un rotor sous charge ne doit pas ralentir sous la vitesse de calcul, car les pales dépendent de la force centrifuge pour rester allongé à l'horizontale. Les pales de rotor sont sous l'effet de la portance, car elles sont considérées comme des ailes. La portance fait lever les rotors pour former un « cône » si la force centrifuge n'est pas suffisante pour les garder allongés à l'horizontale. Lorsque les pales de rotor ralentissent dangereusement et forment un « cône » vers le haut, il y a une perte de portance et un écrasement devient imminent.



À l'aide d'un ballon gonflé à l'hélium, démontrer aux cadets que la force centrifuge est nécessaire pour aplatir le disque rotor, tel que montré à la figure B-1.

Lorsque l'hélicoptère est au repos, les extrémités extérieures du rotor se déplacent à une vitesse déterminée par la longueur des pales et le régime du moteur. Par contre, dans le cas d'un hélicoptère en mouvement, la vitesse des pales relativement à l'air dépend de la vitesse de l'hélicoptère et de leur vitesse de rotation. La vitesse des pales de rotor, pendant le mouvement vers l'avant de sa rotation, est beaucoup plus élevée que celle de l'hélicoptère lui-même. Il est possible que les extrémités de ces pales dépassent la vitesse du son et produisent ainsi une traînée et une vibration considérablement accrue.



Dans un hélicoptère en mouvement, la vitesse des extrémités des pales relativement à l'air dépend de la vitesse de l'hélicoptère et de la vitesse des pales.



Pourquoi le rotor ne doit jamais aller trop vite. Si le rotor va trop vite, les extrémités des longues pales approcheront la vitesse du son et les ondes de choc soniques entraîneront des dommages à l'équipement et une perte de portance.



Pourquoi le rotor sous charge ne doit jamais aller trop lentement. Un rotor sous charge ne doit pas ralentir sous la vitesse de calcul, car les pales dépendent de la force centrifuge pour rester allongées à l'horizontale. Les pales de rotor sous charge sont sous l'effet de la portance et sont levées pour former un « cône » si la force centrifuge n'est pas suffisante pour les garder allongées à l'horizontale. Lorsque les pales de rotor ralentissent dangereusement et forment un « cône » vers le haut, il y a une perte de portance et un écrasement devient imminent.



À l'aide d'un modèle réduit d'hélicoptère, démontrer aux cadets qu'une pale recule pendant que l'autre pale avance à la même vitesse. Lorsque l'hélicoptère est sans mouvement au sol ou en vol stationnaire, expliquer que la vitesse de la pale avançante sera la même que la vitesse de la pale reculante pour que chaque pale développe une portance égale.



Pourquoi un hélicoptère a une vitesse à ne pas dépasser V_{NE} . Lorsque l'hélicoptère vole plus vite, la vitesse vraie de l'extrémité de la pale avançante augmentera vers la vitesse du son et les ondes de choc soniques entraîneront des dommages à l'équipement et une perte de portance.



Connaissances générales pour l'instructeur seulement. De plus, un hélicoptère en mouvement ressent une différence de portance entre les moitiés du disque rotor, car la vitesse de la pale avançante est supérieure à la vitesse de la pale reculante. Plus l'hélicoptère vole vite, plus cette différence de portance est grande, car la différence de la vitesse vraie des extrémités des pales est deux fois la vitesse de l'hélicoptère. En d'autres mots, pour calculer la vitesse vraie de chaque pale, la vitesse de l'hélicoptère doit être ajoutée à la vitesse de la pale avançante et soustraite de la vitesse de la pale reculante. Ainsi, une vitesse croissante de l'hélicoptère entraîne une dissymétrie croissante de la portance, ce qui entraîne le roulis de l'appareil à se diriger vers la perte de portance à moins d'être corrigé d'une manière ou d'une autre. Ceci est encore plus compliqué à cause de la précession du rotor en rotation qui convertit le roulis indésirable en tangage indésirable. La méthode habituelle pour équilibrer la portance sur les pales avançantes et reculantes est d'avoir un angle d'attaque plus grand sur la pale reculante et un angle d'attaque plus petit sur la pale avançante, par le biais d'une commande de tangage « cyclique ». Cependant, le réglage de l'angle d'attaque des pales a des limites évidentes et peut seulement compenser pour une vitesse très limitée. Donc, la limite de vitesse à ne pas dépasser de l'hélicoptère ne doit jamais être dépassé, même si l'appareil est très puissant.

La commande de tangage cyclique modifie l'angle d'attaque des pales séparément pour contrôler le vol de l'hélicoptère. La commande de tangage collectif modifie l'angle d'attaque des deux pales simultanément pour donner plus ou moins de portance à la voilure tournante.

CONFIRMATION DU POINT D'ENSEIGNEMENT 3

QUESTIONS

- Q1. Pourquoi le rotor d'un hélicoptère ne doit-il jamais aller trop vite?
- Q2. Pourquoi le rotor sous charge ne doit-il jamais aller trop lentement?
- Q3. Pourquoi un hélicoptère a-t-il une limite de vitesse à ne pas dépasser?

RÉPONSES ANTICIPÉES

- R1. Si le rotor va trop vite, les extrémités des longues pales approcheront la vitesse du son et les ondes de choc soniques entraîneront des dommages à l'équipement et une perte de portance.
- R2. Si le rotor va trop lentement, il formera un « cône » à cause de la portance de la voilure tournante.

- R3. Un hélicoptère a une limite de vitesse à ne pas dépasser pour éviter le choc sonique aux extrémités des pales.

Point d'enseignement 4
Expliquer comment la portance du rotor principal est modifiée pendant le vol

Durée : 5 min

Méthode : Exposé interactif



Pour accroître la portance d'un aéronef à voilure fixe, l'angle d'attaque de la voilure est augmenté. Cela s'applique aussi à la voilure tournante.

Le changement de l'angle de pas sur les pales modifie l'angle de la pale et la portance. Avec un changement d'angle d'attaque et de portance survient un changement de traînée; la vitesse ou le régime des rotors peut donc être modifié. Lorsque l'angle d'attaque des pales est augmenté, la traînée augmente et la vitesse du rotor pourrait diminuer si elle le pouvait. Une diminution de l'angle d'attaque des pales réduit la traînée et la vitesse du rotor pourrait donc augmenter si elle le pouvait.

Pour maintenir une vitesse constante du rotor, qui est essentiel au fonctionnement d'un hélicoptère, un changement proportionnel de puissance est nécessaire pour compenser le changement de traînée. Un corrélateur ou un régulateur est la façon la plus habituelle pour ce faire. Le moteur peut augmenter ou ralentir sa vitesse selon la charge sur le rotor, mais la vitesse du rotor reste toujours la même.

Cette fonction du vol à voilure tournante impose des exigences sur la conception du moteur d'hélicoptère. Dans les turbomoteurs utilisés dans la plupart des hélicoptères, la turbine qui alimente le compresseur du moteur est séparée de la turbine qui alimente l'arbre d'entraînement du rotor principal.

CONFIRMATION DU POINT D'ENSEIGNEMENT 4

QUESTIONS

- Q1. Comment la portance est-elle augmentée avec une voilure tournante?
- Q2. Qu'est-ce qui augmente aussi lorsque l'angle d'attaque de la voilure est augmenté?
- Q3. De quelle façon le moteur d'hélicoptère empêche-t-il le rotor de ralentir lorsque la traînée augmente?

RÉPONSES ANTICIPÉES

- R1. L'augmentation de l'angle d'attaque de la voilure augmente la portance avec une voilure tournante.
- R2. La traînée augmente lorsque l'angle d'attaque de la voilure est augmenté.
- R3. Un changement proportionnel de puissance est requis pour compenser l'augmentation de traînée.

Point d'enseignement 5
Expliquer que la plupart des hélicoptères utilisent des turbomoteurs

Durée : 5 min

Méthode : Exposé interactif

Bien que les moteurs à pistons soient toujours utilisés dans certains hélicoptères d'aviation générale, la plupart des hélicoptères produits servent à des fins militaires ou commerciales et comprennent des turbines à gaz ayant un rapport puissance-poids élevé.



Présenter aux cadets un transparent ou distribuer le document de cours portant sur le turbomoteur, qui se trouve à la figure C-1.

Les turbines à gaz peuvent maintenir une vitesse de rotor constante qui est distincte de la vitesse du moteur et, dans cette configuration, on les appelle les turbomoteurs. Plus particulièrement, un moteur conçu pour un turbomoteur sera généralement composé d'une turbine pour le compresseur à air du moteur et d'une autre turbine distincte pour alimenter l'arbre d'entraînement qui fait tourner le rotor principal. Étant donné que le moteur possède une turbine de compresseur distincte, il peut être accéléré ou ralenti au besoin pour fournir la quantité adéquate de gaz d'échappement à haute vitesse à la deuxième turbine et maintenir la vitesse du rotor constante.

Les turbomoteurs sont également utilisés pour propulser les chars et les navires, ainsi que dans des applications stationnaires.

CONFIRMATION DU POINT D'ENSEIGNEMENT 5

QUESTIONS

- Q1. Qui utilise des hélicoptères?
- Q2. Quel type de moteur retrouve-t-on dans la plupart des hélicoptères?
- Q3. Combien de turbines un turbomoteur possède-t-il?

RÉPONSES ANTICIPÉES

- R1. La plupart des hélicoptères ont une utilisation militaire ou commerciale.
- R2. La plupart des hélicoptères ont des turbines à gaz qui sont configurées comme des turbomoteurs.
- R3. Un turbomoteur possède deux turbines : une pour son propre compresseur et une pour le rotor principal.

Point d'enseignement 6

Identifier les hélicoptères des FAC et discuter des moteurs correspondants

Durée : 10 min

Méthode : Exposé interactif



Présenter aux cadets des transparents portant sur les hélicoptères des FAC, qui se trouvent aux figures D-1 à D-5. Discuter de ces appareils avec eux, y compris les renseignements suivants.

LE CH-149 CORMORANT

Le Cormorant a été choisi comme étant le nouvel hélicoptère dédié à la recherche et au sauvetage (SAR) du Canada. Le premier de ces appareils est entré en service en 2002 au 19^e Escadre Comox et, au printemps 2004, la flotte complète de 15 hélicoptères Cormorant était opérationnelle. Cet appareil est doté de trois moteurs puissants, d'un compartiment de fret spacieux et a un rayon d'action exceptionnel. Son système de protection contre le givre, lui permettant de fonctionner dans des conditions givrantes continues, et sa stabilité à résister aux vents forts font en sorte que cet appareil est idéal pour la géographie et le climat rigoureux du Canada.

Le CH-149 Cormorant de Agusta-Westland est un hélicoptère entièrement certifié et disponible sur le marché civil. Il comprend un équipement propre à la recherche et au sauvetage (SAR), ainsi que des caractéristiques matérielles et des exigences de performance lui permettant d'assumer les responsabilités du Canada en matière de SAR. Les modifications apportées ont entraîné des coûts d'achat réduits, une rampe à l'arrière du fuselage, une seule porte de sauvetage équipée des deux treuils sur un côté et une élimination de l'équipement militaire inutile. Les pales de rotor en forme de pagaies à l'extrémité – renforcées par des bandes de titane le long du bord d'attaque – ont pour effet d'améliorer la portance et la vitesse du CH-149, tout en réduisant la vitesse de décrochage et les vibrations. Grâce à son profil, le CH-149 peut résister à de forts vents (supérieurs à 50 nœuds) et offre une meilleure réaction aux rafales pendant l'exécution des tâches courantes de levage, de démarrage et d'arrêt.

- Flotte des FAC : 15
- Bases :
 - 9^e Escadre Gander (NF),
 - 8^e Escadre Trenton (ON),
 - 14^e Escadre Greenwood (NS), and
 - 19^e Escadre Comox (BC).

LE CH-148 CYCLONE

À la suite d'un processus d'évaluation détaillé de préqualification et de soumission, le gouvernement du Canada a choisi le H92 soumis par Sikorsky comme gagnant du projet d'hélicoptère maritime. Sikorsky obtiendra deux contrats distincts mais interdépendants. Le premier contrat permettra de faire l'acquisition de 28 hélicoptères entièrement intégrés, certifiés et qualifiés, et munis de systèmes de missions. Il inclut également les modifications des 12 navires de classe Halifax. Le deuxième contrat prévoit le soutien en service pendant 20 ans qui comprend un établissement de formation et un service de simulation et d'entraînement.

LE CH-146 GRIFFON

En tant qu'hélicoptère utilitaire de transport tactique (HUTT) du Canada, le Griffon offre une capacité solide, fiable et rentable pour : le transport aérien d'équipement et de personnel, les vols de commande et de liaison, la surveillance et la reconnaissance, l'évacuation de blessés, le transport logistique, la recherche et le sauvetage, les opérations antidrogue et les opérations de secours national.

Les Griffon sont utilisés par les Escadrons de soutien au combat aux 3^e, 4^e et 5^e Escadres pour venir en aide aux opérations de chasse en offrant une capacité de sauvetage et de recherche et un transport utilitaire aux missions et à l'entraînement de chasse.

- Flotte des FAC : 85
- Bases :
 - Bagotville, QC,
 - Cold Lake, AB,
 - Gagetown, NB,
 - Valcartier, QC,
 - Goose Bay, NF,
 - Edmonton, AB,
 - Petawawa, ON, and

- Borden, ON.

LE CH-139 JET RANGER

Les 14 CH-139 Jet Rangers ont été achetés en 1981 dans le but d'en faire des hélicoptères-écoles à la 3^e École de pilotage des Forces canadienne à la BFC Portage la Prairie, au sud du Manitoba, qui est maintenant le Southport Aerospace Centre. Ils sont toujours utilisés à la 3^e École de pilotage des Forces armées canadiennes (3^e EPFC), maintenant dotés d'une avionique améliorée et d'un système de climatisation, et sont entretenus par Allied Wings consortium qui fournit l'aéronef utilisé par la 3^e EPFC.

Le CH-139 Jet Ranger est un hélicoptère léger monomoteur, à cinq places. Il est doté d'un rotor principal semi-rigide à deux pales et d'un rotor de queue anticouple à deux pales. Le Jet Ranger est alimenté par une turbine à gaz de modèle 250-C20B Allison, qui est détournée pour donner 317 CV sur arbre d'entraînement au niveau de la mer.

- Flotte des FAC : 14
- Bases : 3^e EPFC Portage la Prairie

LE CH-124 SEA KING

Le Sea King est un hélicoptère maritime qui a des capacités de vols de jour et de nuit et qui peut être transporté à bord d'un grand nombre de destroyers, de frégates et de ravitailleurs du Commandement maritime canadien. Le Sea King est muni de systèmes de détection, de navigation et d'arme qui lui permettent de remplir son rôle principal qui est de chercher, de repérer et de détruire des sous-marins. Équipé d'équipement de détection acoustique sous-marine et de torpilles autoguidées, il est également un hélicoptère de surveillance polyvalent.

Au pays, les appareils Sea King sont de plus en plus responsables des opérations de recherche et de sauvetage, ainsi que des opérations de secours en cas de catastrophe; ils aident également les autres ministères du gouvernement à réaliser les opérations de lutte antidrogue, de surveillance des pêches et de patrouilles antipollution.

Le Sea King contribue de manière importante aux opérations de maintien de la paix. Pendant le déploiement des forces en Somalie, p. ex. le CH-124 a apporté des troupes avec logistiques, du soutien médical et en munitions, ainsi que de la reconnaissance terrestre par voie aérienne et des convois. Il était, en fait, le seul lien que les soldats avaient avec les navires, surtout pendant les étapes initiales du déploiement.

Depuis leur déploiement à bord de navires de la Marine canadienne dans le golfe Persique à l'automne 2001, la flotte d'aéronefs Sea King a participé activement à la campagne contre le terrorisme. Les aéronefs Sea King ont effectué des centaines de missions variant de vols logistiques pour déplacer du personnel et des marchandises au transport et à l'arraisonnement de navires suspects.

- Flotte des FAC : 27
- Bases :
 - 12^e Escadre Shearwater, NS, et
 - Patricia Bay, BC.

CONFIRMATION DU POINT D'ENSEIGNEMENT 6

QUESTIONS

- Q1. Quel type de moteur est commun à tous les hélicoptères des FAC?
- Q2. Quelle est la désignation du nouvel hélicoptère maritime du Canada?

Q3. Combien de moteurs le CH-149 Cormorant a-t-il?

RÉPONSES ANTICIPÉES

R1. Les hélicoptères des FAC utilisent tous des turbomoteurs.

R2. Le nouvel hélicoptère maritime du Canada est le CH-148 Cyclone.

R3. Le CH-149 Cormorant a trois turbomoteurs.

CONFIRMATION DE FIN DE LEÇON

QUESTIONS

Q1. Quelle substance a permis la fabrication de moteurs d'hélicoptères en 1920?

Q2. Pourquoi le rotor d'un hélicoptère ne doit-il jamais aller trop vite?

Q3. De quelle façon le moteur de l'hélicoptère empêche-t-il le rotor de ralentir lorsque la traînée augmente?

RÉPONSES ANTICIPÉES

R1. L'aluminium a permis la fabrication de moteurs d'hélicoptères en 1920.

R2. Si le rotor va trop vite, les extrémités des longues pales approcheront la vitesse du son et les ondes de choc soniques entraîneront des dommages à l'équipement et une perte de portance.

R3. Un changement proportionnel de puissance est requis pour compenser l'augmentation de traînée.

CONCLUSION

DEVOIR/LECTURE/PRATIQUE

S.O.

MÉTHODE D'ÉVALUATION

S.O.

OBSERVATIONS FINALES

Les aéronefs à voilure tournante présentent des défis particuliers pour l'aviation, mais ils offrent également des capacités particulières qui leur permettent d'apporter une contribution importante aux opérations de transport, de manœuvre tactique et de recherche et sauvetage des Forces canadiennes.

COMMENTAIRES/REMARQUES À L'INSTRUCTEUR

S.O.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

C3-050 Ministère de la Défense nationale. (2006). *La Force aérienne du Canada, Aéronefs (page principale)*. Extrait le 11 octobre 2006 du site http://www.airforce.forces.gc.ca/equip/equip1_e.asp.

C3-054 Frost, M. (2004). *Force and Movement: Making a Helicopter*. Extrait le 11 octobre 2006 du site http://www.teacherresourcesgalore.com/physics_files/helicopter.doc.

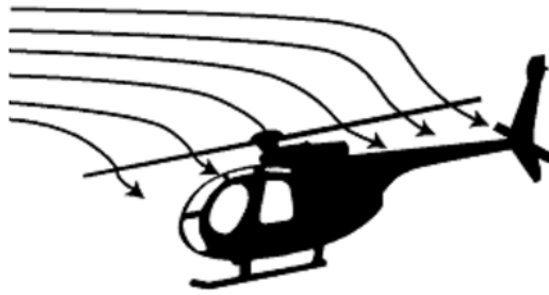
C3-055 University of Sydney. *Helicopters*. (2006). Extrait le 12 octobre 2006 du site <http://alex.edfac.usyd.edu.au/blp/websites/Machan/heli.htm>.

C3-056 US Centennial of Flight Commission. *Helicopters*. (2003). Extrait le 12 octobre 2006 du site <http://www.centennialofflight.gov/essay/Dictionary/helicopter/DI27.htm>.

C3-061 Leishman, J.G. (2000). *A History of Helicopter Flight*. Extrait le 1^{er} novembre 2006 du site <http://www.glue.umd.edu/~leishman/Aero/history/html>.

CETTE PAGE EST INTENTIONNELLEMENT LAISSÉE EN BLANC

INSTRUCTIONS ET GABARIT POUR PLIER UN HÉLICOPTÈRE DE PAPIER



VOL À PROPULSION NORMALE



VOL EN AUTOROTATION

Jeppesen Standard Training Products, A&P Technician General Textbook, Jeppesen Standard Training Systems (p. 2-66)

Figure A-1 Vol en autorotation par rapport au vol à propulsion normale

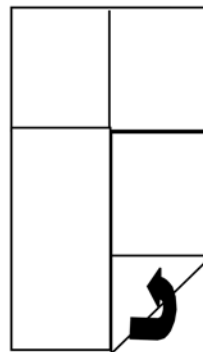
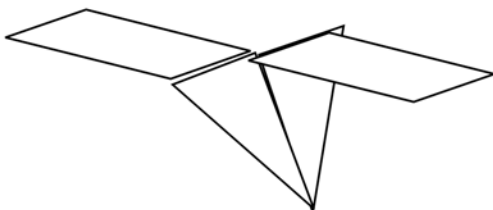
FABRIQUER UN HÉLICOPTÈRE

BUT : FABRIQUER UN HÉLICOPTÈRE QUI VIREVOLTE.

VOUS AUREZ BESOIN : LA FEUILLE DE GABARIT D'UN HÉLICOPTÈRE, DES CISEAUX, DES CRAYONS DE COULEUR, DES TROMBONES POUR LE POIDS.

QUOI FAIRE :

1. COLORIER LA FEUILLE DE L'HÉLICOPTÈRE.
2. DÉCOUPER LA FEUILLE LE LONG DES LIGNES POINTILLÉES.
3. PLIER LES COINS A ET B DE FAÇON À CE QU'ILS SE RENCONTRENT À LA LIGNE CENTRALE.
4. PLIER LES COINS E ET F DANS LES DIRECTIONS OPPOSÉES.



5. FAIRE L'ESSAI DE VOTRE HÉLICOPTÈRE EN LE LAISSANT TOMBER D'UN ENDROIT PLUS ÉLEVÉ (P. EX., SE LEVER DEBOUT SUR UNE PLATE-FORME SURÉLEVÉE).
6. DISCUTER DE CE QUI S'EST PRODUIT.

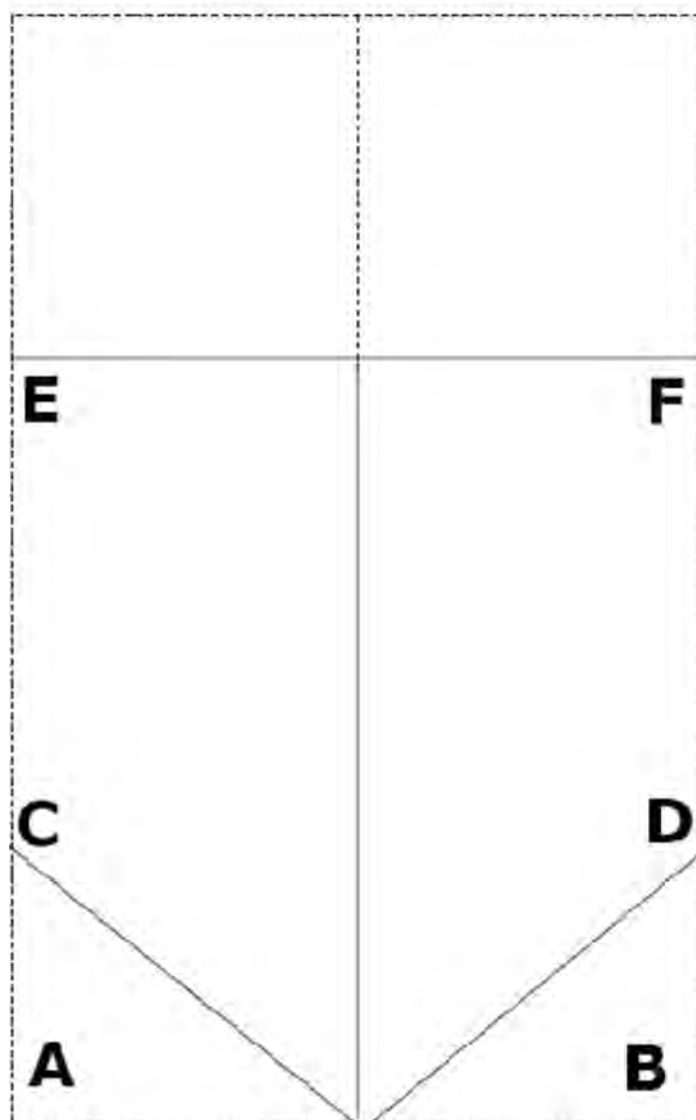
CHOSSES À ESSAYER

- EST-CE QUE LA FAÇON DONT LES RABATS SONT PLIÉS FAIT UNE DIFFÉRENCE LORSQUE L'HÉLICOPTÈRE TOMBE?
- AJOUTER UN POIDS SUPPLÉMENTAIRE À VOTRE HÉLICOPTÈRE. EST-CE QU'IL Y A UNE DIFFÉRENCE?
- FAIRE UN NOUVEL HÉLICOPTÈRE AVEC DES PALES PLUS LONGUES. COMMENT FONCTIONNE-T-IL?

"Force and Movement" Making a Helicopter. Extrait le 11 octobre 2006 du site http://www.teacherresourcesgalore.com/physics_files/helicopter.doc

Figure A-2 Instructions pour la fabrication d'un hélicoptère en papier

GABARIT DE L'HÉLIPTÈRE EN PAPIER

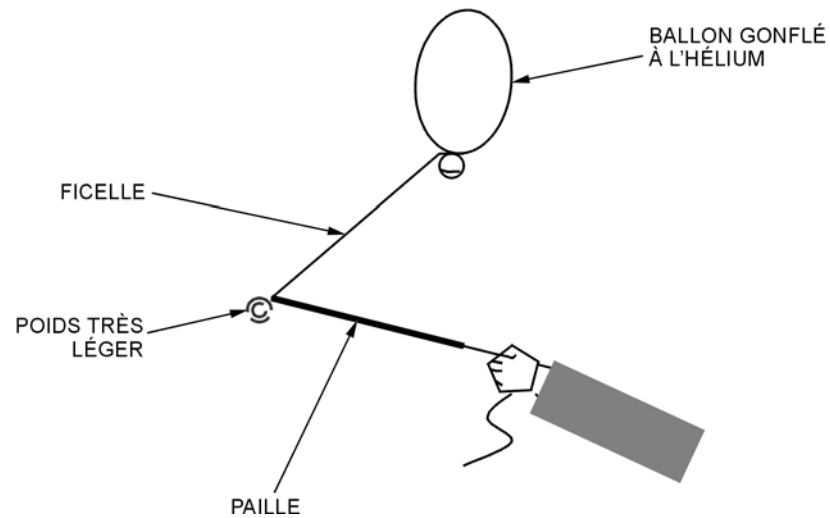


"Force and Movement: Making a Helicopter". Extrait le 11 octobre 2006 du site http://www.teacherresourcesgalore.com/physics_files/helicopter.doc

Figure A-3 Gabarit pour la fabrication d'un hélicoptère en papier

CETTE PAGE EST INTENTIONNELLEMENT LAISSÉE EN BLANC

LA FORCE CENTRIFUGE APLATIE LE DISQUE ROTOR

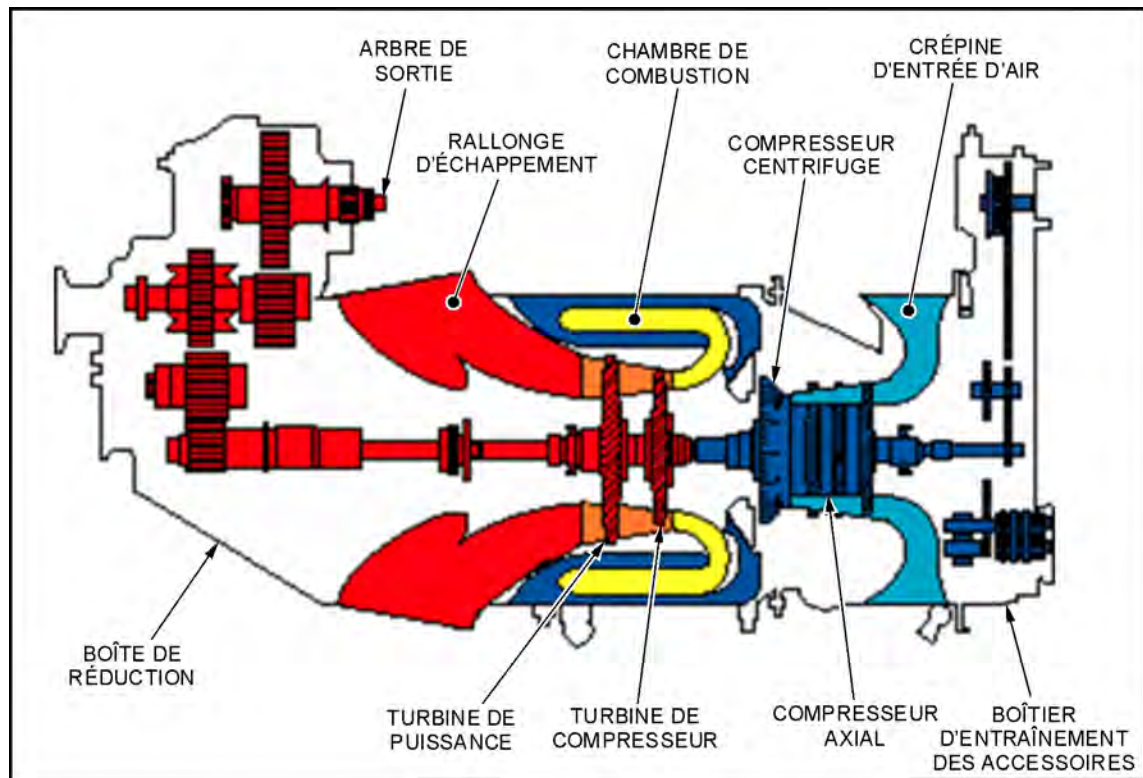


D Cad 3, 2007, Ottawa, ON, Ministère de la Défense nationale

Figure B-1 La force centrifuge empêche la portance de former un cône avec le disque rotor

CETTE PAGE EST INTENTIONNELLEMENT LAISSÉE EN BLANC

TURBOMOTEUR



Imagine the Power, Pratt & Whitney Canada. Extrait le 16 mars 2007 du site http://www.pwc.ca/en/3_0/3_0_3/3_0_3_3_1.asp

Figure C-1 Schéma du turbomoteur – turbines distinctes

CETTE PAGE EST INTENTIONNELLEMENT LAISSÉE EN BLANC

HÉLICOPTÈRES DES FAC



CARACTÉRISTIQUES DU CH-149 CORMORANT

LONGUEUR	22.8 m
DISQUE ROTOR	18.5 m
HAUTEUR	6.5 m
MASSE	14 600 kg (MAXIMALE AU DÉCOLLAGE)
GROUPE MOTOPROPULSEUR	TROIS TURBOMOTEURS T700-T6A1 DE GENERAL ELECTRIC
VITESSE	278 km/h
RAYON D'ACTION	1018 km

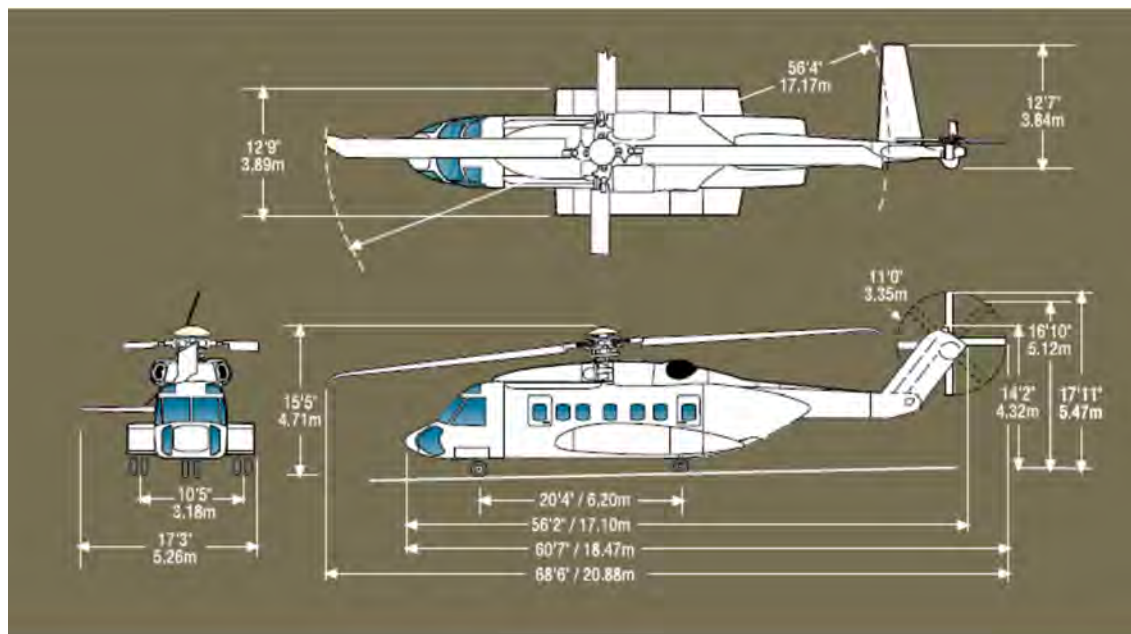
Forces armées canadiennes. Aéronefs. (2005). Extrait le 25 mars 2007 du site http://www.airforce.gc.ca/equip/equip1_e.asp

Figure D-1 Le CH-149 Cormorant



Forces armées canadiennes. Aéronefs. (2005). Extrait le 25 mars 2007 du site http://www.airforce.gc.ca/equip/equip1_e.asp

Figure D-2 Le CH-148 Cyclone



LE S-92 SUPERHAWK COMPREND DEUX TURBOMOTEURS CT7-8A DE GENERAL ELECTRIC MUNI D'UN SÉPARATEUR DE PARTICULES INTÉGRÉ ET UN SYSTÈME DE DÉMARRAGE PNEUMATIQUE. DE PLUS, L'APPAREIL COMPREND UN GROUPE AUXILIAIRE DE BORD 36-150 DE HONEYWELL POUR UNE PUISSANCE DE SECOURS TERRESTRE OU AÉRIENNE.

Sikorsky. S-92 Superhawk Helicopter (2006). Extrait le 25 mars 2007 du site http://www.sikorsky.com/details/0,,CL11_DIV69_ETI2280,00.html

Figure D-3 S-92 Superhawk de Sikorsky



CARACTÉRISTIQUES DU CH-146 GRIFFON

LONGUEUR	17.1 m
DISQUE ROTOR	14 m
HAUTEUR	4.6 m
MASSE	5355 kg
GROUPE MOTOPROPULSEUR	TURBOMOTEUR PT6T-3D DE PRATT & WHITNEY
VITESSE	220 km/h
RAYON D'ACTION	656 km

Forces armées canadiennes. Aéronefs. (2005). Extrait le 25 mars 2007 du site http://www.airforce.gc.ca/equip/equip1_e.asp

Figure D-4 Le CH-146 Griffon



CARACTÉRISTIQUES DU CH-139 JET RANGER

POIDS À VIDE	839 kg
MASSE TOTALE MAXIMALE	1451 kg
HAUTEUR	3.53 m
LONGUEUR	(Y COMPRIS LE ROTOR PRINCIPAL) 11.9 m
VITESSE	130 NOEUDS
LARGEUR	(FUSELAGE ET ATERRISSEUR À PATINS) 1.92 m
DIAMÈTRE DU ROTOR PRINCIPAL	10.16 m
ALTITUDE MAXIMALE DE FONCTIONNEMENT	6100 m
MOTEUR	TURBOMOTEUR DE MODÈLE 250-C20B DE ALLISON

Forces armées canadiennes. Aéronefs. (2005). Extrait le 25 mars 2007 du site http://www.airforce.gc.ca/equip/equip1_e.asp

Figure D-5 Le CH-139 Jet Ranger



CARACTÉRISTIQUES DU CH-124 SEA KING

MASSE	9299 kg
GROUPE MOTOPROPULSEUR	DEUX TURBOMOTEURS T-58-GE-8F/-100 DE GENERAL ELECTRIC DE 1500 CV SUR ARBRE
VITESSE	144 km/h, VITESSE MAXIMALE 181 km/h
PLAFOND	3048 m
RAYON D'ACTION	450 km
CHARGE	2268 kg

Forces armées canadiennes. Aéronefs. (2005). Extrait le 25 mars 2007 du site http://www.airforce.gc.ca/equip/equip1_e.asp

Figure D-6 Le CH-124 Sea King

CETTE PAGE EST INTENTIONNELLEMENT LAISSÉE EN BLANC