CADETS DE L'AVIATION ROYALE DU CANADA

NIVEAU DE QUALIFICATION TROIS

GUIDE PÉDAGOGIQUE

SECTION 4

OCOM C331.03 – IDENTIFIER LES ASPECTS DE L'AÉRODYNAMIQUE D'UN HÉLICOPTÈRE

Durée totale : 30 min

PRÉPARATION

INSTRUCTIONS PRÉALABLES À LA LEÇON

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

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

Créer des transparents des annexes L et M.

Apporter un modèle réduit d'hélicoptère en classe. Si possible, utiliser un hélicoptère radio-guidé pour illustrer l'aérodynamique d'un hélicoptère.

DEVOIR PRÉALABLE À LA LEÇON

S.O.

APPROCHE

L'exposé interactif a été choisi pour cette leçon afin de présenter aux cadets les aspects de l'aérodynamique d'un hélicoptère.

INTRODUCTION

RÉVISION

S.O.

OBJECTIFS

À la fin de la cette leçon, les cadets devront être en mesure d'identifier les aspects de l'aérodynamique d'un hélicoptère.

IMPORTANCE

Il est important que les cadets identifient les aspects de l'aérodynamique d'un hélicoptère pour qu'ils puissent reconnaître les différences entre les avions et les hélicoptères.

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

Point d'enseignement 1 **Décrire le rotor principal d'un hélicoptère**

Durée : 15 min Méthode : Exposé interactif

LE ROTOR PRINCIPAL D'UN HÉLICOPTÈRE

Les hélicoptères, comme les avions, ont des profils aérodynamiques. Contrairement aux avions qui sont munis de profils aérodynamiques fixes (ailes), les profils aérodynamiques d'un hélicoptère ne sont pas immobiles. Les profils aérodynamiques d'un hélicoptère sont appelés des pales de rotor, qui sont attachées au point de rotation sur le dessus de la cellule de l'hélicoptère. L'ensemble au complet est appelé le rotor principal ou l'ensemble rotor.

Les termes « voilure fixe » (avion) et « voilure tournante » (hélicoptère) sont issus des différences physiques entre les profils aérodynamiques d'un avion et d'un hélicoptère.



Utiliser le modèle réduit d'hélicoptère pour illustrer chacun des points suivants. Si possible, on doit utiliser un modèle réduit d'hélicoptère radio-guidé pour illustrer de façon dynamique les concepts de la poussée du rotor et la traînée rotor.

Ensembles rotors

Les ensembles rotors d'un hélicoptère comportent plusieurs pièces. Trois des pièces de base sont :

- les pales de rotor,
- la tête de rotor, et
- l'arbre d'entraînement.

Les pales de rotor sont attachées à la tête du rotor. La tête du rotor repose sur le dessus de l'arbre d'entraînement. Quand l'arbre d'entraînement tourne, il déplace les pales dans l'air.

Lorsque les pales tournent, elles agissent comme les ailes d'un avion. La forme d'une pale de rotor est symétrique, ce qui signifie que la partie supérieure de la pale a la même forme que sa partie inférieure. Au fur et à mesure que chaque pale tourne dans l'air, le débit d'air au-dessus de la pale crée une poussée en se servant des mêmes principes qu'une aile.

Pour qu'un hélicoptère se déplace dans une direction horizontale, l'ensemble rotor doit être tourné dans la direction de déplacement. Cela change l'angle du plan dans lequel les pales tournent et les pales de rotor agissent comme des hélices.

Faire voler un hélicoptère est compliqué. Une fois que l'angle du plan de rotation a été changé, la quantité de portance produite ne sera plus suffisante pour maintenir l'altitude de l'hélicoptère. Le pilote doit augmenter la puissance pour compenser cela. La portance totale nécessaire pour maintenir l'altitude de l'hélicoptère et le mouvement vers l'avant s'appelle la poussée totale du rotor.

Traînée rotor

La traînée rotor est l'opposé de la poussée du rotor. On l'appelle communément le couple et il agit en sens contraire au déplacement de chaque pale. La traînée rotor essaye de ralentir la rotation des pales et une augmentation de la puissance du moteur est nécessaire pour maintenir la vitesse des pales. Si la force de la traînée rotor est plus grande que la poussée du rotor, alors le couple fait tourner le fuselage de l'hélicoptère plutôt que les pales.

On ne doit pas confondre la traînée rotor avec la traînée aérodynamique.

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



La traînée aérodynamique est une force qui agit sur le fuselage de l'aéronef lorsqu'il se déplace dans les airs. Elle agit à l'opposé de la poussée (se référer aux quatre forces qui agissent sur un aéronef).

Facteurs qui influencent la poussée du rotor

Quatre facteurs influencent la poussée du rotor, y compris :

- **Densité de l'air.** Lorsque les pales du rotor tournent dans l'air, la réaction entre les molécules d'air et la surface de la pale produisent la portance. L'augmentation de molécules d'air génère une plus forte réaction. On peut dire qu'il y a plus de portance produite dans l'air à plus grande densité contrairement à l'air à moindre densité, du fait que l'air dense a plus de molécules. La densité d'air peut diminuer avec les augmentations de température ou les diminutions de la pression.
- **Révolutions du rotor par minute (tr/min).** Une augmentation de tr/min du rotor augmente la poussée totale du rotor, tandis qu'une diminution de tr/min réduit la poussée totale du rotor.
- **Angle de la pale (tangage).** Une augmentation de l'angle de la pale augmente la poussée totale du rotor, tandis qu'une diminution de l'angle de la pale réduit la poussée totale du rotor. Elle est semblable aux effets de tangage sur les ailes d'un avion.
- **Surface du disque.** La surface du disque est la surface totale dans laquelle les pales du rotor tournent et la longueur des pales du rotor détermine cette surface. Plus la surface du disque est grande, plus la poussée totale du rotor sera élevée. Ce principe est le même pour les avions, plus l'aile est grande, plus il y a de portance produite.

CONFIRMATION DU POINT D'ENSEIGNEMENT 1

QUESTIONS

Q1. Quelles sont les trois pièces de base d'un ensemble rotor?

Q2. Quelle est la force qui agit à l'opposé de la poussée du rotor?

Q3. Comment la surface du disque influence-t-elle la poussée du rotor?

RÉPONSES ANTICIPÉES

R1. Les pales du rotor, la tête du rotor et l'arbre d'entraînement.

R2. La traînée rotor.

R3. Plus la surface du disque est grande, plus la poussée totale du rotor sera élevée.

Point d'enseignement 2 **Décrire le rotor anticouple d'un hélicoptère**

Durée : 5 min Méthode : Exposé interactif

LE ROTOR ANTICOUPLE



Présenter le transparent de l'annexe L.

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

L’emplacement sur la cellule

Le rotor anticouple est une version plus petite du rotor principal. Il est fixé verticalement à l’extrémité de la queue. La plupart des hélicoptères sont équipés d’un rotor anticouple qui est fixé sur le côté droit de la queue, bien que certains modèles soient équipés d’un rotor anticouple sur le côté gauche ou sont intégrés dans la queue.



Force Aérienne – Galerie d’images, 2008, CH-149 Cyclone. Droit d’auteur 2006 par Sikorsky Aircraft Corporation. Extrait le 9 avril, 2008, du site http://www.airforceimagery.forces.gc.ca/netpub/server.np?find&catalog=casimages&template=detail2_e.np&field=itemid&op=matches&value=3018&site=casimages

Figure 1 Emplacement du rotor anticouple

Fonction

La fonction du rotor anticouple est de compenser le couple produit par le rotor principal. Sans le rotor anticouple, la rotation du rotor principal serait transférée à la cellule et tournerait la cellule plutôt que les pales de rotor. En installant un rotor anticouple, la cellule reste relativement stable tandis que les pales du rotor tournent au-dessus de la cellule. Le rotor anticouple sert à contrôler le mouvement autour de l’axe vertical de l’hélicoptère.

Source d’alimentation

Le rotor anticouple reçoit la puissance du moteur principal à l’aide d’un arbre d’entraînement qui passe le long de la queue.

CONFIRMATION DU POINT D’ENSEIGNEMENT 2

QUESTIONS

Q1. Où se situe habituellement le rotor anticouple?

Q2. Quelles sont les fonctions du rotor anticouple?

Q3. De quelle façon le rotor anticouple reçoit-il de la puissance?

RÉPONSES ANTICIPÉES

R1. Il est fixé verticalement à l’extrémité de la queue.

R2. Les fonctions du rotor anticouple sont de compenser le couple produit par le rotor principal et de contrôler le mouvement autour de l’axe vertical.

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

R3. Le rotor anticouple reçoit la puissance du moteur principal à l'aide d'un arbre d'entraînement qui traverse le long de la queue.

Point d'enseignement 3 **Expliquer les commandes de gouvernes d'un hélicoptère**

Durée : 5 min Méthode : Exposé interactif

COMMANDES DE GOUVERNES D'UN HÉLICOPTÈRE

Il y a trois commandes de gouvernes principales d'un hélicoptère. Elles sont différentes des commandes de gouvernes d'un avion à certains égards, par contre elles sont semblables en d'autres. Les trois commandes de gouverne sont :

- la commande de collectif,
- la commande cyclique, et
- les pédales.



Présenter le transparent de l'annexe M.

Commande de collectif

La commande de collectif est un bras de levier situé sur le côté gauche du siège du pilote (dans la plupart des hélicoptères, le pilote s'assoie au côté droit dans le poste de pilotage). La commande de collectif contrôle l'angle d'attaque des pales du rotor, ce qui modifie la quantité de portance produite. Tirer sur la commande de collectif augmente l'angle d'attaque et augmente la portance. Abaisser la commande de collectif diminue l'angle d'attaque et réduit la portance.

Une manette de poussée est située à l'extrémité de la commande de collectif. La manette de poussée d'un hélicoptère est une poignée tournante. La manette de poussée contrôle les tr/min des pales. Une augmentation des tr/min augmente la quantité de portance produite et la vitesse à laquelle l'hélicoptère se déplace.

Il est important de se rappeler que les rotors agissent de la même façon que les ailes et l'hélice d'un avion. Ils produisent la portance et la poussée. Il en va de même pour les mouvements vers l'avant, vers l'arrière et vers la droite.

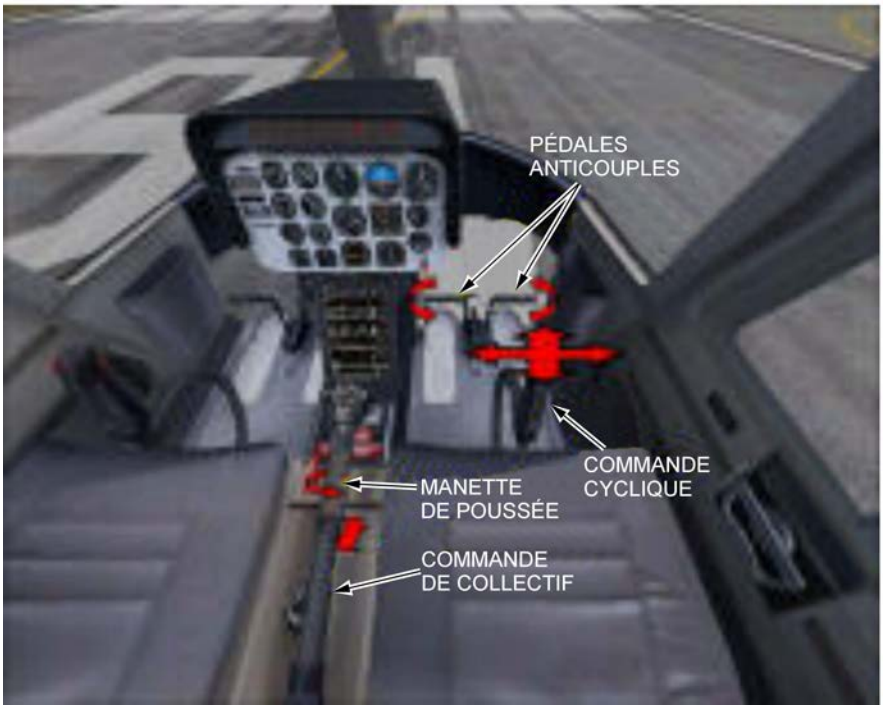
Commande cyclique

Dans un hélicoptère, le manche s'appelle la commande cyclique. La commande cyclique contrôle l'angle du plan dans lequel les pales du rotor bougent. Bouger la commande cyclique vers la gauche sert à diriger la rotation des pales vers la gauche. Garder cet angle assez longtemps fait déplacer l'hélicoptère vers la gauche.

Pédales

Les pédales dans un poste de pilotage d'hélicoptère sont semblables aux palonniers. Elles contrôlent le rotor anticouple, qui procure la stabilité directionnelle. Elles contrôlent aussi la direction dans laquelle le nez de l'hélicoptère est pointé. Une des capacités uniques d'un hélicoptère est que le nez peut pointer dans une direction différente de la direction de déplacement. Ce qui augmente la manœuvrabilité de l'hélicoptère.

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



AVSIM Online, par S. Cartwright, 2004, Helicopter Tutorial. Droit d'auteur 2004 par AVSIM Online. Extrait le 8 avril, 2008, du site http://www.avsim.com/pages/0604/heli/helitutorial.htm

Figure 2 Commandes de gouverne de l'hélicoptère

CONFIRMATION DU POINT D'ENSEIGNEMENT 3

QUESTIONS

Q1. Qu'est-ce que la commande de collectif contrôle?

Q2. Qu'est-ce que la commande cyclique contrôle?

Q3. Qu'est-ce que les pédales contrôlent?

RÉPONSES ANTICIPÉES

R1. L'angle d'attaque des pales de rotor.

R2. L'angle du plan dans lequel les pales de rotor se déplacent.

R3. Elles contrôlent le rotor anticouple, qui procure la stabilité directionnelle. Elles contrôlent aussi la direction vers laquelle le nez de l'hélicoptère pointe.

CONFIRMATION DE FIN DE LEÇON

QUESTIONS

Q1. Comment les ensembles rotor principaux produisent-ils la portance?

Q2. Quelle est la fonction du rotor anticouple?

Q3. Nommer l'une des capacités uniques des hélicoptères?

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

RÉPONSES ANTICIPÉES

R1. Au fur et à mesure que chaque pale passe dans l'air, le débit d'air au-dessus de la pale crée une poussée en se servant des mêmes principes qu'une aile.

R2. La fonction du rotor anticouple est de compenser le couple produit par le rotor principal.

R3. Une des capacités uniques d'un hélicoptère est que le nez peut pointer dans une direction différente de la direction de déplacement.

CONCLUSION

DEVOIR/LECTURE/PRATIQUE

S.O.

MÉTHODE D'ÉVALUATION

S.O.

OBSERVATIONS FINALES

On pilote les hélicoptères à l'aide d'applications très différentes de la physique newtonienne. Certaines parties de l'hélicoptère sont semblables à celles des avions mais elles ont des fonctions différentes. Ces différences font de l'hélicoptère un aéronef plus manœuvrable et plus excitant à voler.

COMMENTAIRES/REMARQUES À L'INSTRUCTEUR

Il est recommandé que cet OCOM soit prévu pour le même temps que l'OCOM C331.05 (Participer à une présentation donnée par un conférencier invité du milieu de l'aviation local, A-CR-CCP-803/PG-002, chapitre 4, section 13) lorsque des hélicoptères se trouvent à l'installation.

Si l'escadron a l'occasion de participer à des vols de familiarisation à bord d'un hélicoptère, cet OCOM devrait être donné à ce moment.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

C3-249 (ISBN 978-1-56027-649-4) Wagtendok, W. J. (2006). *Principles of Helicopter Flight: Second US Edition*. Newcastle, Washington, Aviation Supplies & Academics, Inc.

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

CETTE PAGE EST INTENTIONNELLEMENT LAISSÉE EN BLANC

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