CADETS DE L'AVIATION ROYALE DU CANADA

NIVEAU DE QUALIFICATION DEUX

GUIDE PÉDAGOGIQUE

SECTION 2

OCOM M231.02 – DÉCRIRE LA FAÇON DONT LA PORTANCE SE DÉVELOPPE SUR UNE VOILURE D'AÉRONEF

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 de présentation ou des documents de cours avec les figures A-1, A-2, B-1 et C-1.

DEVOIR PRÉALABLE À LA LEÇON

S.O.

APPROCHE

L'exposé interactif a été choisi pour les PE1, PE2 et PE4 pour présenter la façon dont la portance se développe et en donner un aperçu.

Une activité en classe a été choisie pour les PE3 et PE5, parce qu'il s'agit d'une façon interactive de stimuler l'esprit et l'intérêt des cadets.

INTRODUCTION

RÉVISION

La révision de cette leçon est tirée de l'OCOM 231.01 (Les quatre forces qui agissent sur un aéronef). Réviser les quatre forces qui agissent sur un aéronef et les conditions à respecter pour atteindre l'équilibre.

OBJECTIFS

À la fin de cette leçon, les cadets doivent être en mesure de décrire la façon dont la portance se développe sur une voilure d'aéronef.

IMPORTANCE

Il est important que les cadets apprennent la façon dont la portance se développe sur une voilure d'aéronef afin qu'ils puissent comprendre les principes de vol subséquents et connexes.

Unofficial convenience copy of A-CR-CCP-802/PF-002, cached 2026-11-08 from https://app.cadets.gc.ca/cadet-publications/A-CR-CCP-802-PF-002/A-CR-CCP-802-PF-002.pdf.
Verify against the official publication.

Point d'enseignement 1 — **Expliquer que l'air agit comme un fluide en ce qui concerne l'inertie, la vitesse et la pression**

Durée : 5 min — Méthode : Exposé interactif

L'air respecte la loi de Newton sur le mouvement:

- La première loi de Newton sur le mouvement prédit que l'air, étant un fluide gazeux, tend à rester en mouvement lorsqu'il est en mouvement.
- Selon la deuxième loi de Newton sur le mouvement, une force doit être appliquée pour changer le mouvement de l'air.
- La troisième loi de Newton sur le mouvement, permet à l'aile de l'aéronef, de développer la portance par une réaction opposée et égale en appliquant une force qui change le mouvement de l'air.



Le fait que l'air ait une masse est très important en aviation. Même si la masse de l'air est inférieure à la masse de la plupart des solides, sa masse est toujours suffisante pour permettre à un aéronef de voler et de contrôler son propre vol.

CONFIRMATION DU POINT D'ENSEIGNEMENT 1

QUESTIONS

Q1. Comment l'air respecte-t-il la première loi de Newton sur le mouvement?

Q2. Comment l'air respecte-t-il la deuxième loi de Newton sur le mouvement?

Q3. Comment l'air respecte-t-il la troisième loi de Newton sur le mouvement?

RÉPONSES ANTICIPÉES

R1. L'air en mouvement a tendance à rester en mouvement.

R2. En mouvement, il faut appliquer une force pour changer le mouvement de l'air.

R3. Si le mouvement de l'air est modifié, une réaction égale et opposée en résulte.

Point d'enseignement 2 — **Présenter le principe de Bernoulli, selon lequel la pression d'un liquide diminue lorsque sa vitesse augmente (effet Venturi)**

Durée : 10 min — Méthode : Exposé interactif

Pour développer la réaction égale et opposée décrite par la troisième loi de Newton sur le mouvement, l'aile doit avoir une forme qui tire profit du principe de Bernoulli afin de changer la direction de l'air. L'air se comporte comme un fluide, puisqu'il a une pression et une vitesse. À mesure que la vitesse de l'air augmente, sa pression diminue. L'aile utilise le principe de Bernoulli pour dévier l'air, ce qui entraîne une réaction égale et opposée.



Montrer aux cadets un transparent ou un document de cours sur les définitions du principe de Bernoulli de la figure A-1.

Unofficial convenience copy of A-CR-CCP-802/PF-002, cached 2026-11-08 from https://app.cadets.gc.ca/cadet-publications/A-CR-CCP-802-PF-002/A-CR-CCP-802-PF-002.pdf.
Verify against the official publication.



Il est très utile de se rappeler une partie du principe de Bernoulli, à savoir que si la vitesse de l'air augmente, la pression diminue et si la vitesse diminue, la pression augmente. Ceci est une relation inverse entre la vitesse et la pression de l'air. Cette partie du principe de Bernoulli est souvent appelée principe de Venturi. La forme de l'aile est soigneusement calculée pour diminuer la pression sur l'aile et augmenter la pression sous l'aile.

CONFIRMATION DU POINT D'ENSEIGNEMENT 2

QUESTIONS

Q1. Quelle relation y a-t-il entre la vitesse de l'air et la pression de l'air?

Q2. Quel est le lien entre la troisième loi de Newton sur le mouvement et le principe de Bernoulli?

Q3. La forme d'une aile est calculée pour obtenir quel résultat?

RÉPONSES ANTICIPÉES

R1. Une relation inverse : à mesure que la vitesse augmente, la pression diminue et à mesure que la vitesse diminue, la pression augmente.

R2. L'aile utilise le principe de Bernoulli pour dévier l'air, ce qui entraîne une réaction égale et opposée.

R3. La forme de l'aile est soigneusement calculée pour diminuer la pression sur l'aile et augmenter la pression sous l'aile.

Point d'enseignement 3 **Faire explorer le principe de Bernoulli par les cadets**

Durée : 10 min Méthode : Activité en classe

Il est possible d'examiner la pression de l'air en mouvement en pliant légèrement une petite feuille de papier incurvé. L'air ne pousse pas le papier vers le bas comme on pourrait le croire. Le papier sous la partie incurvée se redresse en direction de l'air en mouvement. Cela se produit parce que la pression de l'air envahit le papier en raison de l'augmentation de la vitesse de l'air – cela semble confirmer la description de la relation entre la vitesse et la pression. La courbure du papier augmente l'effet de la basse pression de l'air.

Un effet similaire est observable lorsque l'air défile à côté d'un objet qui est suffisamment léger pour être affecté par la baisse de la pression de l'air associée au mouvement. Un ballon est suffisamment léger pour montrer clairement cet effet.



Montrer un transparent ou un document de cours aux cadets de la figure A-2 sur la création de la portance. Demander à une moitié de la classe de réaliser cette activité de profil aérodynamique à leur bureau, et à l'autre moitié de réaliser l'activité avec les ballons.

Ensuite, demander aux groupes de faire l'autre activité.

Unofficial convenience copy of A-CR-CCP-802/PF-002, cached 2026-11-08 from https://app.cadets.gc.ca/cadet-publications/A-CR-CCP-802-PF-002/A-CR-CCP-802-PF-002.pdf.
Verify against the official publication.

ACTIVITÉ

Durée : 5 min

OBJECTIF

L'objectif de cette activité est de demander aux cadets de réduire la pression de l'air sur une feuille de papier et d'en observer les résultats.

RESSOURCES

- Feuille de papier de format 8.5 x 11.
- Crayon.

DÉROULEMENT DE L'ACTIVITÉ

S.O.

INSTRUCTIONS SUR L'ACTIVITÉ

1. Déchirer la feuille de papier de format 8.5 x 11 verticalement, en deux pièces.
2. Courber une extrémité de la feuille légèrement sur un crayon, conformément à la figure A-2.
3. Souffler doucement sur le papier, conformément à la figure A-2.
4. Observer que le papier se soulève dans l'air en mouvement.

MESURES DE SÉCURITÉ

S.O.

ACTIVITÉ

Durée : 5 min

OBJECTIF

L'objectif de cette activité est que les cadets observent l'action de la pression de l'air.

RESSOURCES

- Ballons.
- Ficelle.

DÉROULEMENT DE L'ACTIVITÉ

Suspendre deux ballons bien gonflés à l'avant de la salle de classe, à hauteur d'épaule, à 15 centimètres. Les suspendre dans un espace à l'abri des courants d'air. Les ballons ne doivent pas bouger, pour que l'effet soit clairement visible.

Pour un meilleur effet visuel, il est également possible de réaliser l'expérience avec des ballons remplis d'hélium flottant à un mètre du sol, au moyen de ficelles fixées au sol.

Unofficial convenience copy of A-CR-CCP-802/PF-002, cached 2026-11-08 from https://app.cadets.gc.ca/cadet-publications/A-CR-CCP-802-PF-002/A-CR-CCP-802-PF-002.pdf.
Verify against the official publication.

INSTRUCTIONS SUR L'ACTIVITÉ

Demander à chaque cadet de s'approcher lentement des ballons, un à la fois, et de souffler doucement entre les deux ballons. Le cadet observera que les ballons se rapprochent l'un de l'autre, et non le contraire.

Si un seul ballon est utilisé, le cadet peut souffler sur l'un des côtés du ballon et le ballon se déplacera en direction de l'air en mouvement.

MESURES DE SÉCURITÉ

S.O.

CONFIRMATION DU POINT D'ENSEIGNEMENT 3

QUESTIONS

Q1. Pourquoi le profil aérodynamique se soulève lorsque le cadet souffle sur le papier?

Q2. Pourquoi les ballons se déplacent-ils en direction de l'air en mouvement?

Q3. Pourquoi le papier a-t-il été courbé volontairement avant qu'on souffle dessus?

RÉPONSES ANTICIPÉES

R1. La pression de l'air sur le papier diminue à mesure que l'air se déplace; par conséquent, l'air sous le papier qui n'est pas en mouvement le pousse vers le haut.

R2. La pression de l'air en mouvement est inférieure; par conséquent, l'air qui n'est pas en mouvement pousse le ballon en direction de l'air en mouvement.

R3. La courbure du papier augmente l'effet de la basse pression de l'air.

Point d'enseignement 4 — **Présenter l'angle d'attaque**

Durée : 5 min — Méthode : Exposé interactif

L'aile d'un aéronef a un profil aérodynamique parce qu'elle a une forme transversale. Le dessus est courbé vers l'extérieur (courbure convexe). Par conséquent, l'air qui défile sur l'aile doit parcourir une distance plus grande, sur la courbure, et doit se déplacer plus rapidement ce qui, comme nous le savons, réduit la pression. C'est ce qui se produit sur l'aile.

Sous l'aile, l'air est délibérément ralenti pour en augmenter la pression. Pour y parvenir, l'aile est légèrement courbée vers l'intérieur (courbature concave) et elle est déclivée afin qu'elle soit légèrement plus élevée à l'avant (bord d'attaque) qu'à l'arrière (bord de fuite). Cet angle sous l'aile, exposé à l'air en mouvement, est appelé l'angle d'attaque de l'aile.



Utiliser un modèle-réduit d'aéronef pour démontrer aux cadets que l'angle d'attaque de l'aile augmente lorsque le nez de l'aéronef est soulevé en vol.

Unofficial convenience copy of A-CR-CCP-802/PF-002, cached 2026-11-08 from https://app.cadets.gc.ca/cadet-publications/A-CR-CCP-802-PF-002/A-CR-CCP-802-PF-002.pdf.
Verify against the official publication.



Plus l'angle d'attaque de l'aile est grand, plus la partie inférieure de l'aile sera exposée à une masse d'air importante, plus de portance sera générée. Il y a un lien direct entre l'angle d'attaque et la portance.

Le fait d'augmenter la vitesse de l'aile entraînera également une exposition supérieure à l'air, ce qui génère plus de portance. Il y a un lien direct entre la vitesse et la portance.

La portance produite en augmentant l'angle d'attaque est limitée. Bien avant que l'aile soit en position verticale, elle cesse de générer la portance au-dessus et cela se produit souvent abruptement. L'aile « décroche » et arrête de générer de la portance lorsque cela se produit.

CONFIRMATION DU POINT D'ENSEIGNEMENT 4

QUESTIONS

Q1. Quelle surface de l'aile de l'aéronef est courbée vers l'extérieur (convexe)?

Q2. Quelle forme est souvent donnée à la partie inférieure de l'aile d'un aéronef?

Q3. Que se produit-il avec la pression de l'air sous l'aile à mesure que l'angle d'attaque augmente?

RÉPONSES ANTICIPÉES

R1. La surface supérieure d'une aile est courbée vers l'extérieur.

R2. Une courbe légèrement vers l'intérieur, ou concave, est souvent donnée à l'aile d'un aéronef.

R3. La pression augmente à mesure que l'angle d'attaque augmente.

Point d'enseignement 5 — **Demander à chaque cadet de créer et de faire voler un profil aérodynamique**

Durée : 25 min — Méthode : Activité en classe

ACTIVITÉ

OBJECTIF

L'objectif de cette activité est que les cadets voient un profil aérodynamique s'élever dans un flux d'air en mouvement.

RESSOURCES

- Fiches,
- Ruban,
- Perforateur de trous ou crayon aiguisé,
- Ciseaux,
- Paille en plastique,
- Broche en bambou ou de grands trombones dépliés,
- Base dans laquelle il est possible de planter les broches (polystyrène ou carton ondulé), et

Unofficial convenience copy of A-CR-CCP-802/PF-002, cached 2026-11-08 from https://app.cadets.gc.ca/cadet-publications/A-CR-CCP-802-PF-002/A-CR-CCP-802-PF-002.pdf.
Verify against the official publication.

- Sèche-cheveux ou ventilateur.

DÉROULEMENT DE L'ACTIVITÉ

Cette activité peut se dérouler aux pupitres des cadets ou sur des tables.

INSTRUCTIONS SUR L'ACTIVITÉ

Remettre à chaque cadet une fiche et lui demander d'en faire un profil aérodynamique avec des trous de fixation pour les broches. Les cadets vont :

1. Plier la fiche en deux. Coller la partie supérieure de la fiche sur la partie inférieure de la fiche, de façon à montrer environ 6 mm (1/4 de pouce) de la partie inférieure, ainsi le dessus est courbé et le dessous est plat. Il en résulte une forme de profil aérodynamique transversal.

2. Utiliser le perforateur de trous (ou le crayon aiguisé) pour faire deux trous dans la partie la plus épaisse du profil aérodynamique.

3. Couper la paille en deux pièces de 5 cm (2 pouces) de long. Insérer les mini-pailles dans les trous du profil aérodynamique.

4. Fixer le profil aérodynamique sur la base et insérer une broche ou un trombone déplié dans chacune des mini-pailles et dans la base.

5. Utiliser le sèche-cheveux ou le ventilateur pour faire circuler de l'air sur le profil aérodynamique et créer la portance. Faire l'essai dans les deux sens, avec la surface plate du profil aérodynamique tourné vers le bas et ensuite vers le haut. Noter la position dans laquelle le profil aérodynamique décolle le mieux.

MESURES DE SÉCURITÉ

S.O.

CONFIRMATION DU POINT D'ENSEIGNEMENT 5

La participation du cadet à la création et au vol du profil aérodynamique sert de confirmation de l'apprentissage du PE5.

CONFIRMATION DE FIN DE LEÇON

QUESTIONS

Q1. Comment la surface supérieure d'une aile génère-t-elle la portance?

Q2. Comment la surface inférieure d'une aile génère-t-elle la portance?

Q3. Qu'est-ce qui détermine la portance produite par une aile à une vitesse donnée?

RÉPONSES ANTICIPÉES

R1. La surface supérieure d'une aile génère la portance en diminuant la pression de l'air sur l'aile.

R2. La surface inférieure d'une aile génère la portance en augmentant la pression de l'air sous l'aile.

R3. L'angle d'attaque détermine la portance produite à une vitesse donnée.

Unofficial convenience copy of A-CR-CCP-802/PF-002, cached 2026-11-08 from https://app.cadets.gc.ca/cadet-publications/A-CR-CCP-802-PF-002/A-CR-CCP-802-PF-002.pdf.
Verify against the official publication.

CONCLUSION

DEVOIR/LECTURE/PRATIQUE

S.O.

MÉTHODE D'ÉVALUATION

S.O.

OBSERVATIONS FINALES

Il existe d'autres méthodes pour produire la portance, comme la fuséonautique, mais les profils aérodynamiques sont de loin la méthode la plus couramment utilisée, non seulement en raison de leur élégance, mais parce qu'ils sont les mieux adaptés à un vol horizontal prolongé.

COMMENTAIRES/REMARQUES À L'INSTRUCTEUR

S.O.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

C3-017 (ISBN 1-895569-23-0) Schmidt, N. (1998). *Fabulous Paper Gliders.* New York, NY, Sterling Publishing.

C3-058 (ISBN 1-4027-3034-9) Schmidt, N. (2005). *Paper Creations Paper Airplanes.* New York, NY, Sterling Publishing.

C3-091 (ISBN 1-55652-477-3) Carson, M. K. (2003). *The Wright Brothers for Kids: How They Invented the Airplane.* Chicago, IL, Chicago Review Press.

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.

Unofficial convenience copy of A-CR-CCP-802/PF-002, cached 2026-11-08 from https://app.cadets.gc.ca/cadet-publications/A-CR-CCP-802-PF-002/A-CR-CCP-802-PF-002.pdf.
Verify against the official publication.

ACTIVITÉ SUR LA PORTANCE

- SELON LE PRINCIPE DE BERNOULLI, L'ÉNERGIE TOTALE D'UN SYSTÈME RESTE CONSTANTE.

- UN SYSTÈME FLUIDE A UNE ÉNERGIE SOUS FORME DE VITESSE ET DE PRESSION.

- SI LA VITESSE AUGMENTE, LA PRESSION DIMINUE ET SI LA VITESSE DIMINUE, LA PRESSION AUGMENTE.

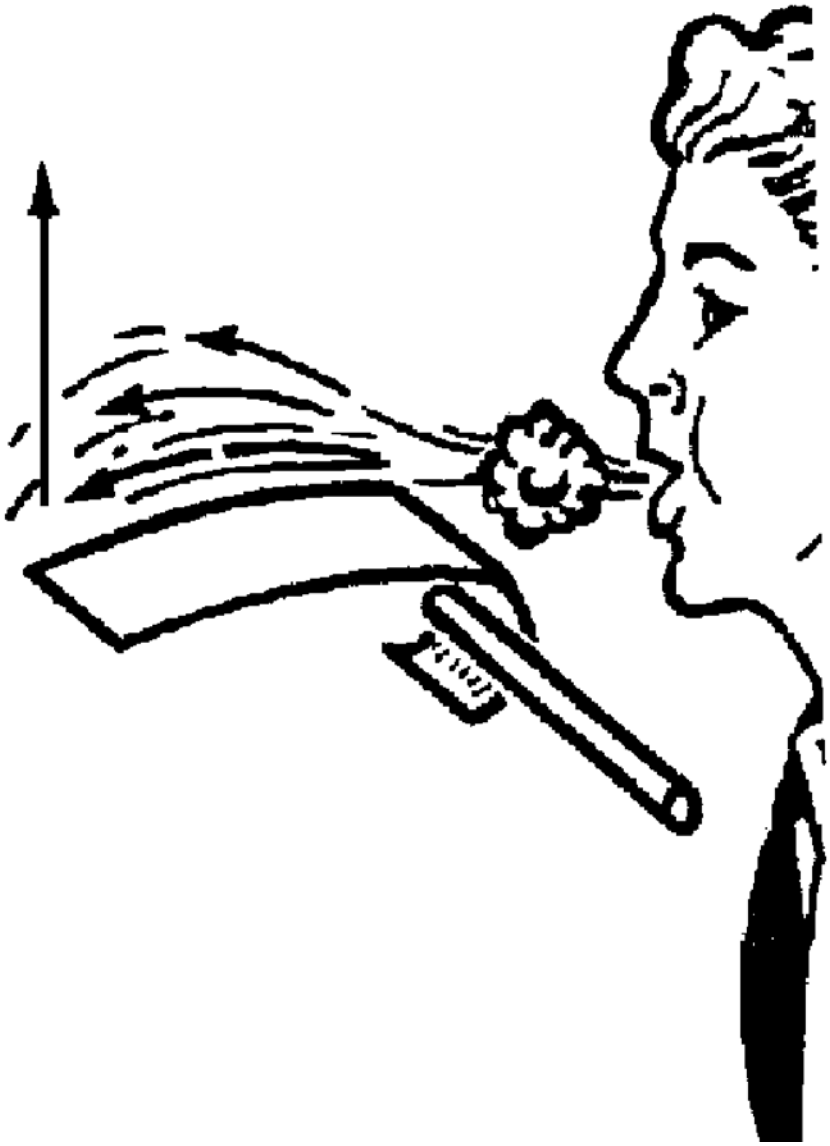


Cadets Canada : URSC Pacifique, 2007, Air Cadet Master Lesson Plans. Extrait le 7 mars 2007 du site http://www.regions.cadets.ca/pac/aircad/resources/mlp_air_e.asp

Figure A-1 Principe de Bernoulli

Unofficial convenience copy of A-CR-CCP-802/PF-002, cached 2026-11-08 from https://app.cadets.gc.ca/cadet-publications/A-CR-CCP-802-PF-002/A-CR-CCP-802-PF-002.pdf.
Verify against the official publication.

CRÉER LA PORTANCE



Cadets Canada : URSC Pacifique, 2007, Air Cadet Master Lesson Plans. Extrait le 7 mars 2007 du site http://www.regions.cadets.ca/pac/aircad/resources/mlp_air_e.asp

Figure A-2 Portance

Unofficial convenience copy of A-CR-CCP-802/PF-002, cached 2026-11-08 from https://app.cadets.gc.ca/cadet-publications/A-CR-CCP-802-PF-002/A-CR-CCP-802-PF-002.pdf.
Verify against the official publication.

SECTION D'UN PROFIL AÉRODYNAMIQUE

SECTION D'UN PROFIL AÉRODYNAMIQUE



Cadets Canada : URSC Pacifique, 2007, Air Cadet Master Lesson Plans. Extrait le 7 mars 2007 du site http://www.regions.cadets.ca/pac/aircad/resources/mlp_air_e.asp

Figure B-1 Section d'un profil aérodynamique

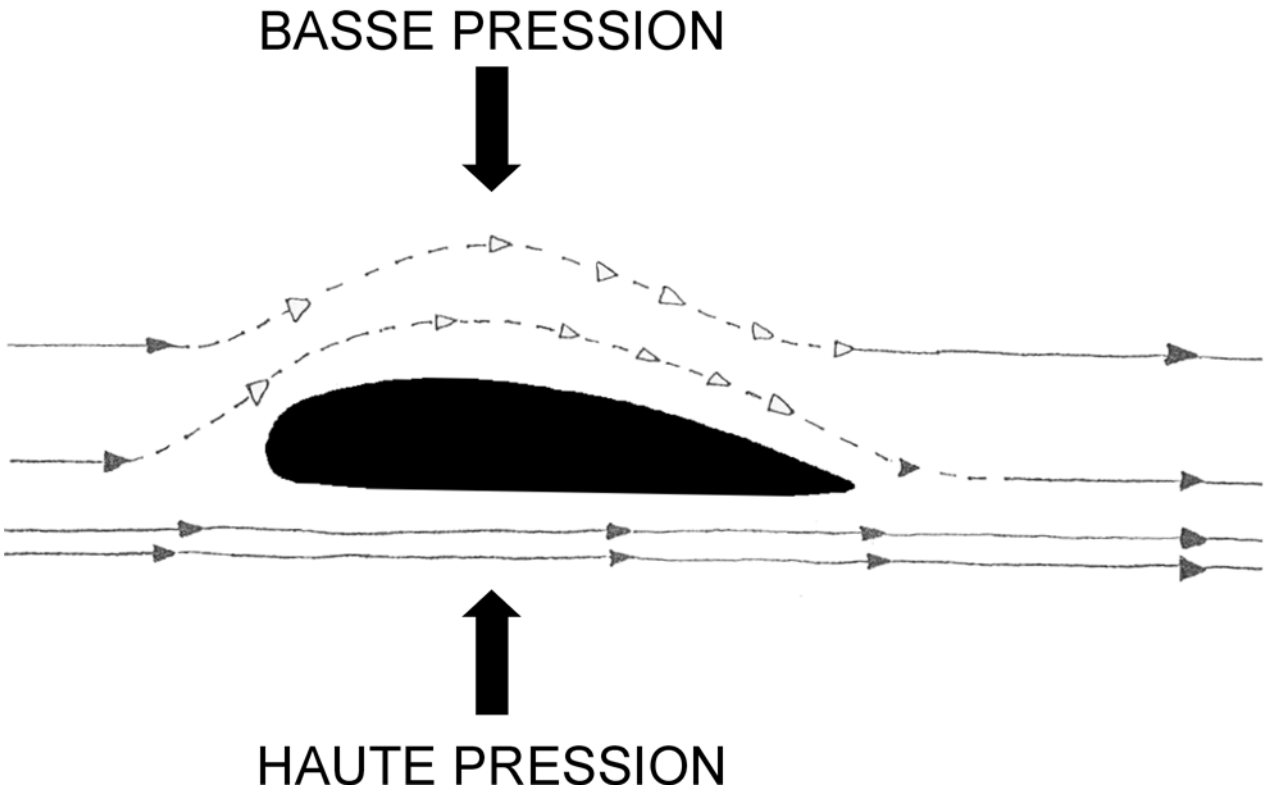
Unofficial convenience copy of A-CR-CCP-802/PF-002, cached 2026-11-08 from https://app.cadets.gc.ca/cadet-publications/A-CR-CCP-802-PF-002/A-CR-CCP-802-PF-002.pdf.
Verify against the official publication.

CETTE PAGE EST INTENTIONNELLEMENT LAISSÉE EN BLANC

Unofficial convenience copy of A-CR-CCP-802/PF-002, cached 2026-11-08 from https://app.cadets.gc.ca/cadet-publications/A-CR-CCP-802-PF-002/A-CR-CCP-802-PF-002.pdf.
Verify against the official publication.

PORTANCE D'UN PROFIL AÉRODYNAMIQUE

PRODUCTION DE LA PORTANCE



Cadets Canada : URSC Pacifique, 2007, Air Cadet Master Lesson Plans. Extrait le 7 mars 2007 du site http://www.regions.cadets.ca/pac/aircad/resources/mlp_air_e.asp

Figure C-1 Portance d'un profil aérodynamique

Unofficial convenience copy of A-CR-CCP-802/PF-002, cached 2026-11-08 from https://app.cadets.gc.ca/cadet-publications/A-CR-CCP-802-PF-002/A-CR-CCP-802-PF-002.pdf.
Verify against the official publication.

CETTE PAGE EST INTENTIONNELLEMENT LAISSÉE EN BLANC

Unofficial convenience copy of A-CR-CCP-802/PF-002, cached 2026-11-08 from https://app.cadets.gc.ca/cadet-publications/A-CR-CCP-802-PF-002/A-CR-CCP-802-PF-002.pdf.
Verify against the official publication.