

10 La discipline aéronautique

La discipline aéronautique signifie la mise en application des connaissances concernant la manipulation et l'exploitation des avions tant au sol que dans les airs. Elle implique la nécessité de comprendre pourquoi et comment assurer la navigabilité des aéronefs. Le pilote compétent est parfaitement conscient des capacités de son appareil. Il comprend les tableaux de performance du manuel de vol de l'avion (AFM) et y réfère régulièrement. Il comprend également le principe du poids et centrage et sait charger un avion correctement. Un bon pilote maîtrise la planification et l'exécution impeccable d'un vol-voyage, il sait aussi comment éviter la turbulence de sillage, il effectue des atterrissages en douceur, il demeure en contrôle des situations d'urgence, etc. Le but de ce chapitre est de présenter au pilote les concepts qui constituent la base même de la discipline aéronautique et d'éveiller en lui la curiosité d'en savoir toujours davantage, ainsi que le désir de se perfectionner sans cesse.

10.1 L'entretien de l'avion

Le pilote avisé voit lui-même à la supervision soignée et systématique de l'inspection, de l'entretien technique et de l'entretien courant de son avion. Il souscrit à la croyance selon laquelle les mécaniciens d'aéronef sont, règle générale, plus méticuleux dans leur travail que la moyenne des pilotes, mais il tient compte du fait qu'ils sont avant tout humains, donc faillibles. Il pourrait leur arriver d'oublier de nettoyer un filtre, d'ajuster une goupille ou de mettre l'avion à la masse lors du ravitaillement. Par conséquent, le pilote a intérêt à tout vérifier lui-même avant de prendre un avion.

10.1.1 La propreté de l'avion

La saleté dissimule les défauts, ce qui rend leur détection difficile. De plus, la saleté accroît le frottement superficiel, diminuant ainsi les performances de l'avion.

Les débris d'insectes maculant le bord d'attaque des ailes et des pales d'hélice créent de la traînée; on verra donc à les enlever pour assurer une efficacité aérodynamique maximale. Ces surfaces sont particulièrement vulnérables; le pilote qui veut retrouver en vol les performances publiées par le constructeur verra à les garder parfaitement lisses et propres. (Soyez assuré que le constructeur s'est servi d'un avion propre pour calculer et vérifier les données de performance.) Pour cette raison, il est important de garder l'avion rigoureusement propre.

La cellule extérieure

Employez des savons détersifs doux et de l'eau pour le lavage de l'avion. Un savon à base de graine de lin est approuvé pour les avions recouverts de toile. Lorsqu'employé correctement (une fois la surface sèche, frottez-la avec un linge doux comme si vous vouliez la polir), il a l'avantage de laisser une mince pellicule qui rend le revêtement «glissant», réduisant ainsi la traînée. Enlevez la boue avec de l'eau. N'employez jamais de l'essence comme produit de nettoyage.

Assurez-vous que les orifices de drainage, situés au point le plus bas sous les ailes, le fuselage et les gouvernes, ne sont pas bouchés par la saleté ou autres débris. L'eau ne pourra pas s'écouler des orifices bouchés et s'accumulera à l'intérieur de la

cellule où elle favorisera la corrosion et la pourriture. La ventilation, particulièrement importante dans les structures de bois et de toile sera également gênée par le blocage des orifices.

Le Varsol™ est le nettoyeur liquide approuvé pour l'enlèvement des accumulations d'huile et de graisse sur les moteurs, les cloisons anti-feu, les capots et toutes les surfaces externes de métal, sans oublier le dessous du fuselage, endroit particulièrement propice à l'accumulation de la saleté. Les avions fabriqués de matériaux composites seront nettoyés à l'aide des produits recommandés par le constructeur.

Les avions de métal sont sensibles à la corrosion et doivent être gardés rigoureusement propres pour en empêcher la formation. On emploiera des agents de nettoyage qui ne contiennent pas de substances abrasives. L'application de cire sur les surfaces de métal prévient l'oxydation et réduit la fréquence des sessions de nettoyage et de polissage.

Un pare-brise propre offre une bien meilleure visibilité qu'un pare-brise sale. Le nettoyage initial du pare-brise devrait toujours se faire avec de l'eau propre et à mains nues pour déloger la saleté accumulée. Puis, polissez avec des nettoyeurs liquides non-abrasifs destinés spécialement à cet usage. Nettoyez également l'intérieur du pare-brise.

Assurez-vous que les prises d'air sont ouvertes et libres d'obstructions. Lorsque l'avion est stationné à l'extérieur, plus particulièrement au printemps, il est préférable de recouvrir ces prises pour empêcher les oiseaux de faire leur nid autour du moteur.

L'espace intérieur

La saleté et les poussières à l'intérieur du fuselage augmentent le poids et accroissent les risques d'incendie.

Gardez l'intérieur de la cabine propre, libre de poussière et autres débris. Passez l'aspirateur régulièrement sur le plancher. Faites très attention lorsque vous nettoyez les revêtements de tissus; ces derniers sont généralement traités avec des produits chimiques qui les rendent résistants aux incendies et cette protection ne doit pas être enlevée. Suivez les consignes du fabricant.

Ne manquez pas de signaler les renversements accidentels d'acide, de produits chimiques, d'extincteurs d'incendie, etc. Ils risquent de provoquer la corrosion et d'affaiblir la structure.

La saleté s'infiltrant sous le plancher s'accumule sur les tringles et les joints de raccord; elle provoque ainsi l'usure par frottement et, éventuellement, leur mauvais fonctionnement. Il est également possible que la saleté et les poussières entravent le fonctionnement des interrupteurs électriques.

Les hélices

Les hélices doivent toujours être propres. Puisqu'il s'agit de plans aérodynamiques rotatifs, les hélices obéissent aux mêmes lois que les ailes. On les gardera libres d'insectes, d'herbe et de saleté. Une hélice propre et cirée produira de fait un plus grand nombre de révolutions qu'une hélice sale. Les hélices de matériaux composites requièrent une méthode de nettoyage différente des hélices de métal. Consultez toujours le manuel du propriétaire pour connaître les recommandations du fabricant.

Le filtre à air du carburateur

On néglige souvent de vérifier l'état du filtre à air du carburateur entre les inspections périodiques. Il devrait toujours être libre d'insectes, de semences, de poussière et de saleté. Un filtre sale est l'une des causes les plus fréquentes de l'usure

prématurée du moteur. La propreté du filtre mérite une vigilance constante qui prolongera de plusieurs heures la durée du moteur avant qu'une révision ne soit nécessaire.

Les manchons à air chaud

Habituellement, la cabine est chauffée par de l'air qui a d'abord été réchauffé lors de son passage à l'intérieur du manchon qui entoure le système d'échappement. On appréciera sans peine l'importance de vérifier la présence de fissures qui favoriseraient l'infiltration d'oxyde de carbone dans la cabine.

10.1.2 Le maniement de l'avion au sol

Les avions à train tricycle se manient beaucoup plus facilement et de façon plus sécuritaire au sol à l'aide d'une barre de remorquage fixée sur la roue avant. On aura avantage à l'utiliser toutes les fois que ce sera possible. Si on ne dispose pas d'une barre de remorquage, il est alors recommandé d'exercer une pression vers le bas sur le stabilisateur horizontal, là où il est attaché au fuselage, ce qui permet de lever la roue avant au-dessus du sol; puis, on fait pivoter l'avion sur le train principal.

Quand il faudra pousser à la main un avion à aile haute, que cet avion soit à train tricycle ou à roue de queue, on choisira comme point de pression la racine du montant d'aile ou du train principal. Pour ce qui est des avions à aile basse, il est plus facile de pousser contre le bord d'attaque de l'aile; les saumons d'aile pourront servir à guider l'avion.

En aucun cas, on ne déplacera l'avion en poussant ou en tirant sur les pales de l'hélice. Non seulement imposerait-on aux pales des contraintes inutiles, mais plus grave encore, on risquerait de sérieuses blessures advenant le démarrage accidentel du moteur.

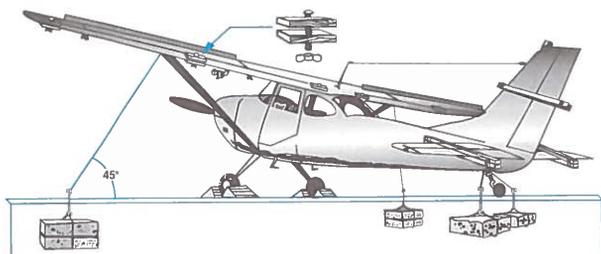


Image 1 – Attacher l'avion à l'extérieur

10.1.3 Les procédures pour attacher un avion à l'extérieur

1. Stationnez l'avion dans un endroit abrité, par exemple derrière une rangée d'arbres ou de bâisses, etc. (Toutefois, il n'est pas recommandé de stationner l'avion à côté d'une bâisse l'hiver, car la glace tombant du toit pourrait l'endommager.)
2. Placez l'avion face au vent dominant.
3. Utilisez des dispositifs de blocage externes sur les ailerons, les volets, le gouvernail de direction et le gouvernail de profondeur pour prévenir les dommages aux gouvernes. (L'utilisation seule d'un dispositif de blocage interne est déconseillée, parce que les rafales de vent pourraient quand même imposer des contraintes excessives aux gouvernes et provoquer l'étirement des câbles de contrôle.)
4. Placez des cales devant et derrière chaque roue.

5. Attachez solidement une extrémité de chaque corde aux endroits appropriés sur l'avion et l'autre extrémité à des poids enterrés dans le sol. Les piquets, les chevilles et les tiges en tire-bouchon ne sont pas recommandés. En cas de pluie, le terrain détrempe les rendrait faciles à déloger.
6. Recouvrez le moteur et la cabine d'une bâche ou d'un morceau de toile, ou de polythène, etc., pour empêcher la poussière d'entrer dans le moteur, ou les oiseaux de bâtir leur nid, etc. Le recouvrement de la cabine empêchera l'infiltration de l'eau de pluie qui pourrait entraîner la corrosion et une détérioration générale. Couvrez aussi la prise de pression pitot (tube de pitot).
7. Par température très froide, drainez l'huile encore chaude dans un récipient propre.
8. Installez un «destructeur de portance» («spoiler») latéralement sur l'extrados de l'aile, à environ 20% de la corde depuis le bord d'attaque. Tel que son nom l'indique, ce dispositif empêche la création de portance. Un 2x4 de bois, maintenu en place par une corde légère qui fait le tour de l'aile dans le sens de la profondeur, fera très bien l'affaire.

10.1.4 Le ravitaillement

Assurez-vous toujours que l'avion et la buse du boyau de remplissage soient bien mis à la masse au moment du ravitaillement, à cause des risques d'incendie résultant de l'électricité statique. L'accumulation d'électricité statique se produit par le simple passage de l'avion à travers l'air. Après l'atterrissage, la charge accumulée est incapable de se dissiper à cause de l'effet isolant des pneus de caoutchouc. Pour dissiper cette charge électrique et empêcher la formation d'une étincelle qui pourrait enflammer les vapeurs d'essence et les transformer en boule de feu, il faut mettre l'avion à la masse avant d'effectuer le ravitaillement. La prise de masse sera branchée quelque part sur l'avion; on préfère généralement le train d'atterrissage (ou atterrisseur). La buse de métal fera contact avec le goulot de métal du réservoir à remplir. Bien que la mise à la masse soit importante en tout temps, elle l'est particulièrement aux températures très froides qui favorisent la création d'électricité statique.

Afin de réduire les risques d'incendie, les préposés au service et à l'entretien des aéronefs porteront en tout temps des vêtements antistatiques. Le nylon et autres fibres synthétiques sont très sujets à l'électricité statique.

Les récipients de plastique, les entonnoirs et autres dispositifs fabriqués de matériaux non-conducteurs, ne doivent pas être utilisés pour le ravitaillement de l'avion.

Assurez-vous d'employer le bon carburant pour ravitailler votre avion. Seul le carburant du type et de l'indice d'octane recommandés par le fabricant du moteur sera utilisé. Faites particulièrement attention si le carburant en question est du carburant incolore destiné aux moteurs à réaction. Deux classes différentes de carburant, chacune possédant une couleur distinctive, deviennent incolores une fois mélangées ensemble. L'eau est également incolore.

Le remplissage des réservoirs se fera après chaque vol. La vapeur d'eau présente dans l'air se condensera sur les parois d'un réservoir vide ou partiellement rempli et contaminera le carburant.

Tous les carburants aviation absorbent l'humidité de l'air et en contiennent une certaine quantité à la fois à l'état liquide et en suspension. L'eau à l'état liquide est plus lourde que le carburant et se dépose au fond du réservoir. Il faut enlever cette

eau du réservoir. Au cours de l'inspection pré-vol, une quantité suffisante de carburant sera prélevée du circuit de carburant en son point le plus bas et recueillie dans un bocal de verre transparent. Toute eau présente dans l'échantillon de carburant se déposera au fond du bocal où elle se verra facilement. Le carburant pur possède une certaine brillance inhérente et scintille en présence de la lumière. La présence d'eau et de particules de saleté font paraître le carburant brumeux ou trouble.

Si l'on soupçonne une quantité excessive d'eau dans le circuit d'alimentation de l'aéronef, il y a lieu de vérifier minutieusement le circuit en entier.

L'eau qui est en suspension dans le carburant ne cause ordinairement pas de problème. Elle passe sans danger à travers le système et s'évapore au moment de la combustion. Mais l'hiver, par temps froid, même une infime quantité d'eau dans le carburant, y compris les particules en suspension, gèlera en cristaux de glace qui pourront ensuite boucher les canalisations et les filtres d'essence. Un additif antigivrage prévient généralement ce problème, mais on prendra garde d'utiliser seulement un additif recommandé par le fabricant du moteur. Une perte de puissance, une diminution de la consommation de carburant ou un fonctionnement irrégulier du moteur signalent une possibilité de givrage dans le carburant.

L'eau n'est certainement pas la seule substance à contaminer le carburant. Le sable, les poussières, la rouille et les micro-organismes se frayent tous un chemin dans les réservoirs. Le sable et les poussières peuvent être soufflés dans les réservoirs au moment du ravitaillement, ou être introduits par des équipements de ravitaillement malpropres. Par exemple, une buse qui traîne par terre récupèrera sûrement une bonne dose de saleté. La rouille se formera dans les réservoirs d'entreposage et les camions-citernes; les particules de rouille ainsi formées s'introduiront dans les réservoirs de l'avion en l'absence d'un procédé de filtration adéquat. Les micro-organismes ont tendance à se développer principalement dans les carburants sans plomb. Leur multiplication peut survenir si rapidement que la corrosion apparaît dans les réservoirs en un rien de temps, entraînant le blocage des filtres et des écrans. On évitera ces problèmes par un entretien soigné, une filtration adéquate durant le ravitaillement et l'inspection fréquente du carburant.

Les additifs destinés à la prévention du givrage et de l'encrassement des bougies seront utilisés seulement s'ils sont approuvés par le fabricant et en stricte conformité avec les instructions de ce dernier.

Si l'avion doit être remis dans un hangar chauffé, ne remplissez pas complètement les réservoirs quand le carburant est froid. Le carburant aviation subit une augmentation de volume d'environ 1/2 % pour chaque augmentation de température de 5 °C.

En raison du risque posé par l'électricité statique et des incendies qui peuvent en résulter, il n'est pas recommandé de ravitailler l'avion à partir de barils et de bidons. Malheureusement, dans certains cas, on ne peut pas faire autrement. De bonnes connexions et une mise à la masse adéquate sont essentielles. De plus, on n'enlèvera pas les bouchons de réservoir tant que l'avion ne sera pas mis à la masse. Pour une sécurité maximale, mettez d'abord l'avion à la masse, puis branchez l'entonnoir sur l'avion à l'aide d'un fil de masse; enfin, branchez le récipient de ravitaillement à l'entonnoir à l'aide d'un fil de masse.

Lors du ravitaillement à partir d'un baril, il est recommandé de se servir d'un filtre-séparateur d'eau convenable associé à une pompe portative elle-même reliée au réservoir. Ne puisez jamais le carburant reposant au fond du baril. Le tuyau de pompage à l'intérieur du baril s'arrêtera à au moins un pouce

du fond du baril. Ne pompez pas le carburant d'un baril qui vient d'être déplacé. Laissez le baril reposer pendant un certain temps pour que l'eau et la saleté puissent se déposer au fond. On utilisera un entonnoir filtre doublé de peau de chamois seulement en cas d'urgence, car le passage du carburant à travers une peau de chamois augmente les risques d'accumulation d'électricité statique. Les filtres de chamois risquent de boucher les filtres du système de carburant et les buses. Utilisez toujours une peau de chamois de première qualité et remplacez-la fréquemment. Tout ralentissement du débit du carburant à travers la peau de chamois fera soupçonner la présence d'eau. Ne tordez jamais une peau de chamois pour en retirer l'eau. Elle perdrait ainsi ses facultés séparatrices. Une fois le vol complété au cours duquel le ravitaillement s'est fait à l'aide d'un entonnoir doublé de feutre ou d'une peau de chamois, on vérifiera soigneusement le système de carburant de l'avion pour y déceler toute trace de contamination.

Tous les filtres, les puisards, les cuves et les écrans doivent être inspectés et nettoyés régulièrement. Lors de l'inspection pré-vol, assurez-vous que les robinets de vidange et les bouchons de réservoir sont correctement fermés. L'état des bouchons de réservoir fera l'objet d'une inspection minutieuse. La détérioration du joint d'étanchéité et la corrosion du bouchon même ou du goulot du réservoir permettra l'infiltration de l'eau.

On veillera à utiliser uniquement une huile dont le numéro ou indice S.A.E. a été approuvé par le fabricant du moteur. Celui-ci recommande habituellement des huiles différentes selon les saisons.

Les changements d'huile doivent se faire en stricte conformité avec les recommandations du fabricant du moteur.

Le réservoir d'huile ne doit jamais être rempli à pleine capacité. Allouez suffisamment d'espace pour l'expansion de l'huile quand elle est chaude.

Faites attention à la possibilité d'une **surcharge de la batterie** en raison du mauvais fonctionnement du régulateur de courant/voltage. La surcharge entraîne la surchauffe des plaques qui se trouvent à l'intérieur de la batterie, occasionnant ainsi leur gauchissement et favorisant la fuite d'acide corrosif qui viendra endommager les pièces adjacentes.

10.1.5 Les vols d'hiver

Le vol d'hiver exige de la part du pilote bon nombre de précautions supplémentaires. La neige, la glace et le froid engendrent une foule de problèmes que le pilote qui vole uniquement l'été ne rencontre jamais.

Les avions attachés à l'extérieur exigent une attention particulière en raison des dangers posés par une accumulation de neige et de glace sur les ailes et les surfaces de la queue. Ces surfaces n'ont pas été conçues pour supporter les charges imposées par le poids d'une accumulation importante de neige et de glace; on les enlèvera même si aucun vol n'est prévu.

Quand l'avion est stationné à l'extérieur, la neige peut s'engouffrer dans les prises pitot et statiques, les bouches d'aération des réservoirs de carburant, les prises d'air, les soutes du train d'atterrissage (ou atterrisseur) et toute autre ouverture libre. Là, elle gèle solidement et peut occasionner le mauvais fonctionnement des parties affectées. L'hiver, on utilisera des couvertures et des manchons protecteurs sur les moteurs et les prises de pression pitot.

Quand les orifices de drainage se bouchent, l'eau qui réussit à s'infiltrer dans la cellule reste emprisonnée et gèle. À son tour, la glace peut bloquer les commandes, déplacer le c.g., fissurer

la structure et gêner la ventilation. Vérifiez régulièrement les orifices de drainage et assurez-vous qu'ils sont bien dégagés.

Les canalisations de carburant : la présence d'eau dans les canalisations du système de carburant affecte le fonctionnement du moteur, quelle que soit la saison. L'hiver, toutefois, le problème est aggravé du fait que l'eau peut se transformer en glace, bouchant complètement les canalisations et entraînant l'arrêt du moteur. Refaites le plein après chaque vol pour prévenir la condensation; de plus, drainez au point le plus bas du système d'alimentation une quantité appréciable de carburant et ce, avant chaque vol et après chaque remplissage. On prendra des précautions particulières lorsque la température oscille autour du point de congélation. À cette température, il se peut que de l'humidité soit présente sous forme de cristaux de glace en suspension. Ces cristaux ne seront pas visibles lors de la vérification de l'échantillon de carburant. Advenant une hausse de la température, les cristaux se transformeront en eau et, si présents en quantité suffisante, entraîneront possiblement l'arrêt du moteur.

Le réchauffage de la cabine : étant donné qu'on utilisera régulièrement le réchauffage de la cabine l'hiver, assurez-vous que le système ne présente aucune fissure ou brèche. Dans les avions légers, le réchauffage de la cabine est pris à même le système d'échappement du moteur. Toute défaillance de ce système pourra entraîner une infiltration d'oxyde de carbone dans la cabine. Même une petite quantité d'oxyde de carbone affecte le jugement et l'habileté du pilote. Une grande quantité peut être fatale. Une inspection visuelle minutieuse des parties externes du système d'échappement est donc essentielle. Elle fera partie de l'inspection pré-vol et sera l'objet d'un entretien préventif régulier. Il est également suggéré d'effectuer des examens périodiques pour déceler la présence d'oxyde de carbone.

Le réchauffage du carburateur : vérifiez régulièrement la commande du réchauffage carburateur; elle doit fonctionner sur tout son parcours. Vérifiez également la précision de la jauge de température du carburateur. Cette jauge est votre signal d'alarme en cas de givrage au carburateur. L'hiver, quand vous vérifiez par temps froid le fonctionnement de la commande de réchauffage carburateur au point fixe, laissez le moteur tourner pendant quelques secondes avec la commande réglée sur «plein chaud» (Full On) pour permettre l'élimination de la glace qui aurait pu se former dans le venturi du carburateur durant la circulation au sol et la période de réchauffage.

Les câbles de commande : les câbles de commande devraient être ajustés à la tension qui convient aux températures hivernales. Les températures froides sont susceptibles d'occasionner la contraction des câbles, ou de diminuer la tension des câbles et d'amoindrir l'efficacité des commandes de vol.

Les trains d'atterrissage (ou atterrisseurs) : les trains d'atterrissage (ou atterrisseurs) escamotables et les carénages de roues peuvent être obstrués par l'éclaboussage d'un mélange de glace, de neige fondante et de boue au moment de l'atterrissage et durant la circulation au sol. Assurez-vous que le train d'atterrissage est propre et capable de tourner librement. Vérifiez l'extension des amortisseurs. Les amortisseurs olé pneumatiques devraient être remplis d'azote pour l'exploitation hivernale afin d'empêcher la formation de cristaux de glace dans le liquide hydraulique. On essuiera les amortisseurs avec du liquide hydraulique pour enlever la neige, la glace et la saleté. Vérifiez le gonflement des pneus. Les températures extrêmement froides pourront rendre un ajustement nécessaire. L'hiver, il est sage d'enlever les carénages de roues pour empêcher l'accumulation de neige fondante qui pourrait subséquemment geler et bloquer les roues et les freins. Sur les avions avec trains escamotables, l'état des écrans

destinés à la protection des dispositifs et des interrupteurs qui assurent le fonctionnement des différents mécanismes doit faire l'objet d'un entretien minutieux. Durant la course au décollage, il se peut qu'une quantité additionnelle de neige fondante ou de boue soit éclaboussée sur le train d'atterrissage qui gèlera par la suite, une fois le train rentré. Pour éviter ce problème, laissez le train sorti quelques instants; ainsi, le courant d'air viendra déloger une bonne partie de la neige fondante.

La circulation au sol (ou roulage) : les chemins de roulement et les pistes sont souvent glacés et glissants l'hiver. Circulez très lentement et gardez une bonne distance par rapport à l'avion qui vous précède. Évitez les flaques d'eau. L'eau éclaboussée sur les roues pourra geler plus tard. Évitez le plus possible de freiner. Lorsqu'utilisés durant la circulation au sol, les freins génèrent une certaine quantité de chaleur, au niveau des moyeux, qui fera fondre toute la neige qui s'y serait accumulée. Si l'avion reste immobile pendant un certain temps, par exemple en attendant l'autorisation de décoller, à mesure que les roues se refroidissent, l'humidité qui les recouvre gèle de nouveau, verrouillant ainsi les roues. La situation sera bien pire si l'humidité gèle après le décollage. Au prochain atterrissage, les roues gelées ne tourneront pas et la course au sol risque d'être remarquablement courte.

L'inspection pré-vol (ou vérification avant le vol) : mais par-dessus tout, ne laissez pas le temps froid inconfortable dicter le nombre de minutes que vous consacrez à la vérification avant-vol. Soyez encore plus vigilant qu'à l'accoutumée. Habillez-vous aussi chaudement qu'il le faut et consacrez tout le temps voulu à votre inspection.

Assurez-vous d'avoir bien étudié les manuels de l'avion, de connaître à fond tous les systèmes et de comprendre parfaitement les mesures recommandées pour le vol d'hiver.

On ne peut trop insister sur l'importance d'une planification minutieuse, surtout l'hiver, pour que le vol se déroule en toute sécurité, compte tenu de la météo et de l'habileté du pilote. Vol d'hiver signifie journées plus courtes, averses de neige soudaines qui obscurcissent tout en quelques instants, conditions de voile blanc (temps laiteux), pistes recouvertes de glace, etc. Ne vous aventurez jamais dans des conditions de givrage sans équipement de dégivrage. Même une légère bruine verglaçante entraînera des conditions de vol aux instruments car elle voile le pare-brise et les fenêtres latérales de l'avion. En planifiant un vol hivernal, préparez-vous aux pires conditions possibles.

Rappelez-vous que le froid hivernal est certainement aussi dur sur le corps humain que sur l'avion. Tous les membres d'équipage et les passagers porteront des vêtements bien chauds, incluant les bottes, les gants et un chapeau. Plusieurs couches successives de vêtements amples donnent davantage de chaleur qu'une seule couche épaisse. Pour un maximum d'efficacité, gardez vos vêtements propres et secs. Les vêtements portés en vol l'hiver doivent être assez chauds pour vous garder adéquatement au chaud advenant un atterrissage forcé et non pas être seulement confortables en vol. La trousse de secours devrait être conçue en fonction des pires conditions de terrain, de température et de précipitations possibles. **PENSEZ SURVIE!** Survivre à un écrasement est une chose, survivre au climat en est une autre.

Moteur : les mesures spéciales concernant l'exploitation des moteurs par temps froid ont été vues à la section 3 – Les moteurs d'avions.

Pistes : au décollage, le contrôle directionnel est difficile sur une piste glacée, particulièrement en présence d'un vent traversier. Les distances d'arrêt seront plus longues en cas de

décollage interrompu. L'accélération est plus lente sur les pistes enneigées ou couvertes de neige fondante. Il y a des limites à l'épaisseur acceptable de neige fondante. Consultez le manuel de votre avion pour connaître ces limites.

Au moment de l'atterrissage, il est important d'établir la bonne correction vent traversier et de stabiliser son approche de façon à être bien aligné avec le centre de la piste. Un atterrissage en crabe ou décentré par rapport à la piste aggraverait les problèmes de contrôle sur piste glacée. La prise de contact aura lieu à basse vitesse de sorte que la décélération se fera sans freins et à l'intérieur des limites de la piste. Des renseignements fiables sur les conditions actuelles de la piste à la destination (déneigement, couverture de glace, neige fondante) seront obtenus avant même de penser effectuer le vol.

10.1.6 La contamination superficielle critique

Une accumulation de givre, de neige et de glace sur les ailes et autres surfaces horizontales modifie substantiellement les caractéristiques de portance des plans aérodynamiques. Même une mince couche de givre affectera suffisamment les caractéristiques de portance des ailes pour nuire considérablement aux performances de l'avion au décollage. La rugosité d'une surface recouverte de givre entrave l'écoulement régulier de l'air sur l'aile, ce qui peut entraîner une perte de portance et un décrochage prématuré. Des tests ont prouvé que la présence de givre sur les ailes d'un monomoteur léger typique hausse la vitesse de décrochage d'au moins 5% à 10% et, dans certains cas, de 30%; en outre, elle peut prolonger la distance de décollage de 100%. Pour l'un de ces tests, on s'est servi d'un appareil sur skis doté de dispositifs spéciaux pour décollages et atterrissages courts (STOL). Il est intéressant et révélateur de noter que cet appareil, recouvert de givre, n'a jamais atteint une vitesse suffisante pour décoller, bien que la course au décollage ait eu lieu sur un lac de très grande dimension.

Si le givre est capable de tels méfaits, la glace, elle, est pire encore. Il est possible que la vitesse de décrochage d'un avion recouvert de glace augmente tellement que ce dernier ne puisse atteindre une vitesse suffisante pour lui permettre de décoller ou, qu'ayant réussi à s'arracher du sol, il soit incapable de rester en vol. L'avion décrochera vraisemblablement dès qu'il aura quitté l'effet de sol. La glace affecte considérablement les performances de tous les avions. Elle modifie les forces agissant sur le stabilisateur horizontal, perturbant ainsi l'équilibre aérodynamique et l'emplacement du c.g.. L'écoulement irrégulier des filets d'air sur une aile recouverte de glace signifie que l'avion décrochera à une vitesse plus élevée et à un angle d'attaque plus faible. Le contrôle latéral de l'aéronef se détériore au point de requérir des mouvements de plus en plus amples des gouvernes pour maintenir la stabilité de vol. La présence de neige et de glace sur les ailes peut aussi causer le flottement (vibration aéroélastique) qui, à son tour, entraînera la déformation des ailes ou des ailerons.

Par conséquent, il est absolument essentiel que le givre, la neige et la glace soient complètement enlevés des surfaces critiques avant le décollage. Les surfaces critiques sont : les ailes, les gouvernes, les rotors, les hélices, les stabilisateurs horizontaux et verticaux ou toutes les autres surfaces stabilisantes d'un aéronef et, dans le cas d'un aéronef doté de moteurs montés à l'arrière, la surface supérieure du fuselage.

N'assumez jamais que la neige s'enlèvera d'elle-même. La neige peut même se transformer en glace durant la course au décollage. Enlevez toujours toute accumulation et assurez-vous que

les ailes soient complètement dégagées avant d'entreprendre le vol. Accordez une attention particulière aux charnières des volets et des gouvernes. De petits morceaux de glace peuvent limiter leur déplacement et empêcher leur pleine utilisation. Les housses d'aile constituent un investissement judicieux pour les aéronefs qui volent l'hiver.

Lorsque les conditions sont favorables, la glace peut se former très rapidement et recouvrir complètement l'avion d'une épaisse couche en quelques minutes.

Du givre transparent se forme parfois sur l'extrados, au-dessus des réservoirs de carburant, suite à un vol prolongé à des températures inférieures au point de congélation. La pluie qui vient percuter l'aile au-dessus du réservoir froid se transforme en une couche de glace transparente très difficile à déceler. Lors du ravitaillement, quand le carburant est chaud, la glace et la neige fondent sur les ailes pour regeler par la suite ou, quand le carburant est froid, c'est l'humidité qui gèle.

Dans des conditions de givrage, vous ne pouvez pas vous fier aux avertisseurs de décrochage. Ces dispositifs sont calibrés pour fonctionner quand l'aile est propre et lisse et ne peuvent déceler l'affaiblissement des performances d'une aile contaminée.

Si l'avion est dépourvu de dégivreurs ou d'antigivreurs, le vol dans des conditions de givrage connues doit être catégoriquement évité.

Plusieurs facteurs contribuent à la contamination superficielle critique; le pilote bien informé saura les reconnaître pour ce qu'ils sont.

La **température ambiante** : fournit une bonne indication de givrage possible.

La **température du revêtement de l'aéronef** : indique le degré de susceptibilité de l'aéronef au givrage. La température du revêtement de l'aéronef est affectée par le rayonnement solaire. La température superficielle sera plus chaude par temps ensoleillé que par temps couvert même si la température ambiante est identique. Lorsque le carburant contenu dans les réservoirs est très froid, il peut refroidir la surface en aluminium de l'aile à un point tel que l'humidité présente dans l'air humide ou la pluie se transformera en givre ou en glace au-dessus du réservoir de carburant (phénomène **d'ailes imprégnées de froid**).

Les **types et les taux de précipitation** : la neige sèche ne cherche pas à coller aux surfaces de l'aéronef, alors que la neige mouillée y adhère et s'accumulera rapidement. La pluie verglaçante, jumelée à la neige, produit de la neige fondante. Les précipitations abondantes sont habituellement plus critiques que les précipitations légères.

L'**humidité relative** : l'air très humide, combiné à des températures très froides et à des revêtements également froids, peut produire du givrage même par beau temps ensoleillé.

La **direction et la vitesse du vent** : les vents du nord sont froids et secs, mais les vents du sud sont habituellement humides. Les forts vents souffleront de la neige dans toutes les ouvertures d'un aéronef immobilisé au sol.

L'**exploitation d'un aéronef à proximité d'autres aéronefs** : le souffle de l'échappement ou de l'hélice d'un autre aéronef peut envoyer de la neige sèche ou fondante sur votre avion, ou encore occasionner la fonte de la neige qui recouvre votre avion, neige qui gèlera de nouveau plus tard sous forme de glace. Au sol, ne suivez pas de trop près un autre aéronef lorsque vous vous placez en position pour le décollage.

L'**exploitation d'un aéronef sur des surfaces enneigées, recouvertes de neige fondante ou mouillée** : une telle exploitation

accroît la possibilité que ces contaminants soient éclaboussés sur les ailes, les volets et les gouvernes. Il est également important de se rappeler que la présence de contaminants sur l'intrados est aussi néfaste du point de vue des performances que leur présence sur l'extrados. Évitez les éclaboussures en circulant lentement au sol.

La **configuration de l'aéronef et la rugosité du revêtement** : les aéronefs amassent neige sèche, neige fondante, pluie verglaçante et glace sur toutes les surfaces et tous les angles exposés. Les surfaces lisses n'accumulent pas autant de contamination. Toutefois, une surface lisse donne parfois l'impression d'être mouillée alors qu'en réalité elle est couverte de glace transparente.

Soyez alerte aux conditions de givrage avant même de vous rendre à votre avion. Obtenez un exposé météorologique complet et les prévisions les plus récentes, de sorte que vous soyez au courant des températures et des précipitations en route et aux escales.

La glace et la neige n'affectent pas seulement les surfaces portantes. Elles peuvent boucher des orifices vitaux, comme les prises de pression pitot et statiques du système pitot-statique, rendant hors d'usage l'anémomètre, l'altimètre et le variomètre. Lorsqu'elles sont bouchées, les prises d'air reliées aux réservoirs de carburant empêchent la libre circulation du carburant. Les instruments gyroscopiques entraînés par venturi seraient certainement affectés par une accumulation de glace à l'embouchure du venturi. Les antennes couvertes de glace gênent les réceptions radio.

Voir aussi 2.1.5 – Les facteurs affectant le décrochage/Le décrochage/Neige, givre et glace et 6.10 – Le givrage.

Le dégivrage

Examinez très attentivement votre avion avant le vol. Mettez vos yeux et vos mains à contribution dans l'examen des surfaces pour vous assurer que l'avion est «propre» avant de partir en vol. S'il y a contamination quelconque, confiez la tâche de dégivrer l'aéronef aux équipes au sol.

Les procédures de dégivrage ont pour but de rendre propre la configuration de l'aéronef pour qu'aucun contaminant ne puisse occasionner la détérioration des caractéristiques aérodynamiques ou nuire mécaniquement au fonctionnement des parties mobiles, des antennes, des sondes, etc.

Plusieurs méthodes de dégivrage sont acceptables. La première est le remisage de l'aéronef dans un hangar chauffé le temps de faire fondre complètement le contaminant. L'utilisation de housses protectrices sur les ailes ou de tout autre type d'abri temporaire permet souvent de réduire à la fois la quantité de contaminant et le temps requis pour dégivrer l'aéronef. On peut enlever la neige sèche et légère avec un balai, ou enlever une mince couche de givre à l'aide d'un cordage que l'on promène en un mouvement de va-et-vient sur la surface contaminée.

La méthode de dégivrage la plus fréquente, particulièrement sur les aéronefs de plus grandes dimensions, consiste à utiliser des solutions chauffées composées d'eau et de **liquides abaisseurs du point de congélation (FPD)**. Le principe de base qui sous-tend l'utilisation de liquides pour le dégivrage des aéronefs est l'abaissement du point de congélation de l'eau pendant la phase liquide ou pendant la phase de cristallisation (formation de cristaux de glace). Le dégivrage est souvent suivi d'une opération antigivrage de solutions froides et riches dont le point de congélation est très bas. Le liquide antigivrants est habituellement épais et forme une pellicule protectrice sur l'avion, pellicule qui empêche la formation de glace, de neige ou de givre. Seuls les liquides dégivrants et antigivrants approuvés par le constructeur de l'avion seront utilisés.

Les liquides FPD qui servent à dégivrer les aéronefs en Amérique du Nord sont composés en général d'éthylène glycol ou de propylène glycol mélangé à de l'eau et à d'autres ingrédients. Ils ne devraient pas être utilisés dans leur forme concentrée. L'éthylène glycol pur possède un point de congélation très supérieur à celui de l'éthylène glycol dilué dans l'eau et peut geler lorsqu'exposé à de légères baisses de température provoquées par certains facteurs comme la présence de carburant imprégné de froid dans les réservoirs d'aile, une diminution du rayonnement solaire causée par le passage de nuages devant le soleil, l'effet du vent et une baisse de température attribuable à la portance créée par l'aile. Le propylène glycol pur est très visqueux; il est capable de réduire la portance.

En aucun cas des liquides FPD sous leur forme concentrée (pure) ne seront appliqués sur les prises de pression pitot et statiques, les sondes d'angle d'attaque, les interstices des gouvernes, les fenêtres du poste de pilotage, le nez du fuselage, la partie inférieure du radome, les entrées d'air et les moteurs.

Les liquides de Type I de l'ISO et de la SAE ne sont pas épaissis. Ce sont des dégivreurs et ils fournissent une protection antigivrage très limitée.

Les liquides de Type II de l'ISO et de la SAE contiennent au moins 50% de glycol et possèdent un point de congélation minimal de -32 °C. Ils sont épaissis et ont ainsi la capacité de demeurer sur les surfaces de l'aéronef jusqu'au moment du décollage. Ces liquides sont utilisés pour le dégivrage quand ils sont chauffés, et pour l'antigivrage lorsque non chauffés. Ce sont des antigivreurs efficaces en raison de leur viscosité élevée et de leur comportement pseudoplastique. Ils sont conçus pour rester sur les ailes durant les manoeuvres au sol, mais s'écoulent rapidement des ailes au décollage. Les liquides du Type II de l'ISO et de la SAE ne devraient pas être utilisés sur les aéronefs dont la vitesse de rotation (V_r) est inférieure à 100 kt. Sous cette vitesse, une partie du liquide ne s'écoulera pas complètement et pourra entraîner une certaine détérioration des performances.

Le liquide de Type III est un liquide FPD épaissi dont les propriétés se situent entre celles des liquides de types I et II. Par conséquent, il assure une période d'efficacité supérieure au liquide de Type I, mais inférieure à celui de Type II. Il convient aux aéronefs dont la course au décollage avant la rotation est plus courte et la vitesse de rotation est inférieure à 100 kt.

Les liquides de Type IV de l'ISO et de la SAE répondent aux mêmes spécifications que les liquides de Type II, tout en ayant une durée d'efficacité significativement plus longue. Ils sont teints en vert pour ne pas être confondus avec de la glace.

La marge de température est la différence de température entre le point de congélation du liquide lorsqu'il est appliqué et la température ambiante. Avec une augmentation de la marge de température, la période d'efficacité est prolongée. (La marge de température ne devrait pas être inférieure à 10° pour les liquides de Type I ou de 3° pour les liquides de Type II, selon les températures ambiantes.) La marge maximale est le meilleur choix. Toutefois, pour hausser cette marge il faut utiliser davantage de glycol, ce qui représente des coûts supplémentaires et complique la tâche de récupération et de traitement des déversements et des écoulements de liquides FPD. Néanmoins, la marge de température maximale assure la meilleure marge de sécurité et diminue les risques de regivrage du liquide FPD durant le décollage, la montée et en croisière.

Si votre avion est doté de systèmes dégivrants et antigivrants, assurez-vous que l'équipement est opérationnel avant de partir pour un vol où il sera peut-être nécessaire de s'en servir. Sachez quand et comment l'utiliser.

10.2 La masse et le centrage

Vous, le pilote, êtes responsable du chargement sécuritaire de votre avion. Vous devez donc vous assurer qu'il n'est pas surchargé. Les performances de l'avion sont affectées par le poids. La surcharge est sûre d'occasionner de sérieux problèmes. La course au décollage sera plus longue, peut-être même trop longue compte tenu de la longueur de piste disponible. L'angle et le taux de montée seront plus faibles. Le plafond maximal sera plus bas et la distance maximale franchissable moins grande. La vitesse d'atterrissage sera plus élevée et la distance d'atterrissage plus longue. En outre, l'excès de poids pourra imposer des charges additionnelles à la structure durant certaines manoeuvres ou dans des conditions de turbulence, charges qui pourraient endommager l'avion.

Le poids brut total autorisé pour un avion quelconque ne doit donc jamais être dépassé. Le pilote doit être capable d'estimer le rapport carburant, l'huile et la charge payante admissible pour un vol d'une durée donnée. Les limites de poids en vigueur pour certains avions légers ne permettront pas de remplir à la fois tous les sièges, de charger le compartiment à bagages à pleine capacité et de faire le plein de carburant. Dans ce cas, il faudra choisir entre les passagers, les bagages et le plein de carburant.

La répartition du poids est également d'une importance vitale parce que la position du c.g. affecte la stabilité de l'avion. En chargeant l'avion, le c.g. doit demeurer à l'intérieur de limites bien précises et y rester pendant tout le vol de façon à assurer en tout temps la stabilité et la maniabilité de l'avion.

Les constructeurs d'avions publient les limites de masse et centrage de chacun de leurs appareils. On retrouve ces renseignements à deux endroits, soit dans :

1. Le rapport de masse et centrage de l'avion, ou dans
2. Le manuel de vol de l'avion (AFM – Airplane Flight Manual)/ manuel d'exploitation du pilote (P.O.H. – Pilot's Operating Manual)

Les renseignements fournis dans le manuel de vol s'appliquent de façon générale à tous les avions du même modèle.

Par contre, les renseignements consignés sur le Rapport de masse et centrage s'appliquent à un avion particulier. On pèse l'avion, tout l'équipement installé, et on calcule les limites du c.g. Cette information est consignée sur le rapport qui accompagnera dorénavant les carnets de l'avion. Si des modifications sont apportées ou de l'équipement ajouté, la masse et le centrage doivent être recalculés et un nouveau rapport préparé.

10.2.1 Le poids

Il existe plusieurs termes pour désigner le poids d'un avion. Les voici :

Le **poids à vide** : le poids de la cellule et du moteur, tout l'équipement standard étant installé. Il comprend également le carburant inutilisable et l'huile.

L'équipement optionnel ou extra : tous les instruments, radios, etc. installés dans l'avion, mais ne faisant pas partie de l'équipement standard, et dont le poids est ajouté au poids à vide pour obtenir le poids de base (à vide). Il inclut aussi le lest fixe, le plein des liquides réfrigérants, hydrauliques et dégivrants.

La **masse à vide de base** : la masse de l'avion incluant tout l'équipement optionnel. Dans la plupart des avions modernes, le fabricant inclut le plein d'huile dans la masse à vide de base.

La **charge utile** (ou **poids disponible**) : la différence entre la masse totale au décollage et la masse à vide de base. En d'autres mots, il s'agit du poids de tout ce qu'on peut enlever, c.-à-d. qui n'est pas attaché en permanence à l'avion. Ceci comprend le carburant utilisable, le pilote, l'équipage, les passagers, les bagages, la cargaison, etc.

La **charge payante** : le poids disponible en passagers, bagages, cargaison, etc., une fois que les poids du pilote, de l'équipage et du carburant utilisable ont été déduits de la charge utile.

La **masse opérationnelle à vide** : le poids de base de l'avion plus le poids du pilote. Sont exclus le poids payant et le carburant utilisable.

Le **carburant utilisable** : le carburant disponible pour la planification de vol.

Le **carburant inutilisable** : le carburant qui reste dans les réservoirs après avoir effectué un test jusqu'à épuisement, tel que prescrit par les règlements gouvernementaux.

Le **poids brut opérationnel** : le poids de l'avion chargé pour le décollage. Il comprend le poids de base, plus le poids utile.

Le **poids brut maximum** : le poids maximum permis de l'avion.

Le **poids maximum au décollage** : le poids maximum autorisé au début de la course au décollage.

Le **poids maximum sur la rampe** : le poids maximum autorisé pour les manoeuvres au sol. Il inclut le poids du carburant qui sera utilisé pour le démarrage, la circulation au sol et le point fixe.

Le **poids des passagers** : on utilisera les poids réels des passagers dans le calcul du poids d'un avion possédant un nombre limité de sièges. Comme le poids d'une personne se calcule habituellement sans vêtements, ajoutez au moins 8 lb par personne l'été ou 14 lb l'hiver incluant les vêtements.

Pour ce qui est des gros avions possédant un nombre appréciable de sièges, on utilisera les poids moyens ci-après lorsque le poids réel des passagers n'est pas disponible. Le poids des hommes et des femmes inclut 8 lb pour les bagages à main.

	Été	Hiver
Hommes (12 ans et plus)	200 lb/90,7 kg	206 lb/93,4 kg
Femmes (12 ans et plus)	165 lb/74,8 kg	171 lb/77,5 kg
Enfants (2 à 11 ans)	75 lb/34 kg	75 lb/34 kg
Bébés (0 à 2 ans)	30 lb/13,6 kg	30 lb/13,6 kg

Le **carburant et l'huile** : les manuels de vol des avions (AFM – Airplane Flight Manuals) de fabrication américaine donnent les quantités de carburant et d'huile en gallons américains. Les avions plus anciens de fabrication canadienne sont souvent accompagnés de manuels de vol qui donnent les quantités en gallons impériaux, alors que les manuels imprimés plus récemment pourront les donner en litres. Sur la plupart des aéroports canadiens, le carburant est maintenant dispensé au litre. Il est donc nécessaire de convertir les litres en gallons américains ou impériaux, selon les exigences particulières de votre avion. Pour convertir les litres en gallons américains, multipliez-les par 0,264178. Pour convertir les litres en gallons impériaux, multipliez-les par 0,219975.

Les poids suivants sont donnés en fonction de la densité moyenne de l'air et de la température standard de 15 °C. À des

températures plus froides, les poids augmentent légèrement. Par exemple, à -40 °C, un litre de gazoline aviation pèse 1,69 lb.

	Litre	Gal US	Gal imp.
Carburant aviation	1,59 lb	6,0 lb	7,20 lb
J.P. 4	1,77 lb	6,6 lb	8,01 lb
Kérosène	1,85 lb	7,0 lb	8,39 lb
Huile (65)	1,95 lb	7,5 lb	8,85 lb

La **masse maximale à l'atterrissage** : la masse maximale autorisée au moment de poser les roues. La plupart des multimoteurs long courrier consomment, en poids, une quantité considérable de combustible. À l'atterrissage, leur poids est donc substantiellement inférieur à leur poids au décollage. Les constructeurs tirent avantage de ce fait en construisant l'avion suffisamment solide pour supporter les charges d'atterrissage établies en fonction d'un poids inférieur, ce qui permet une structure plus légère. Par contre, si le vol a été de courte durée, il faudra probablement procéder au largage d'une quantité de carburant ou d'objets pour faire baisser le poids total qui permettra de respecter la masse maximale autorisée à l'atterrissage.

La **masse maximale - zéro carburant** : le poids de l'avion excluant le carburant utilisable, mais incluant la charge payante. Certains constructeurs spécifient ce poids pour des motifs structureaux. Les aéronefs de transport contiennent du carburant dans les ailes. Le poids de ce carburant soulage les ailes des moments de flexion imposés par la portance. La masse maximale - zéro carburant limite le poids qui peut être transporté dans le fuselage. Toute augmentation de poids sous forme de charge transportée dans le fuselage doit être compensée en ajoutant du poids sous forme de carburant dans les ailes.

La **flottabilité** : la masse brute maximale permise pour un hydravion est régie par le degré de flottabilité de ses flotteurs. La flottabilité d'un flotteur d'hydravion est égale au poids de l'eau déplacée par la partie immergée du flotteur. Ceci est égal au poids que le flotteur pourra supporter sans caler en dessous d'un niveau déterminé (ligne de flottaison en charge).

Le degré de flottabilité est indiqué par le numéro de modèle du flotteur. Un flotteur 4580 possède une flottabilité de 4580 lb. Un hydravion muni d'une paire de flotteurs 4580 possède une flottabilité de 9160 lb.

Les règlements exigent une réserve de 80% de flottabilité. Par conséquent, les flotteurs doivent avoir une flottabilité égale à 180% du poids de l'hydravion.

Pour trouver la masse brute maximale d'un hydravion muni de deux flotteurs de modèle 7170 par exemple, multipliez la flottabilité par 2 et divisez ensuite par 1,8 ($7170 \times 2 \div 1,8 = 7966$ lb).

Le calcul de la charge

Un avion léger typique possède une masse de base de 1008 lb et une masse brute maximale autorisée de 1600 lb. L'exemple suivant illustre un chargement adéquat pour cet avion :

Poids de base (à vide) 1008 lb comprenant		Poids utile 592 lb comprenant	
Poids à vide	973 lb	Pilote	150 lb
Huile	15 lb	Carburant	146 lb
Équipement extra	20 lb	Poids payant passager	175 lb
		Poids bagage	121 lb

PROBLÈME À RÉSOUDRE

Trouvez le poids payant maximum pouvant être transporté sur une distance donnée et la quantité de carburant requise.

Un hydravion affrété par une société minière doit transporter la plus grosse cargaison possible vers un campement de brousse situé à une distance de 300 NM. La vitesse-sol estimée est de 110 kt. Le poids utile de cet avion est 1836 lb. La capacité des réservoirs de carburant est de 86 gallons américains. La consommation horaire est de 20 gallons ou 120 lb.

Le temps de vol requis pour le parcours de 300 NM est de 164 min ($300 \div 110 \times 60$). Ajoutez à cela les 45 min de réserve et la quantité de carburant requise doit être suffisante pour 209 min de vol.

La quantité de carburant requise à 20 gallons l'heure est de 69,7 gallons américains ($20 \div 60 \times 209$). Cette quantité de carburant pèse 418 lb ($69,7 \times 6$ lb).

Le calcul du carburant peut également se faire en utilisant le poids du carburant consommé à l'heure. Le poids du carburant nécessaire pour ce vol est de 418 lb ($120 \div 60 \times 209$).

Le poids utile est de 1836 lb. Le poids combiné du pilote (170 lb) et du carburant (418 lb) est de 588 lb. Par conséquent, le poids payant maximum admissible est de 1248 lb.

Combien de carburant sera requis en litres? Un gallon américain est égal à 3,785332 litres. La quantité de carburant requise est donc de 263,8 litres ($69,7 \times 3,785332$), voir Appendice B – Tables de conversion.

10.2.2 Les limites de centrage

La position du c.g. sur l'axe longitudinal affecte la stabilité de l'avion. Les ingénieurs qui ont conçu l'appareil spécifient les limites avant et arrière du c.g., limites qui ne doivent pas être dépassées en vol. Ces limites sont établies de façon à garantir une déflexion suffisante du gouvernail de profondeur, durant toutes les phases du vol.

Si le c.g. est trop loin vers l'avant, l'avion sera lourd du nez; s'il est trop loin vers l'arrière, l'avion sera lourd de la queue. L'avion dont le c.g. se trouve trop loin vers l'arrière pourra être dangereusement instable et ses caractéristiques de décrochage et de vrille seront anormales. Les recouvrements s'avéreront difficiles, voire même impossibles, parce que le pilote sera obligé de dépasser les limites de contrôle disponible sur le gouvernail de profondeur. La responsabilité d'un bon chargement repose sur les épaules du pilote; un chargement adéquat assure le respect des limites du c.g..

En plus d'une limite de poids brut pour l'avion, le manuel du propriétaire (AOM – Airplane Owner's Manual) spécifie ordinairement une certaine limite de poids pour le compartiment à bagages. Le pilote accordera une attention toute particulière à cette restriction, car dépasser le poids total permis pour le compartiment à bagages, même si l'avion lui-même n'est pas surchargé, peut entraîner le c.g. en dehors des limites arrières recommandées et affecter négativement le contrôle longitudinal.

Le manuel du propriétaire (AOM – Airplane Owner's Manual) pourra aussi contenir des directives de ce genre : quel siège le pilote occupera pour les vols en solo (sièges en configuration tandem) ou quel réservoir sera vidé en premier. Ces directives seront suivies à la lettre.

À mesure que le vol progresse, la quantité de carburant et le poids de l'avion diminuent. La distribution du poids change également et, par conséquent, la position du c.g.. Le pilote doit tenir compte de ce fait et calculer un devis de masse et centrage, non seulement pour le début du vol, mais aussi pour la fin.

Les définitions

Le **Centre de gravité (c.g.)** est le point par lequel passe les poids de toutes les différentes parties de l'avion. Il s'agit en fait d'un point imaginaire à partir duquel l'avion pourrait être suspendu et rester en équilibre. Le c.g. peut se déplacer à l'intérieur de certaines limites sans affecter l'équilibre de l'avion. La distance entre les limites avant et arrière du c.g. représente l'écart permissible.

La **ligne de référence** est une ligne pratique choisie arbitrairement par le constructeur, à partir de laquelle se mesurent toutes les distances horizontales pour fins d'équilibrage. Cette ligne peut se trouver dans le nez de l'avion, à la cloison anti-feu ou en tout autre endroit jugé utile (voir image 2).

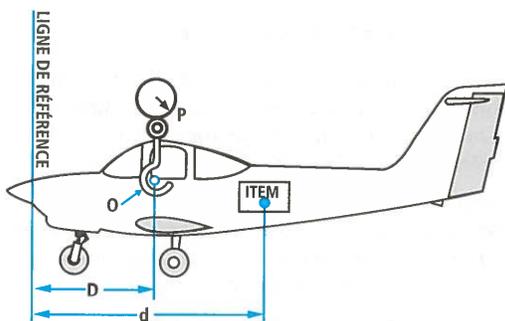


Image 2 – Équilibrage (centrage)

Le **bras-moment** (voir image 2 «D»), est la distance horizontale en pouce entre la ligne de référence et le c.g., voir «O». La distance entre la ligne de référence et un élément quelconque, par exemple un passager, la cargaison, les réservoirs à carburant, etc. est le bras de levier de cet élément, voir «d».

Le **moment (de centrage)** de l'avion se calcule en multipliant le poids de l'avion par le bras-moment de l'avion. Il s'exprime en po/lb. Le moment (aussi appelé point de centrage) d'un élément quelconque est le poids de cet élément multiplié par sa distance par rapport à la ligne de référence. Il est évident qu'un objet lourd chargé à l'arrière de l'avion aura un moment beaucoup plus grand que le même objet placé plus près de la ligne de référence.

L'**index-moment** est le moment d'un élément quelconque, ou de l'avion au complet, divisé par une constante telle que 100, 1000 ou 10 000. On s'en sert pour simplifier les calculs de masse et centrage, particulièrement pour les avions gros-porteurs où des objets lourds et des bras de levier très longs produisent des nombres gigantesques.

Lorsqu'une charge se trouve devant la ligne de référence, son bras-moment est ordinairement considéré négatif (-). Les charges situées derrière la ligne de référence sont considérées positives (+). (Dans bien des cas le signe (+) est omis, mais le signe (-) est toujours indiqué. Pour simplifier les choses, notre exemple montre les deux.) Le moment (de centrage) total est la somme algébrique des moments de l'avion et de chaque élément compris dans la charge disponible.

Pour trouver le c.g., on divise le moment total (en po/lb) par le poids total (en lb). Le c.g. est exprimé en pouce devant (-) ou derrière (+) la ligne de référence.

Les **limites du c.g.** sont ordinairement exprimées en po à partir de la ligne de référence (ex. +39,5 po à +45,8 po). Pour certains avions, elles sont exprimées en pourcentage de la **corde aérodynamique moyenne** (25% à 35%). La **CAM** (ou MAC) est la corde moyenne de l'aile.

Le calcul de la position du c.g. en pourcentage par rapport à la corde aérodynamique moyenne : supposons que les calculs de masse et centrage révèlent que le c.g. se trouve 66 po derrière la ligne de référence. Quant au bord d'attaque de la corde aérodynamique moyenne, il se trouve 55 po derrière la même ligne de référence (voir image 3). Le c.g. se trouve donc 11 po derrière le bord d'attaque de la corde aérodynamique moyenne. Si cette corde mesure 40 po de longueur, la position du c.g. se trouvera à $(11 \div 40)$ 27% de la corde moyenne. Si le c.g. calculé se trouve à l'intérieur des limites recommandées (ex. 25% à 35%), l'avion est chargé correctement.

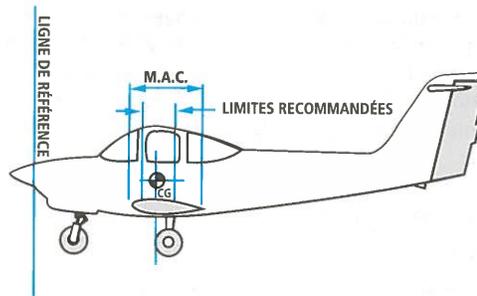


Image 3 – Corde aérodynamique moyenne (M.A.C.)

Il existe plusieurs méthodes pour résoudre les problèmes de masse et centrage nécessaires à tout chargement.

Trouver le centrage par la méthode de calcul

Pour cet exemple, on a choisi un avion dont le poids de base est de 1575 lb et le poids brut autorisé de 2600 lb. La ligne de référence choisie par le constructeur est la cloison anti-feu. Les limites recommandées pour le c.g. sont de 35,5 po à 44,8 po.

Sous forme de tableau, inscrivez l'avion (poids de base), le pilote, les passagers, le carburant, l'huile, les bagages, la cargaison, etc., ainsi que leurs poids et bras de levier respectifs. Calculez le moment de chacun. Faites la somme des poids. Totalisez les moments. Divisez le moment de centrage total par le poids total pour trouver le bras-moment (c.-à-d. la position du c.g.).

(Note : dans cet exemple, l'huile est listée individuellement et la ligne de référence est la cloison anti-feu pour montrer à quoi ressemble un bras-moment négatif.)

Le bras-moment du chargement de l'avion est 42,52 po (110 270 ÷ 2593). Le poids total (2593 lb) de l'avion chargé est inférieur au poids brut autorisé (2600 lb). Le bras-moment se trouve à l'intérieur des limites c.g. (35,5 po à 44,8 po) recommandées. Par conséquent, l'avion est correctement chargé.

Item	Poids (lb)	Bras-moment (po)	Moment de centrage (po/lb)
Avion de base	1575	+ 36	+ 56 700
Pilote	165	+ 37	+ 6105
Passager (siège avant)	143	+ 37	+ 5291
Passager (siège arrière)	165	+ 72	+ 11 880
Enfant (siège arrière)	77	+ 72	+ 5544
Bagages	90	+ 98	+ 8820
Carburant (60 gal US @ 6 lb)	360	+ 45	+ 16 200
Huile (2,4 gal US @ 7,5 lb)	18	- 15	- 270
	2593		110 270

L'exemple que vous venez de voir représente un avion presque à la limite du poids brut autorisé et dont le c.g. se trouve vers l'arrière tout en restant à l'intérieur des limites recommandées. Si ces calculs avaient révélé un c.g. arrière en dehors des limites, même si le poids brut de l'avion était inférieur au poids maximal autorisé, il aurait été nécessaire d'alléger la charge ou de la déplacer, par exemple en changeant les passagers de siège.

À la fin d'un vol au cours duquel le carburant a été presque entièrement brûlé, un avion chargé légèrement pourrait se retrouver dans une situation où le c.g. serait désormais en avant des limites permises. Dans certains cas, lorsque le pilote vole seul, sans passager ni bagages, il est nécessaire de transporter un lest suffisant pour contrer les effets d'un c.g. se trouvant trop loin à l'avant. Chaque pilote doit donc calculer le bras-moment du chargement le plus léger possible pour son avion, afin de déterminer si le tout est conforme aux normes prescrites.

Trouver le centrage par la méthode graphique

La majorité des manuels de vol renferment des tableaux et des graphiques pour les calculs de masse et centrage. Les tableaux et graphiques illustrés de l'image 4 à l'image 6 sont typiques. Très faciles à utiliser, ils permettent d'éliminer les étapes mathématiques fastidieuses de la méthode de calcul.

P172 EXEMPLES DE CHARGEMENT	AVION EXEMPLE		VOTRE AVION	
	POIDS (LB)	MOMENT (LB PO/1000)	POIDS	MOMENT
1. Poids à vide certifié (avion exemple)	1507	56,6		
2. Huile - 10 pt	19	-0,4	19	-0,4
3. Pilote et passager avant	340	12,0		
4. Carburant - (41,5 gal. à 6 lb/gal)	249	12,0		
5. Passager(s) arrière	340	23,8		
6. Bagage (ou passager sur siège auxiliaire)	45	4,3		
7. Poids total de l'avion (charge)	2500	108,3		
8. Localisez ce point (2500 à 108,3 sur l'enveloppe du CG, puisque ce point se trouve dans l'enveloppe, le centrage est acceptable.				
* NOTE : Habituellement, on assume le plein d'huile pour tous les vols.				

Image 4 – Exemple de chargement

À l'aide des tableaux et graphiques des images 4, 5 et 6, solutionnons un problème de masse et centrage.

- Dans les colonnes du tableau de l'image 4, retranscrivez le poids à vide licencié et le moment/1000 de l'avion, renseignements qui se trouvent sur la fiche des données de masse et centrage qui accompagne l'avion. Les chiffres de notre avion-modèle sont 1507 lb et un moment de 56,6.
- Inscrivez le poids et le moment/1000 de l'huile dans les colonnes appropriées. Notre avion-modèle a une capacité de 10 pt (US fl) ou pintes américaines d'huile (19 lb et un moment de -0,4). On fait habituellement le plein d'huile pour les vols au dessus des campagnes. Ces chiffres seront donc considérés invariables.

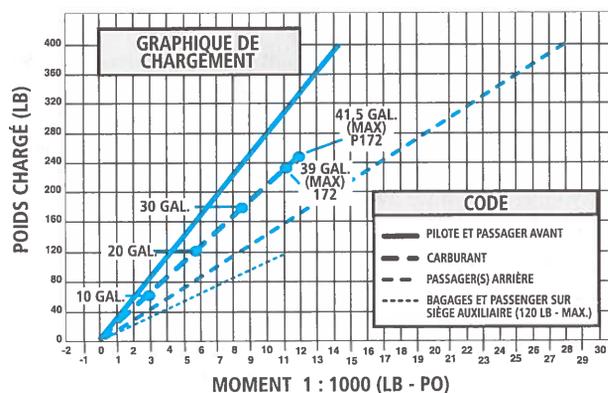


Image 5 – Exemple de chargement

- Calculez le poids du pilote et du passager avant. Référez-vous au graphique de chargement, (voir image 5) et trouvez le moment/1000 sur l'échelle. Inscrivez ces chiffres sur le tableau (340 lb et un moment de 12,0).
- Déterminez le poids du carburant embarqué. (Dans ce cas-ci, 41,5 gal US à 6 lb/gal) Repérez le moment/1000 sur le graphique de chargement et inscrivez les chiffres sur le tableau (249 lb et un moment de 12,0).
- Calculez le poids des passagers arrière. En vous référant à la ligne appropriée sur le graphique de chargement, trouvez le moment/1000. Consignez ces chiffres sur le tableau (340 lb et un moment de 23,8).

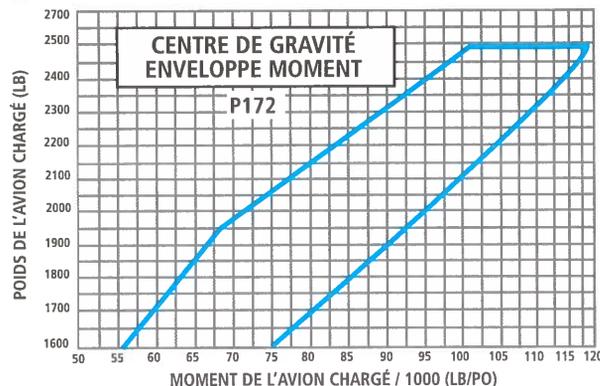


Image 6 – Exemple de c.g. - Enveloppe moment

- Pesez les bagages et lisez le moment/1000 sur la ligne appropriée du graphique. Inscrivez ces chiffres sur le tableau (45 lb et un moment de 4,3).
- Totalisez la colonne des poids. Le total doit être inférieur au poids brut autorisé pour votre avion. Le poids brut de l'avion est de 2500 lb. Si le total de la colonne poids excède le poids brut, vous devez alléger la charge de l'avion.

Totalisez la colonne des moments. Rappelez-vous qu'il faut soustraire le moment de l'huile.

- Référez-vous à l'Enveloppe-moment du c.g. (voir image 6). Repérez l'intersection des lignes représentant, d'une part, le poids total et d'autre part, le moment/1000 total. Si le point d'intersection se trouve à l'intérieur de l'enveloppe, votre avion est chargé conformément aux limites. Par contre, s'il se trouve en dehors de l'enveloppe, la charge doit être corrigée.

10.2.3 Le déplacement du poids

Dans les calculs de masse et centrage, il arrive parfois que le poids brut (total) de l'avion ou que la position du c.g. soient en dehors des limites acceptables. Si le poids total est trop élevé, on enlèvera une partie de la charge. Cependant, si le poids est à l'intérieur des limites permises, mais que le c.g. se trouve en dehors de l'enveloppe, on pourra peut-être résoudre le problème en déplaçant une partie de la charge vers l'avant (si le c.g. est trop en arrière) et vice-versa (si le c.g. est trop en avant).

Prenons l'exemple d'un avion chargé qui pèse 3000 lb, en deçà du poids total autorisé, mais dont le c.g. se trouve trop loin à l'arrière. Une partie des bagages ou du fret se trouvant dans le compartiment à bagages pourrait être déplacé vers l'avant. Combien de poids faudra-t-il déplacer vers l'avant pour que l'avion se retrouve à l'intérieur des limites.

Appliquez la formule suivante :

$$\frac{\text{Poids à déplacer}}{\text{Poids de l'avion}} = \frac{\text{Distance que le c.g. doit être déplacé}}{\text{Distance entre les bras de levier}}$$

Le bras/moment du compartiment de bagages arrière est de 125. Une position plus à l'avant est disponible dont le bras de levier est de 40. La limite arrière du c.g. est de 46, mais le mauvais chargement a produit un c.g. de 48.

$$\frac{X}{3000} = \frac{2(48 - 46)}{85(125 - 40)} \quad X = 70,5 \text{ lb}$$

La même formule peut être utilisée pour calculer la distance qu'il faudra déplacer une pièce quelconque de bagage, d'équipement ou de fret vers l'avant pour obtenir un c.g. acceptable. Une fois la pièce déplacée, on recalculera la masse et le centrage afin de s'assurer que le résultat escompté a été obtenu.

10.2.4 La masse et le centrage versus les performances de vol

Les caractéristiques de vol d'un avion chargé à son poids brut maximum et dont le c.g. se trouve très près de la limite arrière diffèrent considérablement de celles du même appareil chargé légèrement.

Pour que la portance et le poids soient équilibrés et ce, dans le but de conserver une assiette de vol donnée, voir section 2 – **La théorie du vol**, il faudra produire davantage de portance pour compenser le poids élevé. Pour ce faire, l'avion adoptera un angle d'attaque plus grand. Par conséquent, quand l'avion est pleinement chargé, l'aile décrochera plus tôt (c.-à-d. à une vitesse plus élevée) que lorsqu'il est chargé légèrement. Dans les virages (c.-à-d. à des facteurs de charge plus élevés), la vitesse de décrochage sera également plus élevée. En fait, tout ce qui touche à la portance sera affecté. La course au décollage sera plus longue, le taux et l'angle de montée seront inférieurs et, en raison de la traînée accrue résultant de l'angle d'attaque plus grand, la consommation de carburant sera plus élevée que d'habitude pour une vitesse donnée. Lorsque la cellule supporte une charge payante élevée, des «g» très élevés risquent davantage d'imposer des contraintes excessives à la structure.

Un c.g. arrière rend l'avion moins stable et le recouvrement de certaines manoeuvres plus difficile. L'avion est plus facilement

perturbé par les rafales. En revanche, avec un c.g. arrière, l'avion décroche à une vitesse légèrement plus basse. Afin de contrer la lourdeur de queue due à un c.g. arrière, le gouvernail de profondeur doit être compensé de façon à produire une charge vers le haut. Le résultat de cette compensation est que le stabilisateur horizontal génère un surplus de portance et, par conséquent, les ailes gardent un angle d'attaque légèrement inférieur.

Un c.g. arrière assure une meilleure autonomie en vol de croisière en raison de l'angle d'attaque plus faible et de la force moindre exercée vers le bas sur les surfaces horizontales de la queue. Toutefois, en aucun cas le pilote chargera-t-il délibérément son avion en dehors des limites arrières du c.g. pour obtenir une meilleure autonomie de vol.

Avec un c.g. avant, le nez étant plus lourd, l'avion est donc plus stable; cependant, pour faire lever le nez, il faudra exercer une pression plus forte sur la gouverne de profondeur. On aura avantage à se rappeler de ceci au moment de l'arrondi. Un c.g. avant signifie aussi une vitesse de décrochage quelque peu plus élevée, une autre chose qu'il ne faut pas oublier au décollage et à l'atterrissage.

Tous les pilotes doivent se familiariser avec ces caractéristiques qui s'appliquent à la majorité des avions chargés aux limites de poids et centrage. Ce qu'on doit surtout retenir, c'est que ces caractéristiques sont plus prononcées au fur et à mesure qu'on s'approche des limites et qu'elles peuvent devenir carrément dangereuses lorsque ces limites sont dépassées. En plus d'une diminution de performance immédiate, la surcharge soumet l'avion à des contraintes invisibles et accélère l'usure des composantes.

10.3 Les performances de l'avion

10.3.1 Les effets de la température et de l'altitude sur les performances

Les chiffres publiés dans les manuels de vol (FM – Flight Manual) concernant les performances d'un modèle particulier d'avion sont toujours reliés à l'atmosphère-type (29,92 inHg, 15 °C MSL). Naturellement, l'avion vole rarement dans des conditions proches de celles de l'atmosphère-type. Toute augmentation de température ou d'altitude entraîne une diminution de la performance optimale de l'avion.

La densité de l'air diminue avec l'altitude. À 10 000 pi, la pression exercée par une colonne d'air est considérablement moindre qu'au MSL. Par conséquent, l'avion qui décolle d'un aéroport situé à haute altitude nécessitera une distance de décollage plus longue. Le taux de montée sera moindre, l'approche sera plus rapide parce que la TAS (vitesse vraie) est plus élevée que la IAS (vitesse indiquée) et la distance d'atterrissage sera plus longue.

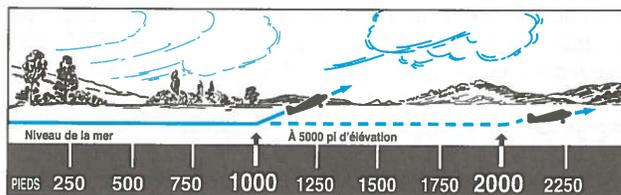


Image 7 – Effets de l'altitude et de la température sur le décollage et la montée

La discipline aéronautique : les effets de la température et de l'altitude sur les performances

La densité de l'air diminue également avec la température. L'air chaud est moins dense que l'air froid, parce qu'il y a moins de molécules d'air dans un volume d'air chaud donné que dans un volume identique d'air froid. C'est pourquoi l'avion requièrera davantage de piste pour les décollages par temps chaud; son taux de montée sera faible, son approche plus rapide et sa course d'atterrissage plus longue.

En combinant les deux, altitude élevée et température chaude, on obtient une situation potentiellement désastreuse pour le pilote naïvement confiant ou, plus exactement, ignorant. La réunion de ces deux facteurs engendre un environnement aérodynamique où les performances de l'avion sont dramatiquement réduites. La puissance de sortie en ch (cheval vapeur) du moteur diminue parce que le mélange air-carburant est réduit. L'hélice génère moins de poussée parce que les pales, qui sont en fait des plans aérodynamiques, sont moins efficaces dans l'air raréfié. Les ailes produisent moins de portance parce que l'air raréfié exerce moins de force sur les plans aérodynamiques. Voilà pourquoi la distance au décollage est remarquablement plus longue, les performances en montée considérablement amoindries, et à la limite, voire même inexistantes.

L'humidité joue aussi un rôle dans ce scénario. Bien que son influence soit mineure dans le calcul de l'altitude-densité, lorsqu'elle est élevée, l'humidité produit néanmoins un certain effet sur le moteur. La présence d'un taux élevé de vapeur d'eau dans l'air réduit la quantité d'air disponible pour la combustion; ceci a pour effet d'enrichir le mélange et d'amoindrir la puissance. Dans les situations où l'humidité et la température sont élevées, il serait sage d'ajouter 10% à la distance de décollage prévue et d'anticiper un taux de montée plus faible.

Aux températures élevées, les aéroports de montagne sont particulièrement traîtres pour les avions de faible performance. L'élévation réelle de l'aéroport peut, à elle-seule, approcher le plafond opérationnel de l'avion, sans compter les désavantages de la densité. Dans certains cas, l'avion ne pourra même pas quitter l'effet de sol, ou encore ne montera pas suffisamment vite pour franchir les obstacles et le relief avoisinant.

L'altitude-densité est l'altitude-pression corrigée pour la température. En termes simples, il s'agit de l'altitude à laquelle l'avion «pense» voler compte tenu de la densité de la masse d'air environnante.

TEMPÉRATURE STANDARD	ALTITUDE DENSITÉ				
	ÉLÉVATION	27 °C	32 °C	38 °C	43 °C
15°	NIVEAU MER	1200 pi	1900 pi	2500 pi	3200 pi
11°	2000 pi	3800 pi	4400 pi	5000 pi	5600 pi
7°	4000 pi	6300 pi	6900 pi	7500 pi	8100 pi
3°	6000 pi	8600 pi	9200 pi	9800 pi	10 400 pi
-1°	8000 pi	11 100 pi	11 700 pi	12 300 pi	12 800 pi

Image 8 – Tableau altitude densité

Les pilotes associent trop souvent l'altitude-densité uniquement aux aéroports de haute élévation. Bien sûr, les effets de l'altitude-densité sur les performances de l'avion se font davantage sentir à ces aéroports, particulièrement quand il fait chaud, mais il est important de se rappeler qu'elle exerce également une influence néfaste sur les performances aux aéroports où l'élévation est basse, et ce, chaque fois que la température est supérieure à celle de l'atmosphère-type, c.-à-d. 15 °C au MSL. On se rappellera que la température de l'air dans l'atmosphère-type diminue avec l'altitude.

Le tableau suivant illustre comment les températures élevées entraînent une augmentation de l'altitude-densité, même aux terrains où l'élévation est basse.

L'image 7 démontre les effets de l'altitude-densité. Au MSL, avec une température de 15 °C (atmosphère-type), la course au décollage est de 1000 pi. À 5000 pi d'élévation, avec une température de 20 °C, la course au décollage est deux fois plus longue et le taux de montée diminue de 55%.

L'image 8 donne quelques exemples sur la façon dont les températures élevées augmentent l'altitude-densité, même à des champs de basse altitude.

Les manuels de vol de l'avion (AFM – Airplane Flight Manual) publient des tableaux ou des graphiques, voir 10.3.2 – Les tableaux de performance au décollage, image 12, 10.3.3 – Les tableaux de performance en montée, image 14 et 10.3.5 – Les tableaux de performance à l'atterrissage, image 21 qui fournissent des données spécifiques quant à la performance de l'avion à différentes altitudes-densité. On consultera ces données chaque fois que l'altitude-densité est élevée.

Pour calculer l'altitude-densité d'un endroit quelconque, il faut connaître l'altitude-pression. Pour trouver cette dernière, ajustez l'échelle barométrique de l'altimètre à 29,92 inHg et lisez l'altitude, voir 2.2.1 – Les instruments anémométriques/L'altimètre.

Il est possible de calculer l'altitude-densité pour toute combinaison d'altitude-pression et de température sur la règle circulaire d'un calculeur de vol manuel, voir cette procédure à 7.5.5 – La résolution des problèmes à l'aide de la règle de calcul/L'altitude-densité.

L'altitude-densité - graphique de Koch

Le graphique de Koch (voir image 9) démontre à quelle diminution de performance le pilote devra s'attendre dans les situations où l'altitude est élevée et/ou la température est plus chaude qu'à la normale. On pourra l'utiliser pour évaluer l'augmentation de la distance au décollage et la diminution du taux de montée par rapport aux valeurs connues de l'atmosphère-type, au MSL. Par exemple, assumons une altitude-pression de 6000 pi et une température de 37 °C à un aéroport donné. Repérez 6000 pi sur l'index de l'altitude-pression de l'aéroport à la droite du graphique. Repérez 37 °C sur l'index de la température à la gauche du graphique. Reliez ces deux points et notez l'endroit où la ligne croise l'index des pourcentages. La distance normale de décollage serait majorée de 230% et le taux de montée initial réduit de 76%.

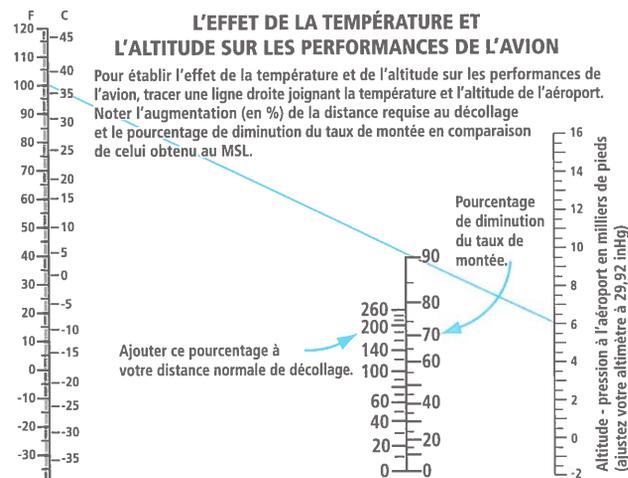


Image 9 – Graphique de Koch

Si vous ne disposez ni du manuel de vol de votre avion (AFM), ni du graphique de Koch, il existe une méthode empirique relativement simple pour évaluer la performance au décollage. Tout d'abord, rappelez-vous qu'à toute augmentation de l'altitude-densité correspond une diminution de performance au décollage. Ajoutez 10% à la distance au décollage et à la distance de franchissement d'obstacles (de 50 pi) pour chaque 1000 pi d'augmentation de l'altitude-densité et ce, jusqu'à une altitude de 3000 pi. Au-dessus de 3000 pi, ajoutez 20% par 1000 pi d'augmentation.

Exemple : le calage altimétrique d'un aéroport situé au MSL est de 29,92 po et l'altimètre indique une altitude-pression de 0 pi. La température est celle de l'atmosphère-type, c.-à-d. 15 °C. Dans ces conditions, la course au décollage serait d'environ 1000 pi. Supposons maintenant que la température monte jusqu'à 25 °C et que l'altitude-pression reste constante. L'altitude-densité de l'aéroport au MSL est dorénavant de 1000 pi. Pour tenir compte des 1000 pi d'augmentation de l'altitude-densité, vous ajoutez 10% à la distance de décollage qui deviendra 1100 pi.



Image 10 – Calculateur de performance Denalt

Le calculateur de performance Denalt

On peut également utiliser un petit calculateur circulaire, appelé calculateur de performance Denalt, pour obtenir les distances de décollage et les taux de montée prévus quand l'altitude-densité est élevée. Faites tourner le disque du calculateur jusqu'à ce que la température extérieure de l'air apparaisse dans la fenêtre appropriée. On peut alors lire le facteur de décollage à l'opposé de l'altitude-pression dans une deuxième fenêtre. (À partir du MSL jusqu'à 14 000 pi, les altitudes-pression sont données à intervalles de 2000 pi.) Multipliez ce facteur de décollage par la distance normale de décollage de votre avion, au MSL, dans les conditions de l'atmosphère-type et au même poids brut. Le pourcentage de la pente de montée (RoC – Rate of Climb) peut être lu à l'opposé de l'altitude-pression dans une troisième fenêtre. Multiplier le facteur de la RoC par la pente normale de montée dans des conditions normales et au même poids brut de votre avion par rapport au MSL.

10.3.2 Les tableaux de performance au décollage

Le manuel de vol de l'avion (AMF) renferme les données relatives aux performances de décollage d'un avion particulier, généralement sous forme de tableau. En tant que pilote, vous devriez vous familiariser avec ces tableaux de manière à prévoir le comportement de votre avion sous diverses conditions. Par la suite, vous consulterez ces tableaux chaque fois qu'il y aura un doute quant aux performances de décollage de votre avion lorsque les conditions sembleront marginales. En outre, rappelez-vous que les tableaux sont établis à l'aide de données obtenues lors de tests effectués sur un avion neuf qui vient de sortir de l'usine. On imagine aisément que les performances réelles d'un avion léger typique, possédant un temps-cellule et un temps-moteur considérables, seront indiscutablement inférieures aux chiffres du livre. Ajoutons à cela les pneus dégonflés, les freins mal ajustés, la saleté sur les ailes, etc. qui exercent tous une influence néfaste sur les performances.

L'image 11 illustre un tableau de données de décollage sur lequel on retrouve la course au décollage prévue, ainsi que la distance prévue au-dessus du sol pour franchir un obstacle de 50 pi. Les chiffres sont donnés pour un poids brut de 2400 lb et également pour des chargements plus légers, c.-à-d. 2200 lb et 2000 lb. Le tableau comprend les performances au décollage au MSL, puis pour chaque 1000 pi jusqu'à 8000 pi et pour des températures variant entre 0 °C et 40 °C.

Les chiffres de l'image 11 concernent les décollages sur une piste en dur, au niveau et sèche, par vent nul et avec 10° de volets. Pour les pistes sèches en herbe, les distances de roulement au sol doivent être majorées de 15%. Toutefois, des conditions moins favorables pourront facilement doubler les distances, par exemple herbe haute, sable, boue, neige fondante, eau dormante, plan d'eau miroitant (dans le cas des hydravions) et neige molle (dans le cas des avions à skis). Une réduction de 10% peut être appliquée pour chaque 9 kt de vent de face et une augmentation de 10% pour chaque 2 kt de vent de dos.

DISTANCE DE DÉCOLLAGE POIDS MAXIMAL - 2400 LB

POIDS LB	VITESSE DE DÉCOLLAGE KIAS	VITESSE DE DÉCOLLAGE AU SOL	0 °C		10 °C		20 °C		30 °C		40 °C		
			COURSE AU SOL	DISTANCE TOTALE (pi) POUR FRANCHIR OBSTACLE 50 pi	COURSE AU SOL	DISTANCE TOTALE (pi) POUR FRANCHIR OBSTACLE 50 pi	COURSE AU SOL	DISTANCE TOTALE (pi) POUR FRANCHIR OBSTACLE 50 pi	COURSE AU SOL	DISTANCE TOTALE (pi) POUR FRANCHIR OBSTACLE 50 pi	COURSE AU SOL	DISTANCE TOTALE (pi) POUR FRANCHIR OBSTACLE 50 pi	
2400	51	56	795	1460	860	1570	925	1685	995	1810	1065	1945	
			1000	875	1605	940	1725	1015	1860	1090	2000	1170	2155
			2000	960	1770	1035	1910	1115	2060	1200	2220	1290	2395
			3000	1055	1960	1140	2120	1230	2295	1325	2480	1425	2685
			4000	1165	2185	1260	2365	1355	2570	1465	2790	1575	3030
			5000	1285	2445	1390	2660	1500	2895	1620	3160	1745	3455
			6000	1425	2735	1540	3015	1665	3300	1800	3620	1940	3990
2200	49	54	650	1195	700	1280	750	1375	805	1470	865	1575	
			1000	710	1310	765	1405	825	1510	885	1615	950	1735
			2000	780	1440	840	1545	905	1660	975	1785	1045	1915
			3000	855	1585	925	1705	995	1835	1070	1975	1150	2130
			4000	945	1750	1020	1890	1100	2040	1180	2200	1270	2375
			5000	1040	1945	1125	2105	1210	2275	1305	2465	1405	2665
			6000	1150	2170	1240	2355	1340	2555	1445	2775	1555	3020
2000	46	51	525	970	565	1035	605	1110	650	1185	695	1265	
			1000	570	1060	615	1135	665	1215	710	1295	765	1385
			2000	625	1160	675	1240	725	1330	780	1425	840	1525
			3000	690	1270	740	1365	800	1465	860	1570	920	1685
			4000	755	1400	815	1500	880	1615	945	1735	1015	1865
			5000	830	1545	900	1660	970	1790	1040	1925	1120	2070
			6000	920	1710	995	1845	1070	1990	1150	2145	1235	2315
7000	1015	1900	1095	2055	1180	2225	1275	2405	1370	2605			
8000	1125	2125	1215	2305	1310	2500	1410	2715	1520	2950			

- Conditions :
- volets 10°
 - plein gaz avant de desserrer les freins
 - piste pavée, nivelée et sèche
 - vent nul
- NOTES :
- Technique d'atterrissage pour terrain court - voir 10.6.6 - Atterrissage de précaution.
 - Avant de décoller d'un terrain au-dessus de 3000 pi d'élévation, appauvrir le mélange pour régime maximal, plein gaz, point fixe statique.
 - Diminuer les distances de 10% pour chaque 9 kt vent de face. Pour exploitation avec vent de dos jusqu'à 10 kt, augmenter les distances de 10% pour chaque 2 kt.
 - Pour exploitation sur piste en herbe sèche, augmenter les distances «course au sol» de 15%.

Image 11 – Tableau des données de décollage

Quelles seraient les performances de décollage prévues pour l'avion du type visé au tableau de l'image 11 à un aéroport situé à 4000 pi d'élévation, avec une piste en herbe sèche, un vent de face de 18 kt et une température ambiante de 10 °C. À un poids brut opérationnel de 2400 lb, la distance de roulement prévue, sans vent, sur une piste pavée sèche, pourrait être de 2365 pi. Un vent de face de 18 kt diminuerait la distance de roulement de 20%, c.-à-d. de 1892 pi. Par contre, une piste en herbe sèche augmenterait la distance de roulement de 15%. La distance de roulement prévue serait donc de 2081 pi environ pour franchir un obstacle de 50 pi.

Pour certains avions, seules les données de décollage de l'avion au poids brut sont fournies. Voici une méthode empirique de compensation utile : à toute réduction de poids de l'ordre de 10% correspond une diminution de la course au décollage de 10%. À toute augmentation de poids de 10% correspond une augmentation de la course au décollage de 20%.

Certains manuels de vol renferment des graphiques qui font le lien entre la distance de décollage et l'altitude-densité. Ce type de graphique est illustré à l'image 12. Pour utiliser ce graphique, le pilote doit d'abord calculer l'altitude-densité de l'aéroport qu'il utilise.

Exemple : assumons que l'altitude-densité est de 5000 pi. Repérez 5000 sur la marge de gauche du graphique. Ensuite, repérez l'intersection que la ligne de 5000 pi fait avec la ligne «course au sol», puis avec la ligne «au-dessus obstacles de 50 pi». La course au décollage sera approximativement de 1000 pi et la distance requise pour franchir un obstacle de 50 pi sera approximativement de 2335 pi.

Si, après avoir calculé l'altitude-densité et vérifié les tableaux, il semble que la distance nécessaire au décollage excède la longueur de piste disponible, le pilote peut envisager plusieurs alternatives. Il pourra alléger la charge, si c'est possible, ou attendre que la température baisse. Règle générale, le moment le plus critique pour les opérations de vol aux températures très chaudes se situe entre le milieu de l'avant-midi et le milieu de l'après-midi. Ceci est particulièrement vrai aux aéroports de haute élévation, mais même aux aéroports à basse altitude, les performances de l'avion risquent d'être marginales. Par conséquent, il serait bon de planifier les opérations de vol tôt le matin ou en soirée.

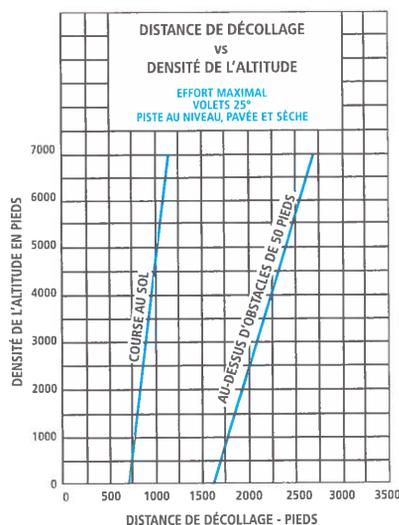


Image 12 – Tableau des données sur le décollage

Il est important que le pilote se souvienne d'utiliser la même vitesse indiquée de décollage aux aéroports élevés qu'aux

aéroports au MSL. C'est la vitesse vraie (propre) qui est affectée par les augmentations d'altitude et de température, pas la vitesse indiquée.

Aux altitudes-densité élevées (au-dessus de 5000 pi), on doit appauvrir le mélange d'un moteur à aspiration normale pour obtenir le maximum de puissance au décollage. Le mélange excessivement riche qui résulte de la position plein riche de la commande du mélange amoindrirait davantage les performances d'ensemble, voir 3.3.3 – Quand appauvrir le mélange.

POIDS LB	PRESSION ALTITUDE PI	VITESSE EN MONTÉE KIAS	TAUX DE MONTÉE - EN PIÈDS/MINUTE			
			-20 °C	0 °C	20 °C	40 °C
2400	S.L.	76	805	745	685	625
	2000	75	695	640	580	525
	4000	74	590	535	480	420
	6000	73	485	430	375	320
	8000	72	380	330	275	220
	10 000	71	275	225	175	—
	12 000	70	175	125	—	—

CONDITIONS :
- VOILETS MONTÉS
- PLEIN GAZ

NOTE : MÉLANGE APPAUVRI AU-DESSUS DE 30 000 PI POUR UN TAUX DE T/M MAXIMAL

Image 13 – Tableau des données sur le taux de montée maximale

10.3.3 Les tableaux de performance en montée

Le manuel de vol de l'avion (AMF) renferme aussi des données sur les performances en montée. L'image 12 est un tableau typique illustrant le taux de montée maximal. On se souviendra que le taux de montée maximal, ou meilleur taux de montée, est celui qui permet un gain d'altitude maximal dans le temps le plus court. On l'utilise au cours de la montée suivant le décollage, jusqu'à ce qu'on s'apprête à quitter le circuit. Le tableau de l'image 13 donne le taux de montée en pi/min pour un poids brut de 2400 lb. Le tableau renferme les données de performance en montée au MSL et aux altitudes-pression allant jusqu'à 12 000 pi et pour des températures variant entre -20 °C et 40 °C. Remarquez comment le taux de montée diminue à mesure que l'altitude augmente. Pour un poids brut au MSL, avec une température ambiante de 20 °C, le taux de montée est de 685 pi/min, à 10 000 pi il est de 175 pi/min et à 12 000 pi, de 0 pi/min. À 12 000 pi (la température de l'air étant de 20 °C), l'avion a donc atteint son plafond pratique.

Ces données de performance en montée sont calculées volets rentrés, plein gaz et mélange appauvri pour un T/M maximal lorsqu'au-dessus de 3000 pi.

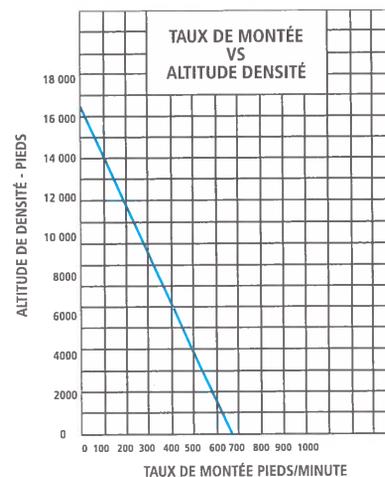


Image 14 – Graphique du taux de montée en fonction de l'altitude-densité

Quelques manuels de vol renferment également un graphique qui relie les performances en montée à l'altitude-densité. Le graphique de l'image 15 en est un exemple. Les données indiquent quelles performances prévoir à différentes altitudes-densité. À une altitude-densité de 10 000 pi, par exemple, l'avion visé par ce tableau montera environ de 250 pi/min. À une altitude-densité de 16 000 pi, il aura atteint son plafond pratique et ne grimpera pas davantage.

MONTÉE DE CROISIÈRE												
RÉGLAGE DE PUISSANCE		MONTÉE VI. mi/h	DÉBIT CARB. gal/h PAR MOTEUR	5000 PI, 41 °F			10 000 PI, 23 °F			15 000 PI, 5 °F		
TOURS	P.A.			DIST. MILLES	TEMPS MIN.	FUEL UTILISÉ GAL	DIST. MILLES	TEMPS MIN.	FUEL UTILISÉ GAL	DIST. MILLES	TEMPS MIN.	FUEL UTILISÉ GAL
2600	F.T.	150	MÉLANGE ENRICH	9	3	7	18	7	10	30	11	13
2450	29	130	15,5	10	5	7	22	10	9	36	15	12
2450	29	150	15,5	15	6	7	32	12	10	52	13	13
2300	28	150	12,6	20	8	7	43	16	11	70	25	14

NOTE : ALLOCATION DE 4 GAL. AU MSI. POUR LE RÉCHAUFFAGE ET LE DÉCOLLAGE. MÉLANGE AU DÉBIT DE CARBURANT RECOMMANDÉ, VOILETS ET TRAINS RENTRÉS.

Image 15 – Tableau de montée de croisière

Plusieurs manuels contiennent aussi des tableaux pour les montées en vol de croisière, (voir image 15). La montée en croisière, ou montée normale, est la vitesse de montée à utiliser lors d'une montée prolongée. Le tableau indique le carburant utilisé, le temps requis pour atteindre l'altitude et la distance parcourue en air calme pour atteindre diverses altitudes et ce, en montant à une certaine vitesse indiquée et à des affichages de puissance divers.

10.3.4 Les tableaux de performance en croisière

Les données de performance en croisière au poids brut font habituellement partie des manuels de vol des avions (AFM). Ces tableaux montrent la consommation de carburant, la vitesse vraie, l'endurance et la distance à laquelle on peut s'attendre en vitesse de croisière à une certaine altitude avec le moteur en marche normale à mélange pauvre, à divers paramètres de combinaisons de T/M et de MP (PA - pression d'admission) pour donner un pourcentage requis de la puissance.

PERFORMANCE EN CROISIÈRE									
MÉLANGE PAUVRE / CONDITIONS STANDARDS / VENT NUL / POIDS TOTAL – 2800 LB									
TOURS	P.A.	% PUISS. FREIN	GAL/ HEURE	V.V. mi/h	AUTO. HR	DIST. MAX. MILLES	AUTO. HR	DIST. MAX. MILLES	
2500 PI									
2450	23	76	14,2	158	4,2	670	5,6	885	
	22	72	13,4	154	4,5	690	5,9	910	
	21	68	12,7	151	4,7	715	6,2	940	
	20	63	12,0	148	5,0	730	6,6	965	
2300	23	71	13,1	154	4,6	700	6,0	925	
	22	67	12,2	149	4,9	740	6,5	970	
	21	62	11,5	145	5,2	760	6,9	1005	
	20	59	11,0	142	5,5	775	7,2	1020	
2200	23	67	12,1	149	5,0	745	6,5	980	
	22	63	11,4	146	5,3	770	6,9	1010	
	21	59	10,8	142	5,6	790	7,3	1040	
	20	55	10,2	138	5,9	810	7,7	1065	
2000 RÉG. DIST. MAX.	20	47	8,7	126	6,9	865	9,1	1135	
	19	43	8,2	121	7,3	890	9,6	1170	
	18	39	7,5	113	8,0	900	10,5	1185	
	17	35	7,0	105	8,6	905	11,3	1190	
5000 PI									
2450	23	78	14,5	163	4,1	670	5,4	885	
	22	73	13,6	159	4,4	700	5,8	925	
	21	70	13,0	156	4,6	720	6,1	950	
	20	65	12,2	151	4,9	750	6,5	985	
2300	23	73	13,4	158	4,5	710	5,9	930	
	22	69	12,6	155	4,7	730	6,3	965	
	21	64	11,9	151	5,0	760	6,6	1005	
	20	60	11,2	146	5,4	785	7,1	1035	
2200	23	68	12,4	155	4,8	750	6,4	985	
	22	64	11,7	151	5,1	775	6,8	1020	
	21	60	11,0	146	5,5	800	7,2	1050	
	20	57	10,5	143	5,7	815	7,5	1075	
2000 RÉG. DIST. MAX.	19	45	8,5	126	7,1	895	9,3	1175	
	18	41	7,9	118	7,6	905	10,0	1190	
	17	37	7,3	111	8,2	910	10,8	1200	
	16	34	6,8	103	8,8	905	11,6	1190	

Image 16 – Tableau de performance en croisière

Les données de l'image 16 sont typiques des avions légers. Elles concernent le vol de croisière à diverses altitudes. Les altitudes de 2500 pi et 5000 pi sont illustrées ici. Le manuel fournit également des données pour 7500 pi, 10 000 pi et ainsi de suite jusqu'au plafond pratique de l'avion.

Cependant, on remarquera que ces chiffres reposent sur les conditions de l'atmosphère-type, sans vent. La direction et la vélocité du vent n'affectent ni la consommation de carburant, ni l'autonomie (endurance), mais affecteront sûrement la distance maximale franchissable. On devra procéder à l'interpolation de ces chiffres pour les variations résultant de l'altitude-densité.

Dans certains manuels, les données de performance en croisière sont publiées sous forme de graphiques semblables à celui de l'image 17. En se référant au graphique, le pilote peut déterminer la distance franchissable possible, selon différentes combinaisons d'altitude-densité et pourcentage de puissance. Par exemple, à l'altitude-densité de 5000 pi et à 65% de la puissance, l'avion associé au graphique en question pourra parcourir une distance d'environ 1050 milles.

Pour employer le graphique de l'image 17, le pilote doit également se référer à un graphique (voir image 18), qui associe la puissance à l'altitude et ce, afin de déterminer quel régime produira le pourcentage de puissance requis.

Exemple : pour obtenir 65% de puissance à l'altitude-densité de 5000 pi, il faudra un affichage de puissance de 2400 T/M.

10.3.5 Les tableaux de performance à l'atterrissage

Un atterrissage parfait est généralement précédé d'une approche méticuleusement planifiée et correctement exécutée. Adopter la bonne vitesse d'approche est très important. Le manuel de vol de votre avion (AMF) recommande les vitesses d'approche appropriées à différents réglages de volets. On emploiera toujours ces vitesses.

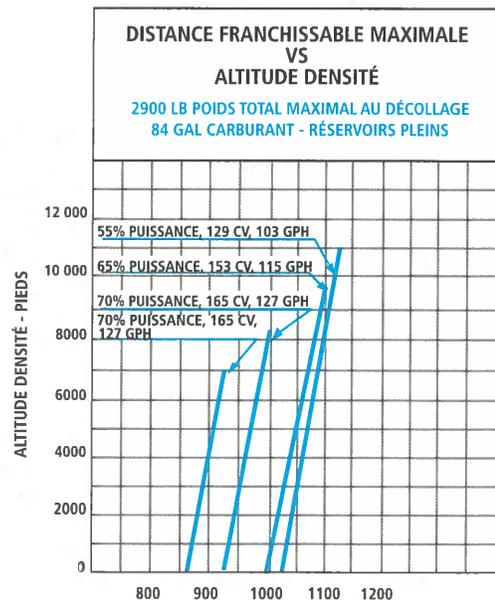


Image 17 – Graphique de performance en croisière

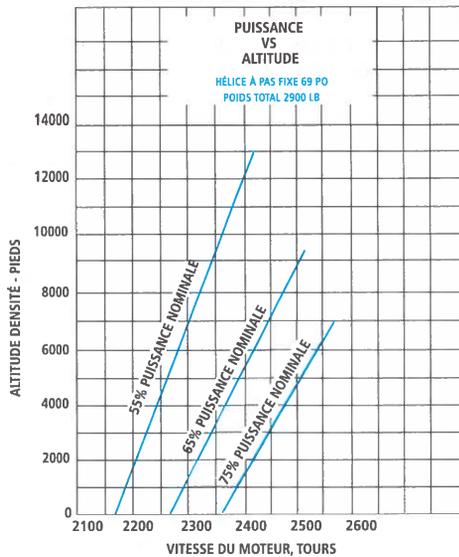


Image 18 – Graphique de puissance

Si l'information sur les vitesses d'approche n'est pas disponible, il existe une méthode empirique utile pour déterminer la vitesse d'approche finale d'un avion conventionnel moyen qui consiste à appliquer la formule expliquée à l'image 19.

La formule $1,3 V_{so}$ se calcule à l'aide de la vitesse calibrée (ou corrigée). La vitesse calibrée est la vitesse indiquée, corrigée pour les erreurs de position et de l'instrument. Les valeurs CAS sont publiées dans le manuel du propriétaire.

Sur certains avions, la différence entre la IAS (vitesse indiquée) et la CAS (vitesse calibrée) est assez substantielle, particulièrement dans la zone des vitesses avoisinant la vitesse de décrochage.

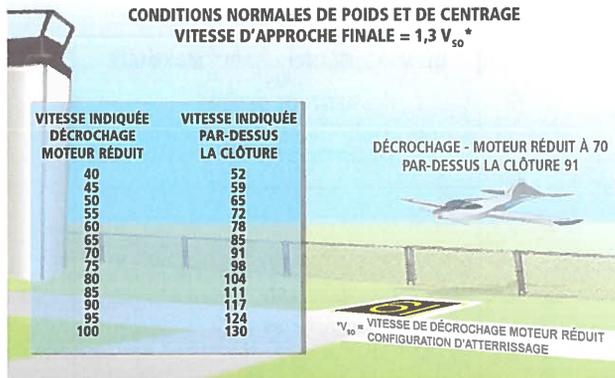


Image 19 – Vitesse d'approche

Le facteur poids est important dans le choix de la vitesse d'atterrissage. Tous les avions décrochent à une vitesse plus basse lorsqu'ils sont légers. Un avion peu chargé, atterrissant à la même vitesse que lorsqu'il est lourdement chargé, flottera avant de se poser afin de dissiper l'excédent d'énergie, ce qui prolongera la distance d'atterrissage. La formule $1,3 V_{so}$ devrait être calculée en utilisant la vitesse de décrochage relative au poids réel de l'aéronef et non à son poids brut maximal à l'atterrissage. Si le manuel du propriétaire (Owner's Manual) ne renferme pas de tableau sur les vitesses d'approche en fonction de poids moindres, une méthode empirique consiste à réduire la vitesse d'approche calibrée de votre avion au poids maximal par la moitié du pourcentage de diminution de poids. Si, par exemple, le poids de l'avion est 20% inférieur à son poids maximal,

la vitesse d'approche calibrée sera réduite de 10%, c.-à-d. de la moitié du pourcentage.

La vitesse $1,3 V_{so}$ sera employée seulement une fois toutes les manoeuvres exécutées, donc en courte finale uniquement.

POIDS LB	KIAS VITESSE INDICUÉE EN KT À 50 PI	ALT. PRES. PI	0 °C		10 °C		20 °C		30 °C		40 °C	
			COURSE AU SOL PI	DIST. TOTALE POUR FRANCHR OBST. 50 PI	COURSE AU SOL PI	DIST. TOTALE POUR FRANCHR OBST. 50 PI	COURSE AU SOL PI	DIST. TOTALE POUR FRANCHR OBST. 50 PI	COURSE AU SOL PI	DIST. TOTALE POUR FRANCHR OBST. 50 PI	COURSE AU SOL PI	DIST. TOTALE POUR FRANCHR OBST. 50 PI
2400	S.L.		510	1235	530	1265	550	1295	570	1325	585	1350
	1000		530	1265	550	1295	570	1325	590	1360	610	1390
	2000		550	1295	570	1330	590	1360	610	1390	630	1425
	3000		570	1330	590	1360	615	1395	635	1430	655	1460
	4000		595	1365	615	1400	635	1430	660	1470	680	1500
	5000		615	1400	640	1435	660	1470	685	1510	705	1540
	6000		640	1435	660	1470	685	1510	710	1550	730	1580
	7000		665	1475	690	1515	710	1550	735	1590	760	1630
	8000		690	1515	715	1555	740	1595	765	1635	790	1675

CONDITIONS :
 - Volets 30° - Freinage maximum - Vent nul
 - Moteur réduit - Piste pavée, nivelée et sèche

Notes :
 1. Voir technique sur terrain court spécifiée à la section 4.
 2. Diminuer les distances de 10% pour chaque 9 kt vent de face. Pour une exploitation avec vent de dos jusqu'à 10 kt, augmenter les distances de 10% pour chaque 2 kt.
 3. Pour une exploitation sur piste en herbe sèche, augmenter les distances de «course au sol» de 8%.
 4. Dans le cas d'atterrissage avec volets rentrés, augmenter la vitesse indiquée d'approche de 7 kt et prévoir augmenter les distances de 35%.

Image 20 – Tableau des distances d'atterrissage

Dans certains cas, le constructeur pourra exiger une vitesse d'approche particulière, applicable à tous les poids; la raison en est que, durant le processus de certification de l'aéronef, on a découvert que pour des motifs de stabilité et de contrôle, ou de sécurité lors des remises de gaz, une vitesse fixe est nécessaire. Conformez-vous toujours aux recommandations du constructeur.

La majorité des manuels de vol de l'avion (AFM) renferment des données sur les performances d'atterrissage sous forme d'un tableau semblable à celui de l'image 20. Le tableau assume un atterrissage avec 30° de volets, puissance réduite, sans vent et freinage maximum sur une piste pavée, sèche et au niveau. Il comprend les distances prévues avec franchissement d'obstacles à 50 pi lors d'atterrissage à des aéroports situés à différentes élévations de terrain et à des variations de températures ambiantes différentes. On indique une diminution probable de la distance d'atterrissage de 10% pour chaque 9 kt de vent de face et une augmentation de 10% pour chaque 2 kt de vent de dos. Prenons par exemple un vent de face de 9 kt et un aéroport à 3000 pi (température 20 °C); la course au sol prévue sera de 554 pi [(615 - (615 x 10%)).

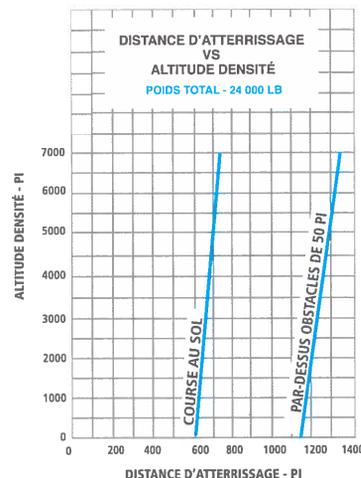


Image 21 – Graphique des distances d'atterrissage en fonction de l'altitude-densité

Étant donné que le freinage est moins efficace sur l'herbe d'une piste en gazon, on s'attendra à ce que la distance de roulement après l'atterrissage soit plus longue que sur une piste en dur. Le tableau de l'image 20 suggère une augmentation de 45% quand l'atterrissage se fait sur une piste en gazon et que l'herbe est sèche. Lorsque des conditions encore plus défavorables existent, par exemple herbe mouillée, neige fondante ou flaques d'eau (sur une piste en gazon ou sur une piste en dur), le freinage sera encore moins efficace et la distance de roulement augmentera considérablement.

L'altitude-densité affecte autant les performances à l'atterrissage qu'au décollage. Des températures et des altitudes élevées se traduiront par une distance d'atterrissage plus longue, parce que la vitesse vraie est supérieure à la vitesse indiquée. Par conséquent, même si on utilise la même vitesse d'approche à haute altitude qu'au MSL, on doit se rappeler que la vitesse vraie est plus rapide et, par voie de conséquence, la vitesse-sol également (pour un vent donné). La vitesse-sol étant plus grande, la distance d'atterrissage sera naturellement plus longue; voilà un facteur qu'il faudra considérer attentivement, particulièrement sur un terrain élevé où la piste est courte.

Quelques manuels de vol de l'avion (AFM) renferment des graphiques et des tableaux de performance semblables à celui de l'image 21 qui associent la distance d'atterrissage à l'altitude-densité. Le pilote prendra l'habitude de consulter ces graphiques pour vérifier la distance de roulement nécessaire lorsqu'il posera son avion, sous diverses conditions.

10.3.6 Les atterrissages et les décollages sur pistes non préparées

Les données publiées dans le manuel de vol de l'avion (AFM) s'appliquent généralement aux pistes pavées et sèches. Il est presque impossible d'obtenir des données précises pour les pistes en herbe, en raison des nombreuses variables qui entrent en ligne de compte. Les conditions varieront selon si l'herbe est mouillée, sèche, gelée, couverte de neige ou de glace, etc., en fonction de la quantité d'eau, de neige, etc. Le poids de l'avion constitue un autre facteur, étant donné qu'un avion lourd aura tendance à caler sur une surface molle. La dimension, la pression et l'usure des pneus exercent toutes une influence, tant sur la distance de roulement au décollage que sur le freinage. Des pneus et des freins neufs assurent généralement un meilleur freinage. En outre, les performances de décollage et d'atterrissage varieront en fonction de l'état général de l'avion et du moteur.

Dans une large mesure, l'expérience enseignera au pilote quelles performances attendre de son avion sur les pistes non préparées.

Il existe néanmoins quelques méthodes empiriques pour combler les lacunes des tableaux de performance publiés. Ces méthodes favorisent l'exploitation sécuritaire des aéronefs sur les terrains non préparés. Mais en aucun cas, elles n'entreront en conflit avec les recommandations du constructeur.

Altitude-densité : pour chaque augmentation de 1000 pi de l'altitude-densité, ajoutez 10% à la distance de roulement au décollage et à la distance pour franchir un obstacle de 50 pi et ce, jusqu'à 3000 pi d'altitude-densité. Au-dessus de 3000 pi, ajoutez 20%.

Poids : pour chaque diminution de 10% du poids de l'avion, la distance de roulement au décollage et la distance pour franchir un obstacle de 50 pi diminue de 10%. Réciproquement, pour

toute augmentation de poids de 10%, la distance de roulement et de franchissement d'obstacles augmente de 20% (rapport 1:2).

Surface de la piste : sur une piste ferme en gazon, ajoutez 7% à la distance de roulement.

$$90\% - \text{la composante vent debout} \div \text{par la vitesse de rotation} = \text{pourcentage de la distance de roulement/franchissement d'obstacle.}$$

Sur une piste rugueuse ou rocailleuse, ou encore recouverte d'herbe courte (jusqu'à 4 po), ajoutez 10%.

Sur une piste recouverte d'herbe haute (plus de 4 po), ajoutez 30%.

Sur une surface molle, par exemple une surface enneigée ou boueuse, ajoutez 75%. Si les conditions sont suffisamment mauvaises, l'avion ne pourra même pas décoller dans certains cas.

Vent debout : employez la formule suivante pour calculer l'effet d'un vent debout (de face). Cette formule ne sera pas utilisée avec un vent debout inférieur à 10 kt.

Exemple : Avec un vent debout de 10 kt et une vitesse de rotation de 50 kt, on obtient :

$$\begin{aligned} 90\% - (10 \text{ kt} \div 50 \text{ kt}) \\ &= 90\% - 20\% \\ &= 70\% \text{ de la distance de roulement/franchissement d'obstacle} \end{aligned}$$

Vent arrière : servez-vous de la formule suivante pour déterminer l'effet d'un vent arrière (de dos). Cette formule ne sera pas utilisée pour des vents arrière excédant 5 kt. Les décollages avec des vents arrière supérieurs à 10 kt ne sont pas recommandés.

$$110\% + \text{la composante vent arrière} \div \text{par la vitesse de rotation} = \text{pourcentage de la distance de roulement/franchissement d'obstacle.}$$

Piste en pente : pour chaque 1° de pente en montée, ajoutez 10% à la course au décollage. Une pente de 2° en montée prolongera substantiellement les distances de décollage. Les pistes en pente offrent une perspective visuelle différente des pistes horizontales; les décollages et les atterrissages exigent donc davantage de planification et d'attention. En décollant d'une piste accusant une pente en montée, on s'interrogera sur les capacités de l'avion à monter sécuritairement au-dessus d'un terrain progressivement plus élevé. On évitera de décoller sur un terrain incliné en montée en présence d'un vent arrière.

Sur un terrain accusant un angle en descente de 1°, la course au décollage diminuera de seulement 5%. Si le décollage est commencé en descente avec un vent de dos, l'avion accélérera plus rapidement. Évitez la tentation de décoller prématurément simplement parce que la vitesse-sol paraît élevée. Attendez d'avoir atteint une vitesse indiquée sécuritaire.

Effet combiné : l'effet combiné d'un changement de poids, de surface, de pente et/ou d'altitude-densité, sous diverses combinaisons, peut altérer dramatiquement les distances de décollage.

Décollage interrompu : après avoir parcouru une distance représentant 25% du roulement au sol requis, l'avion devrait avoir atteint 50% de sa vitesse de décollage.

À 50% du roulement au sol, il devrait avoir atteint 70% de sa vitesse de décollage.

À 80% du roulement au sol, il devrait avoir atteint 90% de sa vitesse de décollage.

La vitesse de décollage doit être atteinte dans les premiers 75% de piste utilisable. Si ce n'est pas le cas, on interrompra le décollage. Par exemple, avec un roulement prévu de 1200 pi, la longueur de piste minimale sera de 1600 pi.

10.3.7 Les atterrissages avec vent dans le dos

Parfois, en raison d'un terrain dangereux à proximité de l'aéroport, il sera nécessaire d'utiliser une piste présentant une composante vent dans le dos. Une exploitation sécuritaire exigera dans ces cas-là une formation spéciale et des directives précises. La composante vent arrière ne dépassera pas 10 kt. L'altitude-densité et les capacités de l'aéronef seront prises en considération.

Les vents de dos contribuent à l'illusion d'un atterrissage (ou d'un décollage) à très haute vitesse. Le pilote portera une attention particulière à l'anémomètre et ignorera l'impression de vitesse excessive. Un vent de face soufflant autour du plan vertical de la queue favorisera le contrôle directionnel. Ce n'est pas le cas d'un vent de dos qui lui, entraînera une diminution au niveau du contrôle directionnel. Un vent de dos prolongera la distance de décollage et diminuera l'angle de montée après le décollage. À l'atterrissage, un vent de dos forcera le pilote à augmenter son taux de descente pour maintenir une pente d'approche donnée.

Le meilleur conseil que l'on puisse donner concernant les décollages et les atterrissages vent de dos est le suivant : **NE LE FAITES PAS!** Si vous avez le choix, utilisez une autre piste ou posez-vous sur un autre aéroport.

10.3.8 Les atterrissages et les décollages avec vent traversier

Dans n'importe quelle situation, la valeur de la composante vent debout joue un rôle déterminant sur la distance requise pour la course au décollage et à l'atterrissage. À l'image 20 par exemple, on remarque qu'une réduction de 10% de la distance d'atterrissage requise pouvait être envisagée pour chaque 9 kt de vent debout. On remarque des réductions semblables pour la distance de décollage à l'image 11. Cependant, le vent souffle rarement directement face à la piste, particulièrement aux aéroports dotés d'une seule piste. Il est probable qu'il soufflera à un certain angle par rapport à la piste. Le vent ne sera donc que la composante d'un vent debout.

Les manuels de vol de l'avion (AFM) renferment des graphiques de composantes vent semblables à celui de l'image 22. On les emploie pour déterminer la composante vent debout au décollage et à l'atterrissage. Supposons que le vent rapporté par la tour souffle du 080° à 30 kt. La piste 05 est en usage. L'angle que fait le vent par rapport à la piste est par conséquent de 30°. En repérant sur le diagramme l'intersection formée par la ligne de 30°, représentant «l'angle entre la direction du vent et la trajectoire de vol», et la courbe du vent, on découvre que la composante vent debout est de 26 kt et la composante vent traversier de 15 kt. Le pilote planifierait donc les performances de son avion au décollage en fonction d'une composante vent debout de 26 kt.

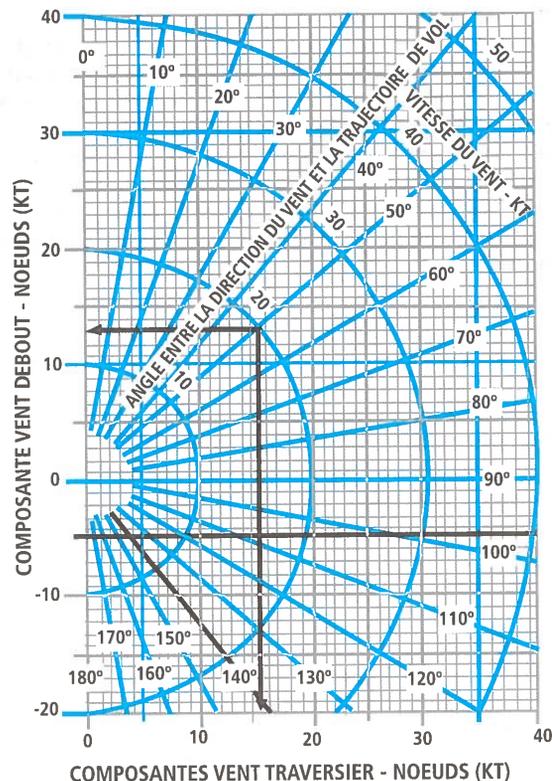


Image 22 – Graphique des composantes du vent

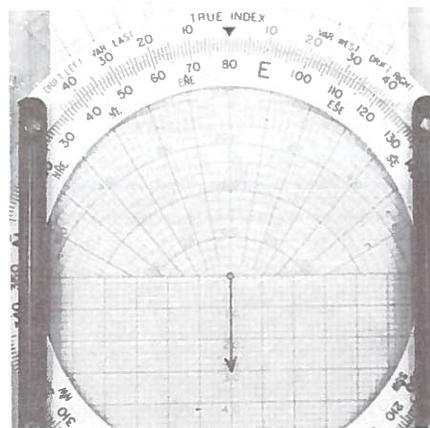


Image 23 – Déterminer la vitesse vent

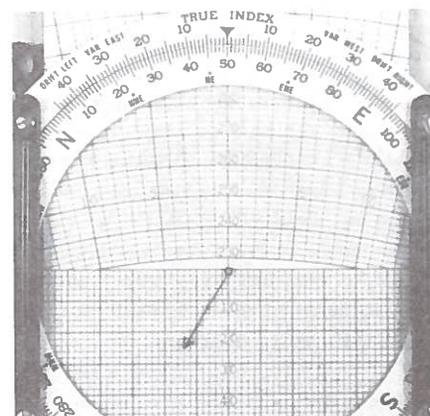


Image 24 – Trouver le vent de face et les composantes du vent traversier

Même au sol, on doit «piloter» son avion jusqu'à ce qu'il soit stationné, moteur arrêté et solidement ancré.

10.3.10 Les vitesses de croisière

Entre la vitesse maximale de l'avion et sa vitesse de décrochage, il existe toute une gamme de vitesses qu'on appelle parfois vitesses d'exploitation. Chacune est la réponse à un problème pratique particulier.

Meilleure vitesse de plané ou plané normal : vitesse à laquelle un avion, sans puissance, planera le plus loin. Il s'agit de la vitesse assurant le meilleur rapport portance-traînée; aussi pourrait-on l'appeler «vitesse de traînée minimale».

Vitesse de descente la plus lente : vitesse à laquelle l'avion perd de l'altitude au taux le plus bas. L'avion cale le plus lentement lorsqu'il se trouve dans une assiette nez haut aux environs de la vitesse de décrochage. Les pilotes de planeur utilisent constamment cette vitesse.

Vitesse de portée (distance franchissable) maximale : vitesse à laquelle l'avion parcourt la plus grande distance par gallon de carburant. Cette vitesse est environ 5% à 10% supérieure à la meilleure vitesse de plané.

Vitesse d'autonomie (endurance) maximale : vitesse à laquelle l'avion consomme le moins de carburant à l'heure. Pour ce faire, l'avion volera assez lentement, avec un minimum de puissance, le nez très haut et les ailes à un grand angle d'attaque. Parce qu'il est trop lent, l'avion ne parcourt pas une distance bien longue, mais son autonomie est augmentée de façon appréciable.

Vitesse de manoeuvre : vitesse maximale à laquelle l'avion peut voler dans l'air turbulent. À cette vitesse, l'avion risque le moins de subir les dommages structuraux causés par les turbulences ou les manoeuvres aérobates. Pour la majorité des avions, la vitesse de manoeuvre représente environ le double de la vitesse de décrochage, volets rentrés, sans moteur.

Vitesse de croisière optimale : vitesse qui représente le meilleur compromis consommation de carburant/distance franchissable maximale.

Vitesse du meilleur taux de montée : vitesse à laquelle l'avion obtient le plus grand gain d'altitude dans le temps le plus court. Cette vitesse est relativement rapide. Pour la plupart des avions, elle est presque identique à la meilleure vitesse de plané.

Vitesse du meilleur angle de montée : vitesse à laquelle l'avion monte le plus abruptement, gagnant ainsi le maximum d'altitude sur la distance la plus courte par rapport au sol. Lors des vols de routine, il est rare d'employer la vitesse du meilleur angle de montée, mais elle est très importante pour franchir les obstacles élevés en bout de piste. On n'utilisera pas cette vitesse normalement, sauf dans les cas d'urgence. Premièrement, cette vitesse est à peine supérieure à la vitesse de décrochage; aussi le pilote doit-il faire très attention de ne pas décrocher. Deuxièmement, à une vitesse aussi basse et à la puissance maximale, l'air qui circule autour du moteur est insuffisant pour assurer un refroidissement adéquat. Les risques de surchauffe sont donc plus élevés. En outre, l'usure occasionnée par la surchauffe est nettement indésirable.

Autonomie (endurance) de vol : durée maximale à laquelle un avion peut rester en vol sous certaines conditions et en fonction d'une quantité donnée de carburant.

Distance franchissable maximale (portée) : distance maximale qu'un avion peut franchir dans des conditions données et en fonction d'une quantité donnée de carburant.

La vitesse et l'altitude affectent toutes deux la portée et l'autonomie/l'endurance. La vitesse assurant l'autonomie maximale est habituellement inférieure à celle qui assure la distance franchissable maximale. Règle générale, un avion à hélice volera à une altitude relativement basse pour obtenir l'autonomie maximale. Pour ce qui est de la plus grande distance franchissable, l'avion à hélice volera à l'altitude où, au régime maximum, la vitesse indiquée sera environ 5% à 10% supérieure à la meilleure vitesse de plané. Ceci implique une altitude relativement élevée. Par contre, l'avion à réaction volera à haute altitude, tant pour l'autonomie maximale que pour la distance franchissable maximale.

Lorsque mentionnées dans les spécifications de l'avion, l'autonomie et la distance franchissable sont basées sur de l'air calme en atmosphère-type. Toutefois, elles peuvent être calculées en fonction de vents variés (vitesses et directions diverses).

Les performances d'un avion représentent toujours un compromis entre plusieurs variables, comme portée versus charge payante, autonomie versus vitesse, etc.

10.3.11 L'utilisation des tableaux de performance

Les informations relatives aux performances mises à la disposition du pilote sous forme de tableaux et de graphiques dans les pages précédentes sont très précieuses. Du reste, le pilote a intérêt à se familiariser avec tous les tableaux et les graphiques publiés dans le **manuel de vol** de l'avion (AFM) et à les employer le plus souvent possible à titre d'exercice, de manière à acquérir l'expérience et la confiance voulues. Il est bon que le pilote voit également le résultat de ses calculs, la différence entre les performances prévues et les performances réelles.

Les tableaux sont particulièrement utiles dans la planification des vols-voyages et dans la résolution des problèmes de navigation, par exemple ceux concernant la distance maximale franchissable, la consommation de carburant, etc., qui d'ailleurs font tous partie d'une bonne planification pré-vol.

10.4 La turbulence de sillage

La théorie des tourbillons de bout d'aile a été présentée en expliquant la traînée induite à la section 2.1 – **Les applications théoriques/La traînée**. La portance résulte de la création d'une pression différentielle autour des ailes : basse pression sur l'extrados et haute pression sous l'intrados. Alors que le plan d'aile générateur de portance traverse l'air, l'air qui s'écoule par les bouts d'aile se recourbe vers le haut, tout en s'éloignant vers l'arrière. Ceci donne naissance à deux tourbillons, parfaitement distincts l'un de l'autre, tourbillons qui tournent dans des directions opposées (voir image 26). L'intensité de la turbulence associée à ces tourbillons est directement proportionnelle au poids de l'avion et inversement proportionnelle à l'envergure des ailes et à la vitesse. Plus l'avion est lent et lourd, plus la turbulence à l'intérieur des tourbillons est intense. Les tourbillons les plus forts se produisent au décollage et à l'atterrissage quand l'avion est à son poids brut maximal ou presque, et chaque fois que l'avion vole à de grands angles d'attaque.

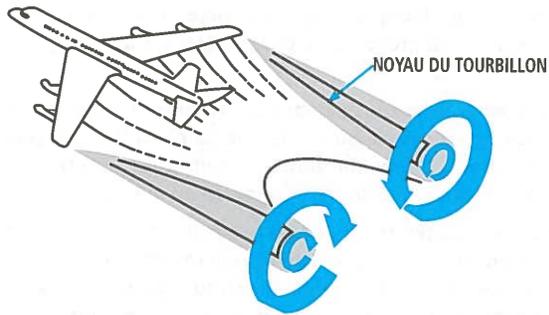


Image 26 – Tourbillons de bout d'aile

La densité de l'air affecte la force des tourbillons. Dans l'air froid, on s'attendra à ce que ces tourbillons soient plus forts. L'intensité des tourbillons est également affectée par la configuration de l'avion qui les produit. La position des volets et du train d'atterrissage, ainsi que l'emplacement des moteurs et la configuration de l'empennage altèrent les caractéristiques et la persistance des tourbillons. Par exemple, l'empennage élevé de DC9 prolonge la longévité des tourbillons.

Les tourbillons les plus forts se rencontrent en configuration lisse, masse élevée et vitesse faible.

Les aéronefs à voilure tournante génèrent des tourbillons semblables. La circulation interne de ces tourbillons est identique à celle des aéronefs à voilure fixe, mais ils présentent un risque peut-être encore plus grand car les vitesses d'exploitation plus basses des hélicoptères produisent des sillages d'une plus grande intensité.

Les aéronefs qui volent directement dans le centre des tourbillons ont tendance à rouler avec eux. La capacité de neutraliser le roulis dépend de l'efficacité des gouvernes et de l'envergure d'aile de l'avion.



Image 27 – Dangers associés aux tourbillons de bout d'aile

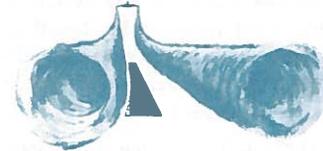
Si l'envergure d'aile et les ailerons s'étendent au-delà des limites latérales des tourbillons, la correction aux commandes est habituellement efficace. Les pilotes d'aéronefs de faible envergure éprouvent beaucoup de difficultés à neutraliser ce roulis induit même sur des appareils de haute performance.

Les rafales verticales qu'un avion rencontre quand il traverse un tourbillon latéralement peuvent imposer aux aéronefs légers volant à un grand angle d'attaque des charges structurelles pouvant atteindre 10g. On estime que l'effet combiné d'une rafale montante immédiatement suivie d'une rafale descendante peut atteindre 80 pi/sec. La majorité des avions légers sont conçus pour résister à des rafales verticales n'excédant pas 30 pi/sec aux vitesses d'exploitation normale.

Les aéronefs de la catégorie ultra-léger sont particulièrement vulnérables aux effets dévastateurs de la turbulence de sillage, même si cette turbulence est causée par un aéronef de transport de dimensions relativement petites.



VENT DEBOUT INFÉRIEUR À 10 KT



LÉGER VENT TRAVERSIER - MOINS DE 5 KT



VENT TRAVERSIER - PLUS DE 5 KT

Image 28 – Turbulence de sillage à proximité de la piste

L'avion qui traverse une paire de tourbillons à un grand angle (approximativement 90°) risque réellement un bris structurel. Les forces verticales considérables et les tentatives répétées du pilote pour les contrer peuvent très bien dépasser les limites de conception et de construction de la cellule. La perte de contrôle est un autre effet résultant d'une rencontre avec ces monstres invisibles. Le noyau des tourbillons pourra occasionner un taux de roulis de 80°/sec, situation à laquelle l'aéronef léger est structurellement incapable de faire face.

La formation des tourbillons commence dès la rotation (c.-à.-d. au moment de cabrer le nez de l'avion au-dessus de la piste) et atteint son apogée au moment même du décollage, alors que le poids total de l'avion est assumé par les ailes et que la vitesse est basse. Les tourbillons cessent dès qu'on pose les roues de l'avion sur la piste. Les tourbillons des gros aéronefs lourds s'enfoncent derrière l'avion à une vitesse verticale de 300 pi à 500 pi/min pendant environ 30 sec. Les tourbillons d'aéronefs moins gros et plus légers s'enfoncent plus lentement. Dans tous les cas, en deçà de 2 min, les tourbillons cessent de descendre lorsqu'ils se retrouvent environ 1000 pi en dessous de la trajectoire de l'avion générateur. On peut les rencontrer de 10 milles à 16 milles derrière l'avion qui les a produits, selon la vitesse de ce dernier. Ils se dissipent lentement en air calme.

L'intensité des tourbillons demeure relativement constante durant les deux premières minutes suivant le passage de l'aéronef générateur. Par après, leur dissipation se fera à des taux divers, en commençant par un tourbillon, puis l'autre. On a vu des tourbillons persister pendant cinq minutes. Les turbulences atmosphériques aident à décomposer les tourbillons; plus la turbulence est grande, plus les tourbillons se dissipent rapidement.

Le champ des tourbillons couvre environ deux envergures d'aile latéralement et une envergure d'aile verticalement. Le diamètre du tourbillon pourra donc atteindre 200 pi derrière un très gros avion.

Quand les tourbillons s'enfoncent vers le sol, ils tendent à s'éloigner latéralement au-dessus du sol, à une vitesse d'environ 5 kt. Cette particularité signifie que les tourbillons se déplaçant latéralement pourraient très bien se retrouver au-dessus d'une piste parallèle et poser un risque aux appareils qui y manoeuvrent. Par vent traversier, le déplacement latéral du tourbillon se trouvant du côté du vent sera moindre, alors que

le déplacement du tourbillon sous le vent sera fortifié. Résultat, le tourbillon au vent pourra demeurer stationnaire au-dessus de la zone d'atterrissage. Un vent arrière fera avancer les tourbillons créés par un avion jusqu'à la zone de poser des roues de l'avion qui le suit, même si son pilote a pris la précaution de se poser au-delà du point de contact de l'avion qui l'a précédé.

L'avènement des avions à réaction format «jumbo» de la classe des Boeing 747, Airbus A380, ou Lockheed C-5 accentue davantage le problème de la turbulence de sillage. Si ces avions occasionnent des taux de roulis dépassant les capacités de gros avions légers, que dire des petits aéronefs légers.

Le phénomène de la turbulence de sillage est d'une extrême importance pour le pilote. En fait, il pourra s'agir d'une affaire de vie ou de mort. Ainsi, il est capital que le pilote apprenne, pour sa propre sécurité, à imaginer l'emplacement probable des tourbillons générés par les gros aéronefs, de façon à éviter les risques très graves qui leur sont associés.

10.4.1 Comment éviter la turbulence de sillage

Rappelez-vous qu'en air calme les tourbillons descendent et s'éloignent latéralement, mais que le vent ambiant pourra modifier leur trajectoire normale. Les pilotes se montreront particulièrement vigilants en ce qui concerne le vent et imagineront de leur mieux comment le vent peut affecter les tourbillons. Resteront-ils dans la zone de poser des roues, dériveront-ils au-dessus d'une piste voisine ou encore s'enfonceront-ils sur la trajectoire d'approche d'une piste convergente?

En vol : bien que la turbulence de sillage se rencontre surtout au départ et à l'arrivée, elle peut néanmoins poser un risque en vol de croisière. Évitez de croiser la trajectoire d'un gros aéronef lourd ou d'un hélicoptère et ce, jusqu'à une distance de 1000 pi en dessous de la trajectoire en question. Cette précaution est particulièrement importante si vous vous trouvez à basse altitude. À cette altitude, un affrontement même momentané avec la turbulence de sillage pourrait s'avérer dangereux, sinon catastrophique. Modifiez votre cap ou montez au-dessus des tourbillons prévus.

Durant la circulation au sol : restez loin derrière les gros aéronefs circulant ou manoeuvrant au sol. Ne passez pas derrière un gros aéronef procédant à la vérification de ses moteurs. Évitez de circuler en dessous d'un hélicoptère en vol stationnaire. La déflexion de l'air causée par ses rotors est considérable et dangereuse.

Au décollage : sur la même piste ou sur une piste parallèle. Commencez la course au décollage au début de la piste et planifiez de quitter le sol avant l'endroit où l'aéronef précédent a effectué son cabrage. Restez au-dessus de la trajectoire du gros avion. Cette façon de procéder, suivie d'une montée normale, devrait vous permettre de rester au-dessus des tourbillons descendants générés par l'avion qui vous précède.

Ne décollez pas à partir d'une intersection lorsque la même piste est utilisée par de gros avions.

Sur une piste convergente : prévoyez de quitter le sol avant de croiser l'intersection, en prenant garde de vous tenir bien au-dessus de la trajectoire de l'avion qui a décollé sur l'autre piste.

Lorsque vous suivez un avion qui vient juste de se poser, prévoyez de quitter le sol passé le point de sa prise de contact avec la piste.

À l'atterrissage : lorsque vous suivez un aéronef lourd qui vient juste de décoller, prévoyez de toucher le sol avant son point de cabrage.

Lorsque vous suivez un aéronef qui vient tout juste d'atterrir, prévoyez de toucher la piste passé le point où il a pris contact avec la piste, en prenant garde de conserver une trajectoire d'approche au-dessus de celle de l'avion en question.

Si vous devez atterrir sur une piste convergente à la suite d'un gros avion qui vient de décoller, remarquez l'endroit où il a effectué son cabrage et, si ce point se trouve passé l'intersection, poursuivez votre approche et posez-vous avant l'intersection. Par contre, si le point de cabrage se trouve avant l'intersection, il sera peut-être préférable d'interrompre l'atterrissage, à moins d'être certain de pouvoir atterrir bien avant l'intersection.

Lors d'un décollage ou d'un atterrissage derrière un gros avion qui a exécuté une procédure d'approche interrompue ou un posé-décollé, le risque de tourbillons peut exister sur toute la longueur de la piste. Assurez-vous qu'un intervalle d'au moins 2 minutes se soit écoulé avant de décoller ou d'atterrir.

Par-dessus tout, évitez les longues approches lentes à très basse altitude. En ce qui a trait à la turbulence de sillage, le plus grand nombre de rencontres dangereuses survient dans le dernier demi-mille de l'approche finale.

Dans un effort visant à minimiser les risques associés à la turbulence de sillage, l'ATC a établi des minima d'espacement qui s'appliquent à tous les aéronefs au décollage et à l'atterrissage. Les contrôleurs privilégient généralement un espacement radar de 6 mi entre un avion à réaction lourd et un avion léger (poids inférieur à 12 500 lb) qui le suit à la même altitude ou à moins de 1000 pi en dessous. Un avion léger sera gardé au moins 4 mi derrière un avion de grosseur moyenne.

Pour ce qui est des procédures de départ sans radar, une séparation d'au moins 2 min est requise entre le départ d'un avion lourd et celui de tout aéronef plus léger. Cette période sera de 3 min si la distance de décollage du second avion est plus longue que celle du premier ou s'il s'agit d'un décollage à partir d'une intersection.

Cependant, l'ATC ne peut pas garantir l'absence de turbulence de sillage. Quand le contrôleur dit «**Attention - turbulence de sillage**», il vous avertit de l'existence possible de ce phénomène.

Dans certains cas, l'espacement total d'évitement de la turbulence de sillage n'est pas requis. L'autorisation de décoller sera habituellement accordée au pilote qui, de sa propre initiative, a demandé à l'ATC une dérogation de l'espacement requis/de séparation. Cette exemption sera probablement refusée si le décollage de l'aéronef léger doit s'effectuer à partir d'une intersection ou d'un autre point situé passablement plus loin sur la piste, ou si l'avion à réaction lourd qui précède a effectué une approche basse ou interrompue sur la même piste. Une demande d'exemption signifie au contrôleur que vous acceptez la responsabilité de l'espacement et de l'évitement de la turbulence de sillage. Le contrôleur émettra néanmoins un avertissement de turbulence de sillage avec l'autorisation de décoller.

Même quand le contrôleur fait état de la possibilité de la turbulence de sillage, la responsabilité de l'éviter repose entièrement sur les épaules du pilote. N'hésitez pas à demander des renseignements additionnels s'ils peuvent vous aider à analyser la situation et à prendre la bonne décision. Même si vous avez reçu l'autorisation d'atterrir ou de décoller, s'il vous semble plus prudent d'attendre ou d'utiliser une autre piste, ou encore de modifier vos plans d'une quelconque façon, demandez une nouvelle autorisation au contrôleur. Soyez assuré que le contrôleur est tout aussi désireux que vous d'éviter les accidents et qu'il

vous assistera de son mieux tout en accomplissant son travail qui consiste à activer la circulation aérienne.

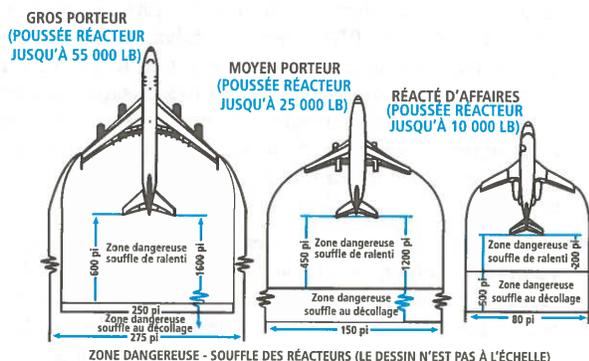


Image 29 – Zones dangereuses – échappement des réacteurs

10.4.2 Le danger associé au souffle des réacteurs

Le secteur se trouvant directement derrière les avions à réaction peut s'avérer particulièrement dangereux pour les petits avions circulant au sol ou sur le point de décoller. Les pilotes doivent être conscients de ce danger lorsqu'ils exploitent leur avion près des pistes en service et des voies de circulation. Compte tenu de l'utilisation accrue de pistes qui se croisent, il est de plus en plus probable que les aéronefs évoluant sur un aéroport soient affectés par le souffle des réacteurs ou des hélices.

Les avions légers, à aile haute, dont l'emplantement des roues est étroit sont particulièrement susceptibles à ce type d'accident. Conservez une distance d'au moins 600 pi derrière un avion à réaction jumbo dont les moteurs tournent au ralenti, et 1600 pi quand ils fournissent leur puissance maximale de décollage. L'image 29 illustre les zones dangereuses.

10.5 Les préparatifs pour un vol

Une bonne discipline aéronautique implique une attention toute particulière aux nombreux détails concernant la préparation et l'exécution d'un vol, qu'il s'agisse d'un simple tour de piste ou d'un vol-voyage de longue durée.

10.5.1 La préparation d'un vol

Avant d'entreprendre un vol-voyage, on doit procéder à des préparatifs soignés et à une planification minutieuse.

FEUILLE DE PLANIFICATION DE VOL													
DE:	À :	ALT.	IAS (vitesse indiquée)	VV (vitesse vraie)	ROUTE (V)	VENT	CAP (V)	DÉCL.	CAP (M)	V/S	DIST.	TEMPS	CARB.

Image 30 – Formulaire de planification de vol

1. Procurez-vous des cartes aéronautiques à jour et adéquates pour le vol projeté. Étudiez-les soigneusement et choisissez une route qui tienne compte des critères suivants : nature de la région à survoler, points de ravitaillement, sites en cas d'atterrissage d'urgence, zones interdites, etc. Tous ces facteurs influenceront le choix de la route. Évitez les régions où il n'existe aucune possibilité d'effectuer sécuritairement un atterrissage forcé.

Si le vol doit se dérouler conformément aux règles de vol à vue (VFR), c'est-à-dire par le repérage visuel de points de référence, la route devra être tracée sur la carte et son orientation mesurée avec un rapporteur de navigation. Mesurez la distance entre deux points de repère en vous servant de l'échelle au bas de la carte. La route vraie sera ensuite convertie en route magnétique (en appliquant la déclinaison indiquée sur la carte) et l'orientation (direction) indiquée sur la carte à l'aide de chiffres répartis de part et d'autre de la ligne. Des flèches serviront à identifier les routes à l'aller et au retour. Si le voyage est long, les chiffres pertinents devraient être répartis à intervalles réguliers compte tenu des variations de déclinaison et de la convergence.

Une échelle de distance sera marquée le long de la route, à des intervalles de 50 mi ou 100 mi par exemple, pour aider au calcul de la vitesse-sol. Certains pilotes préfèrent marquer les points saillants (communautés, stations VOR, points de compte rendu, etc.)

De part et d'autre de la route, tracez les lignes de dérive de 10°. L'angle d'ouverture aura pour origine le point de départ et l'angle de fermeture, la destination.

Étudiez attentivement les caractéristiques du pays, particulièrement les endroits élevés et les obstacles dangereux. Les repères topographiques facilement repérables seront notés sur la carte.

INSTALLATIONS RADIO					
Aéroport	NAVAID Aide à la nav.	Fréquence	Tour	MF ATF	ATIS

Image 31 – Feuille de planification – installations radio

2. Contactez la station d'information de vol (FSS) ou le bureau météorologique de l'aéroport pour obtenir les renseignements météorologiques disponibles ou encore d'accéder à l'information météorologique par le biais des bulletins météorologiques enregistrés (TWB – Transcribed Weather Broadcasts). Il est également possible de se procurer l'information par ordinateur en passant par le système DUATS ou par le service d'affichage d'Environnement Canada. Étudiez la carte du temps en vous concentrant sur la circulation des vents, les activités frontales et le temps qu'il fait en général au-dessus de toute la région que vous prévoyez survoler. (Cette vue d'ensemble sera très utile au cas où

vous seriez obligé de vous dérouter.) Vérifiez les prévisions d'aérodrome, les prévisions régionales, les prévisions des vents en altitude, de même que les bulletins horaires tout au long de votre route.

3. Choisissez l'altitude à laquelle vous souhaitez effectuer le vol en fonction des vents en altitude, de la hauteur du terrain et des obstacles situés sur la route même et aux alentours des terrains d'atterrissage, des minima atmosphériques pour le vol VFR et des règlements sur les altitudes de croisière.
4. Calculez le cap vrai à maintenir. Appliquez-y la déclinaison pour obtenir le cap magnétique. Calculez la vitesse-sol pour chaque segment de la route.
5. Calculez la distance franchissable maximale sécuritaire de votre avion. Calculez le carburant requis en vous appuyant sur les temps en route estimés et le tableau de consommation en croisière du manuel de vol de l'avion (AFM). Choisissez les points de ravitaillement.
6. Vérifiez la disponibilité des aéroports (et s'ils conviennent aux manoeuvres projetées), les circuits de piste et les conditions du terrain.
7. Vérifiez quels services et installations radio sont disponibles en route et leurs fréquences.
8. Notez l'heure du lever et du coucher de soleil (VFR). Réviser les derniers Avis aux navigateurs NOTAM (Notices to Airmen). Jetez un regard sur le tableau d'affichage de l'aéroport.
9. Préparez une feuille de route en inscrivant dans les cases appropriées les renseignements suivants : altitude de croisière, route, vélocité et direction du vent, cap, vitesse-sol calculée, points de repère, distance entre les points de repère, fréquences des aides radio à la navigation, renseignements sur l'aéroport de destination et les points de ravitaillement, fréquences obligatoires et fréquences des tours de contrôle, prévisions météorologiques à la destination, etc. Des formulaires, semblables à ceux illustrés aux images 30 et 31, peuvent servir à la préparation de votre feuille de route.
10. Le Règlement de l'aviation canadien (Air Regulations) vous oblige à vous familiariser avec toute l'information de vol pertinente, par exemple :
 - les aides à la navigation (NAVAIDS)
 - les bonnes méthodes d'exploitation
 - les procédures VFR
 - les procédures du contrôle de la circulation aérienne
 - les signaux visuels (light gun signals)
 - la phraséologie et les techniques de radiotéléphonie
 - les points de compte rendu VOR
 - la radiogoniométrie VHF/DF
 - les règles d'urgence, de recherches et de sauvetage de l'ESCAT (contrôle de sécurité d'urgence de la circulation aérienne)
 - l'information météo, comment et où l'obtenir.
11. Notez l'emplacement des espaces aériens classifiés (zones de contrôle, régions de contrôle terminal, etc.). Vérifiez l'emplacement des espaces particuliers qui entourent les aérodromes et où il est nécessaire de se servir des fréquences obligatoires. Remarquez l'espace aérien de «classe F» (zones restreintes et consultatives),

ainsi que les zones d'identification de la défense aérienne (ADIZ).

12. Si le vol doit se dérouler la nuit conformément aux règles de vol à vue (VFR), vérifiez l'élévation du terrain que l'avion survolera en montée après le décollage ou au moment de l'approche en vue de l'atterrissage. Vérifiez également si des obstacles sont présents sur ces trajectoires. Prévoyez une trajectoire de vol qui permettra de franchir sécuritairement le terrain et tous les obstacles.
13. Si le vol doit se dérouler conformément aux règles de vol à vue (VFR), mais que vous vous servez uniquement des aides à la radionavigation comme le VOR, l'ADF, etc., vous devrez employer les cartes en route niveau inférieur (En route Low Altitude) et/ou les cartes IFR appropriées. Ces cartes renferment tous les renseignements en route voulus concernant, entre autres, les distances pour vous rendre d'un endroit à un autre en utilisant uniquement la radionavigation.

VITESSES/Airspeeds	
DÉCOLLAGE NORMAL/Normal Takeoff	
MONTÉE NORMALE/Normal Climb	
MEILLEUR TAUX DE MONTÉE/ Best Rate of Climb	
MEILLEUR ANGLE DE MONTÉE/ Best angle of Climb	
MANOEUVRE MAXIMALE/ Max Manoeuvring	
MEILLEUR PLANÉ/Best Glide	
MAXIMUM PLEINS VOILETS/Max Flap Extended	
MAXIMUM TRAIN SORTI/Max Gear Down	
DÉCROCHAGE (TRAINÉE MINIMALE)/ Clean Stall	
DÉCROCHAGE TRAIN ET VOILETS SORTIS/ Stall with Gear and Flaps Down	
NE JAMAIS DÉPASSER/Never Exceed	
APPROCHE NORMALE/Normal Approach	

PERFORMANCE	
DISTANCE DE DÉCOLLAGE POUR FRANCHIR OBSTACLE À 50 PI/ Takeoff Distance to Clear 50'	
NIVEAU DE LA MER 15 °C/ Sea Level 15 °C	
5000 PI AGL 25 °C/5000' AGL 25 °C	

POIDS ET CENTRAGE/Weight and Balance			
LIMITES DU CG/ CG Limits			
AVANT/Forward		ARRIÈRE/Aft	
POIDS À VIDE/Empty Weight			
POIDS MAXIMAL AU DÉCOLLAGE/ Max Takeoff Weight			
POIDS MAXIMAL COMPARTIMENT À BAGAGES/ Max Baggage Compartment Weight			

ESSENCE ET HUILE/ Fuel and Oil	
GRADE DE CARBURANT/Fuel Grade	
GALLONS D'ESSENCE UTILISABLE/Usable Gallons of Fuel	
CONSUMMATION HORAIRE 65% à 5000 PI (ATM. ST.)/Consumption per hour 65% at 5000' (ISA)	
GRADE D'HUILE/Oil Grade	
QUANTITÉ/Quantity	

Image 32 – Données de performance de l'avion

14. Pliez vos cartes correctement et placez-les dans l'ordre approprié. Apportez également avec vous les cartes des régions adjacentes à votre itinéraire de vol. Vous en aurez peut-être besoin pour contourner du mauvais temps ou au cas où vous vous égareriez temporairement.