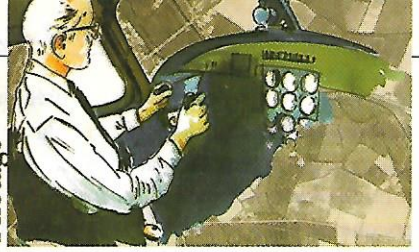


QUELLE VITESSE ADOPTER EN PANNE MOTEUR ?

LE but de cet article est, d'une part, d'apporter quelques éléments de réflexion sur le choix de la vitesse à adopter en cas de panne moteur et, d'autre part et peut-être surtout, pour ne plus entendre dans les conversations « techniques » et très affirmées des pilotes de club, que sur le Piper PA-28 Cadet – cet avion largement diffusé dans nos clubs est souvent cité en exemple – les vitesses de finesse maximale et de taux de montée maximum sont respectivement de 73 Kt et 79 Kt. *A paramètres identiques, la vitesse de finesse maxi est toujours supérieure à la vitesse de Vz maxi.*

Il s'agit, certes, d'une connaissance imprécise de la mécanique élémentaire du vol, mais pour déculpabiliser les pilotes concernés, nous connaissons l'origine des erreurs d'interprétation : elles découlent de la logique de lecture de leurs références. En effet, les manuels de vol, qui sont souvent des traductions littérales de manuels américains – pour ne pas parler de certains manuels de pilotage – entretiennent la confusion et n'apportent jamais aucune précision sur le sujet.

Compte tenu de la diversité des niveaux de connaissances des différents lecteurs, et voulant par définition nous faire comprendre de tous, la rédaction de cet article s'avère ainsi une tâche difficile. Il s'agit en effet d'expliquer des phénomènes physiques relativement complexes où trop de simplifications conduisent aux erreurs d'interprétation citées plus haut et où trop de développements théoriques décourageraient la majorité d'entre vous.

Le traitement du sujet en deux niveaux distincts nous a paru être le bon compromis. Aussi, une partie de ce texte sera réservée aux curieux voulant comprendre le pourquoi des phénomènes. Nous ne résisterons pas à la tentation, à cette occasion, de faire quelques rappels sur la particularité des principales vitesses caractéristiques.

Vitesses caractéristiques. Sur l'échelle des vitesses indiquées par l'anémomètre, se situent, chronologiquement et à des valeurs déterminées, certaines vitesses caractéristiques auxquelles se produisent des événements physiques précis. Malheureusement, et ceci complique déjà les problèmes posés, pour un avion donné, ces vitesses caractéristiques ne sont pas fixes, mais varient en fonction d'un certain nombre de paramètres, tels que la puissance moteur, la masse, l'altitude-pression, la température, la configuration avion et le vent pour celles qui ont une incidence par rapport au sol. Citons, en prenant l'exemple du Piper PA-28 Cadet, celles qui nous intéressent : masse de 1 058 kg, altitude-pression 0 ft, température 15 °C, volets à 0°.

* **Vitesse de pente maxi (63 Kt) :** c'est la vitesse qui permet d'obtenir la meilleure pente-air à la puissance maximale obtenue plein gaz, que nous appellerons puissance maxi décollage. Elle est utilisée, par exemple, pour passer un obstacle à la fois élevé et rapproché du décollage. A cette vitesse, qui se situe à 13 Kt au-delà de la vitesse de décrochage, le pilote doit, par précaution, limiter son inclinaison à 10°.

* **Vitesse de Vz maxi (79 Kt) :** c'est la vitesse ascensionnelle maximale à utiliser si l'on veut monter, à la puissance maxi décollage, le plus rapidement possible à une altitude ou un niveau de vol donné. Cette vitesse a d'autres particularités et, pour comprendre la suite de notre démonstration, nous avons besoin de toute votre attention...

Si le pilote diminue la puissance du moteur, la nouvelle Vz maxi, certes plus faible que la précédente, sera obtenue à la même vitesse indiquée (VI). Si, en maintenant cette vitesse indiquée, le pilote continue à diminuer progressivement la puissance du moteur, à un moment donné, le vario deviendra nul, alors que tous les autres varios possibles seront négatifs.

Ce raisonnement reste valable avec la plus faible des puissances possibles appliquée, qui n'est autre que le cas de la... panne moteur. Ainsi, avec une panne moteur, comme précédemment, le plus petit vario négatif possible est obtenu à la même vitesse indiquée que celle qui permet d'obtenir le Vz maxi à la puissance maxi.

Si un pilote a la malchance de se trouver dans cette situation, il n'a pas d'autre choix possible, s'il veut rester le plus longtemps possible en l'air, que d'adopter cette vitesse de la Vz maxi donnée par son manuel de vol qui, comme nous venons de le voir, est aussi la vitesse du plus petit vario négatif. Sur PA-28 Cadet, rappelons qu'à la masse maxi de 1 058 kg, cette vitesse est de 79 Kt.

* **Vitesse de finesse maxi (85 Kt) :** c'est la vitesse du meilleur rendement aérodynamique. En l'absence de moteur, c'est la vitesse qui permet d'aller le plus loin possible. Cette vitesse n'est pas précisée dans le manuel de vol et la valeur de 85 Kt est estimée par déduction.

Finesse max ou taux de chute mini. Revenons à l'objet initial de notre article : choix de la vitesse à adopter en cas de panne moteur. Dans deux cas particuliers : panne en montagne ou panne en mer, il est important, pour rejoindre la plaine ou se rapprocher de la côte et conserver ainsi une bonne chance de rester en vie, d'aller le plus loin possible. Dans ces deux seuls cas, la vitesse à adopter est la vitesse de finesse maxi.

Dans tous les autres cas, pour effectuer correctement les procédures d'urgence et choisir avec sérénité son aire d'atterrissage, il faut profiter du maximum de temps de réflexion disponible avant l'impact avec le sol. Autrement dit, il faut chercher à rester le plus longtemps possible en l'air en adoptant la vitesse du Vz maxi... correspondant à la masse de l'avion au moment de la panne.

Pour simplifier, le constructeur Piper, tenant compte de son expérience de la masse moyenne la plus probable en cas de panne, a choisi 73 Kt. Dans les manuels de vol, cette vitesse est souvent appelée « vitesse optimale de plané ». Ainsi, la vitesse de finesse maxi, si chère aux pilotes de planeurs – et nous le comprenons – n'a pas ou peu d'intérêt pour le pilote d'avion léger, y compris et surtout pour l'exercice de pilotage favori des Instructeurs qui prépare à la panne en campagne : l'encadrement.

Avant d'aborder la partie plus théorique de notre propos, nous devons faire quelques rappels élémentaires de mécanique du vol. Commençons par les équations simplifiées de propulsion et de sustentation du

vol en montée. La figure 1 représente un avion en montée, à la vitesse V_I, sur une pente θ. Lorsque l'avion est établi sur sa trajectoire à vitesse constante, la somme des trois forces qui s'appliquent à l'avion (T, traction fournie par le couple hélice-moteur, R, résultante aérodynamique et mg, poids de l'appareil) est nulle. Ces trois forces peuvent être décomposées, respectivement, sur l'axe trajectoire (x) et l'axe perpendiculaire (z).

Nous pouvons ainsi écrire :

(1) $T = F_x + mg \cdot \sin\theta$

(2) $F_z = mg \cdot \cos\theta$

En multipliant les deux membres de l'équation (1) par V_I, nous pouvons écrire :

$\cdot V_I = F_x \cdot V_I + mg \cdot V_I \cdot \sin\theta$

Le vecteur vitesse V_I, supporté par l'axe trajectoire (x), peut-être alors décomposé en deux vecteurs, l'un sur l'axe horizontal : $V_I \cdot \cos\theta$,

l'autre sur l'axe vertical :

$V_I \cdot \sin\theta$

En fait :

- $V_I \cdot \sin\theta$, représente la vitesse ascensionnelle V_Z,
- $T \cdot V_I$, la puissance utile Pu fournie par le couple hélice-moteur,
- $F_x \cdot V_I$, la puissance aérodynamique ou puissance nécessaire Pn.

Nous pouvons écrire alors :

$P_u = P_n + mg \cdot V_Z$

Soit :

(3) $V_Z = (P_u - P_n) / mg$

Traçons sur le même graphique les courbes $P_u = f(V_I)$ et $P_n = f(V_I)$, puis à partir de la relation (3), la courbe $V_s = f(V_I)$ (Fig. 2).

L'ensemble de ces deux graphiques synthétise une multitude d'informations sur la mécanique du vol dont nous allons essayer d'extraire les plus intéressantes. Sur le premier graphique, la puissance nécessaire Pn, appelée aussi puissance planeur, est directement liée aux caractéristiques aérodynamiques de l'avion et ce, indépendamment de son système de propulsion.

S'agissant de la puissance utile Pu, fournie par le couple hélice-moteur équipé d'une hélice à calage fixe, elle peut varier, selon la position de la manette des gaz, d'une valeur proche de 0 – manette au ralenti – à une valeur maximale, variable avec l'altitude pression, la température et la vitesse – manette au plein gaz.

Pour le Piper PA-28 Cadet, avion que nous avons choisi pour exemple, cette puissance, à Zp = 0 ft et 15 °C, peut varier de quelques chevaux à 162. La lecture du graphique montre qu'aux points A1 et A5, la puissance utile Pu est égale à la puissance nécessaire Pn, le vario est nul et la vitesse définie : VA1 et VA5. A ces deux points, sous réserve que le pilote positionne correctement la gouverne de profondeur, le vol horizontal à vitesse constante est possible. Entre ces deux points, Pu est supérieure à Pn et le pilote a deux choix possibles :

- maintenir un vario nul avec la gouverne de profondeur et l'avion accélérera jusqu'au point A5.
- utiliser cet excédent de puissance pour effectuer une montée.

Toute réduction de puissance se traduira, sur le graphique, par une nouvelle courbe Pu, deux nouveaux points A1 et A5 plus rapprochés, jusqu'au moment où les courbes Pu et Pn seront tangentes. A ce moment-là, le vario étant maintenu nul avec la gouverne de profondeur, il n'existera qu'un seul point où le vol horizontal à vitesse constante sera possible.

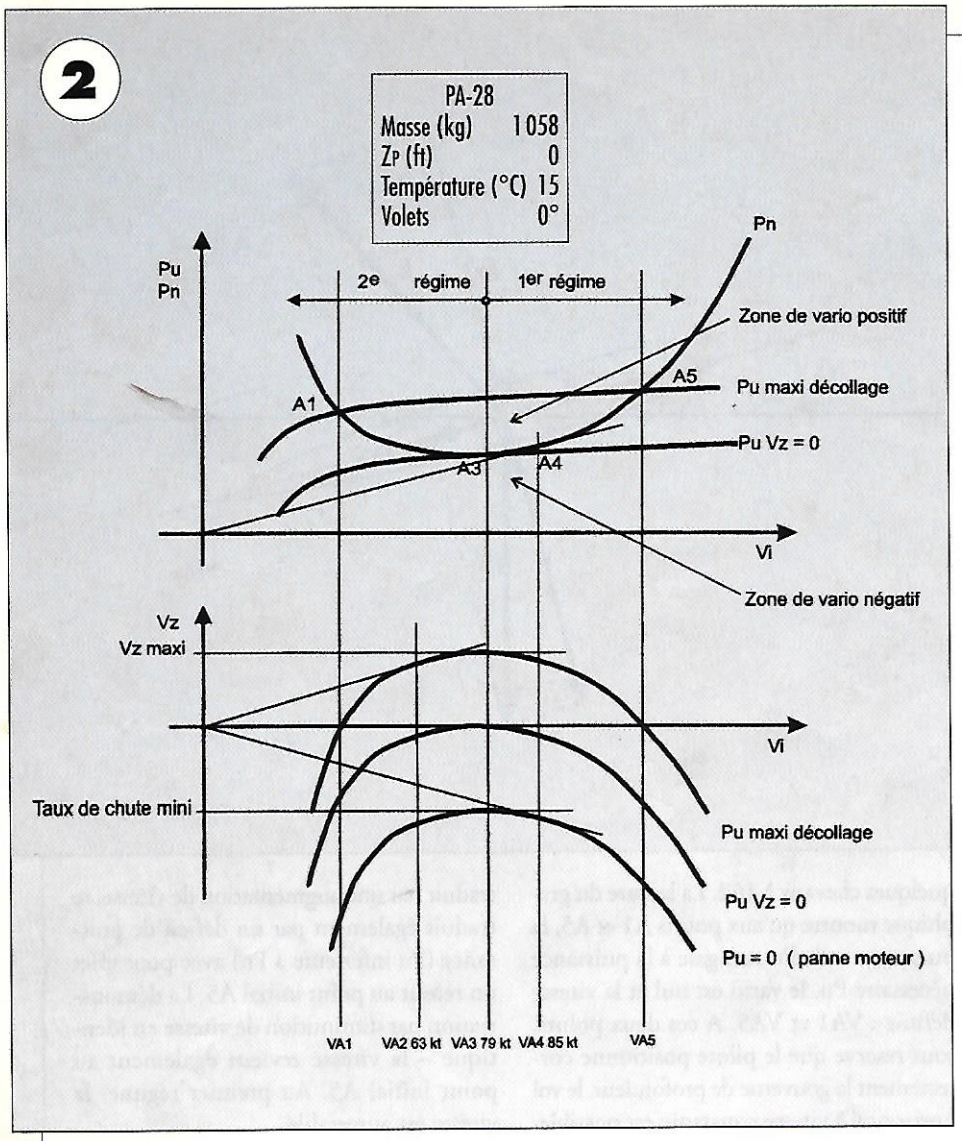
Vitesses caractéristiques.

*** VA3 :** cette vitesse a plusieurs particularités :

Séparation des deux régimes :

- Premier régime : supposons que le pilote n'actionne pas la commande de profondeur et que la vitesse de l'avion soit stabilisée au point A5. Une rafale, qui se traduit par une augmentation de vitesse, se traduit également par un déficit de puissance (Pu inférieure à Pn) avec pour effet un retour au point initial A5. La démonstration par diminution de vitesse est identique – la vitesse revient également au point initial A5. Au premier régime, la vitesse est autostable.
- Deuxième régime : l'avion étant initialement stabilisé au point A1, si une rafale a pour effet de diminuer la vitesse, le déficit de puissance (Pu inférieure à Pn) aura pour conséquence une décélération continue jusqu'au décrochage. Une augmentation de vitesse aurait une conséquence moins grave puisqu'elle se traduirait simplement en une accélération de A1 vers A5. Au deuxième régime, la vitesse est instable. Sur Piper PA-28 Cadet, l'avion évolue en deuxième régime jusqu'à 79 Kt.

Vitesse de Vz maxi : observez la partie supérieure du graphique. C'est au point le plus bas de la courbe Pn que la différence Pu - Pn est la plus importante. Selon la relation (3), c'est donc le point de la V_Z maxi. Tracée selon les résultats de cette même relation (3), la partie inférieure du graphique représente un faisceau de courbes de V_Z. Il montre, qu'en fonction de la puissance affichée, cette vitesse VA3 qui permet d'obtenir le plus grand vario possible, permet aussi, dans le cas de la panne moteur, d'ob-



tenir le vario le moins négatif possible ou taux de chute mini. Pour un potentiel d'altitude donné, c'est bien, en cas de panne moteur, celui qui permet de rester le plus longtemps possible en l'air.

Plafond de propulsion : à une position donnée de la manette des gaz, au plein gaz par exemple, Pu diminue progressivement avec l'altitude. Sur le graphique, les courbes Pu et Pn se rapprochent, l'excédent de puissance diminue jusqu'à devenir nul lorsque les courbes seront tangentes. Ce point de tangence, et vous pouvez l'imaginer en regardant la figure 2, correspond bien à la vitesse VA3.

Autonomie maxi : au même titre, qu'en cas de panne moteur, cette vitesse caractéristique permet de rester le plus longtemps possible en l'air. Elle permet aussi en palier, en affichant la Pu qui lui correspond, de voler le plus longtemps possible.

* **VA2 : Vitesse de pente maxi.** C'est, par définition, le meilleur rapport Vz/Vi. Graphiquement, il s'agit de tracer une demi droite, ayant pour origine l'intersection des axes Vz et Vi, et tangente à la courbe Vz = f(Vi). Contrairement à la vitesse de Vz maxi, elle varie avec la puissance moteur.

* **VA4 : Vitesse de finesse maxi.** C'est la vitesse du meilleur rapport Cz/Cx mais c'est aussi la vitesse de la traînée minimale qui, en expression de puissance, correspond au meilleur rapport Pn/Vi. Si l'on trace, depuis l'origine des axes Pn et Vi, la tangente à la courbe Pn, on voit que le rapport Pn/Vi est minimum au point de tangence A4. Remarquez que ce point A4, qui correspond à la vitesse de finesse maxi, se situe à une vitesse supérieure à celle de la Vz maxi. Cette vitesse n'étant pas indiquée dans le manuel de vol, nous l'avons estimée dans les conditions de la figure 2 à 85 Kt. Cette vitesse a la particularité de permettre d'aller le plus loin possible, avec ou sans moteur. Avec moteur, c'est le rayon d'action maxi. Sans moteur, c'est la vitesse de meilleure pente négative, à adopter si l'on se trouve dans un des cas particuliers dont nous avons déjà parlé – en montagne ou en mer, pour rejoindre ou se rapprocher de la plaine ou de la côte. Utiliser cette vitesse pour tenter de rejoindre un aérodrome estimé proche pourrait être une erreur fatale. Pour la sécurité, il vaut mieux consommer, en un maximum de temps, son potentiel d'altitude afin de choisir avec sérénité une aire d'atterrissage en campagne. Dans la pratique, compte tenu de l'aérodynamique de nos avions légers, les vitesses de Vz maxi et finesse maxi sont proches (6 à 7 Kt d'écart...). Aussi, de ce fait, en cas de panne moteur, la faible différence entre les varios de Vz maxi et de finesse maxi (100 ft/mn environ), reste peu significative.

Par ailleurs, compte tenu de la précision relative de la chaîne anémométrique, de la difficulté à maintenir une vitesse précise, de l'effet du vent et du stress engendré par une situation de panne, l'essentiel à retenir est ceci : *en cas de panne moteur, respectez scrupuleusement la vitesse prévue dans les procédures d'urgence de votre manuel de vol. Ne prenez jamais une vitesse inférieure mais sachez qu'une vitesse supérieure de quelques nœuds vous permettra, peut-être, en cas de besoin d'aller un peu plus loin.*

Cette conclusion va certainement vous surprendre et nous comprendrions les lecteurs qui nous reprocheraient le gâchis d'énergie intellectuelle dépensée en regard des maigres résultats concrets obtenus ! Souvenez-vous cependant de notre objectif initial : vous apporter quelques éléments de réflexion sur la vitesse à adopter en cas de panne moteur, mais surtout essayer de vous convaincre qu'en aucun cas, la vitesse de finesse maxi ne peut être inférieure à la vitesse de Vz maxi.

Jacques COCHELIN

SYNTHESE DES VITESSES CARACTERISTIQUES (PA-28 CADET)

Conditions : masse 1 058 kg, température 15 °C, Zp = 0 ft, volets 0°.

63 Kt :
- pente air maxi.

79 Kt :
- séparation des deux régimes
- Vz maxi
- taux de chute mini sans moteur
- plafond de propulsion
- autonomie maxi

85 Kt (valeur estimée)
- finesse maxi
- rayon d'action maxi sans vent
- meilleure pente air sans moteur