

Direction de la sécurité de
l'Aviation civile

Mission évaluation et
amélioration de la sécurité

Vitesse d'évolution et marges de sécurité

Campagne compétences n°1-2015



Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie



www.developpement-durable.gouv.fr

DSAC

SOMMAIRE

Objectifs	3
Pourquoi ?	3
La détermination des vitesses d'évolution	3
Quelques questions sur le sujet	4
Quelques rappels	4
Quelques exercices	5
Réponses aux questions	5

dgac
DSAC

FFA
Fédération Française Aéronautique

VITESSE D'ÉVOLUTION ET MARGES DE SÉCURITÉ

30° 37° MAX !! 61° DÉCROCHAGE

1,45 VITESSE DE DÉCROCHAGE

10° 20° MAX !! 53° DÉCROCHAGE

1,30 VITESSE DE DÉCROCHAGE

SI LE MAX NE SUFFIT PAS : DÉCISION !!

www.developpement-durable.gouv.fr

Ministère de l'Énergie, du Développement Durable et de l'Énergie

Seymo

Objectifs

Rappeler :

- le principe de détermination des vitesses d'évolution
- la nécessité pour une vitesse donnée, de limiter l'inclinaison pour garder des marges de sécurité
- que si l'inclinaison maximale ne suffit pas à atteindre l'objectif que s'est fixé le pilote, il doit l'abandonner et décider d'un nouveau plan d'action !

Pourquoi ?

Un avion est limité en basse vitesse par l'incidence de décrochage, et en haute vitesse par sa résistance structurale. Il est aussi limité en facteur de charge.

Le pilote doit évoluer entre ces limites.

A pente de trajectoire constante, la prise d'inclinaison requiert l'augmentation de la portance et donc de l'incidence, qui peut aller jusqu'à l'incidence de décrochage.

Le pilote doit limiter l'inclinaison de son appareil selon la vitesse à laquelle il vole, pour ne pas risquer de décrocher.

Lorsqu'une perte de contrôle survient, elle a la plupart du temps été précédée d'une réduction des marges de sécurité.

- A. La connaissance des marges de sécurité en évolutions, l'adaptation de l'attitude de la machine, et la modification éventuelle du plan d'action en vue de les préserver, sont essentielles.
- B. Le pilote doit savoir à tout moment quelle vitesse tenir et l'inclinaison qu'elle permet. Il ne doit pas être dans l'incertitude de paramètres fluctuants.
- C. Toute changement d'attitude d'un aéronef doit être volontaire. Toute variation involontaire doit être corrigée. Tout changement d'attitude doit aller vers une attitude prédéterminée par le pilote et compatible avec les marges de sécurité.

Le respect de ce qui est énoncé ci-dessus, suffirait à quasiment éradiquer les pertes de contrôle en vol, et permettrait d'améliorer considérablement la sécurité.

La détermination des vitesses d'évolution

Les vitesses d'évolution sont déterminées par un rapport à la vitesse de décrochage de la configuration considérée (V_s). Ce rapport qui est de 1,45 au minimum lorsque des évolutions significatives sont requises, comme en tour de piste ou de 1,3, pour un avion en approche finale, est à rapprocher des facteurs de charge liés à l'inclinaison.

On peut alors déterminer à quelles inclinaisons surviendrait le décrochage à ces vitesses.

Des vitesses de l'ordre de 1,2 V_s sont parfois utilisées (par exemple, cela peut correspondre à la vitesse de montée à pente maximum).

En vol en montée normale, l'inclinaison est limitée à 20° pour ne pas pénaliser le taux de montée, car tout virage est consommateur d'énergie.

Tableau des marges de sécurité en évolutions

Rapport à la vitesse de décrochage de la configuration	Inclinaison recommandée*	Inclinaison opérationnelle (préservant une marge de sécurité considérée habituellement comme suffisante, en %.)	Inclinaison à laquelle le décrochage surviendrait en vol en palier.
1,45 Vs	30°	37° (30%)	61,6°
1,3 Vs	10°	20° (25%)	53,7°
1,2 Vs	5°	10° (19%)	46°

(Cf Guide ENAC de l'instructeur VFR, leçon 12 vol lent, édition de juin 2014)

**Ces inclinaisons sont recommandées car il est très souhaitable que pour tourner un pilote aille systématiquement chercher une inclinaison prédéterminée, correspondant à la vitesse d'évolution.*

Le pilote doit connaître les vitesses prescrites pour sa machine, elles figurent dans le manuel de vol de l'avion.

L'écart entre l'inclinaison dite « opérationnelle » et l'inclinaison du décrochage en palier, peut paraître important, de 25 à 30° d'angle.

Il n'y a rien de trop !

Vous pouvez en effet :

- être surpris par de la turbulence,
- ne pas bien tenir la symétrie du vol,
- devoir faire un évitement,
- avoir un pilotage heurté du au stress,
- avoir du mal à bien stabiliser la vitesse,
- ou tout autre imprévu ...

Alors, tenez la vitesse prescrite, limitez l'inclinaison, préservez vos marges de sécurité !

Quelques questions sur le sujet

1- Vous êtes en configuration d'atterrissage, et vous souhaitez accélérer en palier de 1,3 Vs vers 1,45 Vs, dans cette configuration. Est-ce facile ?

2- Quand peut-on / risquerait-on de devoir réaliser cette manoeuvre ?

3- Quels phénomènes ou circonstances peuvent entraîner une réduction soudaine des marges de sécurité ?

4- Les marges de sécurité telles qu'énoncées sur l'affiche sont-elles toujours suffisantes ?

Quelques rappels

Le facteur de charge est la projection sur l'axe de lacet des accélérations subies par l'avion. L'axe de lacet est perpendiculaire à l'axe longitudinal de l'avion, et orienté selon la verticale avion.

V1.05

Ainsi, en palier, à inclinaison nulle, à la vitesse de croisière, le facteur de charge est très proche de 1, puisque $\cos(0^\circ)=1$. Il sera de 2 à 60° d'inclinaison, puisque $\cos(60^\circ)=0,5$.

$$n, \text{ le facteur de charge : } n=1/\cos\phi$$

La vitesse de décrochage augmente avec le facteur de charge. C'est comme si un avion sous facteur de charge, pesait plus lourd. Pour garder le palier, il faut alors une portance plus importante, qui s'obtient par plus d'incidence. La marge par rapport au décrochage se réduit.

La vitesse de décrochage augmente comme la racine carré du facteur de charge.

$$V_{S_n}=\sqrt{n}V_{S_{(n=1 \text{ càd à } \phi=0)}}$$

Pour avoir un ordre de grandeur, imaginons qu'un avion a une vitesse de décrochage de 100 km/h.

Quelle serait sa vitesse de décrochage sous 2G ?

$$V_{S_{(n=2)}}=\sqrt{2}V_{S_{(n=2 \text{ peut s'obtenir à } \phi=60^\circ)}}$$

Racine de 2=1,414, donc la vitesse de décrochage serait de 141,4 km/h

Cet avion volant à 141,4 km/h, décrocherait en palier en atteignant 60° d'inclinaison.

D'où la nécessité de limiter l'inclinaison en fonction de la vitesse.

Quelques exercices

Déterminer les vitesses d'évolution à partir des indications sur l'anémomètre.

Comparer les vitesses trouvées à celles du manuel de vol de l'avion.

En vol (avec un instructeur impérativement), déterminer à partir de l'anémomètre les vitesses à tenir pour approcher et atterrir dans une configuration de volets non habituelle. Demander quelles sont les inclinaisons maximales à respecter pour conserver les marges de sécurité.

Réponses aux questions

1- Est-il facile d'accélérer en palier et en configuration d'atterrissage de 1,3 Vs vers 1,45 Vs ?

La configuration atterrissage :

- Sert à l'approche finale. Elle permet de réduire la vitesse, pour rendre la distance d'atterrissage compatible avec la plupart des terrains. Un pilote doit avoir une idée précise des distances nécessaires à l'atterrissage, dans les différentes configurations des machines qu'il utilise.
- Donne généralement une attitude plus à piquer à la machine, et offre une meilleure visibilité vers l'avant.

Mais cette configuration a aussi d'autres caractéristiques :

- Elle réduit la finesse de la machine.

V1.05

- Une forte augmentation de la puissance peut être requise pour tenir la vitesse d'approche dans cette configuration.

Donc la réponse est NON, il n'est pas facile d'accélérer vers 1,45 Vs dans cette configuration. Envisagez une remise des gaz.

- A partir du moment où l'avion est configuré « atterrissage », les évolutions doivent être limitées au suivi de l'axe et du plan.

2- Quand peut-on / risquerait-on de devoir réaliser cette manoeuvre ?

Dans le cas d'une manoeuvre de retardement, tel qu'un virage de 360°, manoeuvre **fortement déconseillée** dès lors que l'on est engagé dans l'approche finale.

Une manoeuvre de retardement se fait normalement en palier, il faudrait donc d'abord se mettre en palier ...

Pour faire un 360° il faut être à 1,45 Vs.

Enseignements : Si on vous propose un 360° de retardement alors que vous êtes **configuré pour l'atterrissage**, refusez le, proposez une remise des gaz.

Si vous êtes à **1,45 Vs de la configuration approche palier**, il ne devrait pas y avoir de problème de pilotage particulier.

3- Quels phénomènes ou circonstances peuvent entraîner une réduction soudaine des marges de sécurité en évolution?

Le gradient de vent.

Imaginons que vous êtes parfaitement stabilisés en approche finale. A 1000 pieds sol, le vent est de face pour 30 noeuds, alors qu'au sol le vent est nul.

Par inertie, l'avion tend à garder sa vitesse sol.

Si vous n'avez **pas d'action** sur les **commandes**, votre avion tendra à garder l'incidence pour laquelle il est compensé, et sa vitesse par rapport à l'air. Il piquera et passera sous le plan.

Si vous agissez pour maintenir l'avion sur le plan d'approche, sans augmenter la puissance, la vitesse chutera, et vos marges de sécurité se réduiront.

4- Les marges de sécurité telles qu'énoncées sur l'affiche sont-elles toujours suffisantes ?

Ces vitesses sont des conventions, à situation exceptionnelle marges de sécurité exceptionnelles. Il y a des conditions météorologiques par lesquelles il ne vaut mieux pas voler.

Direction Générale de l'Aviation civile
50, rue Henry Farman
75720 Paris cedex 15
Tél. : 33 (0)1 58 09 43 21
Fax. : 33 (0)1 58 09 43 38

