

Nouveau! Retrouvez désormais tous les liens des exemples des rapports du BEA de cet article sur le site www.info-pilote.fr, rubrique sécurité.



par MICHEL BARRY, pilote professionnel, ingénieur aéronautique.

Comprendre les volets

en 12 points

La majorité des avions légers est pourvue de volets hypersustentateurs. Un mot savant pour exprimer que la sustentation (ou l'aptitude à porter) de l'aile est améliorée.

Les constructeurs choisissent d'en équiper leurs appareils uniquement pour qu'ils aillent plus vite et non pas pour «améliorer la portance», cette dernière restant égale au poids de l'avion dans toutes les phases stabilisées du vol. En effet, les basses vitesses seraient parfaitement possibles avec une aile de grande surface. Mais une grande surface serait pénalisante pour aller vite. L'aile non munie de volets n'est qu'un compromis entre les possibilités d'aller vite ou de voler lentement. En revanche, grâce aux volets, on peut fabriquer une aile de plus petite surface qui porte aussi bien qu'une grande. Pour aller vite, il suffit d'escamoter les volets... Le choix du braquage des volets obéit ensuite à des lois que le pilote doit connaître. Son rôle est de l'adapter aux différentes phases du vol. Le Manuel de vol informe le pilote des procédures recommandées et nous conseillons de le respecter. Sinon tout oubli, toute improvisation mal réfléchie, toute

recette personnelle pourraient

Après avoir rappelé les principes

élémentaires qui régissent l'aé-

rodynamique de l'aile, nous pas-

serons en revue douze exigences

rencontrées dans le pilotage d'un

conduire à des accidents.

avion classique.

A. Un peu d'aérodynamique de l'aile et les conséquences sur la mécanique du vol.

Les équations de vol en régime équilibré à n (facteur de charge) voisin de 1:

mg = Fz = Cz
$$\cdot \rho V^2/2 \cdot S$$

T = Fx = Cx $\cdot \rho V^2/2 \cdot S$

- · mg: poids de l'avion = Fz
- $\cdot \rho V^2/2$: pression dynamique à la vitesse V et dans l'air de masse
- volumique ρ
 S : surface alaire
- •T: traction du GMP
- Fx : traînée de l'avion
- Fz : portance de l'aile

Pour mg donné Cz. V2 est constant.

Pour diminuer V, il faut augmenter Cz.

Les polaires Figure 1 montrent comment sont liés Cz et Cx pour un braquage donné des volets.

Les volets permettent de faire varier Cz et Cx, respectivement coefficient de portance et coefficient de traînée, liés entre eux par la polaire de l'aile. Ainsi quand le pilote choisira un braquage de volets dans l'intention de faire varier Cz, il devra accepter la variation de Cx correspondante. Voir Figure 1

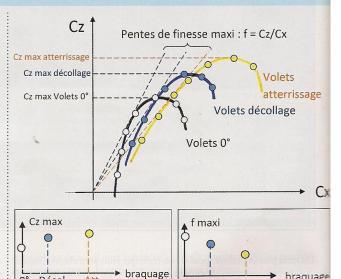


Figure 1. Trois polaires pour trois configurations standards des avions légers

· le braquage des volets augmente Cz max. Il s'en suit une possibilité de voler moins vite, Cz augmentant V diminue. Propriété recherchée pour les phases de vols les plus lentes :

braquage

- les courbes peuvent être paramétrées en incidence (chaque rond correspond à une incidence). Par précaution (décrochage) les vitesses recommandées font voler à des incidences un peu inférieures à celle des Cz max:
- le braquage des volets augmente Cx. A vitesse égale, la traînée, donc la force de traction, donc la puissance nécessaire au vol, est d'autant plus grande que les volets sont braqués:
- la finesse f maxi diminue avec le braquage des volets. Les phases de vol exigeant le maximum de finesse (pente de montée, croisière, descente sous faible pente) seront effectuées volets à zéro degré (volets rentrés ou « avion en lisse »).

Ci-dessous, quelques exemples d'efficacité de volets, représentée par le rapport entre vitesse VSO (pleins volets) et VS1 (volets zéro), lié au rapport des coefficients de portance Cz maxi, en configuration atterrissage ou en lisse, et Cz volets zéro.

Décol.

Att

, , , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	VS1 volets zéro (kt)	VS1 volets déco. (kt)	VSO (atterrissage) (kt)	VSO/VS1(0)	Cz max (att.)/ Cz max (lisse)
DR 400-120	51	48	45	0,88	1,30
APM 30 Lion	58	52	45	0,78	1,64
TB 10	58	55	48	0,83	1,45
Cessna 172	44	37	33	0,75	1,77
PA 28	50	47	44	0,88	1,30
MCR 4S	57	47	44	0,77	1,69

B. Caractéristiques du régime de vol et choix du braquage des volets.

Que l'avion soit ou non équipé de volets, son utilisation optimale passe par au moins douze besoins énumérés ci-après. On désire :

- Au roulement au décollage :
 1. décoller le plus tôt possible si la piste est courte;
- s'arracher de la boue ou de la neige ou du sable.
- · Après le décollage :
- 3. soit une vitesse ascensionnelle: Vz la plus forte (Vz ou vario maxi):
- 4. soit une pente de montée : la plus forte possible (Vz/V maxi).
- · En croisière:
- 5. soit une consommation/ distance: la plus faible possible pour voyager;
- 6. soit une consommation horaire: la plus faible possible pour rester longtemps en l'air (attente, observation...).
- En descente:
- 7. soit une pente de descente : la plus faible possible (finesse maxi);
- 8. soit une vitesse de chute : la plus faible possible;
- 9. soit une pente de descente : la plus forte possible.
- En finale :
- essentiellement une vitesse de toucher des roues la plus faible possible afin de rouler peu après l'atterrissage;
- 11. une manœuvrabilité, notamment aux ailerons, dans tous les cas de figure (vent, turbulence);
 12. de pouvoir procéder à une remise de gaz à chaque instant de la finale ou de la courte finale.
- 1 Décoller le plus tôt possible si lα piste est courte
 Deux facteurs contribuent à déterminer la meilleure procédure de décollage : la puissance disponible et le coefficient Cz. En effet on pourrait imaginer sortir les pleins volets pour décoller à la vitesse la plus basse possible (Cz max) mais, dans ce cas, Cx élevé pénaliserait l'accélération et rallongerait la distance. Le

constructeur a tenu compte de la puissance et de Cz max pour définir le meilleur braquage des volets. Sur la plupart des avions légers, le bon compromis est obtenu soit pour «volets zéro», soit pour «volets décollage». Certains appareils STOL sur motorisés décollent pleins volets (équivalents «volets atterrissage»).

Pour décider, recours au Manuel de vol qui préconise le braquage optimal : soit «volets décollage» soit «volets zéro». Certains constructeurs distinguent «piste longue» et « piste limitative». Eviter les pleins volets sur la plupart des appareils non-STOL. Combinés à d'autres facteurs (givre, piste boueuse), ils peuvent compromettre le décollage.

- Voir accident d'un DR 400-120 pour lequel les volets restés en position « atterrissage » ont aggravé une situation déjà bien difficile. Lien #1 sur notre site
- Pour un autre accident, l'oubli de braquer les volets en position décollage, tel que préconisé par le constructeur sur un terrain court, a contribué à la sortie de piste. Lien #2 sur notre site

2 S'arracher de la boue ou de la neige ou du sable

A noter des procédures particulières comme celle qui consiste à accélérer «volets zéro» ou «volets décollage» puis à sortir brièvement les pleins volets (Cz max figure 1) pour s'arracher d'une piste boueuse. A utiliser seulement après entraînement et qualification.

3 Vz lα plus forte possible Il s'agit d'un choix recommandé quand l'atmosphère présente des zones de courants descendants (rabattants). Voir REX du mois sur notre site (n° 406 du 13 août 2015 « Des volets changeants ») Peu importe la pente de montée, il s'agit de ne pas descendre. Dans ce cas, l'aérodynamique des volets dicte ses lois : parfois, c'est « volets zéro », parfois c'est « volets décollage ». Pour information c'est

le rapport Cz3/Cx2 maxi qui permet à l'avion de monter à la vitesse Vz la plus forte. Selon l'avion il est obtenu en lisse ou volets légèrement sortis. La configuration est celle préconisée par le constructeur pour « montée optimale ».

4 Une pente de montée la plus forte possible Vz/V maxi)

Pour l'obtenir la solution est unique : finesse f maxi (f = Cz/ Cx) donc «volets zéro». (Courbe noire sur Figure 1.)

Il semblerait donc que la solution « je décolle avec les volets et je les rentre dès que l'appareil est en vol» soit la mieux adaptée pour un décollage performant. Mais c'est oublier les régimes transitoires comme celui du passage de «volets atterrissage» à «volets zéro» au cours duquel l'appareil ne peut pas accélérer brutalement à la vitesse de pente de montée maxi. (voir IP n°712 de juillet 2015). La durée de la transition interdit de rentrer les volets juste après le décollage. Car la rentrée des volets:

- diminue instantanément Cz, donc la portance avant que l'avion n'ait accéléré;
- élève dangereusement VS, car VS1 (0°) est supérieure à VS0. Voir tableau.

Deux bonnes raisons qui expliquent pourquoi, sachant que le taux de montée diminue pendant la manœuvre, on doit attendre de parvenir à une hauteur de sécurité (300 ou 500 pieds) avant de rentrer les volets. Plus les appareils ont des volets performants (forte variation de Cz) plus l'écart

entre VS0 et VS1 est important et plus le taux de montée diminuera au cours de la manœuvre. Et si elle se terminait à une vitesse inférieure à VS1 l'appareil décrocherait. Voir accident d'un MCR 4S, rapporté par le BEA, et dans lequel l'hypothèse de décrochage pendant la rentrée des volets, de la position décollage vers zéro, est évoquée.

Lien #3 sur notre site

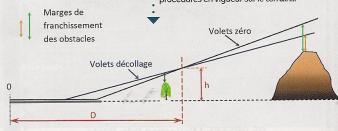
De ces remarques, et face à l'interdiction de toucher aux volets au-dessous d'une hauteur inférieure à quelques centaines de pieds, il faut absolument au décollage s'astreindre à conserver la configuration de volets jusqu'à la hauteur préconisée. En cas de décollage face à des obstacles et si le constructeur autorise le décollage «volets zéro» il faudra comparer les 2 trajectoires avec ou sans volets et choisir celle qui donne une marge de franchissement d'obstacles la plus grande. Voir Figure 2

Figure 2. Trajectoires comparées avec et sans volets

Les deux trajectoires de montée optimale, avec «volets décollage» ou sans volets se croisent à une distance D du point de mise en puissance «O». Selon la distance des obstacles par rapport au début de la piste on retiendra schématiquement:

 piste courte, obstacles rapprochés (rideau d'arbres) plutôt «volets décollage». Trajectoire en bleu;

piste non limitative, obstacles éloignés (relief) plutôt «volets zéro». Trajectoire en noir.
 Dans tous les cas l'analyse des performances au décollage et des performances en montée du Manuel de vol donneront le choix le plus adapté au décollage et à son environnement: température, altitude-pression, pente de la piste, longueur de la piste, état de la piste, vent, hauteurs des obstacles, distances, exigences liées aux procédures en vigueur sur le terrain...



Une consommation/distance la plus faible possible pour voyager plus loin Peu d'hésitation : en général plus les volets sont relevés, plus la finesse f (f = Cz/Cx) est grande et plus la distance franchissable est élevée. Certains appareils comme les motoplaneurs peuvent braquer les volets vers le haut (braquage négatif). Les procédures doivent parfaitement être maîtrisées sous peine de cafouillages qui peuvent nuire aux performances et à la sécurité, notamment au décollage et en montée. Voir rapport d'un accident de DG 400.

Lien #4 sur notre site

6 Une consommation horaire lα plus faible possible pour rester longtemps en l'air (attente, observation...)
Le régime d'attente, celui où la consommation horaire est la plus faible, permet de rester le plus longtemps possible en l'air avec une quantité de carburant donnée : avions d'observation, attente en vol d'une amélioration météo, attente à proximité d'un aérodrome encombré, exploitation des ascendances en motoplaneur...

La position des volets, celle qui permet le vol en consommant le moins possible, est indiquée dans le Manuel de vol. En général un faible braquage ou volets zéro.

7 Une pente de descente la plus faible possible (finesse maxi)

Afin de consommer le moins possible lors d'un voyage on commence la descente à la plus grande distance possible de l'arrivée. Volets rentrés ou volets braqués en négatif pour la finesse

3 Une vitesse de chute lα plus fαible possible On retrouve la position des volets du régime d'attente. La plupart du temps entre « volets zéro » et « volets décollage ».

⁹ Une pente de descente lα plus forte possible Si l'objectif est par exemple un

rattrapage de plan par dessus, on a intérêt à avoir une traînée maxi grâce aux pleins volets : «volets atterrissage», courbe jaune de la Figure 1.

Une vitesse de toucher des roues lα plus faible possible αfin de rouler peu Le braquage des pleins volets permet une courte finale la plus lente à 1,3 VSO. On sélectionne cette position dès qu'on est certain d'atterrir. Elle n'interdit pas pour autant la remise de gaz même si l'opération avec les pleins volets est un peu plus compliquée que depuis la configuration « volets décollage ». (voir § 12)

 Une manœuvrabilité, notamment aux ailerons, dans tous les cas de figure (vent. turbulence) Les pleins volets imposant de ne pas voler trop vite (vitesse limite: VFE) rendent les finales inconfortables en cas de vent fort ou de turbulence. En effet plus l'avion est lent plus il est vulnérable aux perturbations. Les commandes de vols, notamment les ailerons, sont moins efficaces à basse vitesse, malgré une déflexion bénéfique de l'écoulement venue du contournement des volets braqués. Avec volets moins braqués, donc plus rapide, en cas de gradient de vent et pire de cisaillement de vent.(rafale arrière) l'avion risquera moins de décrocher. Enfin en effet de sol les pleins volets provoquent une hypersustentation qui représente une aubaine pour tous les coups de vent malveillants surtout ceux venant de côté. Alors que le pilote croit l'atterrissage contrôlé, une rafale peut soulever l'aile d'autant plus facilement que les volets sont braqués. Pour chaque avion, respecter la recommandation de braquage en atmosphère turbulente, souvent « volets décollage ». Et une fois posé on a intérêt à rentrer les volets le plus tôt possible. Voir l'accident d'un PA 28 malmené par une rafale lors d'un atterrissage pleins volets.

Lien #5 sur notre site

procéder à une remise de gaz à chaque instant de la finale ou de la courte finale.

La rentrée des volets de «position atterrissage» vers «position décollage» diminue la traînée.

L'augmentation de finesse ainsi réalisée permet une pente de montée plus forte. Le gain est d'autant plus appréciable que l'appareil est faiblement motorisé.

Mais la double difficulté entrevue

au § 4 existe:

- réaccélérer vers une vitesse de montée optimale plus élevée que la vitesse d'approche afin d'atteindre la Vitesse minimum opérationnelle de Rentrée des Volets au moins égale à 1,2 VS1, VS1 étant la vitesse de décrochage de la configuration suivante. Par exemple la configuration décollage.
- piloter une trajectoire descendante, car pendant la manœuvre des volets la portance devient inférieure, heureusement très passagèrement, au poids de

l'avion. (Voir dans le REX du mois comment une rentrée intempestive des volets provoque un enfoncement surprenant en courte finale).

Tout rentre dans l'ordre dès que la vitesse et l'incidence de l'aile augmentent. En effet, volets sortis en configuration atterrissage on obtenait un coefficient Cz plus élevé. Il faut absolument le retrouver par une augmentation d'incidence, ce qui se traduit par une obligation d'assiette plus élevée.

D'où l'affichage quand la puissance (ou la poussée) le permet d'une assiette plus forte qui garantit une incidence adéquate et un vario positif.

Manœuvre délicate sur un appareil faiblement motorisé.
A noter tout l'intérêt de garder les «volets décollage» en finale quand on pressent une remise de gaz (arrivée IFR aux minimas par exemple) et quand la longueur de piste n'est pas limitative.