





Les turbulences de sillage

A partir du grade  et programme examen du grade  et supérieurs

A partir du grade  et programme examen du grade  et supérieurs

1. Définition

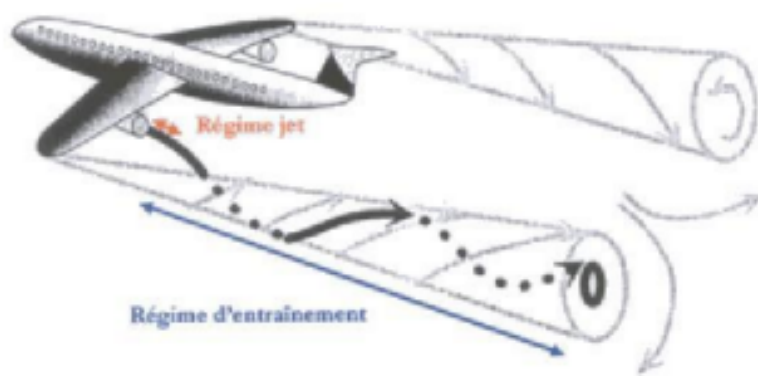
La turbulence de sillage est une turbulence aérodynamique qui se forme derrière un aéronef. Ces turbulences de sillage apparaissent après l'envol et cessent dès que l'appareil touche la piste. En d'autres termes, il n'existe de turbulences de sillage que lorsque l'appareil génère de la portance, c'est à dire qu'il vole.

La turbulence comprend les phénomènes suivant :

- « jetwash » ;
- Tourbillon marginal.

Le jetwash est dû aux gaz expulsés par les réacteurs. Il est extrêmement violent, mais de courte durée.

Le tourbillon marginal correspond à des turbulences aux extrémités des ailes et sur leur surface supérieure. Elles sont moins violentes, mais elles peuvent perdurer jusqu'à trois minutes après le passage d'un avion. Elles sont une cause d'accidents d'avions.

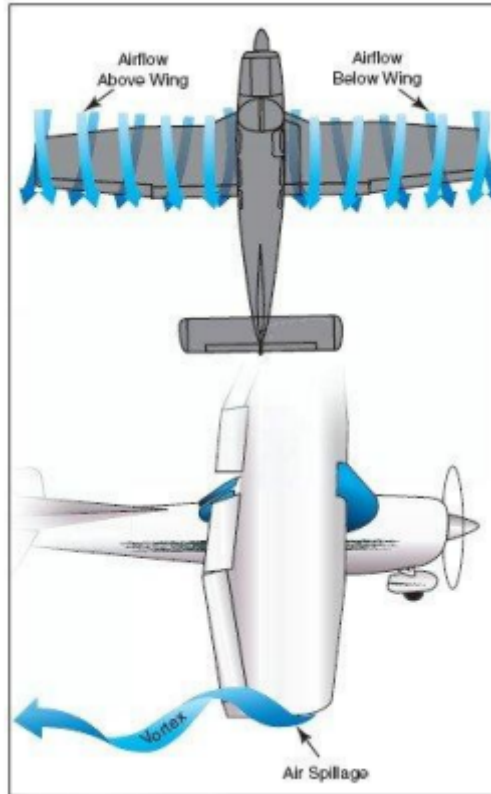


C'est le mélange de ces tourbillons avec les jets issus des réacteurs qui crée les traînées de condensation que l'on peut observer dans le ciel.

1.1 Création de la turbulence

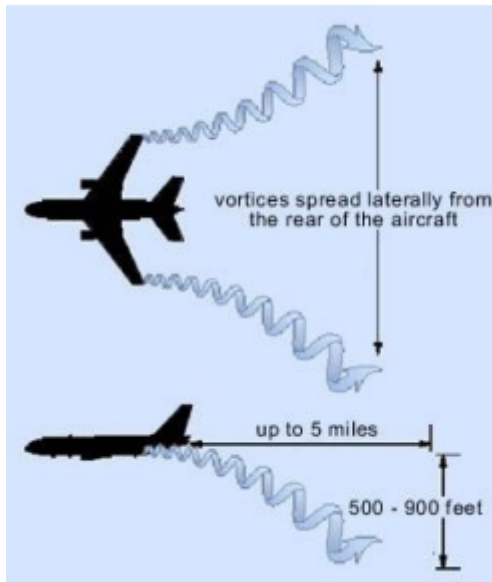
En pratique, les turbulences de sillage sont créées du fait de la différence de pression entre l'intrados et l'extrados de l'aile.

Lorsque les filets d'air sur l'intrados et l'extrados se rejoignent au niveau du bord de fuite de la voilure, les angles décrits par les deux trajectoires sont tels qu'ils "s'enroulent" l'un autour de l'autre pour former un tourbillon appelé tourbillon de fuite.



L'écoulement ainsi perturbé forme à l'arrière du bord de fuite une véritable nappe tourbillonnaire. L'association des tourbillons marginaux et des tourbillons de fuite, qui se rejoignent en aval du profil, donnent naissance à une zone fortement perturbée. Cette turbulence est appelée turbulence de sillage.

Ceci entraîne la création de vortex en bout d'aile. Ces derniers vont tournoyer derrière l'appareil et rester plus ou moins longtemps suivant l'état de la masse d'air (turbulent ou non, force du vent...)



1.2 Risques et danger

La turbulence de sillage augmente la traînée de l'avion et nuit donc aux performances.

Elle est particulièrement dangereuse dans les phases de décollage et atterrissage à cause des paramètres :

- La vitesse de l'avion est réduite et son angle d'attaque élevé ce qui favorise l'apparition de ces turbulences ;
- L'avion est à vitesse réduite proche du décrochage et proche du sol. Il dispose donc de peu de marge de manœuvre en cas d'incident.

Plus l'appareil est lourd, plus les turbulences de sillage générées seront fortes.

Le danger principal est du aux mouvements circulaire des vortex, pouvant entraîner un mouvement de roulis assez important pour retourner un avion (léger voire un jet d'affaire).

Retenons également, pour mémoire, que des expérimentations en vol ont permis de démontrer que la turbulence de sillage générée par les avions lourds présente un taux de descente de l'ordre de 400 à 700 ft/min, la tendance étant ensuite une stabilisation à 900 ft sous l'altitude de vol de l'appareil qui en est à l'origine de la turbulence.

A masse identique, un hélicoptère génère des turbulences de sillage 7 fois plus importantes qu'un avion

1.3 Réduction des turbulences

Les constructeurs ont mis au point des dispositifs tels que les winglets, sensés réduire les effets de cette perturbation (allongement fictif de la voilure).

L'idéal serait une aile dite infinie (de type annulaire par exemple, telle que celle étudiée par la Nasa).

1.4 Prévention

Lorsque la turbulence de sillage est générée à proximité du sol, comme c'est le cas lors des phases de décollage et d'atterrissage, les tourbillons se déplacent latéralement en atteignant le sol. Ils s'écartent à une vitesse voisine de 5 noeuds.

Il existe un certain nombre de situations potentiellement dangereuses :

- Lorsque, par exemple, la composante de vent de travers est proche de 5 noeuds (entre 3 et 7 noeuds). Il y a alors une forte probabilité pour que le tourbillon soit ramené et maintenu sur l'axe de la piste.
- Lorsque le vent est "secteur arrière". Les turbulences sont alors décalées par rapport au point de toucher des roues ou du point de rotation

Plusieurs types d'actions préventives peuvent être envisagés :

- La première consiste à respecter un espacement matérialisé par un temps minimal de séparation qui laisse aux turbulences de sillage le temps de se dissiper. Deux à trois minutes sont un ordre de grandeur satisfaisant ;
- La seconde consiste à adapter sa trajectoire afin d'éviter les zones potentiellement dangereuses :
 - Si l'appareil plus lourd précédent est au décollage, atterrir avant son point de rotation ;
 - Si l'appareil plus lourd précédent est à l'atterrissage, atterrir après son point de toucher des roues ;
 - Veillez à effectuer l'approche au-dessus ou sur le même plan de descente. En aucun cas, sous son plan.

Dans tous les cas, il faut tenir compte, lors de l'évaluation des risques de rencontre des turbulences de sillage, des différents effets du vent qui peuvent entraîner leur déplacement.


2. Catégories d'appareil

Les aéronefs sont classés comme suit :

Faible tonnage	LIGHT	Masse maximale décollage < 7 t
Moyen tonnage	MEDIUM	7 t < Masse maximale décollage < 136 t
Gros porteur	HEAVY	Masse maximale décollage > 136 t

Jumbo	JUMBO	A380
-------	-------	------


Il est à noter que certains appareils ne respectent pas cette classification :



Le Boeing 757 est classé en Medium. Cependant il doit être considéré comme medium quand il suit un autre aéronef et un Heavy quand il est suivi par un autre aéronef.

3. Appellation des catégories

« Heavy » est ajouté à l'indicatif après le nom de la compagnie et le numéro du vol aux Etats Unis. En Europe, cette appellation est beaucoup plus rare.



“
Un Air France en Boeing 777 : "Air France 001 HEAVY"

« Super » est ajouté à l'indicatif d'appel pour un A380.