
	AERO-CLUB DU CE AIRBUS-FRANCE TOULOUSE	
	CISOA-Commission Interne pour la Sécurité des Opérations Aériennes	
05/2012	Conseil Sécurité du mois	Page 1/6

Rédacteur : Jean-Louis Rabilloud

mise à jour du 18 janvier 2016

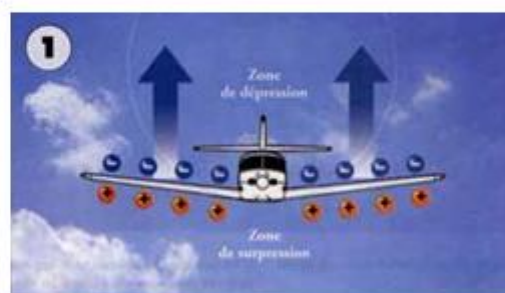
Les tourbillons de sillage ... un piège **invisible**

- Vous êtes-vous imaginé voler dans le tambour d'une énorme machine à laver ou bien dans le rouleau d'une gigantesque vague déferlante ?
- C'est pourtant ce qui vous arrivera si, en avion léger, vous passez dans les tourbillons de sillage d'un avion de ligne ou même d'un avion d'affaires !
- Inutile de dire que cette rencontre sera **catastrophique** en approche ou au décollage, et **très critique** dans toutes les autres phases de vol.
- Voici deux cas exceptionnels où le phénomène est visible grâce à des fumigènes ou à des nuages. Dans la grande majorité des cas, il est **totalemment invisible**.



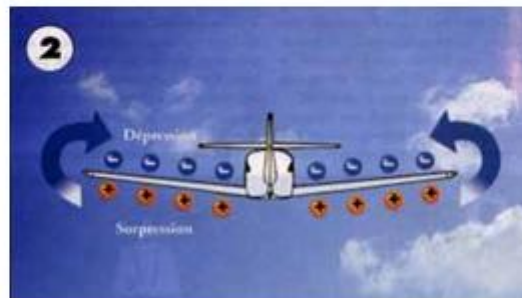
Explication (1)

- Un avion vole grâce à la force de portance développée par l'écoulement d'air sur les ailes, et plus précisément par la différence de pression entre l'extrados et l'intrados qui est créée par cet écoulement:



Explication (2)

- Tout se passerait assez bien si l'aile avait une envergure infinie.
- En réalité, aux extrémités de l'aile, l'air en surpression de l'intrados va contourner le bout d'aile pour rejoindre l'extrados à plus faible pression:



Explication (3)

- Avec l'avancement de l'avion, ceci crée donc un **tourbillon derrière chaque extrémité d'aile**, appelés tourbillons marginaux ou **tourbillons de sillage** (en anglais **wake vortex**).
- Le passage de l'avion crée aussi toute une zone perturbée par l'ensemble de l'aile, les moteurs, les empennages, le fuselage. C'est la **turbulence de sillage**, très agitée mais peu organisée.
- Ce qui nous occupe plus particulièrement ici, ce sont les tourbillons de sillage, écoulements rotatifs **redoutablement** organisés !!



Explication (4)

- Ces tourbillons développent (et gaspillent donc) une énergie importante, ce qui est d'ailleurs la source principale de la « trainée induite par la portance » dont on parle en cours d'aérodynamique.
- C'est pourquoi les aérodynamiciens essaient de réduire ces « vortex », notamment par les winglets ou sharklets que l'on voit fleurir sur les avions récents.
- Mais cela ne fait que réduire le phénomène, il ne l'élimine pas !!



Paramètres caractéristiques (1)

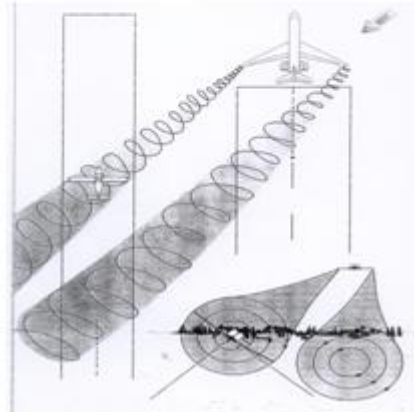
- Les **tourbillons de sillage** étant créés par la **portance** de la voilure, l'énergie qu'ils contiennent est d'autant plus grande que :
 - L'avion est **lourd**
 - L'avion vole à **fort angle d'incidence** (faible vitesse, virage serré, ressource)
 - Les **volets et bords de fuite sont déployés** (décollage, approche)
- Pour cette même raison, les tourbillons de sillage **n'existent pas** quand l'avion est à **portance nulle**: avant la rotation au décollage et après le poser de la roue avant à l'atterrissage. **Mais il y aura dans ces deux cas, la très forte turbulence due aux moteurs en poussée positive ou en réverse, qui est également un danger pour l'avion qui suit.**

Paramètres caractéristiques (2)

- Les tourbillons de sillage se déplacent après le passage de l'avion:
 - **Latéralement**, à la vitesse d'environ 5kts **vers l'extérieur**
 - **Verticalement** à environ 500 à 900 ft/mn **vers le bas**
 - **Avec le vent** en plus des déplacements propres ci-dessus



Il faut donc en tenir compte aussi lorsqu'on décolle ou atterrit sur une **piste proche**.



Paramètres caractéristiques (3)

- Les tourbillons de sillage se dissipent avec la turbulence atmosphérique et le vent : si l'atmosphère est très calme, ils peuvent subsister très longtemps (plus de 5 minutes). En moyenne on estime qu'ils sont très amoindris en 3 minutes

D'où les règles appliquées par les contrôleurs:

- **Mais si l'atmosphère est très calme, augmentez ces temps d'attente !!**

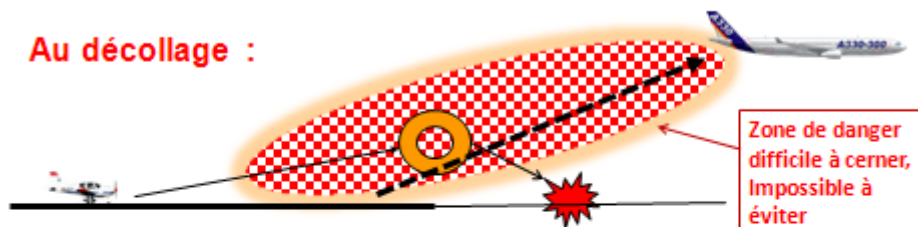
		AVION EN TETE		
		Gros (Heavy)	Moyen (Medium)	Léger (Light)
AVION DERRIERE	Gros (> 136 t)	4 NM 2 min	3 NM 2 min	3 NM -
	Moyen (> 7 t & ≤ 136 t)	5 NM 2 min	3 NM 2min	3 NM 2 min
	Léger (≤ 7t)	6 NM 3 min	5 NM 3 min	3 NM 2 min

Un piège que l'on doit éviter (1)

- L'énergie de rotation des tourbillons de sillage d'un avion plus lourd (à partir de 5 tonnes vis-à-vis d'un avion léger) est telle que **les commandes de l'avion léger sont en général d'une efficacité insuffisante pour contrer la rotation**
- En cas de rencontre imprévue en **vol de croisière avec suffisamment d'altitude**, agir comme pour un virage engagé:
 - Immédiatement **réduire les gaz** pour éviter une augmentation dangereuse de la vitesse (dans le piqué qui va suivre inévitablement)
 - Surtout, **ne pas chercher à contrer la rotation au palonnier**, cela ne ferait qu'aggraver la situation en introduisant du dérapage et en risquant de graves dommages structuraux si la vitesse est élevée
 - dès que la rotation diminue, **remettre l'avion ailes horizontales** en utilisant les **ailerons uniquement**
 - puis reprendre l'assiette de palier et ajuster les gaz

Un piège que l'on doit éviter (2)

Au décollage :



En plus de leur mouvement propre, le vent déplace les tourbillons

Même en décollant très court, le taux de montée d'un avion léger n'est **jamais** suffisant pour rester au-dessus des tourbillons

Décoller juste derrière un avion plus lourd, **même sur une piste différente** (ex Blagnac) présente **toujours un risque très important !!**



Attendre impérativement au moins 3 minutes et même **5 minutes** si l'atmosphère est très calme.

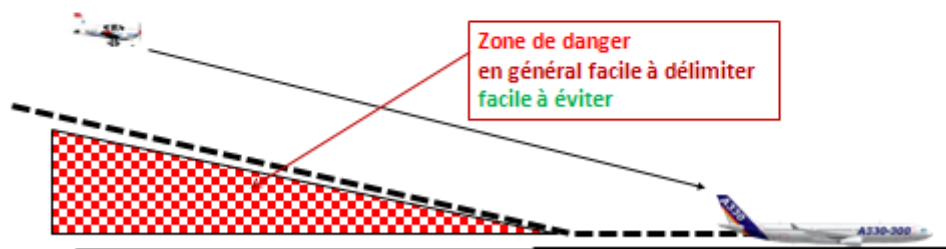
Un piège que l'on doit éviter (3)

A l'atterrissage :

Rester **nettement** au-dessus de la trajectoire d'approche de l'avion lourd et atterrir **bien après** l'endroit où il a posé la roue avant

... sinon **attendre 3 mn minimum**

Eviter les tourbillons d'avions qui **décollent** sur une autre piste !!



Conclusion

- Les tourbillons de sillage d'un avion plus lourd (à partir de 5 tonnes vis-à-vis d'un avion léger) sont un **piège** en général **invisible** et **fatal** dans les phases de décollage et atterrissage
- Au décollage, il faut **impérativement** attendre la dissipation des tourbillons (**minimum 3 minutes**) car on ne peut les éviter à coup sûr, même sur des pistes différentes mais proches
- En approche et atterrissage, on peut éviter les tourbillons des avions ayant atterri en restant **très au-dessus de leurs trajectoires**, mais **attention aux avions qui décollent** et en cas de doute attendre au moins 3 minutes.
- Au décollage comme à l'atterrissage, le commandant de bord peut toujours demander au contrôleur d'attendre plus longtemps
- En cas de rencontre imprévue en vol de croisière, agir comme pour une position inusuelle ou un virage engagé.

<http://youtu.be/rFVdIyaA-rc> : vidéo montrant les effets catastrophiques sur un avion léger des tourbillons de sillage d'un aéronef qui n'est généralement pas considéré comme un avion lourd.

Bons vols !