

	AÉRO-CLUB DU CE AIRBUS-FRANCE TOULOUSE	
	CISOA-Commission Interne pour la Sécurité des Opérations Aériennes	
03/2015	Conseil Sécurité	Page 1/6

Rédacteurs : Bruno Guaus, Jacques Loury

Publié le 24 août 2015

Dans les turbulences et le cisaillement de vent : que faire ?

Qu'il souffle du Sud-Ouest, du Nord-Ouest ou de l'Autan, le vent est très familier des habitants de la région toulousaine. Il en est de même de ces gros nuages bourgeonnants qui annoncent les bourrasques, le tonnerre, avec ces fortes chutes de pluie ou de grêle tant redoutées des agriculteurs et des viticulteurs !

Certains jours on se passerait volontiers de nœuds superflus, de violentes rafales, d'un air instable, d'un ciel chargé de TCu ou de Cb, de passages de grains, etc. générant de l'inconfort et des difficultés à tenir sa trajectoire.

Ce conseil sécurité a un double objectif :

- faire de brefs rappels sur les phénomènes de **turbulence** et de **cisaillement** et leur dangerosité ;
- indiquer les moyens de localiser et détecter ces phénomènes significatifs ainsi que les précautions à prendre pour minimiser leurs effets quant au confort de l'équipage, au pilotage de l'avion et à la maîtrise de sa trajectoire.

La plupart des éléments de ce conseil sécurité sont extraits de la [Fiche Turbulence](#) et du [Guide Aviation de Météo-France édition 2014/2016](#) disponibles sur [Aeroweb](#).

Contenu

1	Introduction	2
2	Dans la turbulence	3
3	Dans le cisaillement	3
3.1	Cisaillement de vent = danger !	3
3.2	Vue d'artiste d'un cisaillement de vent à proximité d'un nuage convectif	3
3.3	Cisaillement de vent = difficultés de pilotage	4
4	Synthèse	5
5	Localisation et détection des zones de turbulence et de cisaillement	5
5.1	Mieux vaut prévenir que subir !	5
5.2	Avant le vol	5
5.3	Pendant le vol	5
6	Quand une zone de turbulence n'a pas pu être contournée	6
7	En conclusion	6
8	Pour approfondir le sujet	6

1 Introduction

En vol, il arrive parfois que l'avertisseur de décrochage sonne brièvement, que la vitesse indiquée, l'altimètre, le régime moteur, l'assiette, l'inclinaison et le cap fluctuent assez fortement, sans que le pilote ait volontairement agi sur les commandes.

Ces fluctuations sont dues dans la majorité des cas à la **turbulence**, phénomène significatif fort bien décrit dans la [Fiche Turbulence](#) et en page 41 de la version papier et page 32 de la version électronique du [Guide Aviation édition 2014/2016](#) et défini ainsi :

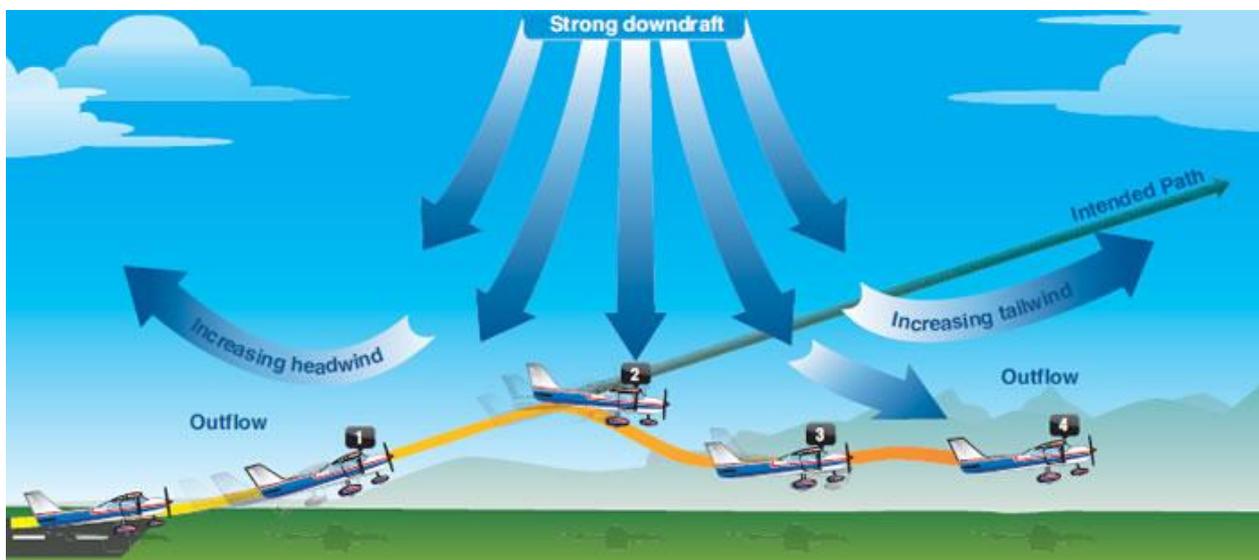
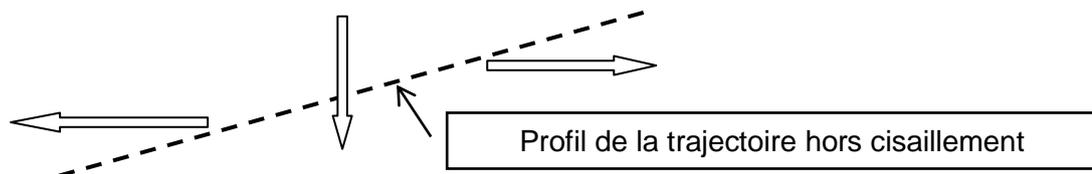
« La turbulence désigne des mouvements aléatoires de l'air se superposant au mouvement moyen. La turbulence aéronautique est associée à toute variation de la direction et/ou de la vitesse du vent (cisaillement) engendrant des accélérations verticales ou horizontales pouvant modifier les paramètres de vol non compensées par des méthodes normales de pilotage. »

La turbulence a deux origines principales :

- une origine mécanique [frottements, écoulement], qui se manifeste le plus souvent à proximité du relief et de constructions de grande hauteur, ainsi que dans le sillage d'un aéronef (tourbillon de sillage) ou en ciel clair en présence de vent quand des masses d'air présentent une différence de viscosité ;
- une origine thermique ou convective, qui se manifeste quand l'atmosphère est instable ou présente des différences significatives de température.

Le **cisaillement de vent** (« windshear » en anglais) (cf. page 42 de la version papier et page 32 de la version électronique du [Guide Aviation édition 2014/2016](#)) se caractérise par un changement sur une courte distance de la vitesse et de la direction du déplacement de la masse d'air dans laquelle évolue un aéronef.

Ci-après l'illustration schématique d'un cisaillement se produisant au voisinage d'un nuage convectif et de ses effets sur la trajectoire d'un avion au décollage et en montée initiale :



☞ Dans le cisaillement le maintien de la trajectoire et de la vitesse s'avère toujours difficile voire très critique à proximité du sol.

2 Dans la turbulence ...

Les fluctuations involontaires citées en introduction et le déclenchement de l'avertisseur de décrochage ont pour cause principale les changements d'incidence et d'intensité du vent relatif auquel les divers éléments de la structure de l'avion sont soumis (voilure, empennages, fuselage, hélice).

Les changements d'incidence et d'intensité du vent relatif sont dus aux variations instantanées de la direction et de l'intensité du vent atmosphérique qui induisent des variations plus ou moins brèves et désordonnées des forces aérodynamiques provoquant des mouvements intempestifs autour des axes d'inertie.

Les variations des forces aérodynamiques, en provoquant ces mouvements, génèrent du facteur de charge additionnel induisant entre autres des torsions et des flexions des éléments structuraux.

3 Dans le cisaillement ...

3.1 Cisaillement de vent = danger !

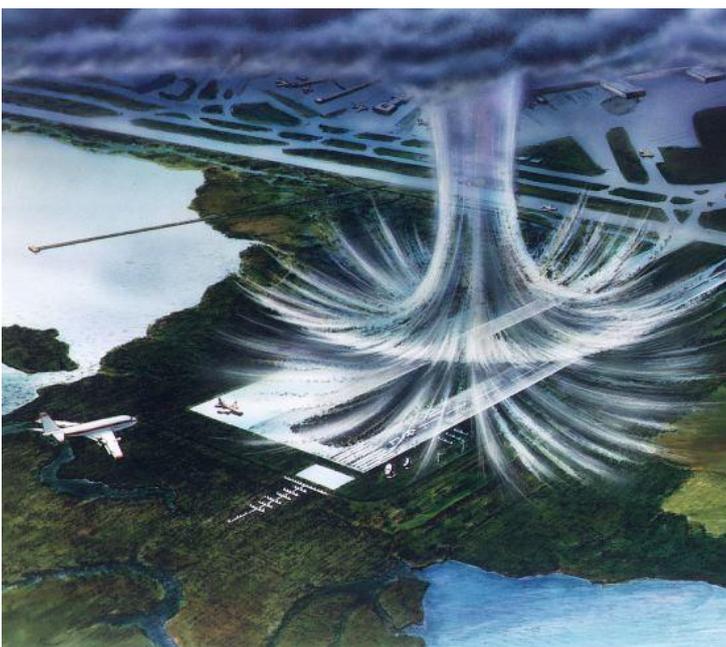
La presse spécialisée de l'aviation et le BEA ne manquent pas d'évocations d'évènements graves liés à ce phénomène particulièrement dangereux, notamment lors d'évolutions à faible hauteur.

Sa conséquence directe est de modifier l'intensité du vent relatif et sa direction et plus particulièrement son orientation par rapport à l'axe longitudinal de l'avion, donc de sa vitesse propre ou vitesse « air » et de l'incidence à l'origine des forces aérodynamiques.

Dans la plupart des cas le cisaillement est associé à un très fort gradient de vent¹.

3.2 Vue d'artiste d'un cisaillement de vent à proximité d'un nuage convectif

Une masse d'air froid « tombe » du nuage (downburst) et se propage à l'horizontale dans toutes les directions (windshear) et sur une grande distance en créant un front de rafales.

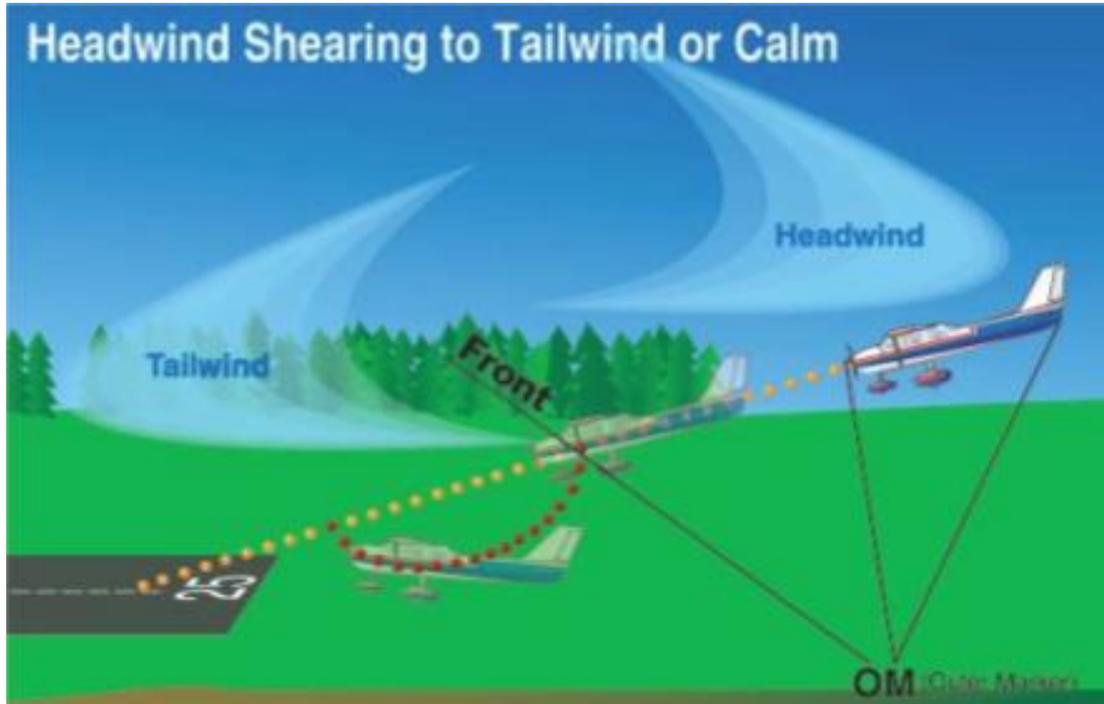


- **Taille** : flux descendant, réparti sur environ 1800 m en diamètre à la base du nuage, se transformant lorsqu'il frappe le sol en un flux horizontal, avec un fort gradient de vent, s'étalant sur 4500 m ;
- **Intensité** : jusqu'à 6000 ft/m en vertical et 45 kt en horizontal à proximité de la surface, induisant d'une extrémité à l'autre d'un avion une variation de 90 kt du vent relatif ;
- **Durée** : généralement 15 minutes, avec des vents horizontaux augmentant pendant les 5 premières minutes avec une intensité maximum pendant 3 à 4 minutes.

¹ cf. [Conseil sécurité 04/2015 : Gradient de vent et kVe : comprendre et agir](#)

3.3 Cisaillement de vent = difficultés de pilotage

C'est lors du décollage et en montée dans un cisaillement (cf. illustration de la page 2) ainsi qu'en approche et à l'atterrissage que le pilote rencontrera les plus grandes difficultés, comme illustré ci-après :

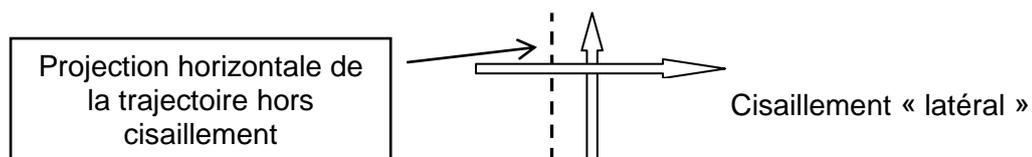


En effet dans le cisaillement, quand le vent météorologique est « arrière » (tailwind), il y a un « déventement » des surfaces soumises au vent relatif qui se manifeste par une diminution importante de la **vitesse « air »** réduisant fortement l'intensité des forces aérodynamiques avec pour conséquence une moindre efficacité des gouvernes mais surtout une perte de portance sur l'aile induisant une variation importante de la **vitesse verticale Vz** (diminution en montée et augmentation en descente).

Quand le vent de face (headwind) vient à augmenter, les effets ci-dessus sont inversés !

En volant dans du cisaillement, phénomène très souvent associé à un fort gradient de vent, le pilote est contraint d'adapter la puissance appliquée afin d'obtenir à tout moment une vitesse supérieure à la vitesse de sécurité ($1.3 V_s$) mais inférieure à la V_{no} ainsi qu'une efficacité suffisante des gouvernes.

Dans le cas d'un cisaillement subi latéralement (crosswind) l'avion peut soudain changer de cap avec d'assez grands écarts, à cause de l'effet girouette (mouvement en lacet).



Ce mouvement en lacet, parfois si rapide que le pilote ne parvient pas à le contrer par une action sur le palonnier, induit obligatoirement un mouvement en roulis.

A ces mouvements en lacet et en roulis se combinent des mouvements en tangage induits par la variation de portance et par les fortes turbulences et les rafales de vent qui généralement accompagnent le cisaillement.

Conseil Sécurité 03/2015	AÉRO-CLUB DU CE AIRBUS-FRANCE TOULOUSE	Page 5/6
	Dans les turbulences et le cisaillement de vent : que faire ?	

4 Synthèse

- ☞ **en avion léger le cisaillement peut provoquer une variation de 30 kt sur la vitesse « air » et une variation de 450 ft/mn sur la vitesse verticale Vz.**
- ☞ **en atmosphère agitée, quelle que soit la manifestation de la turbulence, réduire impérativement la vitesse en dessous de la Vno (Velocity for normal operating) (début de l'arc jaune sur l'anémomètre).**
- ☞ **dans certaines situations, il est impératif de remettre les gaz ou de se dérouter !**

5 Localisation et détection des zones de turbulence et de cisaillement

5.1 Mieux vaut prévenir que subir !

L'avion léger volant le plus souvent en VFR, et donc en respectant les VMC, n'a pas généralement d'équipement permettant de détecter la présence de turbulences ou de cisaillement dans son secteur d'évolution et de générer des alertes, alors que la plupart des avions de ligne qui volent en IFR et donc parfois en IMC en sont équipés.

Il importe donc avant le départ d'avoir localisé, sur la route et à l'altitude envisagées, les zones où ces phénomènes sont observés ou prévus, pour le cas échéant reporter le projet de vol ou modifier l'itinéraire et l'altitude de croisière.

5.2 Avant le vol

L'analyse attentive et l'interprétation des diverses observations et prévisions des phénomènes météorologiques significatifs permet de connaître les zones et les niveaux où le pilote risque de rencontrer de la turbulence et du cisaillement.

Pour faciliter l'analyse, utiliser les produits expérimentaux « [Sigmet graphique \(France\)](#) » et « [Prévisions modèle maille fine](#) » de Météo France ou le modèle [Météociel](#) qui localise les zones de cisaillement et en indique l'intensité.

5.3 Pendant le vol

Faute d'équipement de détection et d'alerte, il est impératif :

- de rester en VMC ;
- de ne pas voler au voisinage de TCu ou de Cb et sous le vent d'un relief ;
- d'être vigilant quant aux signes annonciateurs de la turbulence (cf. [Guide Aviation](#), page 42) :
 - manches à air orientées différemment sur le terrain ;
 - vent fort de surface avec rafales ;
 - panaches de fumées tourmentés ;
 - déplacement différent de couches nuageuses adjacentes à proximité du sol ;
 - nuages convectifs, accompagnés de précipitations atteignant ou non le sol ;
 - poussières soulevées en tourbillon, sous les nuages convectifs (Cu, TCu, Cb) ou sans nuage) ;
 - nuages lenticulaires, en rouleaux ou en entonnoir.

Conseil Sécurité 03/2015	AÉRO-CLUB DU CE AIRBUS-FRANCE TOULOUSE	Page 6/6
	Dans les turbulences et le cisaillement de vent : que faire ?	

6 Quand une zone de turbulence n'a pas pu être contournée

- veiller à être fermement attaché ;
- évoluer à une vitesse inférieure à la V_{no} mais supérieure à $1.3 V_s$;
- ne pas contrer systématiquement les mouvements car cela risque de les amplifier en sur-corrigeant ;
- agir avec souplesse sur les commandes pour réduire, autant que faire se peut, les écarts d'assiette, d'inclinaison et de cap, sans oublier le palonnier, notamment pour contrer l'effet « girouette » ;
- privilégier l'utilisation des références extérieures (horizon, repère pare-brise/capot, point à l'horizon, alignements) ;
- ne pas changer en permanence la position de la manette des gaz sauf si le régime moteur (RPM) vient à dépasser sa limite ;
- éviter les fortes inclinaisons ;
- ne pas sortir les volets.

7 En conclusion

En préparant le vol, repérer les zones de turbulence et de cisaillement, la présence de nuages convectifs (Cu, Tcu, Cb), considérer la direction du vent, son intensité et celle de ses rafales aussi bien en altitude qu'en surface, et plus particulièrement dans les régions montagneuses et sur les aérodromes fréquentés. Si un doute subsiste, choisir une meilleure fenêtre météo pour le départ.

En vol, rester attaché, observer dans le ciel les signes annonciateurs de turbulence, de cisaillement et de vent fort, se tenir à bonne distance des obstacles isolés et du relief, réduire la vitesse de croisière, se dérouter si la situation devient trop inconfortable ou paraît risquée, notamment lors de la finale où il faudra impérativement adapter la puissance, la vitesse et la configuration et le cas échéant remettre les gaz !

8 Pour approfondir le sujet

INFO-PILOTE N° 703, octobre 2014, article : [Les dangers du vol en atmosphère turbulente](#), par Michel Barry.

[Guide Aviation](#), pages 36 et 37: **Cumulonimbus et phénomènes associés**

http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/bulletin_securite_DSAC_No7.pdf,
article : Cisaillement de vent à l'arrondi.

http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/bulletin_securite_DSAC_No14.pdf,
articles :

- Les orages et leurs dangers ;
 - Turbulences sévères en conditions orageuses ;
 - La détection des windshears ;
 - Événements liés au windshear.
-