

# Simulation d'un décrochage aérodynamique en haute altitude

---

Le 31 mai 2009, un Airbus A330 de la compagnie Air France, assurant le vol AF447 reliant Rio et Paris, décolle de l'aéroport de Rio. Il s'abîmera en mer quelques heures plus tard. L'analyse des boîtes noires retrouvées 2 ans plus tard révèlera que l'impact a été causé par un décrochage en haute altitude entretenu jusqu'à l'impact, et le rapport du BEA conclura à une mauvaise réaction des pilotes suite au givrage des sondes Pitot (capteur de vitesse de l'air). Dès lors, une bataille juridique s'engage pour déterminer les responsabilités du crash, et se pose alors la question de savoir si l'avion était récupérable une fois le décrochage initié. Certains (comme Gérard Arnoux) soutiennent que tout était joué dès les 20 premières secondes après le début du décrochage, d'autres (comme Jacques Rosay), plus prudents, estiment qu'on ne peut pas répondre à cette question car l'on ne pourra jamais tester un avion dans des conditions similaires. Il est néanmoins possible de tenter de simuler la chute d'un avion numériquement, et de vérifier si, effectivement, il existe un point de non-retour à partir duquel la vitesse verticale est trop grande par rapport à l'altitude pour espérer sortir du décrochage.

---

L'objectif est de simuler le décrochage en haute altitude d'un avion afin de tester les différentes réactions possibles du pilote. Le décrochage est un phénomène bien connu des pilotes survenant lorsque l'air cesse de porter l'avion (Fig. 1 et 2). Il est dû à une vitesse trop faible et/ou un angle d'attaque de l'aile trop élevé, dépendant des conditions aérodynamiques (type d'avion, météo, ...). Pour sortir d'un décrochage, il faut pousser sur le manche afin de réduire l'angle d'attaque, et prendre de la vitesse pour revenir dans une situation favorable, et retrouver la portance. Ceci nécessite donc de descendre un peu en altitude, et d'autant plus si la vitesse verticale (qui augmente avec le temps de chute lié au décrochage) est élevée (Fig. 3).



Figure 1: Profil d'une aile en écoulement laminaire

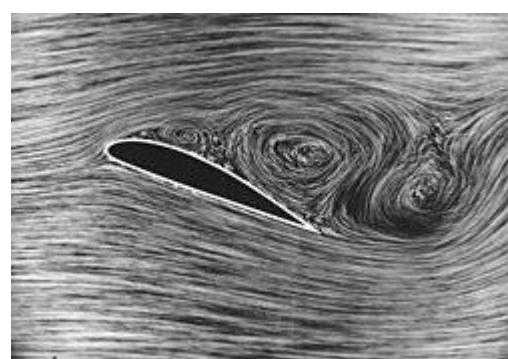


Figure 2 Profil d'une aile en décrochage

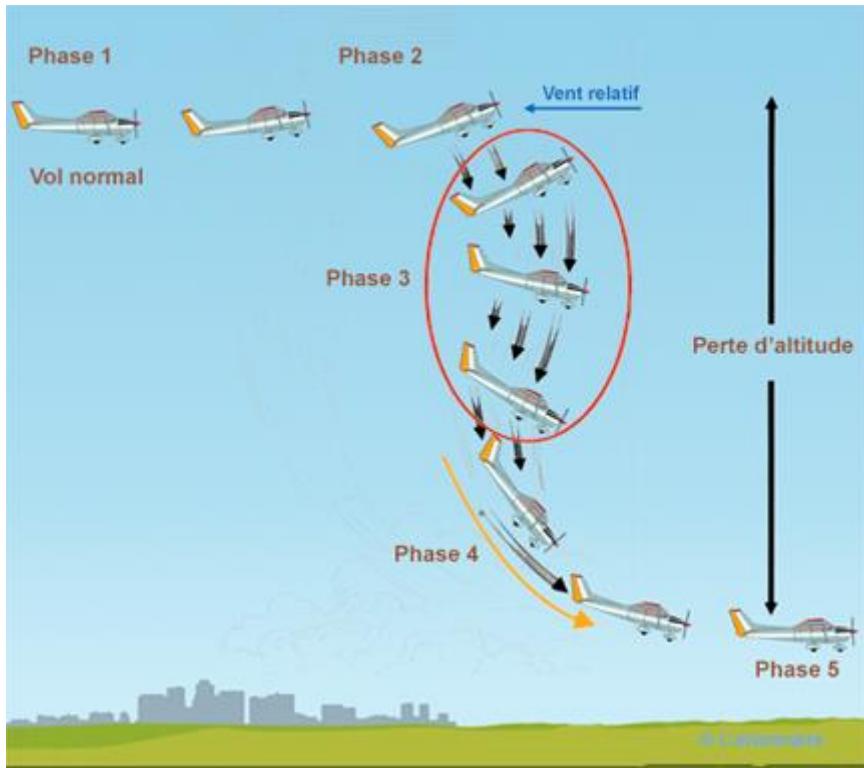


Figure 3 : Illustration d'une manœuvre de sortie de décrochage

La portance d'un aéronef est donnée par :  $F_z = \frac{1}{2} \rho V^2 S C_z$

La traînée d'un aéronef est donnée par :  $F_x = \frac{1}{2} \rho V^2 S C_x$

$\rho$ : densité du fluide

V: vitesse d'écoulement

S: surface de référence (projection de l'ombre sur un plan parallèle à l'écoulement de l'air)

$C_z$  : coefficient aérodynamique dépendant de l'angle d'incidence  $\alpha$ , qui décroît fortement après un certain angle d'incidence, provoquant un décrochage.

$C_x$  : coefficient aérodynamique pouvant dépendre de tous les paramètres, ou être constant, selon les situations.

La situation de décrochage arrive lorsque le coefficient  $C_z$  baisse drastiquement à cause de l'augmentation de l'angle d'incidence (Fig.4).

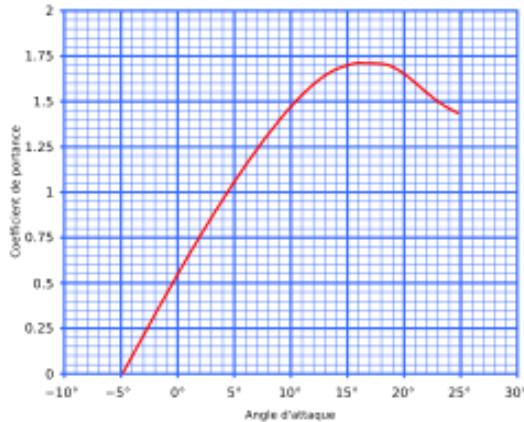


Figure 4 Allure du coefficient  $C_z$  en fonction de l'angle d'incidence. On observe une baisse nette vers  $15^\circ$ .

L'idée est alors de partir d'un modèle très simple, où l'on considère que le décrochage est dû à la baisse de  $S$  et  $C_z$ , en partant de profils d'aile connus (type NACA) et de simuler un décrochage en se servant des données de  $C_z$  et de  $C_x$  tabulées dans (Eastman N. Jacobs, 1935), pour simuler une chute avec l'altitude, l'avancée de l'avion et son angle d'attaque comme degrés de liberté. Puis, l'on pourra élaborer le modèle en considérant les différents moments de l'avion selon les 3 axes  $x$ ,  $y$  et  $z$  (6 degrés de liberté). L'élaboration du modèle passera aussi par la modélisation des conditions météorologiques plus ou moins complexes dans lesquelles peut survenir le décrochage (modèle de l'atmosphère isotherme en 1<sup>ère</sup> approximation, puis modélisation de turbulences, etc...).

Enfin, dans un modèle idéal, si le temps nous le permet, nous pourrions même modéliser l'écoulement de l'air autour d'un profil d'aile pour une simulation encore plus précise.

## Résultats attendus :

Nous voudrions pouvoir :

- 1) Afficher un graphe de l'altitude en fonction de la position (ou du temps) pour une situation de décrochage donnée (Densité de l'air, forme de l'aile, modèle envisagé, ...)
- 2) Afficher les différents moments pour tenter de mettre en évidence le « buffeting »
- 3) Tester différentes réactions possibles du pilote pour sortir du décrochage (ex : attente plus ou moins longue avant de réagir et pousser sur le manche) et voir dans quels cas l'on aboutit à une situation dangereuse
- 4) Etudier le cas de l'AF447

## Bibliographie

**Jacobs, E. N., Ward, K. E., & Penberton, R. M. (1935).** *The characteristics of 78 related airfoil sections from tests in the variable-density wind tunnel* (Report No. 460). National Advisory Committee for Aeronautics.