



EUROPEAN AVIATION SAFETY AGENCY
AGENCE EUROPÉENNE DE LA SÉCURITÉ AÉRIENNE
EUROPÄISCHE AGENTUR FÜR FLUGSICHERHEIT

Vortex

Nov 14th, 2012

*Didier Nicolle, EASA,
Flight Test expert*

*Jean-marc SacazeS, EASA,
operations section manager*

Your safety is our mission.



Pourquoi la connaissance du vortex est-elle importante ?

- Contribue à de nombreux accidents
- Mal connu ou ignoré
et pourtant
- Chaque pilote se retrouvera en situation dangereuse à cause du vortex plusieurs fois dans sa carrière :
[Vortex Occurrences.pdf](#)

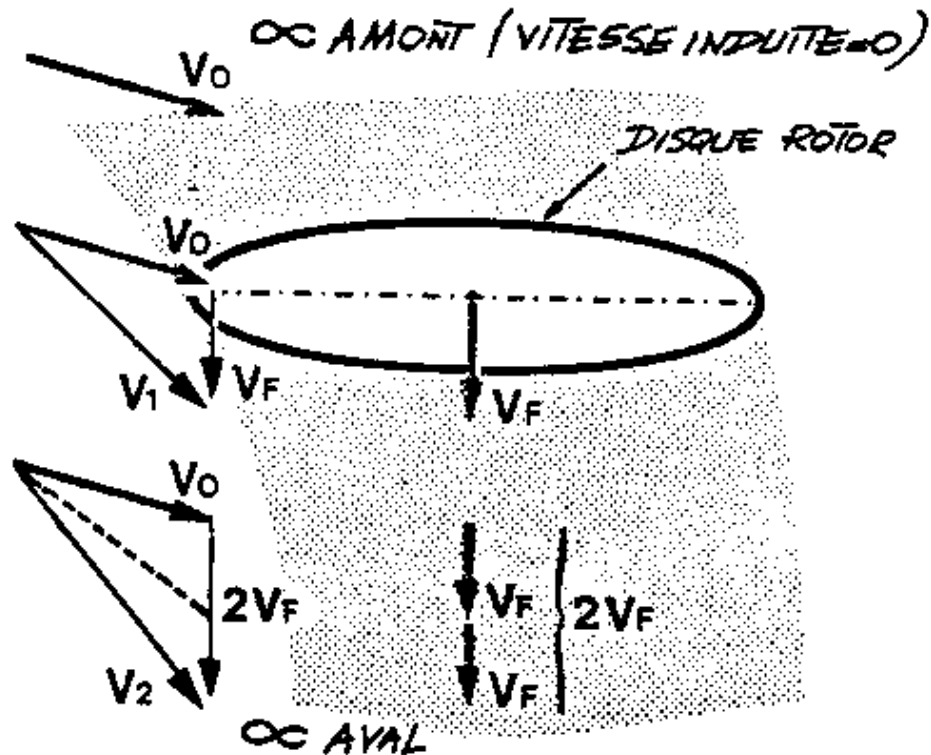


Agenda

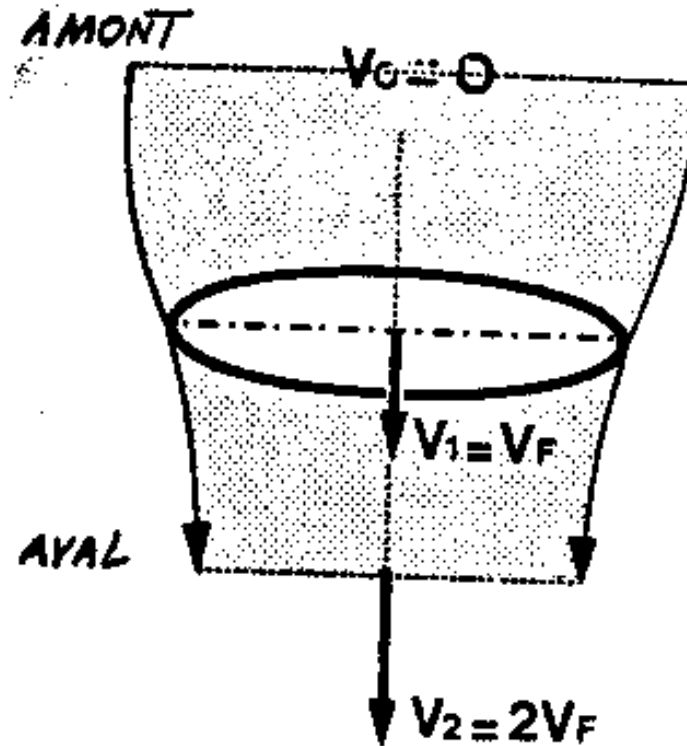
- Introduction
- Brefs rappels théoriques
- Essais en vol de vortex
- Conditions opérationnelles
- Le vortex chez les Anglo-Saxons
- Améliorer les connaissances du vortex



Ecoulement de l'air au travers du rotor

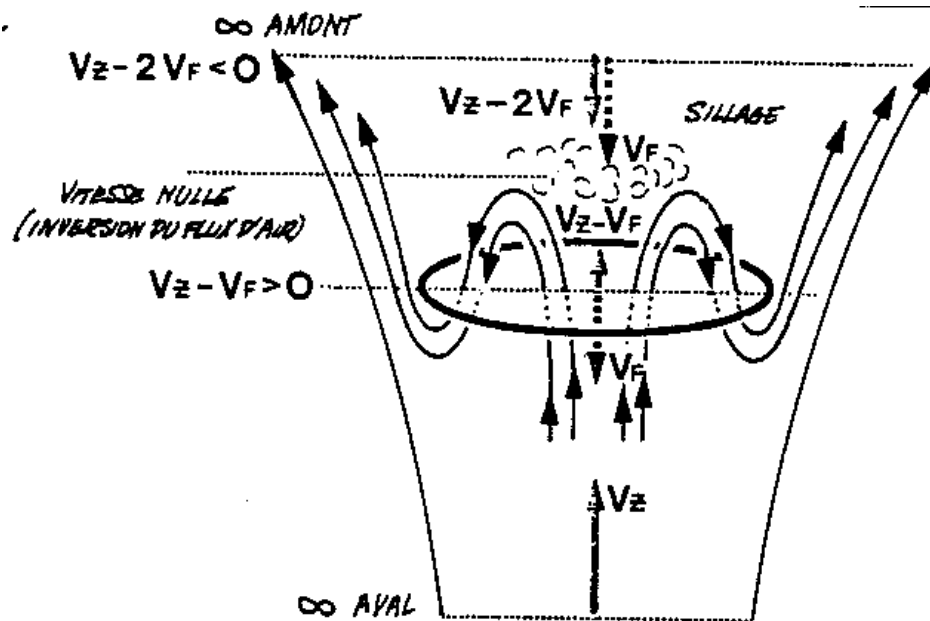


V_F = vitesse de Froude



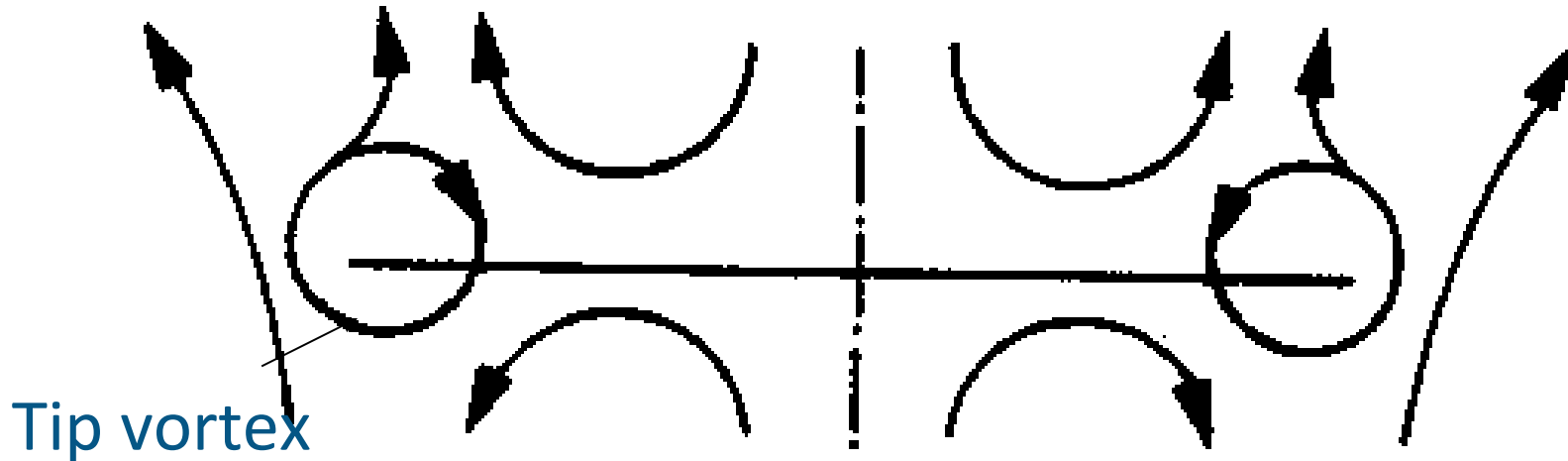


Vol vertical : Autorotation





Vol Faible vitesse d'avancement : Vortex



$$V_F = \left(\frac{F_n}{2 \rho S} \right)^{1/2} \dot{V} \approx 10 \text{ m/s}$$

$$F_n \dot{V} \approx Mg$$

Vortex pour $-0,5 < V_z/V_F > -1,5$



Dauphin DGA EV / Étude Vitesse induite

En 2001, étude Eurocopter/ONERA/DGA –EV pour modéliser

- la vitesse induite sous forte pente à faible vitesse
- le vortex



Perches équipées de prises de pression statiques et dynamiques pour étudier l'écoulement sous le rotor



Résultats des essais en vol: Manifestation du phénomène

- Vitesse de descente « anormale »
- exemple : chute de -800ft/mn à - 2500ft:mn
- Commandes « molles »
 - diminution du moment de contrôle en Tangage/roulis.
Influence de l'excentricité : e
 - Augmentation de pas collectif partiellement inefficace
- Augmentation du niveau vibratoire
- Variations de puissance à iso Pas collectif
- **sensation d'enfoncement**



Résultats des essais en vol: Manifestation du phénomène

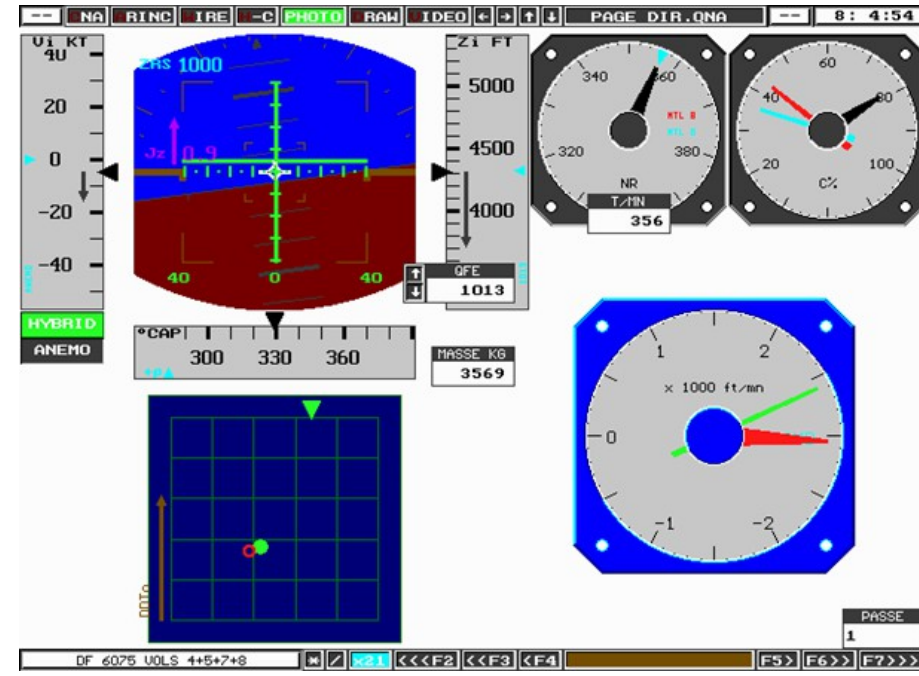
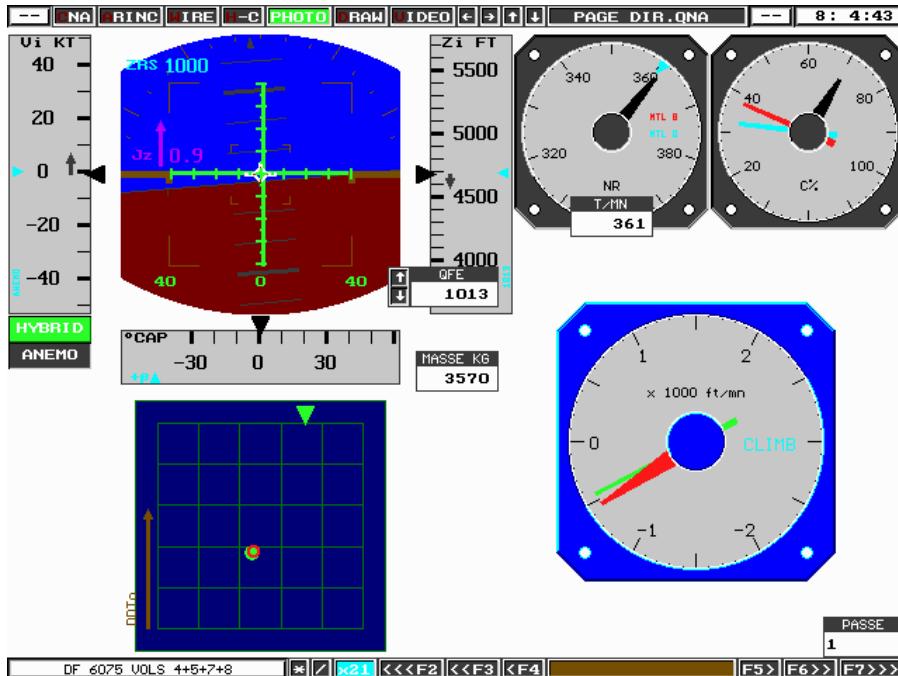
Exemple 1

-Peu avant Vortex

Conditions initiales : vitesse air nulle,
collectif 59 %, Vz = - 600ft/mn en augmentation

Pendant le Vortex :

Vortex établi: Vitesse air – 3kt,
Collectif 61%, Vz= -2900ft/mn





Résultats des essais en vol: Manifestation du phénomène

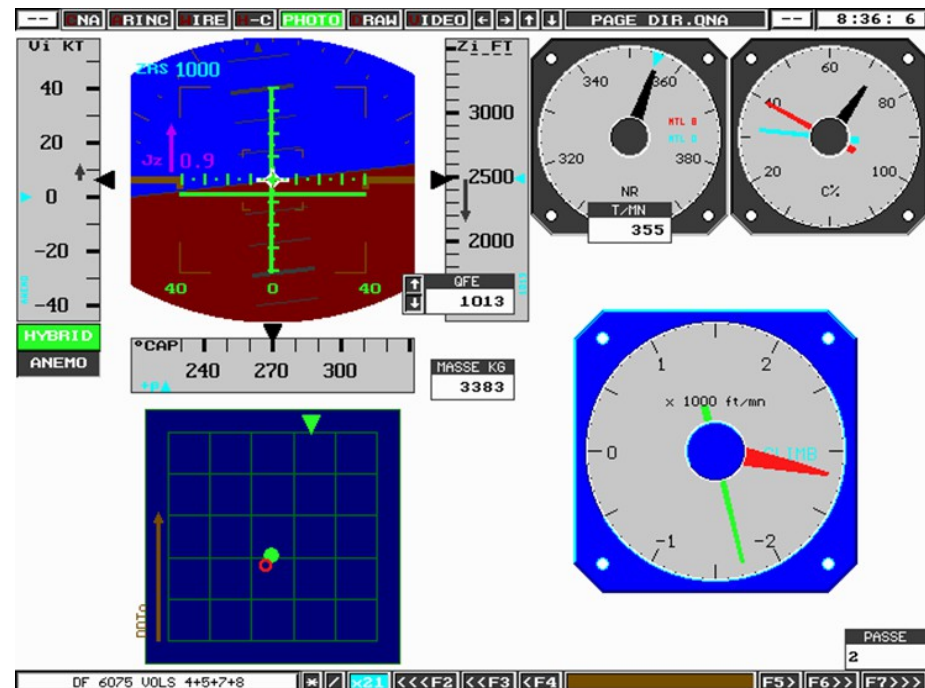
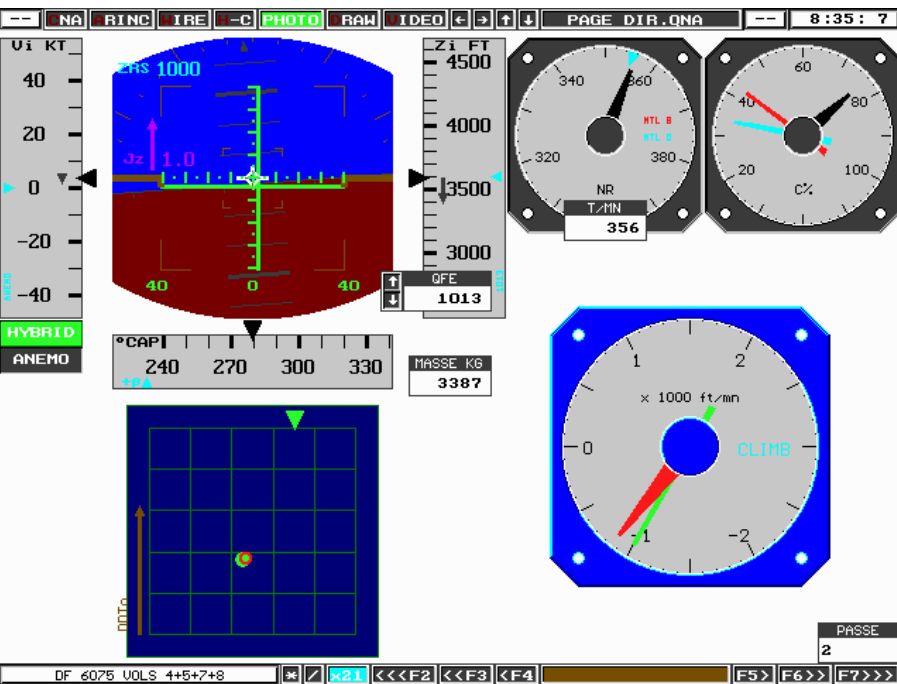
Exemple 2

-Peu avant Vortex

Conditions initiales : Vitesse air = 4kt,
Collectif 60%, Vz = - 900FT/MN

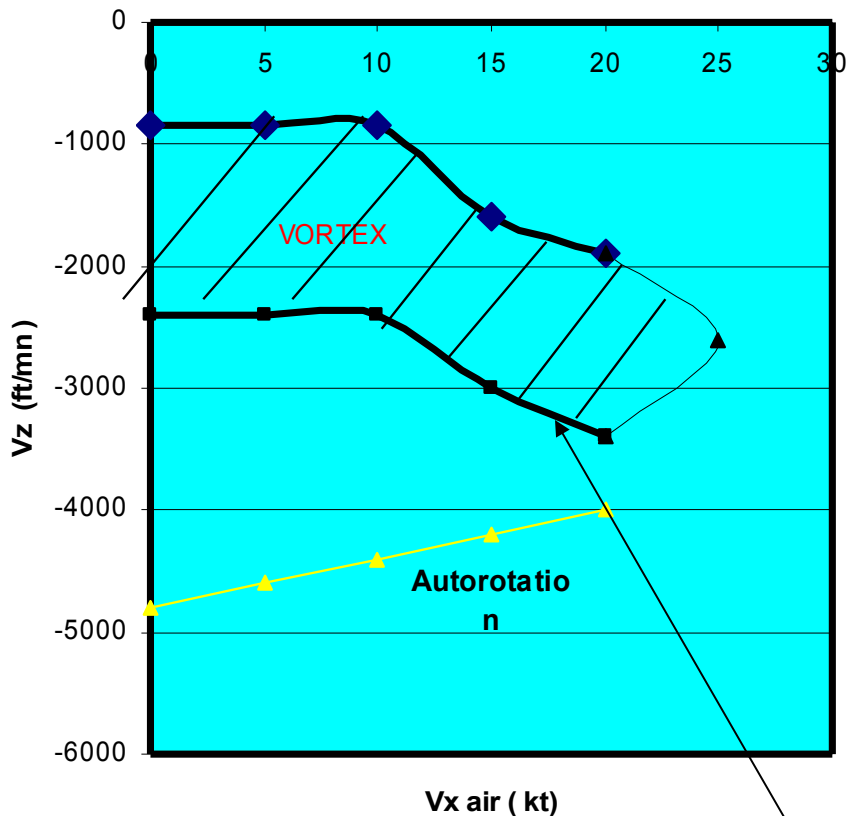
-Pendant le Vortex

Vortex établi: Vitesse air 5kt,
collectif 60%, Vario inertiel = - 2800ft/mn





ESSAIS DAUPHIN CEV ZONE DE VORTEX



- Zone de vortex à étendre en X et Y
- Sortie au cyclique à privilégier
- Si cyclique inefficace baisser le pas

Frontière du vortex



Conditions opérationnelles de vortex

Vitesse air faible et $-700\text{ft}/\text{mn}$ $V_z \leq$
 $-2500\text{FT}/\text{mn}$

Exemples:

- Approche vent arrière
- Approche forte pente
- Mauvaise tenue verticale du stationnaire
- Combinaison des trois

ATTENTION INERTIE VARIOMETRE



Procédures d'approches adaptées

- Connaissance précise de la masse à l'atterrissage
- Connaissance du vent
 - Vortex
 - Performance moteurs (recyclage)
- Vitesse verticale faible en approche (inférieure à 500ft/mn)
- Si sentiment d'enfoncement , remise de gaz en privilégiant le cyclique



Le vortex chez les Anglo-Saxons:

VORTEX RING STATE (or SETTLING WITH POWER)

Etat d'anneau tourbillonnaire (ou Enfoncement avec Puissance)

Vortex ring state describes an aerodynamic condition where a helicopter may be in a vertical descent with up to maximum power applied, and little or no cyclic authority.

The term “settling with power” comes from the fact that helicopter keeps settling even though full engine power is applied.



Améliorer les connaissances du Vortex

- Mieux enseigner tout d'abord la théorie du Vortex
- Dès les formations de base à travers le PPL, CPL ,ATPL (H) et les Qualifications de Type Réf. Reglem.docx
- Dans les formation des Instructeurs FI et TRI
 - Comment éviter de se mettre en situation de vortex
 - Eduquer dans les ATO la simulation de la mise en Vortex
 - Comment sortir d'une telle situation
- Réserver les réelles démonstrations en vol à certaines circonstances
- Instrument dédié (AW 609)



Questions ?