

Compte rendu de réunion du 14 Mars 2002 relative aux phénomènes de Vortex (enfouement avec puissance) sur hélicoptère.

Cette réunion qui s'est tenue à la DGAC fait suite au séminaire de travail initié par le SFACT , qui visait à mieux codifier la réalisation des exercices d'urgence sur hélicoptère.

**Note : Document mis à la disposition d'HELIMAT ( [www.helimat.com](http://www.helimat.com) ) par la DGAC.  
Nous remercions la DGAC de son accord.**

## **I - Objet**

Cette réunion organisée par SFACT / T, a réuni les représentants des organismes d'état qui exploitent des hélicoptères. Le but était de faire le point sur la notion de vortex, ou enfouement avec puissance sur hélicoptère, qui s'apparente à un décrochage aérodynamique des pales du rotor.

Cela se traduit par un effondrement vertical avec une perte de hauteur rapide qui nécessite une action adéquate et immédiate.

En effet ce phénomène mal connu par la majorité des acteurs du monde des voilures tournantes est la cause de nombreux accidents chaque année. En moyenne un accident par an en France est dû au vortex), et chaque pilote risque de se retrouver en situation dangereuse due au vortex plusieurs fois dans sa carrière.

La future réglementation «FCL 2» préconise une mise en garde sur ce phénomène lors des formations de Pilote Privée, de Pilote Professionnel et de Pilote de Ligne hélicoptère.

Dans cette présentation, il a rappelé tout d'abord les grands principes de l'écoulement de l'air à travers le disque rotor : vitesse induite et théorie de Froude pour différentes phases de vol (stationnaire, autorotation, vortex).

Le CEV illustré sa présentation à l'aide d'une animation très réaliste sur ordinateur qui représentait un tableau de bord virtuel avec des indicateurs de vitesse, d'assiette, d'altitude, de taux de descente, de cap, de commandes de vol, de tours rotor, de couplemètre, d'indicateur horaire et de masse et qui avait pour but de reproduire les différents de taux de chute en fonction des « vitesses air » rencontrées lors des vol d'essais, comme l'indiquent les planches de bord ci-après :

# Vol Vortex CEV

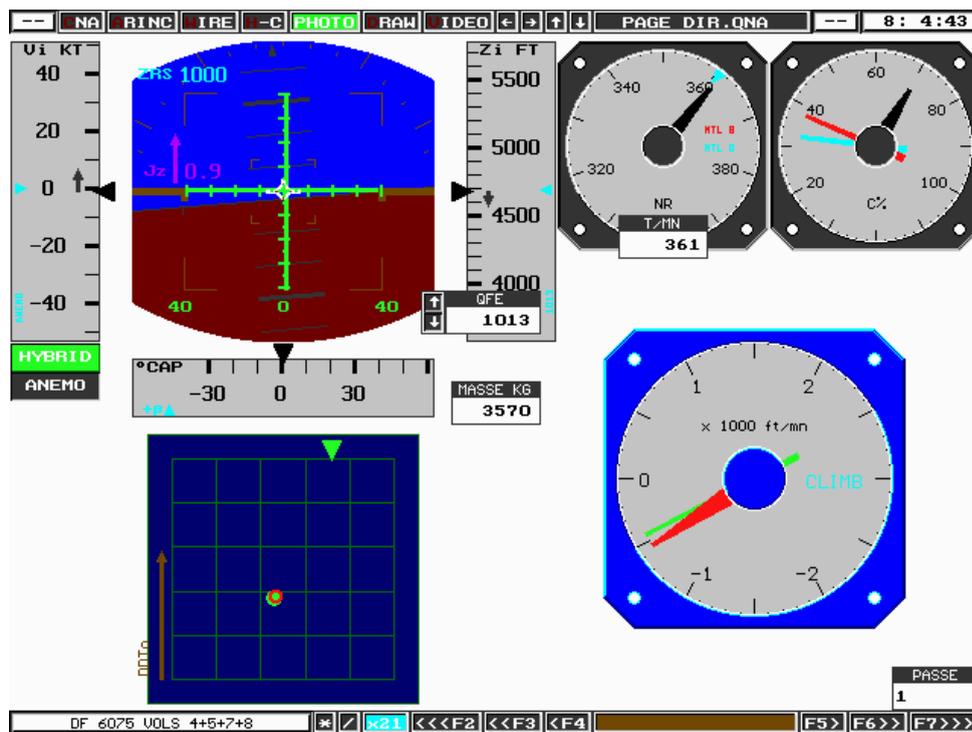
Ci-dessous deux exemples de vortex effectués sur Dauphin SA 365 N du CEV d'Istres. Chaque exemple comprend deux images. La première est prise peu avant le vortex, la deuxième pendant le vortex.

## Exemple 1

### -Peu avant Vortex

Conditions initiales : vitesse air nulle, collectif 59 %,

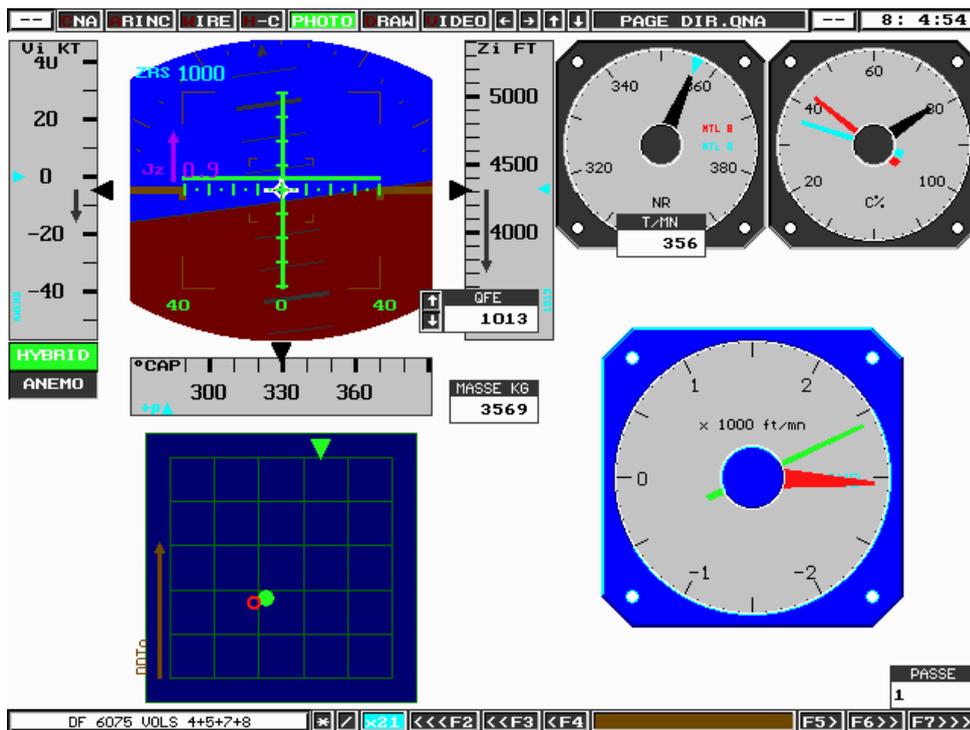
$V_z = -600$  ft/mn en augmentation



## Exemple 1

### -Pendant le Vortex

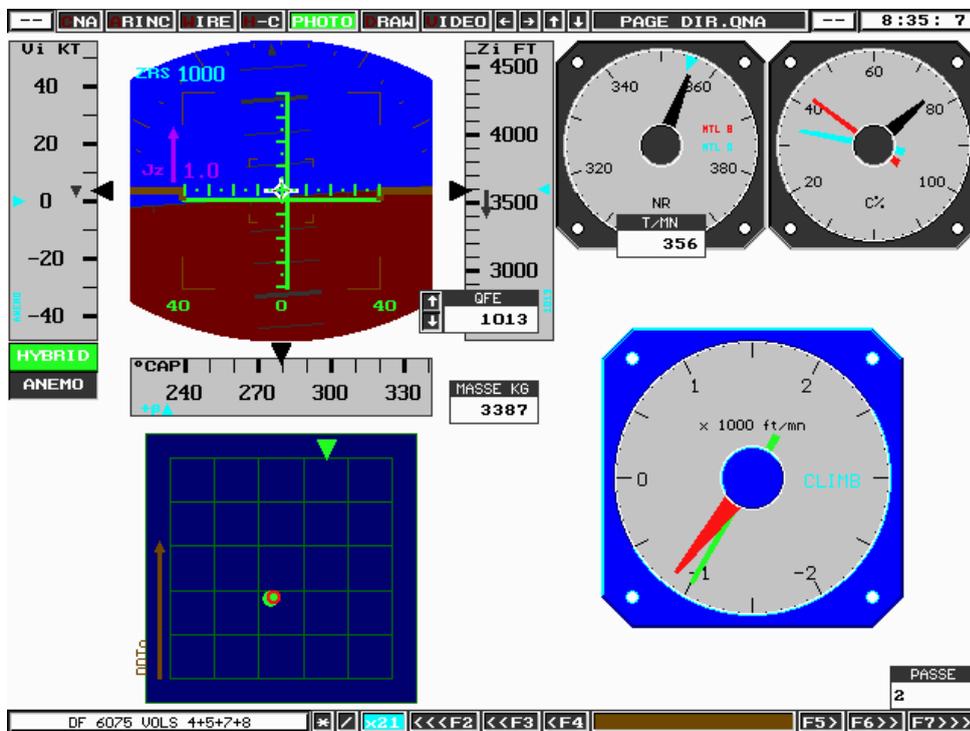
Vortex établi: Vitesse air – 3kt, vario = - 2900ft/mn, Collectif 61%



## Exemple 2

-Peu avant Vortex

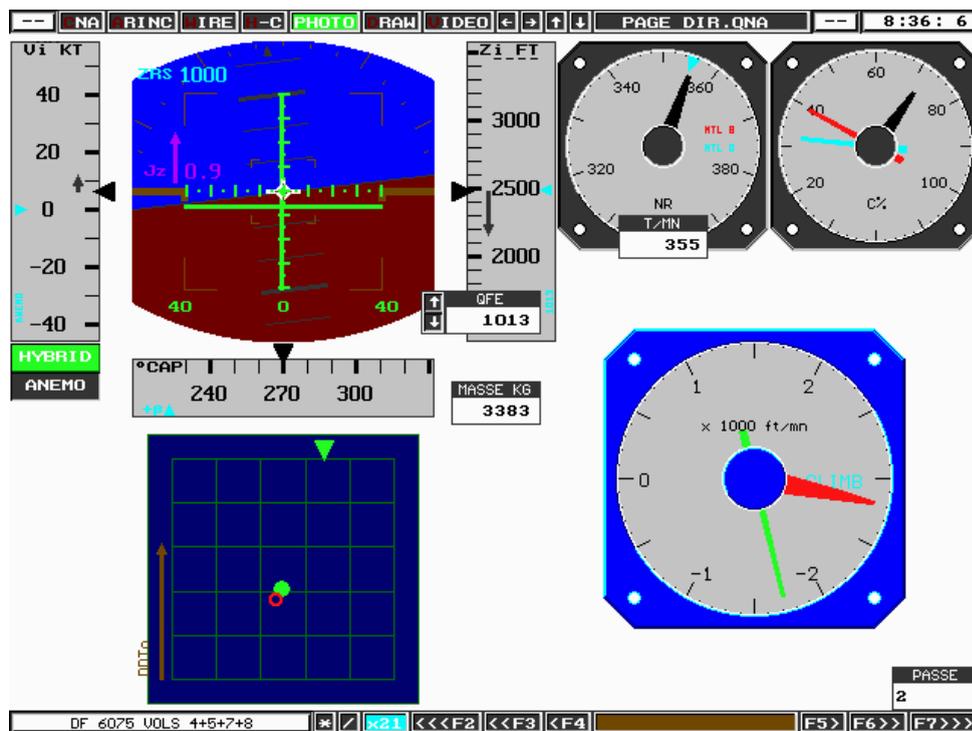
Conditions initiales : Vitesse air = 4kt, Collectif 60%, Vz = - 900FT/MN



## Exemple 2

### -Pendant le Vortex

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



### III- Résultats des essais en vol sur AS 365 N Dauphin

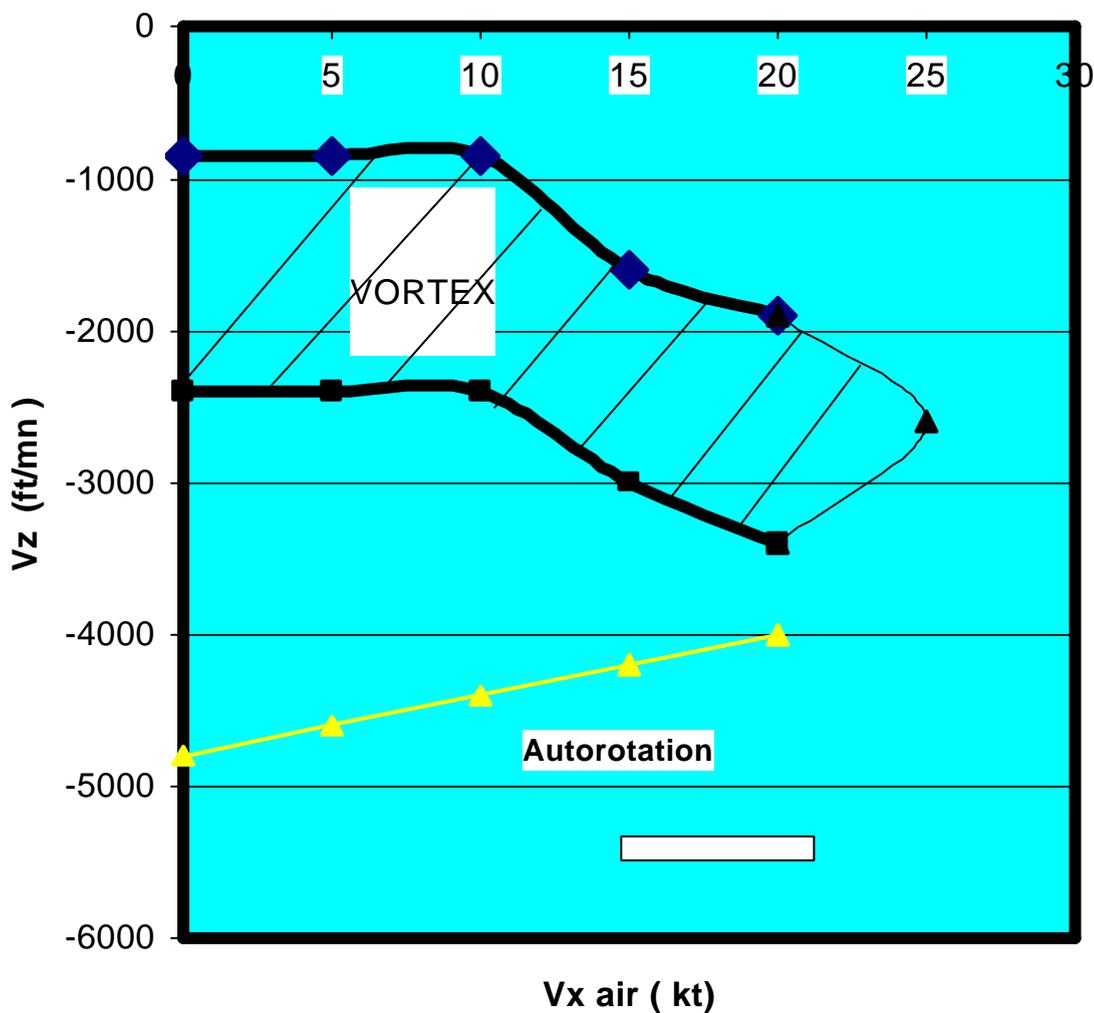
Les résultats de ces essais en vol lors d'un vortex montrent :

- Des vitesses verticales anormales de -800ft/mn à -2500ft/mn en quelques dizaines de seconde.
- L'inertie du variomètre qui indique la valeur du taux de descente avec un certain retard
- Des commandes de vol « molles » avec diminution du moment de contrôle
- Une augmentation de niveau vibratoire
- Des variations de puissance à pas général constant
- Une perte de hauteur de l'ordre de 1500ft en très peu de temps sur ce type d'hélicoptère.

Les résultats des essais provisoires sont riches d'enseignements, on constate en effet une zone de vortex plus étendue.

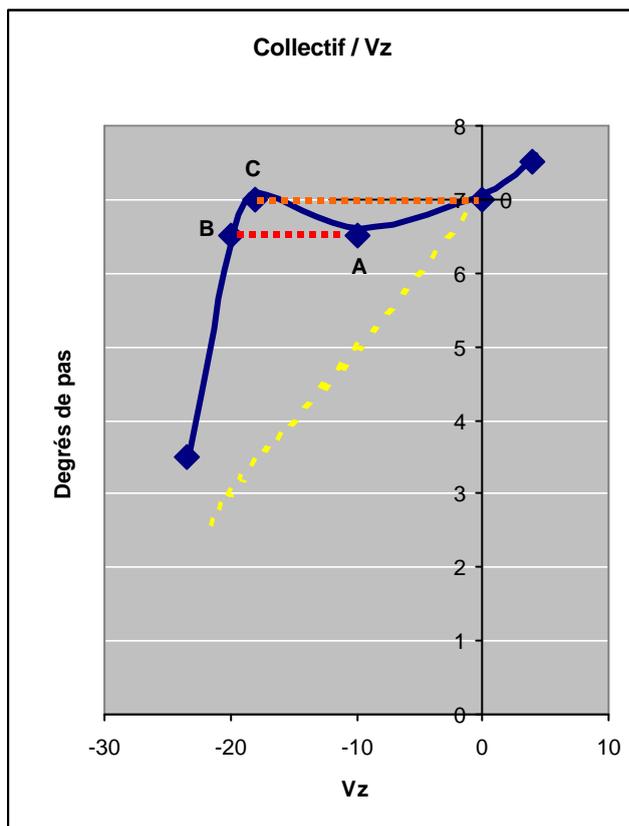
Le diagramme ci-après indique que, sur Dauphin, l'on peut se mettre en situation de vortex en ayant des vitesses air de 0 à 25Kt, ce qui gomme certaines idées reçues en matière de vortex, à savoir que ce phénomène ne se produisait qu'avec des vitesses air nulles

A noter que ce diagramme est symétrique par rapport à l'axe des Vz, c'est à dire que la vitesse air de 0 à 25kt vers l'avant engendre le même phénomène que pour des vitesses air de 0 à 25kt vers l'arrière.



Sur ce graphique provenant également de résultats d'essais provisoires, on s'aperçoit que lorsque le taux de chute d'un vortex est établi, les effets d'un accroissement du pas général sont faibles.

### Courbe Vz / Pas général



#### A noter :

Il est toujours possible de se sortir de vortex en mettant le collectif au plein petit pas en prenant de la vitesse. Cette méthode, qui fonctionne quel que soit le type d'hélicoptère, a pour inconvénient de générer un très fort taux de chute, taux qu'il pourrait être difficile de réduire si l'on se trouve en situation de vortex près du sol.

Pour les hélicoptères qui disposent de suffisamment de moment de contrôle au cyclique, il peut être intéressant de mettre manche cyclique vers l'avant afin de sortir de la zone de vortex rapidement (voir diagramme zone vitesse/VZ plus haut). Cette manœuvre génère en effet une perte de hauteur pour reprendre le contrôle de l'hélicoptère, inférieure à celle obtenue en baissant le collectif. Si l'action de mettre le manche en avant s'avère inefficace, il faut bien sur alors baisser le pas collectif.

## IV- Où et quand existe-t-il un risque de rencontrer ce phénomène ?

En conditions d'exploitation opérationnelle, tout pilote d'hélicoptère peut rencontrer un phénomène de vortex :

- Avec des vitesses « air » faibles (vers l'avant ou arrière) et des taux de descente compris entre -700 ft/mn et -2500 ft/mn
- En approche vent arrière
- En approche sous forte pente
- En approche de nuit sur plate-forme en mer
- Par mauvaise tenue verticale, du stationnaire
- Lors d'une aérologie perturbée
- Avec la combinaison de ces critères.

## V- Démonstration réelle en vol

Les démonstrations réelles en vol du phénomène de vortex doivent être limitées et soigneusement préparées. Elles ne doivent être effectuées que par des organismes spécialisés (CEV, Constructeurs).

(A titre d'exemple : lors d'essais en vol en Grande Bretagne avec un hélicoptère de 9 tonnes de type Sea-King, le pilote a débuté l'exercice à 10000 ft. Il a perdu 5000 ft avant de pouvoir reprendre le contrôle de l'aéronef).

Il est nécessaire de :

- calculer et de présenter l'information de la vitesse air aux pilotes.
- faire preuve de rigueur dans la préparation.
- savoir se limiter dans la démonstration en vol.
- respecter une hauteur minimale de 4000 ft pour démarrer l'exercice.
- connaître le mieux possible le comportement de l'hélicoptère :
  - Moment de contrôle cyclique  $M = k(I + e)$
  - Influence du plan fixe
  - Influence du rotor de arrière

## VI- Conclusion

Le Vortex est un phénomène dangereux, notamment près du sol.  
Il reste mal connu des pilotes d'hélicoptère.

Les pilotes ayant une grande expérience ne sont pas à l'abri de ce phénomène, cependant ils réagissent mieux dès l'apparition des premiers symptômes, même s'ils ignorent qu'ils sont en présence d'un Vortex.

En France aujourd'hui, dans les programmes de formations il n'y a pas ou peu d'information et de formation sur ce phénomène notamment sur les risques, les symptômes et les actions du pilote pour tenter de sortir de cette zone d'enfoncement.

La future réglementation demande d'enseigner des procédures de mise en garde du phénomène.

De l'avis de l'ensemble des participants il semble nécessaire d'améliorer la connaissance du phénomène de vortex :

- Lors de la certification de chaque nouvel hélicoptère il serait bon de connaître le comportement de celui-ci en situation de vortex
  - Moment de contrôle cyclique  $M=k(I+e)$
  - Influence du plan fixe
  - Influence du rotor arrière etc...
- Indiquer dans le manuel de vol, les interdictions et les recommandations en la matière.
- Adapter les procédures en conséquence.
- Instrument dédié pour prévenir l'apparition des paramètres favorisant un éventuel vortex (à l'étude sur le convertible sur le BA 609).
- Lors de la formation de tous pilotes d'hélicoptère établir un programme de formation en fonction du niveau de la licence préparée.
- Privilégier l'enseignement sur moyens synthétiques de simulation tels que Simulateur de vol (FS) ou entraîneur de vol (FNPT II ou III) chaque fois que cela est possible, même s'il s'agit d'entraîneur de vol générique.
- A l'attention des organismes de formation il a été élaborer une fiche guide ci-jointe, basée sur celle utilisée par les instructeurs du FTO de l'E.A. ALAT de Dax et réactualisée.  
Ce document destiné aux instructeurs de vol doit être considéré comme une aide pédagogique et des recommandations sans pour cela revêtir un caractère obligatoire (voir détails en Annexe I).

**Il s'agit en fait pour un instructeur de simuler une mise en situation de vortex sans simuler l'enfoncement vertical. Il ne s'agit en aucun cas de faire une démonstration réelle de vortex comme il est indiqué au paragraphe V.**

Jean-Marc SACAZES

## - Annexe I -

### FICHE GUIDE

#### PROCEDURE A APPLIQUER LORS DE L'APPARITION D'UN PHENOMENE D'ENFONCEMENT AVEC PUISSANCE (VORTEX )

##### **BUT**

Apprendre de manière pragmatique la procédure en cas d'apparition d'un phénomène d'enfoncement avec puissance ( vortex, limite de puissance etc...).

##### **L'ELEVE**

Ses connaissances :

- Les cas de vol favorisant l'apparition d'un enfoncement vertical avec puissance (masse, performances etc...)
- La théorie de la procédure à appliquer

Ce qu'il doit acquérir :

- La décision d'appliquer la procédure en fonction des phénomènes annonciateurs
- Le gestuel approprié à la sortie de l'enfoncement vertical avec puissance
- Le réflexe d'éviter les facteurs favorisant l'apparition de ce phénomène.

##### **NORMES**

- Décision rapide et justifiée
- Respect et dosage du gestuel

##### **ANALYSE DE L'EXERCICE**

Exposé avant le vol :

- Rappeler les causes favorisant l'apparition d'un enfoncement vertical avec puissance ainsi que les signes annonciateurs (enfoncement visuel ou ressenti, vibrations, commandes de vol molles, instabilité en lacet)
- Expliquer la raison et le gestuel à appliquer pour sortir d'une telle situation

## DEMONSTRATION

Phases principales	Phases élémentaires	Points clés
Simuler le phénomène	<ul style="list-style-type: none"><li>- Annoncer « Pour exercice,</li><li>- Enfoncement, visuel ou ressenti,</li><li>- Taux de chute anormal, vibrations,</li><li>- Commandes molles</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Maintenir Vi minimale réellement lisible sur l'anémomètre</li><li>- Façe au vent</li><li>- Hauteur/sol minimum 4000 ft</li></ul>
Appliquer la procédure	<ul style="list-style-type: none"><li>- Assiette à piquer # 20 à 30°</li><li>- Vérifier l'augmentation de Vi</li><li>- Si nécessaire baisser le pas général</li><li>- Afficher une Vi de puissance minimale</li><li>- Annoncer fin d'exercice »</li></ul>	

### CONDITIONS D'ENSEIGNEMENT

- Référence horizontale visible
- Vent faible

### CONSEIL A L'INSTRUCTEUR

- Surveiller attentivement l'action cyclique lors de l'augmentation d'assiette (risque de heurt avec la poutre arrière de l'aéronef)
- Préciser à l'élève qu'il n'apprend qu'à titre éducatif. La situation d'enfoncement avec puissance étant dangereuse.