

# UTILISATION DU MOTEUR ET DU COMPENSATEUR

**Lecture avant vol Manuel ou E-learning**

- Le moteur
- Conduite moteur
- Compensateur
- Effets moteur

## OBJECTIF

Associer une puissance aux assiettes de palier, montée et descente.  
Contrer les effets moteur et utiliser le compensateur.



# Phénomènes indésirables

## LES EFFETS MOTEUR

Le moteur et l'hélice, qui ont pour vocation de fournir la traction nécessaire au vol, provoquent des effets secondaires qui ont une influence sur les axes de tangage, de roulis et de lacet.

Ces effets nécessitent une action pilote lors des variations de puissance et lors des vols à des régimes différents de la croisière stabilisée.

Ils sont d'autant plus marqués que la vitesse de l'avion est faible et que la puissance appliquée est forte.

Par construction ces effets sont atténués, voire neutralisés, en régime de croisière stabilisé.

**Chaque variation de puissance nécessite une action sur les commandes de l'avion pour maintenir l'ASSIETTE, l'INCLINAISON et l'AXE.**

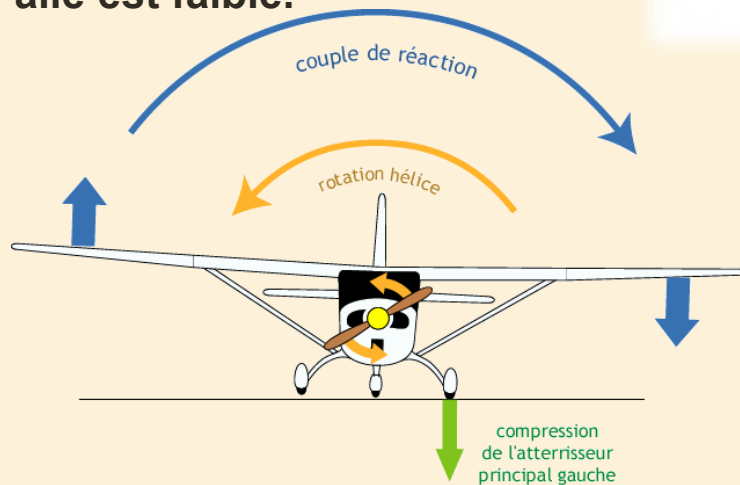


# Phénomènes indésirables

## AXE DE ROULIS : LE COUPLE DE RENVERSEMENT

Les variations de vitesse de rotation de l'ensemble moteur-hélice créent un couple de réaction opposé au couple moteur qui tend à créer une rotation autour de l'axe de roulis en sens inverse de la rotation hélice.

Ce phénomène est d'autant plus marqué que la puissance est importante et que l'allongement de l'aile est faible.



Le constructeur y remédie par un calage différentiel des compensateurs d'aileron pour le régime de croisière stabilisé.

Il est négligeable sur la plupart des avions légers et ne demande pas d'action particulière pour le corriger en vol.

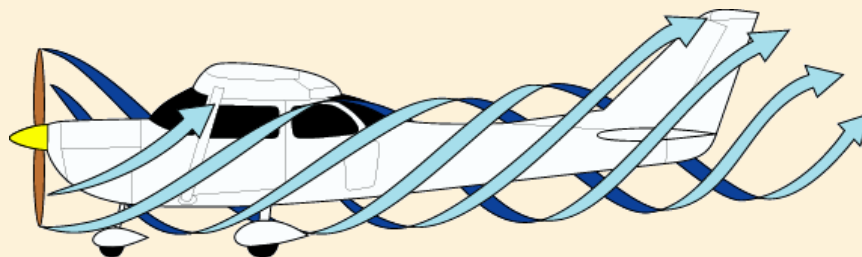




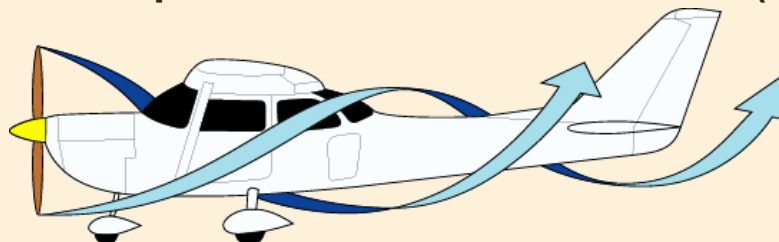
# Phénomènes indésirables

## AXE DE LACET : LE SOUFFLE HÉLICOÏDAL

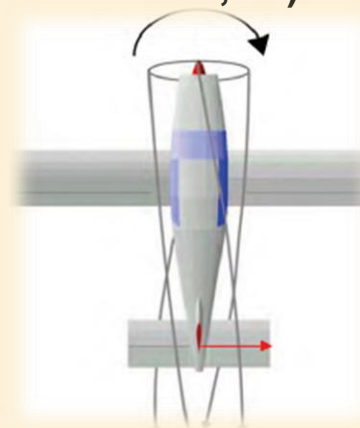
La rotation de l'hélice entraîne une modification du flux d'air qui, en plus d'être accéléré vers l'arrière, est mis en rotation dans le même sens que celle-ci. Le flux d'air au niveau de la dérive n'est plus parallèle à l'axe de celle-ci. La dérive étant un profil aérodynamique, une portance latérale est créée, ce qui génère une force déviatrice entraînant un couple de rotation autour de l'axe de lacet.



Comme pour tous les effets moteur, ce phénomène est d'autant plus marqué que la puissance est importante et que la vitesse avion est faible (montée stabilisée, ...).



Le constructeur y remédie par calage « adapté » de dérive et/ou de l'axe de traction moteur pour optimiser le comportement de l'avion en régime de croisière stabilisé.

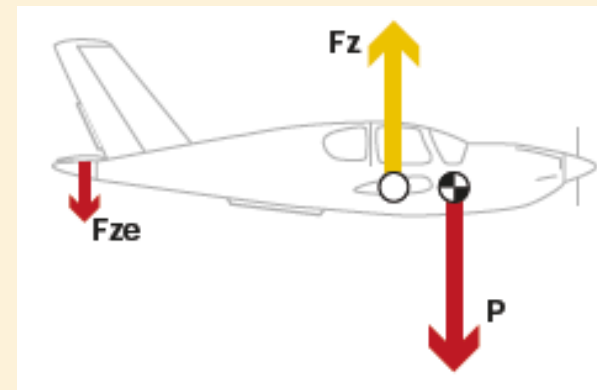


# Phénomènes indésirables

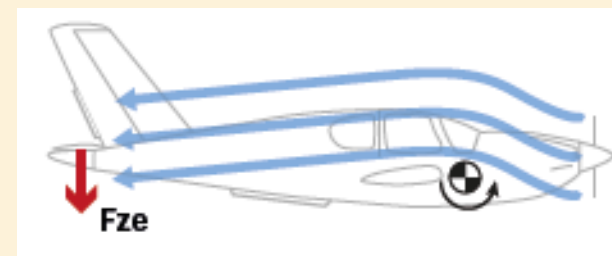
## AXE DE TANGAGE : LE COUPLE CABREUR / PIQUEUR

Le point d'application de la portance de la voilure (centre de poussée) n'est pas confondu avec le centre de gravité de l'avion.

L'équilibre n'est possible que parce qu'il existe une 3ème force induite par la déportance  $F_{ze}$  de la profondeur.



Le flux d'air autour de la gouverne de profondeur est l'addition du vent relatif du au déplacement de l'avion et du souffle de l'hélice.



Si, à vitesse constante, la puissance moteur augmente, la vitesse du flux d'air généré par l'hélice augmente, entraînant une augmentation de  $F_{ze}$ .

Cette augmentation crée un couple à cabrer sur l'axe de tangage. Le phénomène s'inverse en cas de réduction de puissance.



# Phénomènes indésirables

CONNAISSANCE DES EFFETS INDÉSIRABLES

## LE COUPLE CABREUR- PIQUEUR





# Phénomènes indésirables

## EFFETS DE L'AUGMENTATION DE PUISSANCE SUR LA TRAJECTOIRE



1° - Avion compensé à puissance moyenne et commandes libres.



2° - Après une augmentation de puissance, l'avion se cabre, et pour une hélice qui tourne à droite, s'incline à gauche et part en lacet vers la gauche (on dit alors qu'il dérape à droite).

Pour un avion dont l'hélice tourne dans le sens anti-horaire vue de la place pilote, l'inclinaison et le lacet apparaîtraient vers la droite.

Lors d'une réduction de puissance, les 3 effets sont inversés.

**Chaque variation de puissance nécessite une action sur les commandes de l'avion pour maintenir l'ASSIETTE, l'INCLINAISON et l'AXE.**

# Phénomènes indésirables

## CONNAISSANCE DES EFFETS INDÉSIRABLES

### AUTRES CAUSES

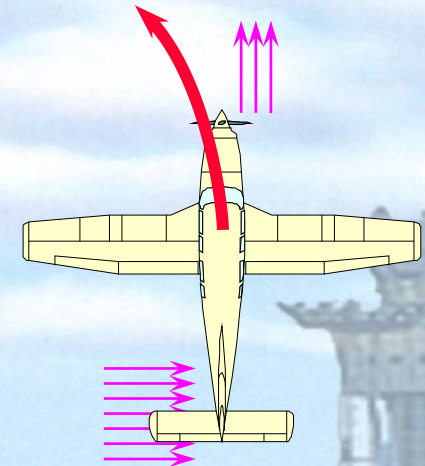
#### Le souffle hélicoïdal de l'hélice

La grande masse d'air déplacée par l'hélice frappe la dérive latéralement sur sa face gauche (sens de rotation horaire du moteur)  
D'où création d'un lacet à gauche.



#### La traction asymétrique de l'hélice

A haut régime et particulièrement en assiette cabrée la pale d'hélice descendante a un angle d'attaque plus grand par rapport à l'air, d'où plus de traction (sens de rotation horaire du moteur).  
D'où création d'un lacet à gauche



#### Les effets gyroscopiques

#### Le roulis induit, le lacet induit, ...





# Procédures d'emploi

## MÉTHODE D'UTILISATION DU COMPENSATEUR

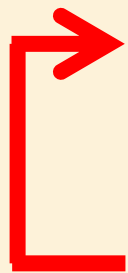
**Le réglage du compensateur doit s'effectuer lorsque la trajectoire et la puissance sont stabilisées.**

**Tout en maintenant l'assiette constante par visualisation du RPB, compenser dans le sens de l'effort jusqu'à son annulation.  
Contrôler en relâchant les commandes, que l'assiette reste constante.**

**La compensation fine intervenant une fois la vitesse et la trajectoire stabilisées, l'élément vitesse n'étant pas pris en compte dans cette leçon, on demande à l'élève d'intervenir sur le compensateur lorsque l'effort au manche est constant (à assiette stabilisée) ce qui correspond à une vitesse stabilisée..**

## ASSIETTE, PUISSANCE, ... COMPENSATION, VÉRIFICATION

### PROCESSUS DE COMPENSATION



- 1 - Assiette stabilisée (montée, palier ou descente)**
- 2 - Puissance correspondante affichée**
- 3 - Obtention et stabilisation des paramètres de trajectoire**
- 4 - Compensation des efforts sans variation d'assiette**
- 5 - Vérification et Correction si nécessaire.**

# Commentaires

## LE CIRCUIT VISUEL

On appelle « circuit visuel » le déplacement méthodique du regard sur l'environnement proche ou éloigné, qui permet de prélever les informations nécessaires au pilotage selon un ordre de priorité logique et d'une manière complète.

Par ailleurs, la conduite d'un avion exige des circuits visuels adaptés aux différentes phases de pilotage comme le vol à vue, le vol aux instruments, l'atterrissage, le circuit de piste, les virages etc.... même si à chaque fois le principe est identique.

En VFR il comprend le **RPB comme élément principal**, l'horizon, l'environnement extérieur et quelques instruments de pilotage à l'intérieur de la cabine. Afin d'assurer l'anti-abordage et la maîtrise de l'avion par rapport à l'horizon, le regard doit toujours partir du RPB pour y revenir aussitôt après la prise d'information instrumentale.

Se focaliser sur un instrument induit une mauvaise appréciation de l'environnement ainsi que l'impossibilité de visualiser l'attitude et les mouvements de l'avion par rapport aux repères naturels.



Pour cette leçon, le circuit visuel demeurera sommaire et seuls les instruments de puissance moteur seront surveillés.



# Processus de contrôle de trajectoire

## UTILISATION DU COMPENSATEUR EN TRAJECTOIRE

### ASSIETTE DE PALIER

- Repère pare-brise sur l'horizon
- **Puissance de croisière affichée**
- **Gouverne de profondeur compensée**
- Ligne droite maintenue



### ASSIETTE DE MONTEE

- Repère pare-brise au-dessus de l'horizon (\*)
- **Puissance de montée affichée**
- **Gouverne de profondeur compensée**
- Ligne droite maintenue

(\*) L'horizon étant potentiellement masqué, on peut quantifier l'assiette en visualisant le point où l'horizon coupe le tableau de bord (ou autre élément du tableau de bord).



### ASSIETTE DE DESCENTE

- Repère pare-brise au-dessous de l'horizon
- **Puissance de descente affichée**
- **Gouverne de profondeur compensée**
- Ligne droite maintenue





# Plan de la leçon

## BRIEFING

<b>Objectif</b>	<b>Associer une puissance aux assiettes de palier, montée et descente, contrer les effets moteur et utiliser le compensateur.</b>
<b>Préparation</b>	<b>Moteur : fonctionnement, utilisation des commandes et effets.</b> <b>Utilité des compensateurs.</b>
<b>Organisation</b>	<b>Révision : mise en œuvre et roulage, C/L effectuées par l'élève guidé verbalement par l'instructeur.</b> <b>Départ en secteur sous guidage après le décollage, puis révision en vol de l'assiette et des virages avant de débiter la nouvelle leçon.</b>



# Plan de la leçon

## LEÇON EN VOL : 1) LES EFFETS MOTEUR

<b>Perception</b>	<p><u>Stabiliser</u> l'avion en palier-croisière face à un repère puis compenser. Lors d'une réduction importante de puissance, faire percevoir successivement les rotations de l'avion autour de ses trois axes en insistant sur le mouvement autour de l'axe de lacet.</p> <p>Une décomposition des effets moteur peut être nécessaire pour une meilleure visualisation.</p> <p><u>Stabiliser</u> l'avion à assiette 0° avec une W faible (attente par exemple) puis compenser. Lors d'une augmentation importante de puissance, faire percevoir successivement les rotations de l'avion autour de ses trois axes..</p> <p>Refaire et commenter la perception en contrant les effets moteur.</p> <p><i>Note : dans cette leçon l'instructeur privilégie la position RPB en acceptant une variation d'altitude.</i></p>
<b>Actions</b>	<p><u>Guider</u> l'élève pour contrer les effets moteur dus à des variations de puissance annoncées et générées par l'instructeur.</p> <p><u>Guider</u> l'élève pour appliquer différentes puissances et contrer les effets moteur. Lui faire percevoir la sensibilité de la manette des gaz et la corrélation entre la valeur du déplacement et la variation de puissance, qu'il soit capable d'afficher une puissance proche de la cible, sans avoir les yeux rivés sur la puissance.</p>
<b>Exercices</b>	<p><u>Demander</u> à l'élève des variations de puissance en contrant les effets moteur.</p>



# Plan de la leçon

## LEÇON EN VOL : 2) ETUDE DU COMPENSATEUR

<b>Perception</b>	<p>A partir du vol en assiette de palier-croisière non compensé :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Commenter le réglage du compensateur pour neutraliser l'effort au manche.</li><li>▪ Commenter le maintien de la ligne droite.</li></ul>	
<b>Actions</b>	<p><u>Guider</u> l'élève pour qu'il compense correctement l'avion en assiette de palier.</p> <p>Faire remarquer les efforts aux commandes pour maintenir l'assiette et la symétrie.</p>	
<b>Exercices</b>	<p><u>Demander</u> à l'élève de compenser l'avion après l'avoir décompensé au préalable.</p>	





# Plan de la leçon

## LEÇON EN VOL : 3) ETUDE DES TROIS ASSIETTES CARACTÉRISTIQUES

<b>Perception</b>	<p>A partir du vol en assiette de palier-croisière, aller rechercher l'assiette de montée, afficher la puissance associée en contrant les effets moteur, compenser, commenter la succession des actions :</p> <p>Assiette - Puissance - Stabilisation - Compensation et Vérification.</p> <p>Effectuer la même perception pour les assiettes de palier, puis de descente.</p>	
<b>Actions</b>	<p><u>Guider</u> l'élève vers l'affichage des assiettes de montée, palier et descente avec les puissances associées en contrant les effets moteur.</p> <p>Faire remarquer les efforts aux commandes pour maintenir l'assiette et la symétrie. Guider l'organisation des différentes actions.</p>	
<b>Exercices</b>	<p><u>Demander</u> à l'élève d'afficher successivement les 3 assiettes caractéristiques et les puissances associées.</p> <p><u>Vérifier</u> le maintien de la ligne droite et l'utilisation correcte du compensateur.</p>	



# Plan de la leçon

## BILAN

<b>Analyse</b>	<b>LEÇON ASSIMILEE :</b> L'élève visualise-t-il les assiettes caractéristiques ? Corrige-t-il correctement les effets moteur ? Le réglage du compensateur est-il correct ? L'ordre assiette, puissance, stabilisation, compensation puis vérification est-il respecté ?
<b>Programme</b>	Si le savoir-faire est acquis, fixer le programme de la séance suivante : « Le décollage ».

## Commentaires

### LE COMPENSATEUR

L'instructeur doit insister sur le rôle du compensateur : **annuler un effort à assiette stabilisée** et non pas piloter l'avion à l'aide de ce système.

Faire noter à l'élève qu'il est important de se référer aux repères extérieurs (horizon et RPB), pour obtenir une bonne compensation.

La notion de pré-compensation peut être évoquée (mais ne sera appliquée qu'une fois le principe de compensation maîtrisé) car elle sera utilisée plus loin dans la formation et correspond à une réalité opérationnelle..



# Commentaires

## LE CIRCUIT VISUEL



Le passage d'une trajectoire à une autre se fait sur demande de l'instructeur. L'élève affiche l'assiette et la puissance qui correspondent sans que soit défini un paramètre d'interception comme l'altitude par exemple.

L'instructeur introduit l'observation de l'instrument représentatif de la puissance (pression d'admission ou compte-tours).

***Note : L'instructeur guide l'élève dans la technique d'exploitation du circuit visuel et lui enseigne la méthode d'observation d'un instrument.***

***Un pilote débutant aura tendance à systématiquement rechercher une valeur sur un instrument il est utile de lui décrire la chronologie d'observation d'un instrument :***

- ***Tendance.***
- ***Position d'aiguille.***
- ***Valeur.***





# Commentaires

## ERREURS FRÉQUENTES

### DE L'ÉLÈVE

- Séquence incorrecte des actions: assiette, puissance, stabilisation, compensation et vérification,
- Tendance à regarder de manière continue l'instrument jusqu'à que la valeur finale soit obtenue. L'élève aura donc quitté l'assiette du regard pendant plusieurs secondes. Parler de la division d'attention.
- Compensation avant la stabilisation de l'assiette et de l'effort.
- Mauvaise tenue de la ligne droite par manque de division d'attention pendant les réglages moteur et/ ou compensateur.

### DE L'INSTRUCTEUR

- Mauvaise gestion du volume de travail.

## FACTEURS HUMAINS

Un excès de stress de l'élève peut nuire à la perception des efforts.



