



## COMMANDES DE VOL PRIMAIRES

*Ce sont les dispositifs qui permettent d'assurer les évolutions de l'avion autour des trois axes : Tangage, roulis et lacet.*

Axe de référence	Commande	Gouverne
Tangage	manche	Profondeur
Roulis	Volant	Ailerons et Spoilers
Lacet	Palonniers	Direction

### Constitution d'une chaîne de commande de vol :

- Un émetteur (palonnier, manche).
- Les butées de structure (limite le débattement maxi).
- La transmission ou liaison (entre émetteur et récepteur).
  - mécanique (câbles, biellettes, guignols, etc...).
  - électrohydraulique par servovalves (SCEH) ou par servomoteur (PA, Yaw Damper, etc...).
- Le récepteur
  - gouverne.
  - servocommande réversible qui prennent en charge 50 à 90 % des efforts.
  - servocommande irréversible qui prennent en charge 100 % des efforts.
- Les butées de surcharge (limite le débattement en cas d'élasticité).

### Générateurs d'efforts artificiels :

*Les servocommandes irréversibles fournissent la totalité des efforts nécessaires au braquage des gouvernes. L'effort du pilote étant nul, il est indispensable de lui fournir un effort artificiel lui permettant de ressentir une sensation de pilotage.*

*Ces dispositifs sont tous montés en parallèle sur les servocommandes irréversibles.*

*Ils fournissent des efforts proportionnels :*

- *Au déplacement de la commande pilote par des systèmes de :*
  - *bielle à ressort*
  - *barre de torsion*
  - *came en cœur*
  
- *A la vitesse de l'avion :*
  - *montés sur la chaîne de profondeur, constitués d'un détendeur et d'un vérin qui durcit la commande pilote.*
  
- *Au facteur de charge :*
  - *montés sur la chaîne de profondeur, permettent de durcir la commande pilote e virage et en ressource par l'intermédiaire d'un accéléromètre.*

### Compensation de régime sur les sensations artificielles :

*La compensation de régime, consiste à annuler l'effort pilote sur la commande. La commande de trim est montée en série directement liée au corps de la sensation artificielle d'une bielle à ressort ou d'une came en cœur.*

### Les servovalves :

*Sont des dispositifs qui transforment un signal électrique en signal mécanique par l'intermédiaire de l'énergie hydraulique. Exemple, le pilote automatique ou l'amortisseur de lacet (Yaw Damper) émettent des signaux électriques transmis à un servomoteur.*

### La SCEH (Servo Commande Electro Hydraulique) :

*Elle fonctionne sans liaison rigide entre le manche et la gouverne, l'utilisation de servomoteurs (PA et Yaw Damper) n'est plus nécessaire. Les signaux sont directement reçus, analysés et amplifiés par le calculateur.*

### Limiteur de débattement (Rudder Travel) :

*Dispositif monté en série placé sur la chaîne de direction qui fait varier le débattement de la gouverne de manière inversement proportionnelle à la vitesse de l'avion, pour un même déplacement de la commande pilote et un même effort.*

*Un système de bras de levier fait varier le débattement de la gouverne de 30° aux faibles vitesses, à un minimum de 4 à 5° aux fortes vitesses.*

### L'amortisseur de lacet (Yaw Damper) :

*Dispositif monté en parallèle et placé sur la chaîne de direction qui assure :*

*- l'amortissement des oscillations latérales autour de l'axe de lacet (fonction obtenue par un gyromètre de lacet).*

*- la coordination de virage (fonction obtenue par une centrale inertielle IIS ou ADIRS).*

- le contre automatique en cas de panne réacteur  
(fonction obtenue par un accéléromètre latéral).

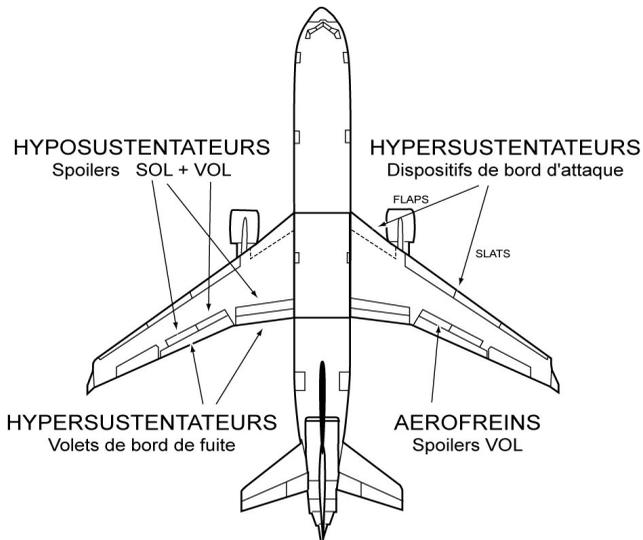
Principaux systèmes utilisés :

- Transmission mécanique directe
- Transmission mécanique / hydraulique  
avec servocommande réversible  
avec servocommande irréversible simple ou double corps  
avec servocommande irréversible indépendant
- Transmission électro / hydraulique

## COMMANDES DE VOL SECONDAIRES

Ce sont les dispositifs aérodynamiques tels que :

- Hypersustentateurs de bord d'attaque
- Hypersustentateurs de bord de fuite
- Aérofreins vol
- spoilers vol
- hypersustentateurs (aérofreins – spoilers sol et vol)



**Pour obtenir des vitesses de sustentation les plus faibles au décollage et à l'atterrissage en appliquant la formule :**

$$V = \sqrt{\frac{2P}{\rho_z \cdot S \cdot C_z}}$$

Nous constatons que seuls les paramètres « S » et « Cz » augmentant, permettent de diminuer V.

*Les dispositifs hypersustentateurs de bord d'attaque et de bord de fuite seront utilisés, car ils peuvent :*

- Augmenter la surface
- Augmenter la courbure
- Améliorer l'écoulement (effet de fente) aux grands angles.

***Pour diminuer la vitesse en vol et accroître la pente en descente, il faut :***

- Augmenter le  $C_x$
- Diminuer la finesse

Puisque  $f = \frac{C_z}{C_x}$

*On utilisera les spoilers et aérofreins.*

***Pour diminuer les distances de roulement (DR) à l'atterrissage ou en arrêt décollage, il faut :***

- Augmenter la traînée  $F_x$
- Augmenter le coefficient d'adhérence (efficacité des freins)

*On utilisera les hyposustentateurs au maximum (aérofreins et les spoilers sol et vol).*

*Dispositifs Hypersustentateurs de bord d'attaque :*

*Le coefficient de portance  $C_z$  augment quand l'angle d'incidence augment, jusqu'à une limite de  $C_z$  maxi, le décrochage. Les dispositifs de bord d'attaque permettent de reculer cette limite et d'augmenter l'angle d'incidence.*

*Donc  $C_z \nearrow$  et  $\alpha \nearrow$*

*Dispositifs utilisés :*

- *Bec de bord d'attaque (slats)*
- *Volet de cambrure variable*
- *Volet Krueger*
- *Volet Notch*

*Dispositifs Hypersustentateurs de bord de fuite :*

*Les dispositifs de bord de fuite modifient la courbure arrière du profil ce qui provoque :*

*Une ↗  $C_z$  pour une même incidence*  
*Une ↗ de  $S$*

*Dispositifs utilisés :*

- *Volets modifiant le  $C_z$  :*
  - *Volet d'intrados*
  - *Volet de courbure*
  - *Volet de courbure à fente*
- *Volets modifiant le  $C_z$  et  $S$  :*
  - *Volet Fowler*
  - *Volet à fentes multiples*

*Synthèse :*

*L'utilisation simultanée de bords d'attaque et de volets à fentes, augmente dans une proportion importante l'incidence maximale et permet d'obtenir des  $C_z$  max importants, diminuant d'autant les vitesses de décrochage.*

### Aérofreins :

Ils servent à augmenter le  $C_x$  sans perturber le  $C_z$  (pas de décollement de la couche limite) et leur action se traduit :

- Diminution de la vitesse longitudinale avion (sol ou vol).
- Augmentation de la pente de descente.

Ils sont situés soit :

- A l'extrados.
- A l'extrados et l'intrados.
- A l'arrière du fuselage.

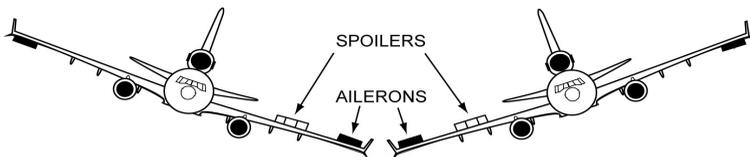
Sur la plupart des avions commerciaux actuels, la fonction aérofrein est assurée par des surfaces spoilers qui assument :

- D'une part une sortie symétrique activés par une manette spécifique (aérofreins ou speed break).
- D'autre part par une sortie dissymétrique fonction roulis activée par la chaîne gauchissement (manche) en coordination avec les ailerons.

### **Fonction « Aérofreins »**



### **Fonction « Gauchissement »**



### Spoilers :

Ils servent à augmenter le  $C_x$  et de diminuer le  $C_z$ .

Ils assument deux fonctions différentes :

- Aérofreins par braquage symétrique
- Roulis par braquage dissymétrique, aide au gauchissement en diminuant la portance de l'aile intérieure au virage.

Les mêmes panneaux spoilers peuvent être utilisés aux deux fonctions simultanément, leur braquage dépendra :

- De la valeur de déplacement manette aérofrein.
- De la valeur de braquage commande ailerons (manche)
- De la vitesse de l'avion.

La fonction roulis est prioritaire sur la fonction aérofrein, ils sont utilisables dans tout le domaine de vol.

Ils sont situés directement sur l'extrados de l'aile.

### Flaperons :

Ce sont des dispositifs qui sont situés sur le bord de fuite et qui permettent de conjuguer les fonctions roulis et hypersustentation.

En configuration hypersustentée, leur braquage (inférieur à celui des volets) permet néanmoins d'augmenter la portance de l'aile.

Utilisés généralement en Contrôle Actif Généralisé (CAG), si l'avion est équipé de commandes de vol électriques, ils permettent de réduire considérablement les moments fléchissant à l'emplanture.

## ENTRETIEN

### Concepts de construction :

**1 – SAFE LIFE (Vie Sûre) :** Appliqué à certains éléments pour lesquels on peut fixer une limite de vie après laquelle ils doivent être remplacés. Pendant cette période la structure doit supporter les charges avec une probabilité très faible de défaillance.

La durée de vie est démontrée en laboratoire. La durée de vie effective est obtenue en divisant le nombre de cycles d'essais par un **coefficient de sécurité** (entre 3 et 5).

Ce qui déterminera le nombre de cycles en utilisation pendant lesquels :

- il n'y aura théoriquement pas de pannes ;
- les visites de contrôles ne seront pas nécessaires.

Ce type de concept repose sur un **unique élément** comparable à un montage électrique de type série ; s'il y a panne ou rupture, les **conséquences sont catastrophiques**.

*DUREE DE VIE = AGE + POTENTIEL*

Ce concept est utilisé sur des éléments **d'accessibilité difficile** avec comme avantage la diminution du nombre de trappes de visites, donnant des structures plus fortes et comme inconvénient des **temps d'immobilisation avion très longs** pour l'entretien.

**2 – FAIL SAFE (Sûreté intégrée) :** Appliqué à des ensembles structuraux pour lesquels il est démontré qu'ils peuvent supporter la rupture en fatigue. Ceci implique la duplication (**REDONDANCE**).

Ce type de concept est comparable à un montage électrique de type parallèle ; s'il y a panne ou rupture d'un élément le fonctionnement n'est pas altéré car les autres éléments assurent la sécurité.

Le **FAIL SAFE** s'applique sur des éléments **d'accessibilité facile**, nécessitant des **contrôles fréquents**, la possibilité de **panne ou rupture étant admise** avec comme inconvénients :

- augmentation du nombre de trappes de visites (affaiblissement structural) ;
- détecteurs et indicateurs de pannes (augmentation du poids) ;
- prix de revient élevé.

et comme avantage la **sécurité accrue**.

**3 – Concept « DAMAGE TOLERANCE » :** Apparition récente avec les avions de conception nouvelle. Directement issu du **SAFE LIFE** et nécessite une parfaite connaissance de l'élément dans l'évolution de son « endommagement ».

Il n'a été rendu possible que par **l'expérience des suivis** (maintenance). L'un des **intérêts majeurs** de ce concept est qu'il conduit à un programme d'inspection **plus réaliste**.

Dans le cas où le concept « **TOLERANCE AU DOMAGE** » ne pourrait être utilisé, il faut appliquer celui du « **SAFE LIFE** ».

### **L'entretien :**

On distingue 3 modes d'entretien, et ce, par la manière dont est déclenché le remplacement d'un élément défaillant par un élément en bon état (neuf ou révisé).

**1 – Entretien à temps limite (HARD TIME) :** Entretien à caractère **préventif** ou l'élément est remplacé avant sa défaillance.

**TEMPS LIMITE** signifie que l'élément sera remplacé systématiquement avant d'atteindre sa limite en temps :

- soit pour subir certains travaux, lui permettant d'assumer une nouvelle période ;
- soit pour être retiré définitivement (limite de vie).

Ex : train d'atterrissage.

**2 – Entretien selon vérification de l'état (ON CONDITION) :** Issue de la tolérance aux dommages, **l'élément sera impérativement remplacé avant sa défaillance comme le Hard Time, mais non systématiquement.**

*Le procédé consiste en inspections, essais, ou interventions périodiques ou continues permettant de vérifier l'état ou le fonctionnement de l'équipement.*

*Les critères déterminant l'ENTRETIEN SELON L'ETAT sont :*

- **possibilité d'évaluer la dégradation** par inspections visuelles, mesures de paramètres, essais, etc... ;
- **la définition** par un document d'entretien de la valeur **limite des performances**, des **tolérances**, de **l'usure** ou de la **résistance à la défaillance**.

*Ex : mesures des fuites hydrauliques, mesures anémométriques, etc...*

**3 – Entretien avec surveillance du comportement (CONDITION MONITORING) :** Le procédé consiste à remplacer l'élément qu'après sa défaillance.

*Ex : calculateur de vol, PA, etc...*

### **Les visites d'entretien :**

*Les périodes s'expriment soit :*

- en heures de vol « AIRBORNE » ou « BLOC » (la plus utilisée);
- en temps « calendrier » (ex : 2500 h ou 3 ans) ;
- en nombre « d'atterrissage » (trains et mécanismes associés) ;
- en nombre de cycles (GTR, GTP, GMP).

### **Fréquence des visites :**

**- Visites d'entretien en ligne, qui comportent :**

- visite prévol (PNT ou mécanicien de piste) ;
- visite de transit (idem prévol) ;
- visite journalière (mécanicien de piste).

**- Visites de petit entretien, on les appelle visites A – B – C :**

Ces visites sont adaptées à la spécificité compagnie :

- Courts courriers :

- A : 180 h
- B : 900 h
- C : 1800 h

Ces visites dites de petit entretien sont au nombre de 10 et leur périodicité de 180 h.

- Longs courriers :

Activités éloignées de la base principale ou saisonnière.

**- Visites de grand entretien :**

On les appelle visites : D, GV (Grande Visite), IL (Intermediate Loyover).

La compagnie peut choisir entre :

- **l'entretien bloqué** qui consiste à appliquer la totalité des opérations de grand entretien en une seule visite.
- **l'entretien progressif** qui consiste à répartir les tâches de grand entretien en N visites de durée moyenne et de périodicités plus rapprochées.

**Fatigue :**

Une pièce soumise à des efforts discontinus ou alternatifs se succédant à intervalles courts, se brisait pour des efforts inférieurs à ceux utilisés en statique.

C'est la RUPTURE par FATIGUE.

**Charge sûre – CS :** charge sévère qui ne doit pas entraîner le RUPTURE par FATIGUE durant la vie complète de l'avion dont la fréquence tolérée est de 1 fois par vol.

**Charge limite – CL :** charge maximum qui ne doit pas provoquer de déformation et qui sera tolérer exceptionnellement une à deux fois dans la vie de l'avion.

**Charge extrême – CE :** charge atteinte qu'aux essais, la RUPTURE n'étant admise qu'après un temps défini (quelques secondes). Déformations légèrement tolérées si la SECURITE est garantie.

**Fiabilité :**

C'est la probabilité de fonctionnement sans défaillance dans des conditions spécifiées, pendant une période de temps déterminée.

Il est essentiel de distinguer deux notions différentes :

- **le MTBF (Mean Time Between Failure)  $1/\lambda$  :** temps moyen de bon fonctionnement ou temps moyen entre pannes. Il caractérise le niveau de fiabilité intrinsèque de l'équipement.
- **la durée de vie utile :** est liée aux conditions de fonctionnement et aux principes « physiques » mis en jeu.