

LE PILOTAGE DE L'AVION

Le pilotage des forces aérodynamiques se fait en modifiant la surface ou la forme du profil des ailes ou des empennages. Pour cela on agit sur les différents gouvernes par le biais de chaînes de commandes de vol qui peuvent être à transmission mécanique ou électriques.

Dans le cas d'un avion instable, ces chaînes seront forcément à transmission électrique car, entre-autre, chargées de gérer avec l'aide de calculateurs cette instabilité impilotable classiquement.

On parlera ainsi de :

- commandes de vol analogiques pour le Mirage 2000 : les informations sont transmises sous la forme de signaux électriques proportionnels aux informations qu'ils représentent,
- commandes de vol numériques pour le RAFALE : les informations sont transmises sous une forme codée de façon binaire.

1 Pilotage en roulis

Le roulis correspond au mouvement de rotation de l'avion autour de son axe \bar{x} (direction du fuselage).

C'est par le biais de la "chaîne de gauchissement" (ou "chaîne roulis") qu'on obtient ce mouvement. Cette chaîne fait la liaison entre une commande qui peut être :

- un manche à balai, utilisé sur la gauche ou la droite, pour nos avions d'arme,
- un volant, utilisé de la même façon, pour nos avions d'affaires,

et les gouvernes, qui peuvent être :

- des ailerons situés à l'extrémité et au bord de fuite des ailes pour un avion à empennage,
- des élevons situés au même endroit mais qui servent également de gouverne de profondeur pour un avion sans empennage,
- des spoilers, situés sur l'extrados des ailes.

En braquant, de façon dissymétrique, les gouvernes par une action sur le manche à balai (ou le volant) en latéral, on augmente la portance du côté où la gouverne s'est baissée et on la diminue du côté où la gouverne s'est levée. Pour les spoilers, une seule des deux gouvernes se lève créant une diminution de portance et une augmentation de traînée.

Le résultat global est que la résultante aérodynamique s'incline latéralement du côté où la gouverne s'est levée (elle suit le manche), faisant apparaître ainsi une composante déviatrice qui emmène l'avion en virage. C'est l'inclinaison qui crée le virage.

On dira que le virage est symétrique quand cette force déviatrice (composante horizontale de la portance) compense la force centrifuge définie par le rayon de virage. Ceci n'est obtenu que lorsqu'à rayon de virage donné on est à la bonne inclinaison. Si on est trop incliné, on est en glissade, si on n'est pas assez incliné, on est en dérapage.

Un phénomène secondaire peut être mis en évidence pour les avions à grande envergure et pour les planeurs : l'aileron baissé va plus traîner que l'aileron levé,

masqué par l'aile. Cette dissymétrie crée un moment de rotation d'autant plus fort que les ailerons sont éloignés. Cet effet, qui s'oppose à la mise en virage, s'appelle le lacet inverse. Il oblige, sur ce type d'avion, à utiliser le drapeau pour la mise en virage. Le pilotage se fait alors en "conjuguant" manche et palonnier du même côté.

2 Pilotage en tangage

Le tangage est le mouvement de rotation de l'avion autour de son axe \bar{y} (direction des ailes).

C'est par le biais de la "chaîne de profondeur" (ou "chaîne de tangage") qu'on obtient ce mouvement. Cette chaîne fait la liaison entre la commande, qui peut être :

- un manche à balai, utilisé en avant ou en arrière, pour nos avions d'arme,
- un volant, utilisé de la même façon, pour nos avions d'affaires,

et les gouvernes :

- gouverne de profondeur pour un avion à empennage,
- canard lorsque l'avion en est muni,
- élévons pour un avion sans empennage.

En agissant sur la ou les gouvernes par une action sur le manche à balai (ou le volant) en longitudinal, on crée, localement au niveau de la gouverne, une variation de la portance, génératrice d'un moment qui fait pivoter l'avion autour de son centre de gravité.

Cette rotation permet d'augmenter ou de diminuer, selon le sens, l'incidence de l'aile de l'avion, de modifier la portance globale et donc de modifier la trajectoire dans un plan vertical (le poids restant constant).

3 Pilotage en lacet

Le lacet est le mouvement de rotation de l'avion autour de son axe \bar{z} (perpendiculaire aux deux précédents).

C'est par le biais de la "chaîne de direction" (ou "chaîne de lacet") qu'on obtient ce mouvement. Cette chaîne fait la liaison entre la commande :

- palonnier,

et la gouverne :

- drapeau.

En agissant sur le drapeau, par l'intermédiaire du palonnier, on déforme le profil de l'empennage vertical pour créer une résultante aérodynamique à son niveau. Son moment par rapport au centre de gravité va faire pivoter l'avion autour d'un axe vertical.

Attention, ça ne suffit pas pour virer instantanément. En effet, cette seule action fait déraper l'avion (l'avion n'est pas assez incliné pour son rayon de virage), comme lorsque l'on tourne le volant d'une voiture sur une route trop glacée.

Néanmoins le fait de faire pivoter l'avion a créé une différence de vitesses entre les deux ailes : l'une va plus vite que l'autre, elle a plus de portance, elle se soulève.

L'action sur le palonnier s'accompagne donc d'un effet de roulis. Cet effet s'appelle **le roulis induit**. Il va dans le sens d'aide à la mise en virage à la différence de l'effet de lacet inverse qui lui s'y oppose.

4 Les instruments de pilotage

Les instruments de base permettant le pilotage (on ne traitera pas ici des instruments de navigation : compas, radiocompas, etc. abordés dans le Référentiel Technique du Conservatoire concernant la fonction Navigation du SNA) de l'avion sont de plusieurs type caractérisés par les informations entrantes et celles qu'ils fournissent au pilote.

4.1 Les instruments pneumatiques

Il s'agit des instruments qui, à partir d'information de pressions :

- statique,
- totale,
- compensées,
- ...

permettent de fournir des informations de vitesses :

- variomètre : vitesse verticale,
- anémomètre : vitesse horizontale,
- anémomachmètre : anémomètre avec nombre de mach,

et d'altitude :

- altimètre ou altipieds,

Ces instruments sont présentés de façon détaillée dans le cahier du Conservatoire sur le fonctionnement du circuit ABCT.

4.2 Bille (et fil de laine)

Pour visualiser les phénomènes de glissade ou de dérapage qui peuvent s'avérer dangereux dans les phases de virages proches du sol (l'avion en vol dissymétrique décroche à une vitesse supérieure et part forcément en vrille), le pilote dispose d'un instrument appelé bille.

La bille est constituée d'une masselotte placée dans un conduit légèrement convexe, de direction fixe parallèle à l'envergure des ailes, rempli par un liquide dense (huile) qui amorti ses mouvements. Quand l'avion se met en virage, la masselotte subit le même facteur de charge que l'avion. Tant que le poids apparent est perpendiculaire à l'envergure (virage symétrique), la masselotte reste au milieu du conduit, dès que le virage devient dissymétrique, la masselotte est emmené par son poids apparent vers une extrémité ou l'autre du conduit. Le pilotage doit se faire en conjuguant ailerons et palonniers pour maintenir cette bille au centre.

Un autre instrument très simple (utilisé sur les planeurs ou hélicoptères) consiste en un fil de laine collé sur la verrière à l'une de ses extrémités et libre à l'autre. Sa position dans le lit du vent relatif matérialise les filets d'air. Toute dissymétrie du vol se traduit par des filets d'air attaquant l'avion de travers : le fil de laine est donc désaxé. Comme pour la bille, une bonne conjugaison des palonniers et des ailerons pendant le pilotage se traduit par le maintien dans l'axe du fil de laine.

4.3 Indicateur de virage

Plutôt qu'une simple bille, on trouve sur les avions un instrument, appelé indicateur de virage, qui combine :

- la bille, indicateur de symétrie du vol,
- l'aiguille : indicateur d'inclinaison.

Cette aiguille est un instrument gyroscopique à alimentation électrique capable de détecter toute inclinaison de l'avion. Il est essentiellement constitué par un gyroscope tournant à vitesse élevée dont la principale caractéristique est la fixité dans l'espace. Il reste fixe tandis que le boîtier, solidaire du tableau de bord de l'avion se déplace avec l'avion.

4.4 Horizon artificiel

C'est l'instrument qui définit simultanément l'assiette et l'inclinaison de l'avion. Il est basé sur le même principe gyroscopique. Son alimentation peut se faire :

- par dépression (pompe à vide),
- électriquement.