



LA BILLE

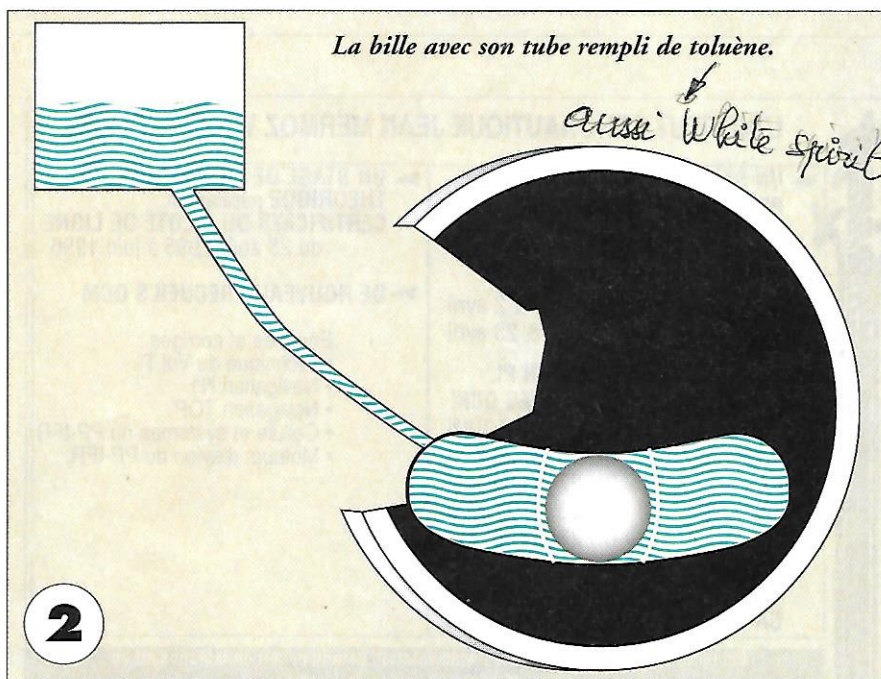
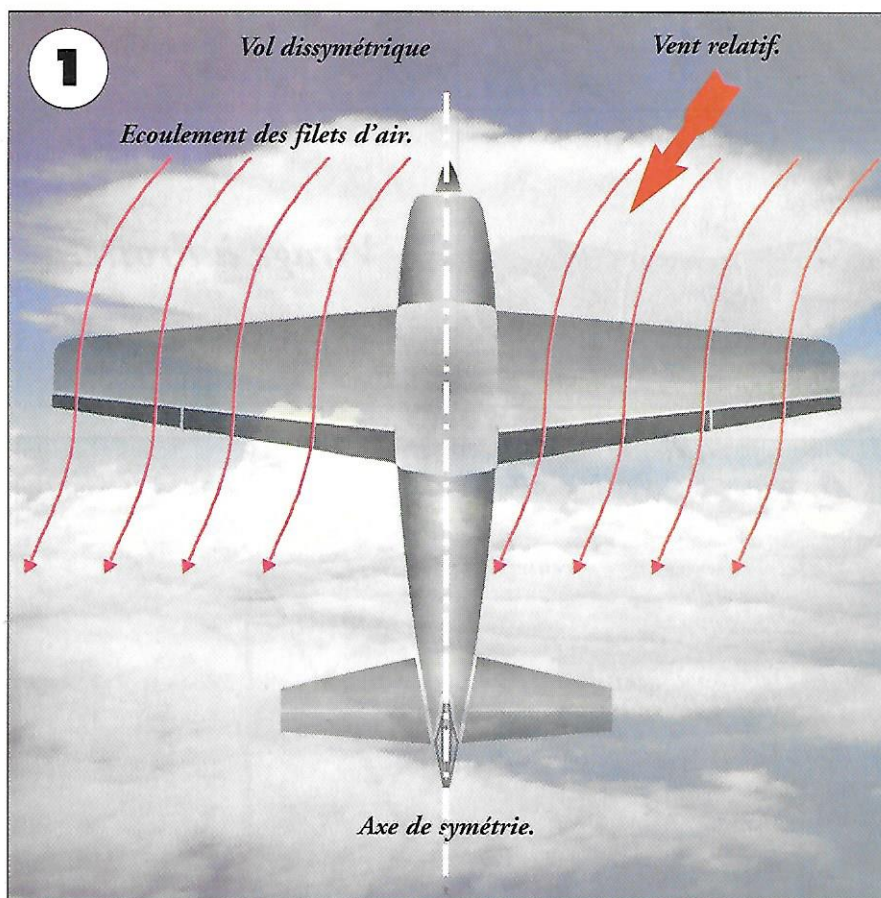
La bille est un instrument d'aide au pilotage qui équipe divers types d'appareils, du planeur à l'avion à hélice, jusqu'au turbopropulseur et au turboréacteur, sans oublier les cours de récréation des écoles primaires qui n'ont cependant rien à voir avec notre briefing d'aujourd'hui ! Cet instrument, généralement de conception très simple, renseigne le pilote de manière efficace sur la symétrie du vol.

Nous allons, dans le Briefing qui suit, voir tout d'abord ce qu'est le vol dissymétrique. Nous serons ainsi fixés sur ce qu'il convient d'éviter de faire. Nous présenterons ensuite la "technologie" de l'instrument de bord avant d'aborder la façon de l'utiliser au sol et en vol.

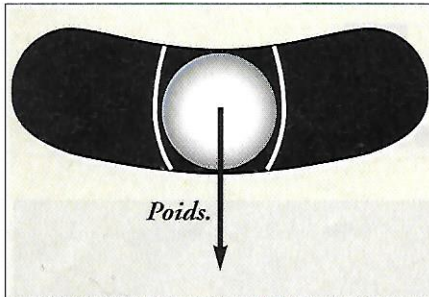
Vol dissymétrique. On parle de dissymétrie lorsque le vent relatif (généré par le mouvement de l'avion) n'est pas parallèle au plan de symétrie (plan contenant une ligne joignant l'extrémité avant à l'extrémité arrière de l'appareil). Un écoulement dissymétrique (figure 1) entraîne une dégradation des qualités aérodynamiques de vol. La dissymétrie peut apparaître sous l'effet d'une rafale latérale, ou lors d'un virage mal coordonné. De plus, vous devez être particulièrement vigilant lorsque vous vous trouvez dans une phase de vol à grande incidence. C'est ainsi qu'en approche, vous devrez veiller tout particulièrement à ce que, selon l'expression consacrée, "la bille soit au milieu".

Il existe en effet en cas de vol dissymétrique à forte incidence, ou à faible vitesse, un risque non négligeable de décrochage sur une aile, suivi d'un départ en vrille.

La manœuvre qui doit retenir toute votre attention est le dernier virage. C'est en effet à ce moment de l'approche que vous êtes le plus vulnérable. La vitesse est faible, l'incidence de l'avion est relativement importante, vous êtes en virage, vous êtes à basse altitude, votre attention est sollicitée par la prise d'axe... Attention à la dissymétrie ! Surveillez du coin de l'œil votre bille.

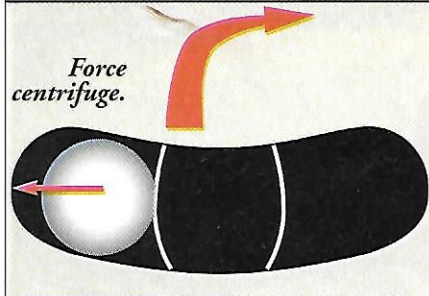


L'instrument et fonctionnement. Comme mon voisin (un sympathique paysan Cévenol) a l'habitude de le dire : "Les choses les plus simples sont souvent les plus efficaces !". cet adage s'applique à la bille lorsque l'on aborde le domaine

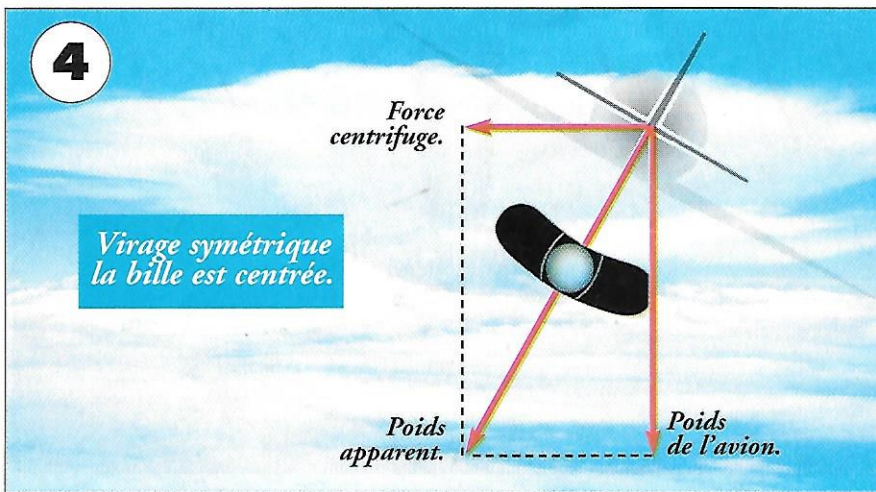


A l'arrêt.

3



Virage à droite.



aéronautique. Voyons donc rapidement la technologie fort simple de ce bel instrument.

Dans la plupart des cas, "la bille" se présente sous la forme d'un tube légèrement incurvé qui contient une bille libre, immergée dans un liquide (toluène) amortissant les oscillations. A l'une des extrémités du tube, un vase d'expansion permet la dilatation du liquide (Fig. 2). Les pilotes de voltige noteront que leur avion est équipé d'une double bille, la seconde étant utilisée en vol sur le dos.

Voyons maintenant ce qu'indiquerait la bille si elle équipait votre voiture. Voyons en réalité ce qu'elle indique lorsque vous êtes au sol avec votre avion.

- à l'arrêt : la bille est soumise à son seul poids, ce qui, du fait de la forme du tube la positionne au centre. L'équilibre est stable (Fig. 3)

- au roulage : en ligne droite, elle reste au milieu du tube. Par contre en virage, elle est soumise à une force latérale orientée vers l'extérieur (Fig. 3).

Lorsque vous roulez, vérifiez à l'occasion d'un virage que la bille se déplace dans son tube. Ce contrôle permet de s'assurer du bon fonctionnement de l'instrument. "Virage à droite, bille à gauche. Virage à gauche, bille à droite".

Voyons maintenant comment fonctionne la bille en vol.

- Lorsque les ailes sont horizontales, que ce soit en montée, en descente ou en croisière, la bille est en principe centrée.

- Au cours d'un virage symétrique, le poids apparent (qui est la somme vectorielle du poids réel de l'avion et de la force centrifuge générée par le virage) est dans le plan de symétrie de l'avion. "La bille est au milieu" (Fig. 4). Votre virage est coordonné. Vous avez correctement dosé l'action sur les palonniers.

- Au cours d'un virage non symétrique, le lecteur aura compris que la bille n'est pas au milieu. "L'ancienne école" (lorsque l'on apprenait à piloter sur des antiquités volantes) parlait de "virages dérapés" et de "virages glissés". Tout cela est aujourd'hui passé de mode. Un virage est soit symétrique, soit il ne l'est pas. point !

Revenons, dans un but purement démonstratif, sur ces deux types de virages non symétriques. Nous effectuerons tout d'abord la décomposition vectorielle des forces qui entraînent le déplacement de la bille. A partir de cette ana-

L'INSTITUT AERONAUTIQUE JEAN MERMOZ VOUS PROPOSE

► UN STAGE DE REVISION
PP-IFR AVION

du 1 au 9 avril 1995

► UN STAGE DE REVISION QRI

Écrit : les 1 & 2 avril
Oral : les 22 & 23 avril

► SES STAGES DE REVISION PL
INTENSIFS AVEC JOURNEES QCM

R1 DU 30 MAI AU 02 JUIN
M1 DU 15 AU 20 MAI
EA DU 27 AU 30 MAI
EB DU 18 AU 21 MAI
T DU 22 AU 25 MAI
N1 DU 22 AU 27 MAI
TOP DU 28 MAI AU 1 JUIN
DA LES 2 & 3 JUIN

► UN STAGE DE FORMATION
THEORIQUE préparant aux
CERTIFICATS DU PILOTE DE LIGNE
du 28 août 1995 à juin 1996

► DE NOUVEAUX RECUEILS QCM

Énoncés et corrigés :
• Technique du Vol T
• Navigation N1
• Navigation TOP
• Cellule et systèmes du PP-IFR
• Moteurs d'avion du PP-IFR

Contactez-nous pour obtenir une documentation détaillée, soit en téléphonant au :
(33) 1-46-86-81-00 soit en écrivant à :

INSTITUT AERONAUTIQUE JEAN MERMOZ
43, rue de la Grosse Pierre, Silic 444
94593 RUNGIS CEDEX

Groupe Amaury de la Grange avec la participation de la FNA

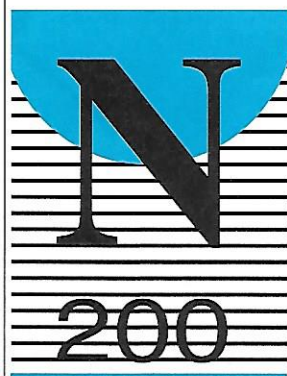
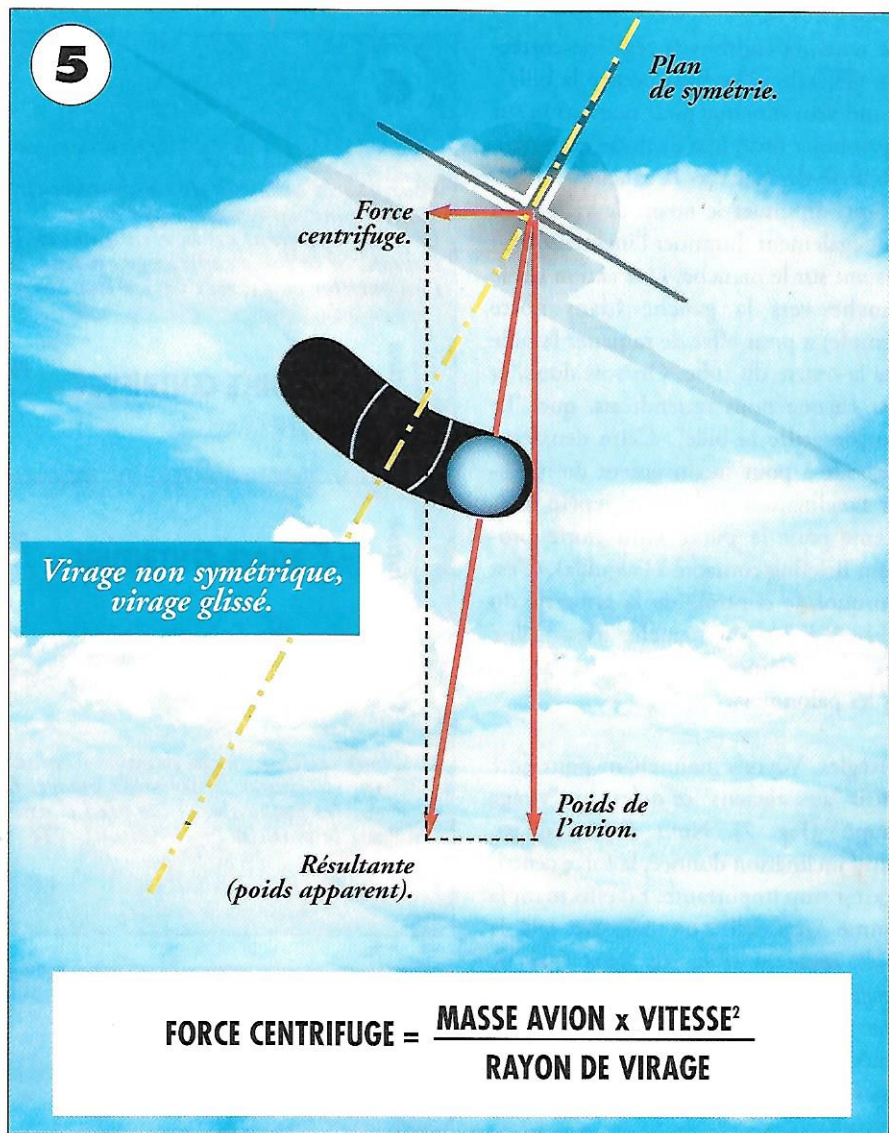
lyse, extrêmement simple, nous déterminerons les moyens qui permettent de corriger la dissymétrie et donc de remettre "la bille au milieu".

Commençons par le "virage glissé" (Fig. 5). Dans ce cas, pour l'inclinaison donnée à l'avion, la force centrifuge est trop faible. On voit sur le dessin, qu'en effectuant la somme vectorielle du poids de l'avion et de la force centrifuge, le poids apparent n'est plus dans le plan de symétrie. "La bille n'est pas au milieu". Pour que le vol soit symétrique, il faut augmenter la force centrifuge. La formule de la force centrifuge nous permet de définir deux actions correctives possibles (Fig. 5).

Palonnier et bille. En regardant de près cette formule, nous voyons que pour diminuer la valeur de la force centrifuge, on peut agir, soit sur la vitesse, soit sur le rayon de virage. Nous admettrons d'autre part que le troisième élément sur lequel il serait possible d'agir (la masse de l'avion) reste constante au cours du virage.

Voyons tout d'abord ce qui se passe lorsque l'on modifie la vitesse. Le but étant d'augmenter la valeur de la force centrifuge, il faut donc augmenter le numérateur (masse x vitesse²) de la fraction (Fig. 6). En théorie, il suffit donc de faire évoluer la vitesse pour "remettre la bille au milieu". En pratique, cette solution n'est pas retenue. Il est en effet mal aisé de faire évoluer rapidement la vitesse du fait de l'inertie.

Voyons donc la seconde solution qui consiste à faire évoluer le dénominateur de la fraction. Le but, dans notre exemple de virage "glissé", est d'augmenter la valeur de la force centrifuge. Il faut donc diminuer la valeur du rayon de virage, ce qui a pour effet de diminuer le dénominateur de la fraction. On obtient ainsi une valeur de force centrifuge plus importante. Comment allons nous concrètement diminuer la valeur du rayon de virage ? Deux actions sont possibles. En réalité c'est une combinaison des deux qui est retenue. La première consiste à utiliser les palonniers. A inclinaison constante, pour diminuer le rayon de virage, il faut exercer une pression sur le palonnier qui se trouve à l'intérieur du virage. Nous voyons sur la figure 5 qu'une telle action revient à exercer une pression du côté de la bille. C'est ainsi



CURSUS DU CENTRE DE FORMATION NIVEAU 200

Formations Pratiques Homologuées :

AB initio - PP - IFR - FTE - 1ère QT JAR 25
QT BE 20

Pilote de Ligne

Autres Formations :

- TT - Anglais du PL
- QRI (oral ATA / FCM / N200
du 24 au 28 avril / Bdx).

Pour toutes informations complémentaires, contactez **Michel CARRASCO**.

- Aéroport Bordeaux-Mérignac - Cidex 67 - 33700 MERIGNAC
Tél : (33) 56 47 71 79 - Fax : (33) 56 34 98 89
- Aérodrome Agen la Garenne - 47520 LE PASSAGE
Tél : (33) 53 98 33 30 - Fax : (33) 53 68 06 15
- Consultez-nous sur le Minitel 11

que nous retiendrons la règle de correction générale : "Le pied pousse la bille". Ce qui veut dire que pour une action sur le palonnier droit (cas de notre exemple), la bille se déplace vers la gauche.

Pour diminuer le rayon de virage, on peut également diminuer l'inclinaison en agissant sur le manche. Une action sur le manche vers la gauche (dans notre exemple) a pour effet de ramener la bille vers le centre du tube. On voit donc, et c'est ce que nous retiendrons, que "Le manche attire la bille". Cette deuxième méthode a pour inconvénient de modifier l'inclinaison qui est un repère intéressant pour le pilote (voir notre prochain Briefing consacré à l'aiguille). C'est pourquoi, le contrôle de la symétrie du virage à l'aide du manche n'est utilisé qu'en complément éventuel de l'action sur les palonniers.

Règles. Voyons maintenant pour faire plaisir "aux anciens" ce qu'est un "virage dérapé" (Fig. 7). Nous voyons qu'ici, pour l'inclinaison donnée, la force centrifuge est trop importante. En effectuant la somme vectorielle, on constate que le poids apparent n'est pas dans l'axe de symétrie. Il est à l'extérieur. La bille est donc du côté extérieur du virage. Pour remédier à cela, nous allons utiliser les règles que nous avons énoncées plus haut :

- "Le pied pousse la bille". Nous voulons que la bille se déplace vers la droite pour revenir au centre du tube. Il suffit d'exercer une pression sur le palonnier gauche. Nous n'effectuons bien entendu jamais une telle analyse lorsque nous pilotons, mais en effectuant cette action, nous avons augmenté le rayon de virage, donc diminué la force centrifuge.

- "Le manche attire la bille". Nous voulons que la bille se déplace vers la droite. Il faut donc tourner le manche vers la droite. Cette action revient à augmenter l'inclinaison, ce qui entraîne une diminution du rayon de virage.

Puisque rien ne remplace la pratique, surveillez la bille du coin de l'œil et volez symétrique. Nous aborderons dans notre prochain Briefing l'instrument qui est souvent associé à la bille. C'est ainsi que nous explorerons tous les secrets de l'aiguille et que nous verrons comment utiliser la "bille-aiguille".

Jean-Michel BUFFET.

6

Pour que la bille soit de nouveau centrée, il faut que le poids apparent soit dans le plan de symétrie de l'avion. Le poids apparent est la résultante de la force centrifuge et du poids de l'avion. Si la force centrifuge est trop faible (cas du virage glissé) il suffit de l'augmenter en faisant varier l'un des paramètres.

1° solution

$$\text{FORCE CENTRIFUGE} = \frac{\text{MASSE AVION} \times \text{VITESSE}^2}{\text{RAYON DE VIRAGE}}$$

2° solution

$$\text{FORCE CENTRIFUGE} = \frac{\text{MASSE AVION} \times \text{VITESSE}^2}{\text{RAYON DE VIRAGE}}$$

Nous retiendrons la deuxième solution, plus efficace.

Pour diminuer le rayon de virage, il faut agir :

- sur les palonniers : "le pied chasse la bille".
- sur le manche (inclinaison) : "le manche attire la bille".

7

Force centrifuge.

Virage non symétrique, virage dérapé.

Résultante, poids apparent.

Poids avion.

$$\text{FORCE CENTRIFUGE} = \frac{\text{MASSE AVION} \times \text{VITESSE}^2}{\text{RAYON DE VIRAGE}}$$