

Le couple moteur et la stabilité latérale

Bien que l'action défavorable du couple moteur sur la stabilité latérale soit des plus simples à analyser, il ne semble pas que l'on s'en préoccupe toujours assez sérieusement. Souvent même on ne s'en soucie pas, et l'on peut attribuer à cette négligence bien des accidents graves, parfois mortels.

En dehors de la construction, une connaissance approfondie de l'influence du couple de l'hélice sur la stabilité latérale permettrait au pilote d'agir plus utilement, et de se mieux tirer d'affaire quand l'action de ce couple compromet son équilibre.

Puisque la sécurité est en jeu, il est bon d'insister sur ce point.

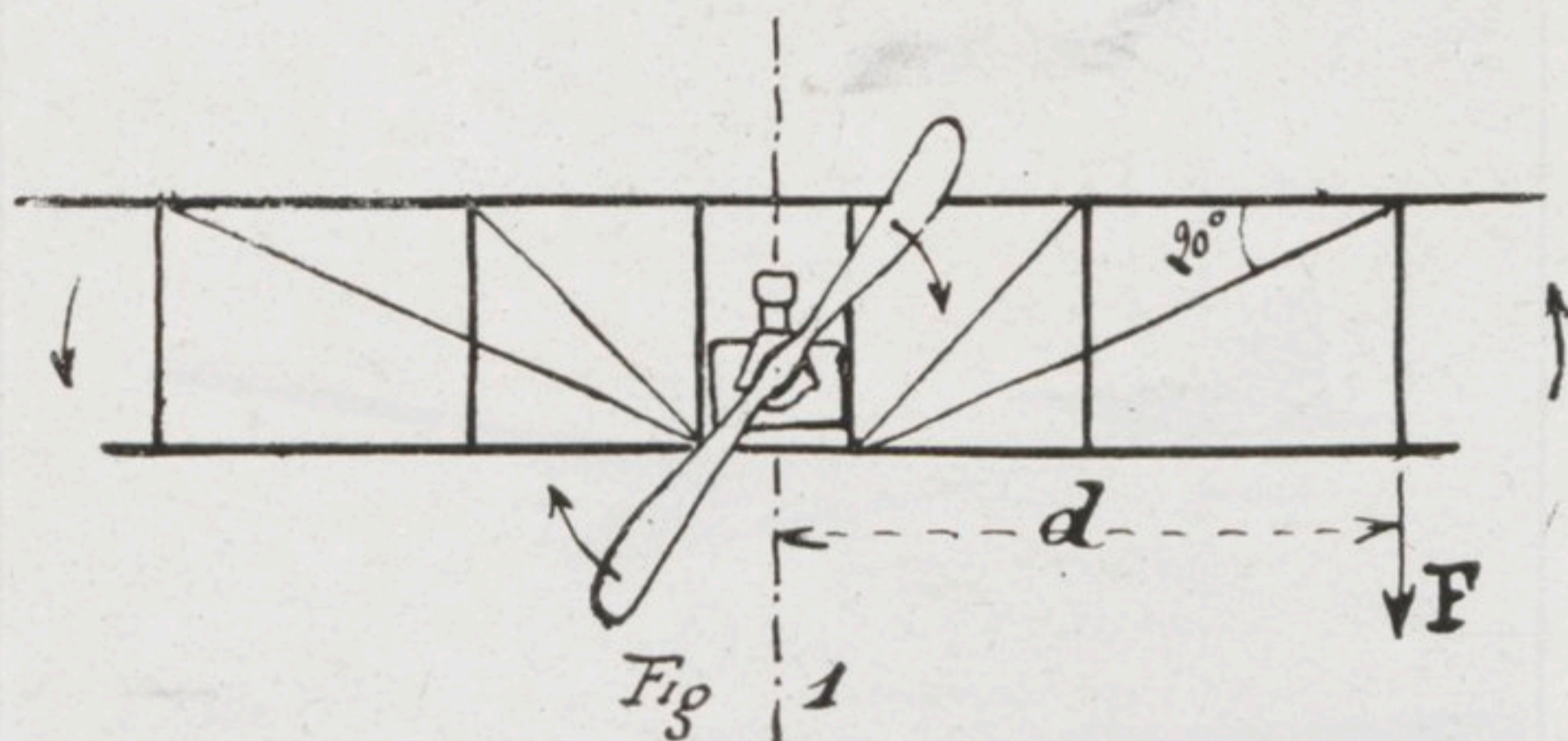
Définition du couple de déversement. — Quand un aéroplane est propulsé par une hélice unique, il a tendance à tourner autour de son axe longitudinal d'inertie, ou axe de roulis. Le couple qui tend à produire cette rotation est égal et de signe contraire au couple moteur; on l'appelle généralement *couple de renversement*. Il sera mieux désigné sous le nom de *couple de déversement*.

Plus simplement, la résistance que l'air oppose à la rotation de l'hélice a tendance à immobiliser cette dernière et à faire tourner l'aéroplane en sens inverse.

Pour empêcher ce mouvement de l'appareil, on crée une force correctrice verticale F , appliquée à une distance D du centre. La valeur de cet effort correcteur du déversement est exactement en kilogrammes :

$$F = \frac{P \times 75}{2 \pi n d}$$

P étant exprimé en HP, d en mètres, n vitesse angulaire de l'hélice en tours par secondes.



Dans la pratique, cet effort F est obtenu de plusieurs façons :

1° Quelquefois par l'adjonction d'un contrepoids à l'extrémité de l'aile :

A droite lorsque le pas de l'hélice est à droite (c'est le cas général des biplans et monoplans ayant le moteur à l'avant) ;

A gauche pour les hélices ayant leur pas à gauche (cas du moteur à l'arrière).

2° Par le *décentrage* d'une masse importante de l'appareil, ou du fuselage tout entier. Dans ce cas, la distance dont il faut déporter la masse de poids Q , est

$$d = \frac{P \times 75}{2 \pi n Q}$$

Ce procédé revient à augmenter la surface sustentatrice située d'un même côté de l'axe de roulis.

3° On peut encore, lorsque l'appareil est composé d'une cellule rigide ou d'ailes fixes, *dérégler* volontairement la cellule de façon à augmenter l'angle d'attaque d'une aile par rapport à l'autre. La sustentation d'une aile est alors supérieure à celle de l'autre d'une quantité égale à F , dans le vol rectiligne.

4° Enfin, dans les appareils dont la surface portante est tout entière gauchissante, on est obligé si l'on ne veut pas recourir à l'un des procédés 1 et 2 de *dérégler la commande de gauchissement*, de telle sorte que, lors-

qu'on tient le levier vertical, la cellule prenne une torsion initiale, comme dans le cas précédent. Mais on entrevoit déjà une première infériorité de ce procédé sur les précédents puisque l'effort F se traduit par un effort constant sur le levier de gauchissement pendant tout le vol régulier, même si la tranquillité de l'atmosphère dispense le pilote de se servir du gauchissement.

Inconvénients de ces procédés. — Les moyens employés pour annuler le couple de déversement ont l'inconvénient de déséquilibrer latéralement l'appareil lorsque le couple moteur cesse, c'est-à-dire quand le moteur s'arrête. L'aviateur sera alors obligé d'équilibrer l'effort F qui abaisse l'aile gauche en gauchissant cette dernière ou en augmentant la sustentation de l'aileron gauche. Cela l'oblige à maintenir son levier incliné sur la gauche, bien qu'il descende en vol plané rectiligne. Si à ce moment il arrive un remous faisant pencher à droite, le levier n'a que peu ou même plus du tout de course vers la gauche et le pilote n'a plus que le gouvernail vertical pour rétablir son équilibre.

Privé ainsi de sa défense sur le côté droit, si la vitesse relative a diminué et que le gouvernail vertical ne soit pas manœuvré à temps ou reste inefficace, l'appareil peut amorcer une descente en spirale dont les spires vont en se resserrant. Lorsqu'elles atteignent une certaine courbure, l'appareil s'engage latéralement sur la droite. Cela veut dire que la résultante des efforts du vent sur le fuselage passe en arrière du centre de gravité, malgré l'action du gouvernail vertical devenu impuissant de même que le stabilisateur de profondeur dans l'engagement longitudinal des appareils à empenage fixe. La chute fatale peut être ainsi la conséquence d'une vulgaire panne de moteur.

En pareille circonstance, dès que le moteur s'arrête, la meilleure façon, pour le pilote, d'éviter la chute sur l'aile droite, est d'amorcer un virage à gauche, et de descendre ainsi en spirales.

Pratiquement, on prend souvent une solution intermédiaire qui consiste à n'équilibrer que *partiellement* le couple moteur par l'un quelconque des procédés précédents. De cette façon, pendant le vol rectiligne avec moteur, le levier se trouve incliné à droite, tandis qu'il est à gauche pendant le vol plané; mais dans ce dernier cas, le danger est moindre, puisque la course possible du levier vers la gauche est plus grande que précédemment.

Influence du couple moteur dans les virages. — Lorsque le couple moteur est équilibré partiellement, on constate que l'appareil est plus facile à conduire dans les virages (en supposant toujours l'hélice avec pas à droite). Les raisons en sont bien simples :

1° *Équilibrage par contrepoids.*

Dans ce cas, on a placé sur l'aile droite un contrepoids inférieur au poids calculé, il faut donc gauchir un peu l'aile gauche, ou tirer sur l'aileron de gauche pour compenser cette différence. Le levier se trouve légèrement décalé à droite. Dès que le virage est amorcé, la sustentation de l'aile droite, diminuant de ce fait, vient en aide au contrepoids pour équilibrer le couple moteur. Si le virage est assez large, cela peut suffire, et l'aviateur peut ne pas avoir à faire intervenir le gauchissement, le levier restant dans sa position légèrement inclinée sur la droite. Si le virage est court, l'aile intérieure peut perdre trop de sustentation, il faut alors la gauchir. Pour ce faire, le pilote dispose de toute la course vers la gauche. Ainsi, dans ce cas, l'excès du couple moteur sur le contrepoids vient en aide au gauchissement, diminue son amplitude et, par suite, réduit au minimum les effets perturbateurs des actions secondaires (1) du gauchissement.

(1) Rappelons que l'on entend par actions secondaires, le mouvement de virage que produit l'augmentation de résistance à l'avancement de l'aile qu'on gauchit: ce virage lui faisant perdre de la vitesse tend à la faire baisser, au détriment de l'effet que l'on voulait obtenir par le gauchissement: le redressement.

Aussitôt le virage terminé, le gouvernail vertical fait reprendre à l'aéroplane sa trajectoire rectiligne; la prépondérance du couple moteur sur le contrepoids redresse l'appareil.

Donc, dans le virage à droite, les mouvements secondaires sont atténués le plus possible, et le couple moteur combat l'inclinaison de l'appareil due au décentrage de la sustentation, et redresse à la fin du virage. Tout concourt à le faciliter.

Le virage à gauche n'en sera que plus difficile. D'abord, la course du levier qui a besoin de se porter à droite est diminuée, puisqu'en marche rectiligne le levier est déjà déporté dans ce sens.

L'action prépondérante du couple moteur sur le contrepoids s'ajoute au décentrage de la sustentation dû au virage; tous deux s'entendent pour faire pencher de trop à l'intérieur de la courbe.

Il en résulte en outre que le gauchissement que l'on produit pour limiter cette inclinaison doit être plus ample que précédemment et les effets secondaires qui l'accompagnent, deviennent d'autant plus considérables.

On sait que l'efficacité du gauchissement décroît rapidement quand l'incidence augmente, tandis que les effets secondaires croissent non moins rapidement. Si, pendant ce virage, l'appareil est dans un régime à grande incidence, l'effet secondaire peut l'emporter sur l'action redressante du gauchissement; il en résulte la chute sur l'aile, inévitablement amorcée.

Nous étudierons ce cas difficile en détails de façon à montrer comment un pilote peut sortir d'un aussi mauvais pas; mais ces questions méritent une étude spéciale pour laquelle la place nous manque ici.

2° Décentrage d'une masse de l'appareil.

Au point de vue des facilités et difficultés qu'on éprouve à virer dans un sens ou dans l'autre, tout se passe ici comme précédemment, car dans les deux cas, on produit un déplacement latéral du centre de gravité.

3° Torsion initiale d'une cellule rigide à ailerons.

Le mécanisme du virage est le même que dans les cas précédents, mais les mouvements secondaires sont plus importants, et accentuent la facilité de virage à droite, en même temps, que la difficulté du virage à gauche par rapport aux systèmes 1 et 2.

D'abord, l'appareil amorcera plus difficilement le virage à droite, à cause de l'augmentation de résistance à l'avancement de l'aile gauche, due à la torsion. En vol rectiligne, et en parlait équilibre latéral, le levier se trouve incliné à droite. Le pilote dispose ainsi d'une grande course à gauche, pour limiter son inclinaison dans un virage court à droite.

L'action des effets secondaires est minima dans ce virage à droite, et ce minimum est plus petit que dans les cas 1 et 2.

Le redressement est facilité comme précédemment par la prépondérance du couple moteur sur l'action de la torsion de la cellule. Cette torsion, bien qu'elle augmente l'incidence de l'aile gauche, facilite ici encore le redressement de l'aile droite à la fin du virage, mieux que dans les cas 1 et 2, car l'augmentation de la résistance à l'avancement de l'aile gauche a pour effet d'aider à remettre l'appareil en marche rectiligne quand il sort du virage.

En revanche, il sera plus difficile de virer à gauche, toutes choses égales d'ailleurs.

Cette solution a l'avantage de permettre une construction symétrique de la cellule elle supprime la surcharge constituée par le contrepoids, mais elle exige un réglage préalable. D'autre part, elle accentue la difficulté d'un virage sur l'aile que le couple de déversement abaisse.

Les deux premiers procédés sont meilleurs que ce dernier.

4° Cas de la cellule entièrement gauchissante.

On est obligé de maintenir la torsion initiale à l'aide du levier de commande; le pilote a donc un effort constant à faire dans un sens, et le levier ne se trouve plus vertical, si la commande n'a pas été volontairement déréglée, de façon à obtenir la position verticale du levier, pendant le vol.

A cet inconvénient considérable sur certains appareils s'ajoute le défaut de l'inégalité des efforts: la

manœuvre gauchissant l'aile gauche est plus dure que celle qui gauchit l'aile droite.

Au point de vue constructif, on rencontre déjà d'énormes difficultés venant de la raideur des ailes d'une cellule entièrement gauchissante. La torsion initiale nécessaire pour « équilibrer le couple moteur augmente encore la dureté due à la rigidité de l'aile.

Remarquons en passant que la rigidité de l'aile est due à son épaisseur, et à la raideur de la toile produite par les enduits généralement employés. La précaution qui consiste à faire tourner les nervures sur le longeron avant de forme cylindrique, est tout à fait insuffisante.

En résumé, le procédé de dérégulation de la commande pour équilibrer le couple moteur, dans une cellule entièrement gauchissante, a tous les défauts des autres systèmes, avec plus d'exagération, et on se heurte de plus à une grande dureté quand on gauchit l'aile gauche.

Donc, avec la cellule entièrement gauchissante, les deux premières solutions sont les meilleures, surtout si le couple moteur est important.

Beaucoup de constructeurs et de pilotes pourront juger inutile cette étude, d'autres, au contraire, pourront y découvrir les vraies raisons de phénomènes et accidents inexplicables. C'est, qu'en effet, à égalité de couple moteur, les perturbations ont une importance qui dépend d'une foule de facteurs caractéristiques de l'appareil: envergure, inertie latérale, surface de dérive, surface-queue, disposition du gouvernail de direction, organes d'équilibre, leurs dimensions, leur efficacité, l'amplitude de leur commande.

En d'autres termes, le même moteur agissant avec la même démultiplication, influencera de façons toutes différentes des appareils différents, malgré une similitude apparente.

Nous ne pouvons entamer ici une étude aussi complexe. Notons simplement l'influence quantitative du couple moteur.

Influence de la puissance motrice et de la démultiplication. — Dans la plupart des cas, avec des hélices en prise directe, sur de grands appareils, munis d'un moteur relativement faible, le déséquilibre dû au couple moteur est facilement rattrapé, souvent sans qu'on s'en préoccupe. Il est négligeable.

Si, au contraire, on emploie une hélice démultipliée, tournant par exemple à 700 tours, pour une puissance de 120 HP, l'effort représentant le déséquilibre sera

$$F = \frac{120 \times 75 \times 60}{2\pi \times 700 \times 5} = 24 \text{ k. } 500$$

en admettant que l'insertion du câble de gauchissement se fasse à 5 mètres de l'axe. Si son inclinaison est de 20°, l'effort permanent, correcteur du couple de dé-

versement, sera $\frac{24.5}{\sin 20^\circ}$ soit 71 kg.

Avec une démultiplication du levier de commande de 9/60, il en résulte un effort constant sur la main du pilote de

$$\frac{71 \times 9}{60} = 10 \text{ k. } 6$$

Il faut ajouter à cela la raideur de la toile, et les frottements. Un mauvais remède consiste à employer un ressort pour équilibrer cet effort permanent.

Dans un cas semblable, la compensation du couple moteur par décentrage du levier de gauchissement est à rejeter.

De beaux appareils, remarquables par leur construction, doivent leur insuccès à des détails de ce genre.

Par exemple, pour obtenir une amélioration problématique de rendement, on n'hésite pas à employer une grande démultiplication, sans se préoccuper d'autre chose. Au premier essai, le pilote non averti, se trouve désemparé; il constate que son appareil penche malgré lui, ou tourne toujours dans un sens, bien que son gouvernail soit braqué à fond. Il finit par toucher de l'aile, l'appareil est anéanti; les spectateurs comme le pilote cherchent encore les raisons de cet étrange accident.

M. LEYAT,

Ingénieur des Arts et Manufactures.