



DIS, COMMENT ÇA VOLE UN NAVION, PAPA ?
Modeste leçon d'aérodynamique
pour



Pilote de tapis volant sur IL2 Forgotten Battles/Pacific Fighters

1. Notion de base : la "portance".

Le terme de "portance" n'est pas correct, les ailes d'un avion ne le portent pas, en s'appuyant sur l'air, ou alors très peu. Elles sont aspirées vers le haut, ce phénomène porte le nom de SUSTENTATION.

C'est la vitesse de l'avion qui lui permet de voler. Cette vitesse crée un vent apparent et donc un écoulement d'air sur les surfaces de l'avion, en particulier sur les ailes. Le comportement de ces écoulements est représenté sur le schéma 1 d'un profil d'aile ci-dessous :

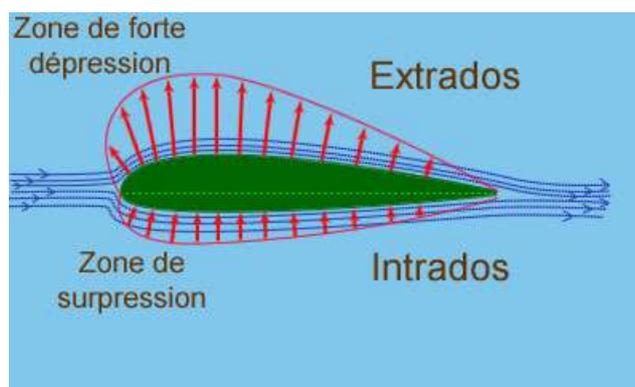


Schéma 1

Sur la partie inférieure de l'aile, l'intrados, les écoulements sont ralentis, l'air est comprimé et il se forme une zone de surpression. Inversement, sur la partie supérieure, l'extrados, les écoulements s'accélèrent, l'air est plaqué sur la surface (on dit qu'il colle à l'extrados) et il se forme une zone de dépression. La forme du profil de l'aile et l'angle d'incidence créent une zone de dépression plus importante, d'où l'effet d'aspiration.

L'effet d'aspiration crée donc une force, que l'on appelle abusivement la portance, qui est toujours dirigée perpendiculairement au plan moyen des ailes. Par la suite, cette force sera schématisée soit par un unique vecteur (une flèche), soit par un ensemble de vecteurs répartis sur toute l'envergure de l'avion (schémas 2 à 4)

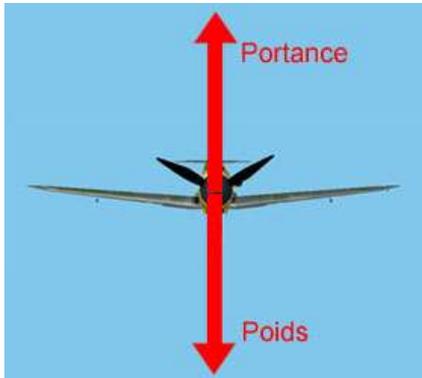


Schéma 2

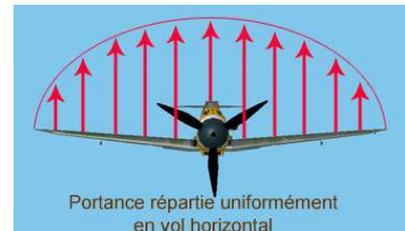


Schéma 3

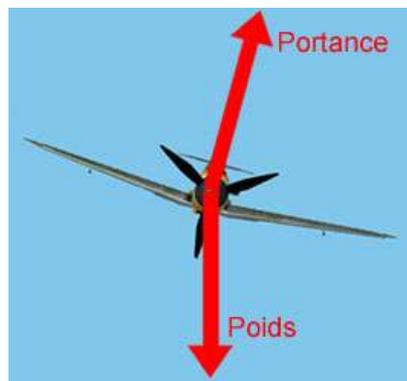


Schéma 4

2. Les forces en présence.

Nous avons pour l'instant deux forces : le poids, dirigée vers le centre de la terre, et la portance, dirigée perpendiculairement au plan moyen des ailes. A ces deux forces s'ajoutent la traction du moteur, la propulsion, et la traînée, résultante des divers frottements. En vol horizontal uniforme (pas de modification d'altitude ni de vitesse), ces quatre forces s'annulent deux à deux (schéma 5) :

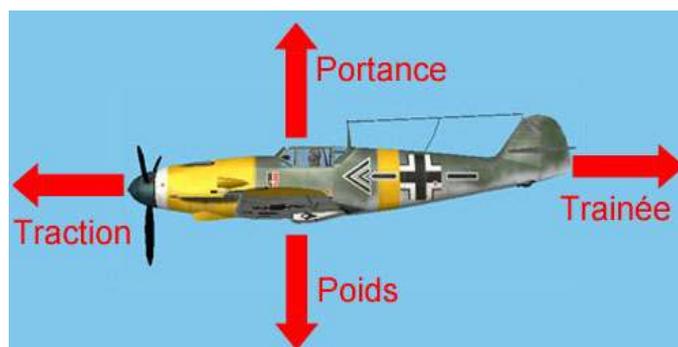


Schéma 5

3. Le décrochage

Lorsque l'incidence est trop importante, les écoulements supérieurs décollent de l'extrados et il se crée une zone de turbulences, l'effet d'aspiration est fortement réduit. L'aile n'est plus aspirée, elle décroche. (schéma 6)

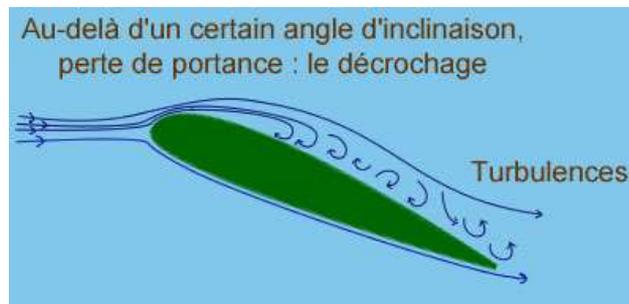
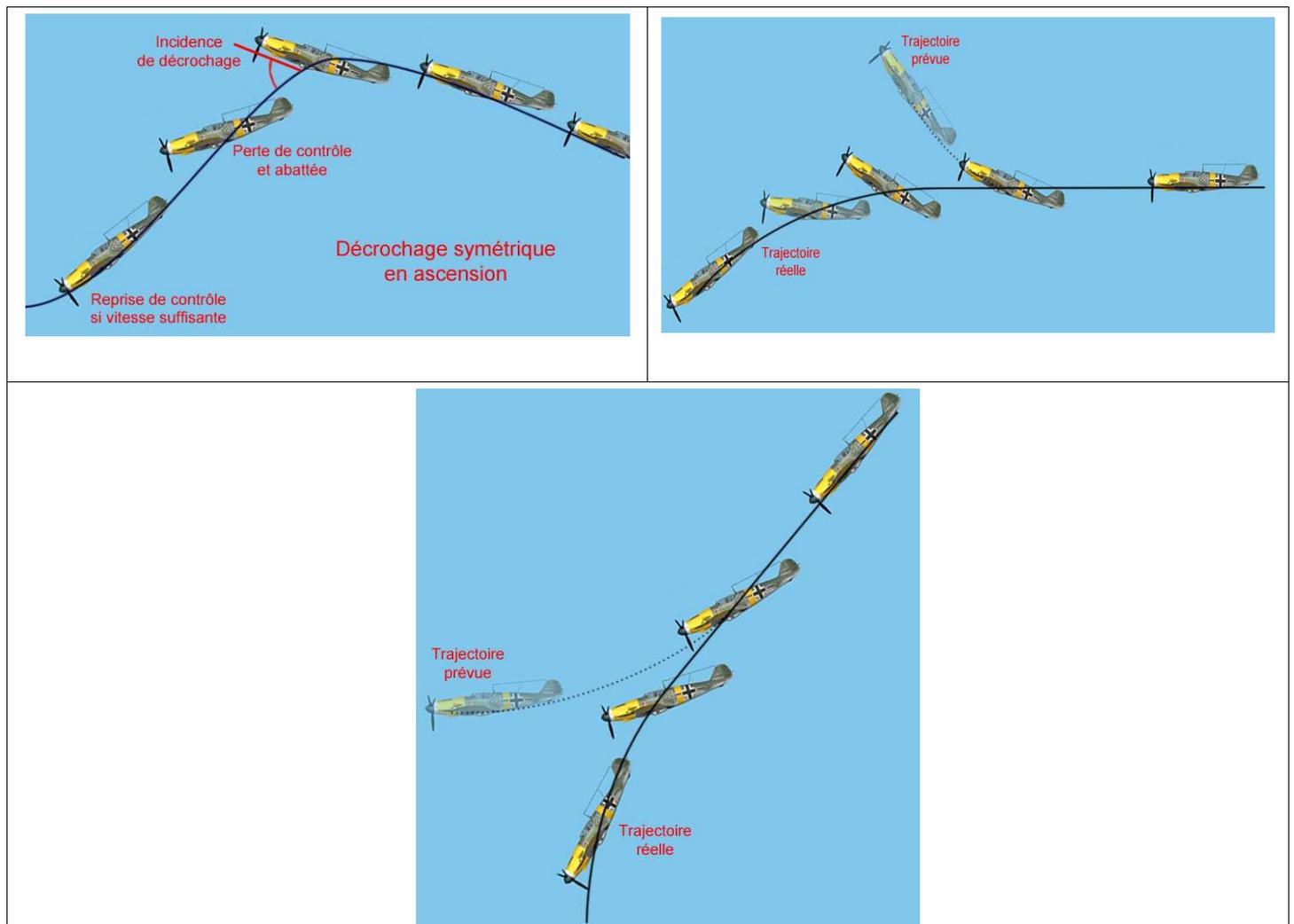


Schéma 6

Ce type de décrochage est provoqué par une incidence trop importante ou trop brusque. A une altitude convenable, permettant de rattraper le décrochage, si les deux ailes décrochent de manière symétrique, il n'y a pas de grand danger. Par contre, comme nous le verrons plus tard, un décrochage asymétrique, c'est à dire lorsqu'une seule aile décroche, est beaucoup plus dangereux s'il n'est pas maîtrisé. Les schémas suivants présentent trois cas typiques de décrochages symétriques engendrés par une action trop brusque sur l'incidence.



4. Les manoeuvres de base : les trois axes.

Le pilote dispose de trois gouvernes pour manoeuvrer l'avion, chacune agissant selon un axe de rotation.

- La gouverne de profondeur pour l'axe de tangage. Le pilote déplace le manche vers l'avant ou vers l'arrière. (schéma 7)
- Les ailerons pour l'axe de roulis. Le pilote déplace le manche vers la droite ou vers la gauche. (schéma 7)
- la gouverne de direction pour l'axe de lacet. Le pilote pousse le palonnier à gauche ou à droite (palonnier aux pieds). (schéma 8)
(dans le cas d'un joystick avec palonnier sur le manche, il effectue une rotation, dans l'axe vertical, dans le sens des aiguilles d'une montre ou à l'opposé)



Schéma 7



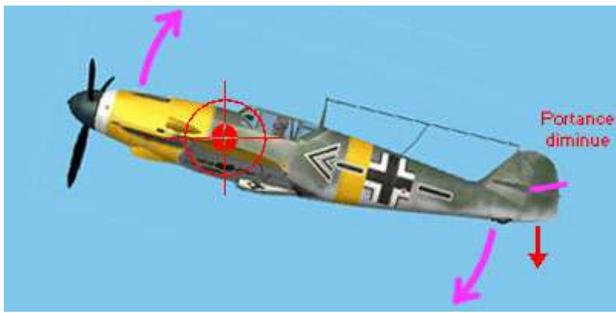
Schéma 8

Par manipulation du manche ou du palonnier, le pilote modifie la portance d'une surface horizontale (ailes et empennages) ou verticale (empennage vertical).

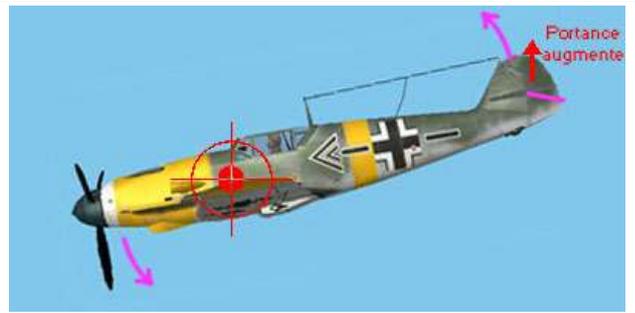
On notera que :

- les ailerons ont une réaction opposée, d'un côté l'aileron s'abaisse et augmente ainsi la portance de l'aile, de l'autre il se redresse pour la diminuer.
- dans le cas de l'empennage vertical, c'est le même phénomène de sustentation qui entre en jeu. La force de portance est ici perpendiculaire au plan vertical.

Autour de l'axe de tangage



Manche arrière, la portance de l'empennage diminue, l'avion effectue une rotation vers l'arrière.



Manche avant, la portance de l'empennage augmente, l'avion effectue une rotation vers l'avant.

La cible rouge symbolise la position (approximative) du centre de la rotation.

Autour de l'axe de roulis

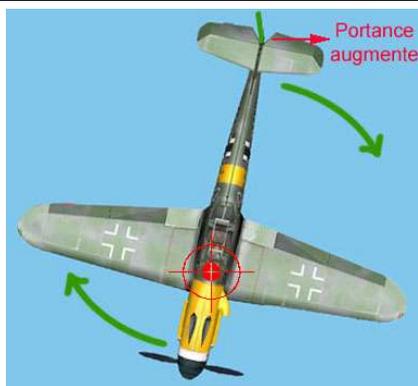


Manche à droite, la portance de l'aile droite diminue, celle de l'aile gauche augmente, l'avion effectue une rotation vers la droite.

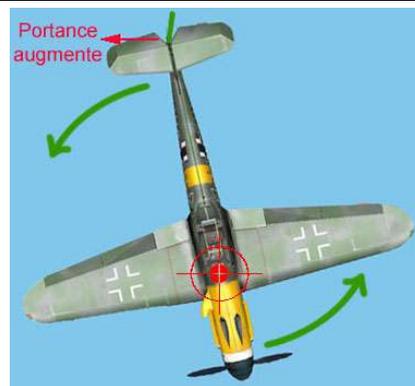


Manche à gauche, la portance de l'aile gauche diminue, celle de l'aile droite augmente, l'avion effectue une rotation vers la gauche.

Autour de l'axe de lacet



Palonnier à droite, la portance de l'empennage est dirigée vers la gauche, l'avion effectue une rotation vers la droite.



Palonnier à gauche, la portance de l'empennage est dirigée vers la droite, l'avion effectue une rotation vers la gauche.

Pour un palonnier sur le joystick, le sens de rotation du joystick correspondra au sens de rotation de l'avion.

Observons maintenant d'un peu plus près les rotations autour des axes de roulis et de lacet.

5. Axe de roulis

Manœuvrer le manche vers la gauche ou vers la droite modifie donc la position de l'avion autour de l'axe de roulis en modifiant la portance des ailes. La répartition de la portance n'est plus uniforme (schéma 9) :

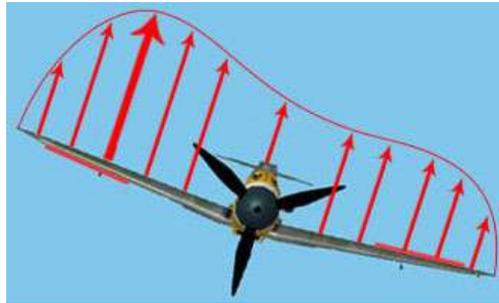


Schéma 9

Manche à gauche, diminution de la portance à gauche, augmentation à droite.

Le premier effet est donc l'inclinaison de l'avion autour de l'axe de roulis. Cette inclinaison modifie alors la direction de la portance, qui, je le rappelle, est toujours perpendiculaire au plan moyen des ailes. La force de portance se décompose en deux résultantes : R_z et R_y (Schéma 10)

La première, R_z , de direction opposée à celle du poids de l'avion, est plus faible que celui-ci. Cette force est insuffisante pour équilibrer le poids de l'avion qui descend par manque de portance.

La seconde, R_y , appelée force centripète, dévie l'avion, ici vers la gauche. C'est elle qui crée le virage.

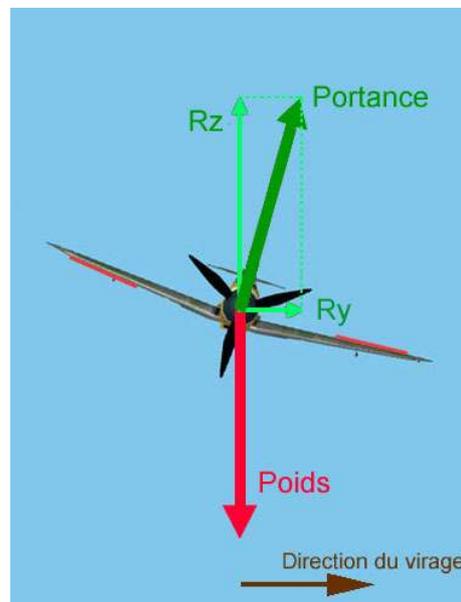


Schéma 10

L'avion vire donc à gauche en descendant.

L'action sur les ailerons va aussi modifier la traînée des ailes. En effet, comme le montre le schéma 11, en vol horizontal ou à faible incidence, baisser un aileron augmente la surface frontale de l'aile, tandis que le relever ne modifie pas cette surface frontale.

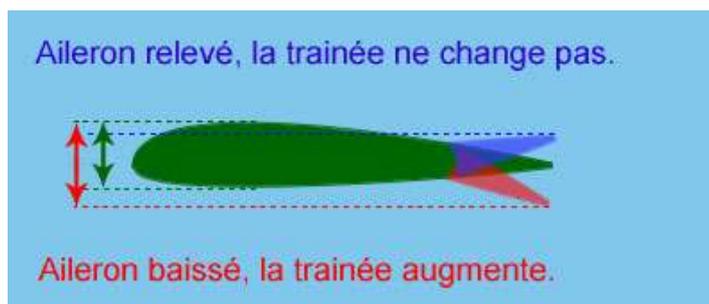


Schéma 11

De ce fait, manche à gauche, la traînée de l'aile droite devient plus importante que la traînée de l'aile gauche. Ce déséquilibre de la traînée provoque une rotation autour de l'axe de lacet, ce phénomène est appelé "lacet inverse". (schéma 12) :

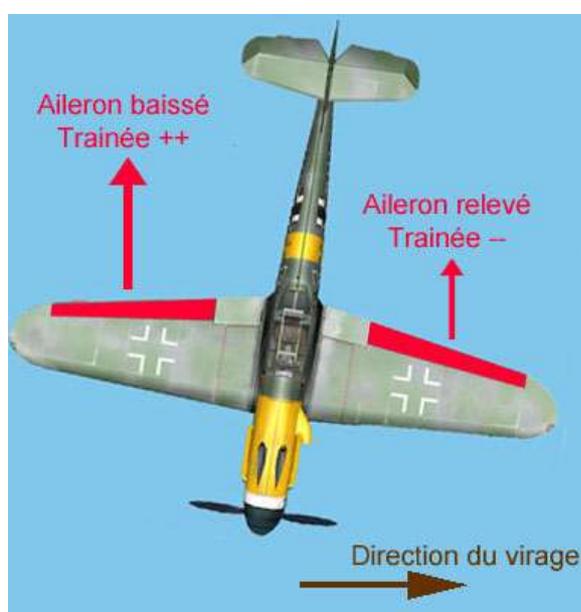


Schéma 12

A plus forte incidence, la surface frontale se trouve modifiée sur les deux ailes comme le montre le schéma 13. Baisser un aileron augmente toujours la surface frontale de l'aile, tandis que le relever la diminue.

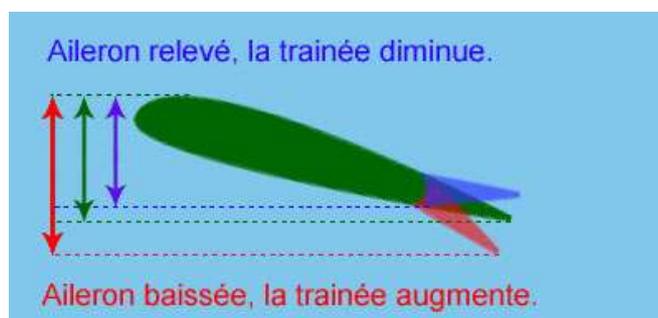


Schéma 13

Dans ce cas, le lacet inverse est plus important.

En résumé : manche à gauche, l'avion effectue une rotation autour de l'axe de roulis, vers la gauche, il vire à gauche en descendant et il dérape en effectuant une rotation vers la droite autour de l'axe de lacet (Schéma 14) :

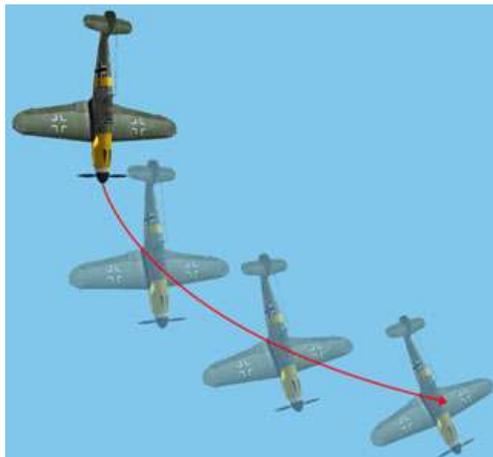


Schéma 14

6. Axe de lacet.

Pousser le palonnier vers la gauche ou vers la droite (ou effectuer une rotation du joystick) crée donc une portance au niveau de l'empennage vertical, l'avion effectue une rotation autour de l'axe de lacet. La répartition de la portance des ailes sera ici aussi modifiée. En effet, dans son mouvement de rotation, le fuselage de l'avion va masquer une partie de l'aile interne (Palonnier à droite, Schéma 15) et ainsi celle-ci perd de la portance :

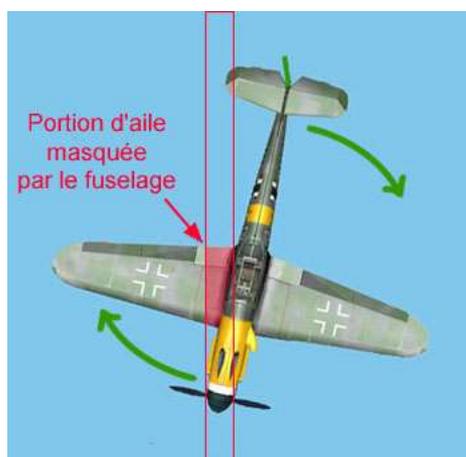


Schéma 15

Une fois de plus, la portance n'est plus uniformément répartie et l'avion effectue une rotation autour de l'axe de roulis, phénomène appelé "roulis induit". (Schéma 16):



Schéma 16

Même cause, mêmes effets, comme sur le schéma 10, la force de portance se décompose en deux résultantes, R_z et R_y . (Schéma 17)

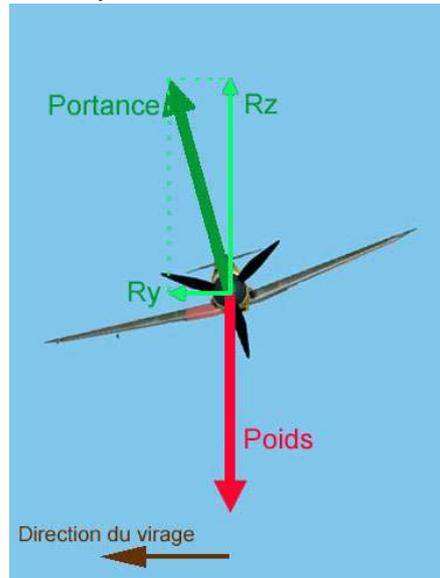


Schéma 17

L'avion dérape vers la droite en effectuant une rotation, vers la droite, autour de l'axe de roulis, il vire à droite en descendant.

Remarquons que la rotation due au palonnier est contrecarrée par une augmentation de la traînée. Le fuselage de l'avion n'étant plus dans l'axe du déplacement, la traînée augmente et s'oppose, par réaction, au mouvement de rotation autour de l'axe de lacet. Le virage est donc moins prononcé que dans le cas du virage aux ailerons.

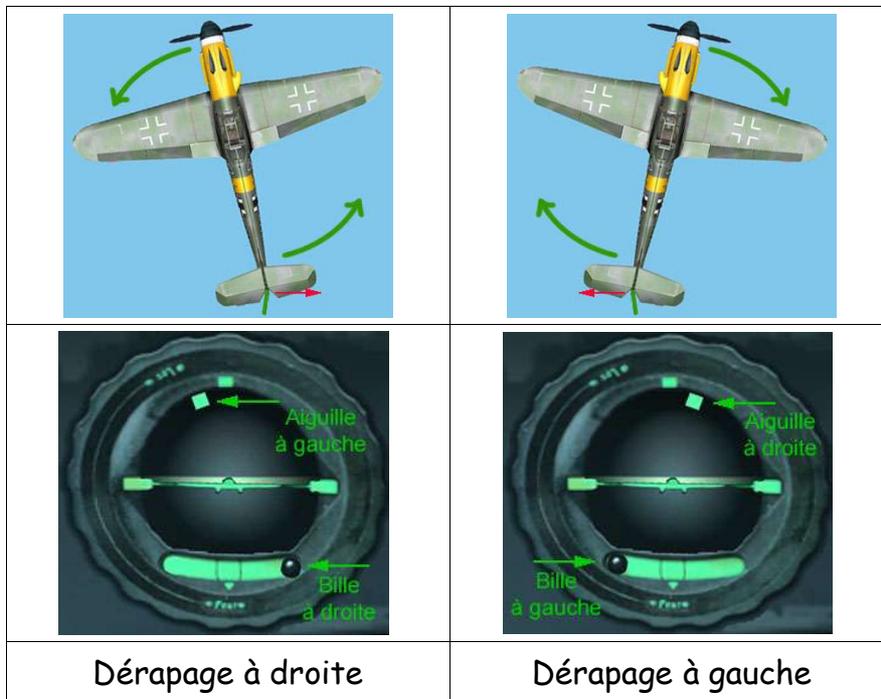
Ainsi, manœuvrer seul le palonnier décale l'axe du fuselage par rapport à la direction du déplacement. L'avion dérape. Or tout dérapage nuit aux performances de l'avion ne serait que pour la simple raison de l'augmentation de la traînée et de la perte de portance d'une aile.

La gouverne de direction est en fait une gouverne secondaire. Son rôle est de maintenir la symétrie du vol, c'est à dire de maintenir le fuselage parallèle à la direction du vol afin que l'écoulement d'air soit réparti uniformément sur les ailes. A l'exception d'un virage brusque (toujours risqué...), on évitera de manœuvrer brusquement le palonnier.

7. L'indicateur de virage : la bille.

Pour déceler un vol assymétrique ou en dérapage, le pilote dispose dans la plupart des modèles d'avions (je parle des modèles que l'on trouve dans IL2 Forgotten Battles et Pacific Fighters) d'un instrument, appelé indicateur de virage, composé d'une bille et d'une aiguille.

Lorsque l'avion dérape à droite, la bille se déplace vers la droite et l'aiguille se déplace vers la gauche. La bille indique le côté du dérapage ou encore le côté de l'aile la plus en avant. L'aiguille indique le sens de la rotation autour de l'axe de lacet.



Pour maintenir un vol symétrique, il faut donc maintenir la bille au centre. Pour ramener la bille au centre on agira sur le palonnier dans le sens de la bille. Par exemple, pour un dérapage à droite, palonnier à droite. Et pour compenser le roulis induit (cf Schéma 16) manche à gauche.

Bien qu'il soit important de maintenir au mieux un vol symétrique, on ne peut pas se permettre de garder les yeux fixés sur la bille. En particulier lors d'un combat, il est plus important, et même vital, de surveiller les adversaires ! On se contentera de jeter de rapides coups d'œil sur la bille pour corriger les dérapiages.

8. Etude du virage

Revenons sur le schéma 10 :

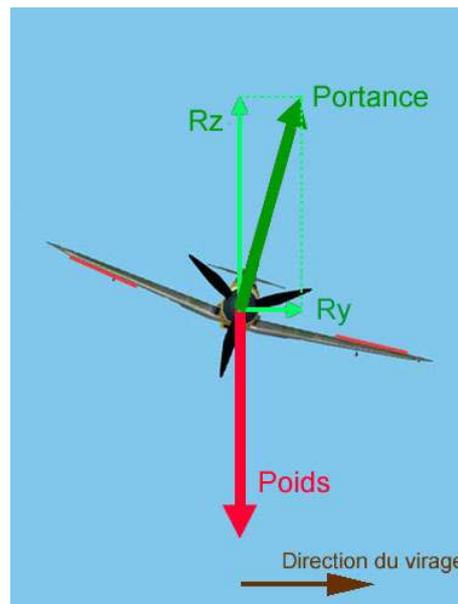


Schéma 10

L'inclinaison autour de l'axe de roulis crée une résultante de la portance (R_y). Celle-ci est à l'origine du virage. Il existe deux manières de provoquer cette inclinaison, la première, la bonne, engendrée par un mouvement latéral du manche, la seconde, mauvaise puisqu'elle place l'avion en dérapage, engendrée par poussée du palonnier (à gauche ou à droite) ou par rotation du joystick autour de son axe vertical. Retenons la bonne méthode !

Rappelons les forces entrant en action sur une manœuvre des ailerons :

Le poids, constamment dirigé vers le centre de la terre. La portance, qui se décompose en deux résultantes : R_z , de direction opposée à celle du poids de l'avion, plus faible que celui-ci. Cette force est insuffisante pour équilibrer le poids de l'avion qui descend par manque de portance. Et R_y , la force centripète, qui crée le virage.

On se rappelle aussi que l'avion vire, ici à gauche, en descendant et en dérapant à gauche. Pour éviter la perte d'altitude, on devra donc augmenter la portance. En tirant le manche vers soi, on augmente l'incidence et donc la portance, de sorte que la résultante et le poids s'équilibrent. (Schéma 18)

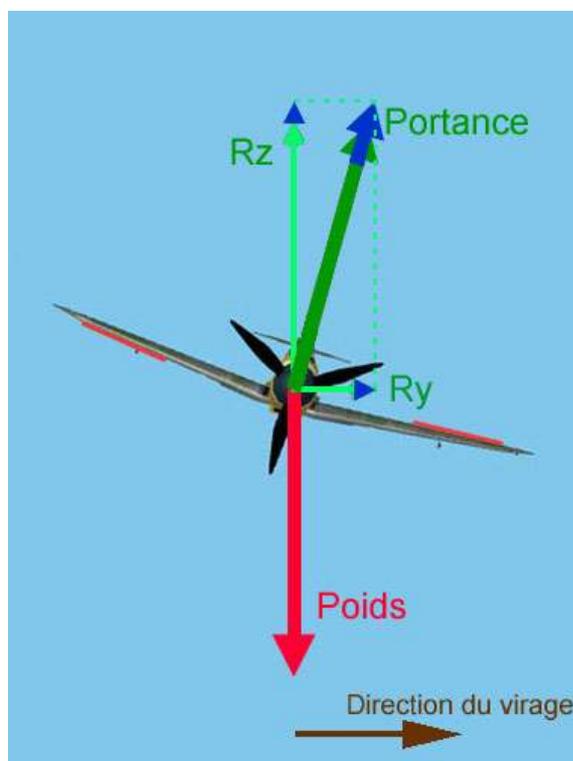


Schéma 18

En tirant sur le manche, on augmente la portance, donc les deux résultantes : R_z et le poids s'équilibrent, R_y accentue le virage.

Nous avons maintenant un virage à gauche sans changer d'altitude. Il reste à rendre ce virage symétrique. En effet, le lacet inverse engendré par les ailerons provoque un dérapage à gauche. Sur notre indicateur de virage, la bille dévie vers la gauche. Pour compenser, on pousse légèrement le palonnier à gauche, ou on tourne le joystick dans le sens inverse des aiguilles d'une montre jusqu'à ce que la bille soit parfaitement centrée. Le virage est symétrique.

On fera bien attention au dosage de cette action sur le palonnier. Pas assez de palonnier, le dérapage n'est pas suffisamment compensé, le nez de l'avion reste à l'extérieur de la trajectoire du virage (cf schéma 14), on dit que l'on est en dérapage intérieur ou que la bille est dans le virage. L'aile extérieure, en partie masquée par le fuselage, perd de sa portance et donc l'avion a tendance à revenir à l'inclinaison nulle, c'est à dire vers une position plus stable. Ce vol n'est pas dangereux mais il y a perte de performance.

Trop de palonnier, le nez de l'avion entre à l'intérieur de la trajectoire, on est en dérapage extérieur. Dans ce cas, l'aile extérieure voit sa portance augmenter tandis que l'aile intérieure perd de la portance puisqu'elle est en partie masquée par le fuselage. Rappelons que la première action aux ailerons a été de diminuer la portance de cette aile. Ainsi, avec une action sur le palonnier trop importante vers l'intérieur du virage diminue encore plus cette portance. L'aile n'a plus assez de portance, l'avion bascule encore plus vers l'intérieur, cela peut aller jusqu'à son décrochage. C'est un décrochage asymétrique qui, s'il n'est pas contrôlé (ou volontaire) est souvent synonyme de départ en vrille. Plus la vitesse est faible, plus le risque de départ en vrille est important. (Schéma 19).

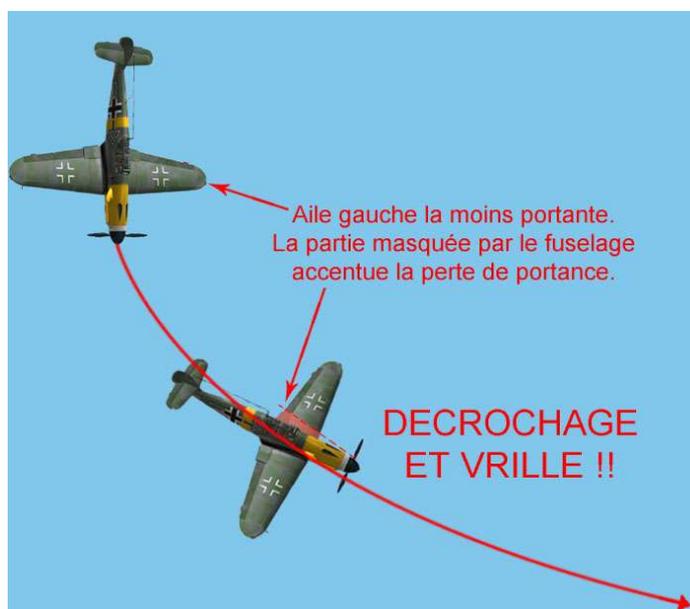


Schéma 19

9. La vrille

Sur le schéma 20 est représenté une situation de vrille à droite. Tout d'abord, l'avion part toujours en vrille du côté où domine l'action du palonnier qui provoque la dissymétrie.

L'avion chute en spirale et en dérapant, les écoulements d'air arrivent obliquement sur le côté gauche de l'avion. L'aile intérieure décrochée est masquée en partie par le fuselage tandis que l'aile extérieure ne l'est pas. Par conséquent, si le pilote ne réagit pas, ce mouvement a tendance à s'entretenir. Les turbulences engendrées rendent toutes actions sur les plans horizontaux (ailerons et profondeur) inutiles. Pire, une action sur les ailerons aggraverait la situation. Elle aurait pour effet soit de réduire encore la portance de l'aile intérieure soit d'en augmenter la traînée, dans les deux cas cela accentue la vrille !

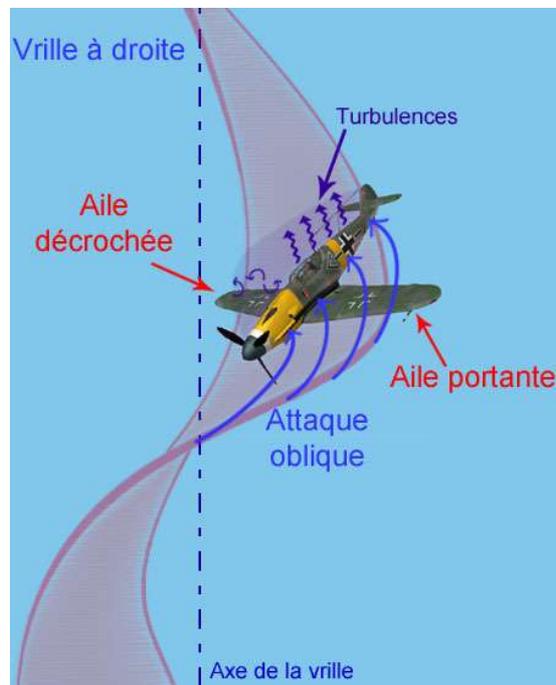


Schéma 20

La seule gouverne pouvant permettre de sortir de la vrille reste la gouverne de direction. Il faut donc agir rapidement sur le palonnier.

La consigne générale pour sortir d'une vrille, à appliquer sur la plupart des avions sera :

RÉDUIRE LES GAZ - MANCHE AU NEUTRE
PALONNIER À FOND À L'OPPOSÉ DU SENS DE LA VRILLE

Cependant, la partie de la gouverne de direction se situant au dessus de la gouverne de profondeur est turbulente. De ce fait, sur certains modèles, il ne reste qu'une partie insuffisante pour agir efficacement. Dans ce cas, en tirant sur le manche, on augmentera la surface de la gouverne de direction afin d'accentuer son effet (Schéma 21).

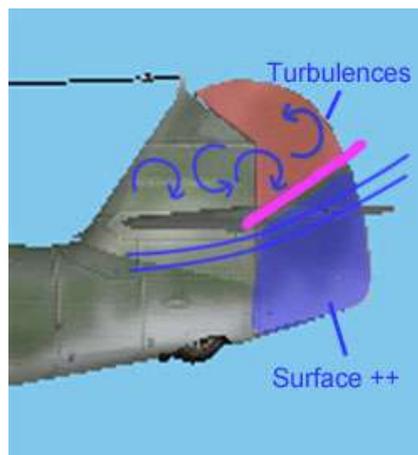


Schéma 21

Une fois sorti de la vrille, remettre le palonnier et, le cas échéant, le manche au neutre, puis effectuer une ressource en souplesse.

Un bon conseil, plutôt que de devenir un champion de la sortie de vrille, il vaut mieux apprendre à la déceler avant son départ, éviter la forte incidence et le dérapage cumulés.

Dans une situation de combat aérien, le départ en vrille est souvent fatal... Perte d'altitude et de vitesse, donc de potentiel, un avion en vrille est une cible facile et il n'est pas rare de se faire descendre avant de pouvoir en sortir.

Pour finir, deux dernières remarques. Aux dires des pilotes, un avion qui se met facilement en vrille doit facilement s'en sortir (!!), on peut s'amuser à le vérifier en simulation... Enfin, provoquer volontairement un décrochage asymétrique fait partie du bagage d'un bon pilote de chasse. Il peut permettre d'échapper à un poursuivant ou d'obtenir rapidement un avantage sur l'adversaire. Cette manœuvre exige une bonne maîtrise et une bonne connaissance de son avion.

10.Conclusion

Voilà donc une modeste leçon de pilotage, inspirée de documents divers trouvés sur internet et surtout tirée d'un bouquin très intéressant pour sa simplicité et sa clarté : LE GUIDE PRATIQUE DU PILOTAGE par Jean ZILIO, édition Vario.

Cela reste modeste car il y a d'autres paramètres beaucoup plus complexes qui entrent en jeu. La leçon n'aborde pas les notions de facteur de charge, d'inertie, des paramètres liés aux conditions météo (vent, densité d'air, humidité...) etc, etc.

Enfin, elle propose une approche générale du pilotage, tous les phénomènes décrits et les réactions de l'avion varient selon le modèle d'avion. Les taux de roulis, de tangage et de lacet, les limites de décrochage changent d'un modèle à l'autre, aussi pour progresser il faudra apprendre à connaître les diverses caractéristiques de son avion préféré.

Si avec ça, Iznogoud ne progresse pas à bord de son tapis volant, c'est qu'il n'apprend pas bien ces leçons !!!