Réglage d'un planeur de durée (1/3)

Description

Mis à jour le 27/4/23

Remerciements à Philippe Rollet : je n'aurais pas mis en ligne cet article sans tes observations !

Le planeur est la meilleure source d'information pour trouver une ascendance, cependant même avec une bonne maîtrise de pilotage ils est difficile de lire un planeur mal réglé. Chaque détail compte pour obtenir une assiette constante avec un pilotage facile et homogène en toute condition sans les corrections des effets induits des gouvernes et pouvoir concentrer son attention sur la recherche d'ascendance. C'est encore plus vrai pour un novice qui pour apprendre à interpréter les réactions du planeur doit connaître quelque principes de conception et de mécanique du vol ; Suite logique de est la suite logique de l'article sur le pilotage dit 2 axes .

Ce condensé a 3 en épisodes :

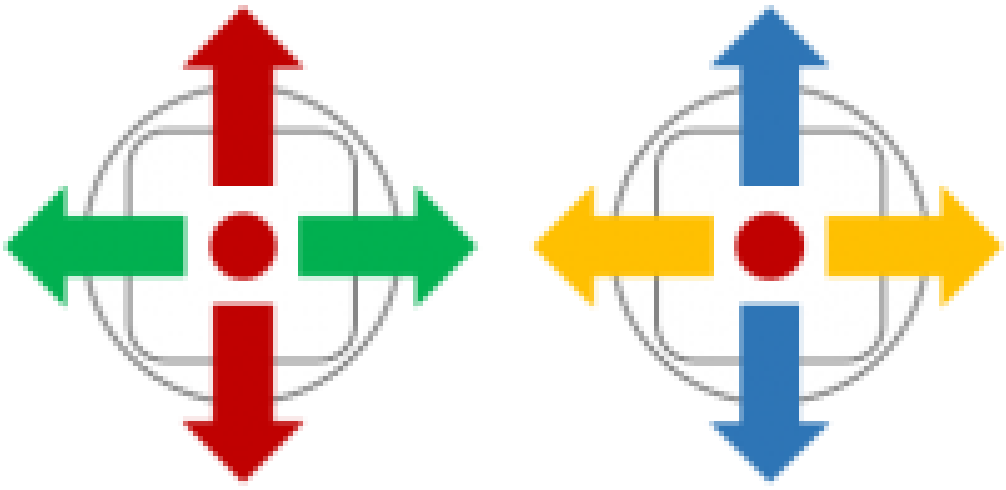
1°/ partie : planeur 3 axes sans les volet : Principes de reglages du lancer-main au F3j.

2°/ partie : réglage des volets : mixages, reglages concernant les volets.

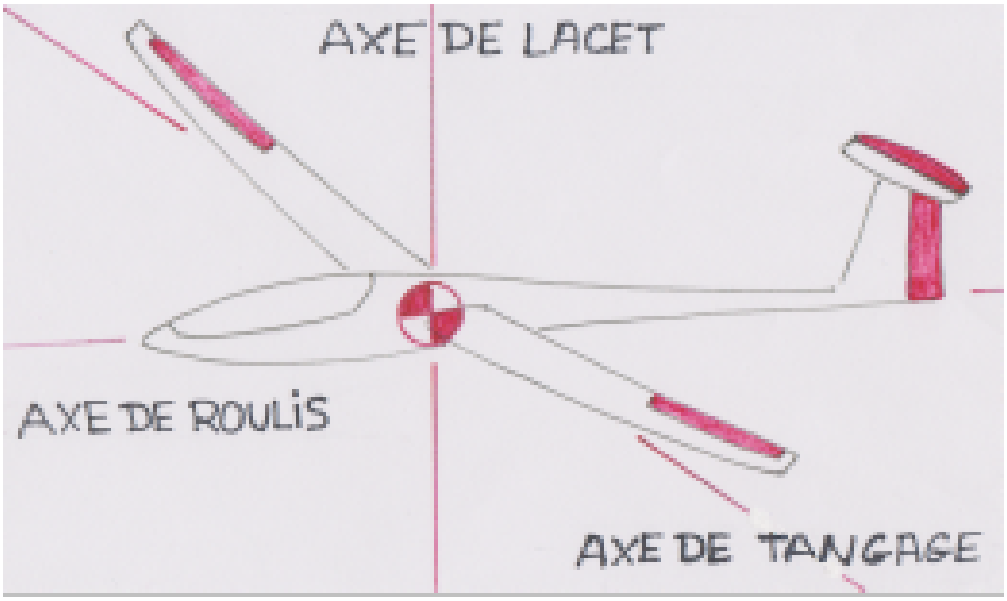
3°/ partie : pilotage des volets dynamiques : tout est dans le titre !

L'émetteur est programmé en mode 1 qui a l'avantage de découpler totalement la commandes de profondeur de la commande d'ailerons. Ceci facilite un pilotage fin en tangage, typiquement pour maintenir la vitesse, tout en manœuvrant le planeur en roulis tel que requis pour optimiser la spirale dans l'ascendance.

Un interrupteur permet de sélectionner plusieurs phases de vol



1. Réglage d’un planeur 3 axes sans volet

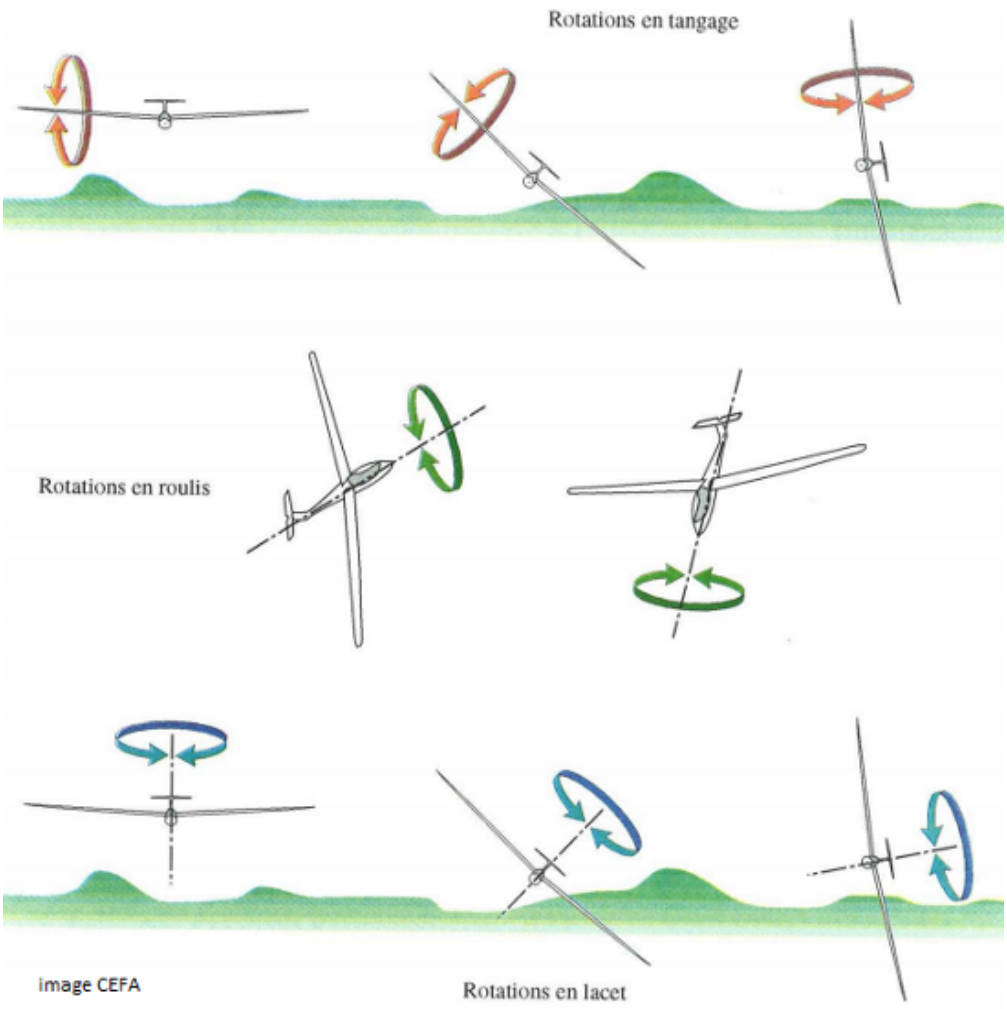


Rappel sur les effets primaires des gouvernes sur les 3 axes.

les gouvernes ont un effet direct sur chacun des 3 axe: les ailerons sur l’axe de roulis, la profondeur sur l’axe de tangage, la dérive sur l’axe de lacet. Les axes de tangage, roulis et lacet passent par le Centre de Gravité (CG) et sont liés au planeur. Donc leur orientation dans l’espace varie lors des évolutions du planeur.

Une gouverne garde un effet de même sens quelle que soit l’orientation a position du planeur mais

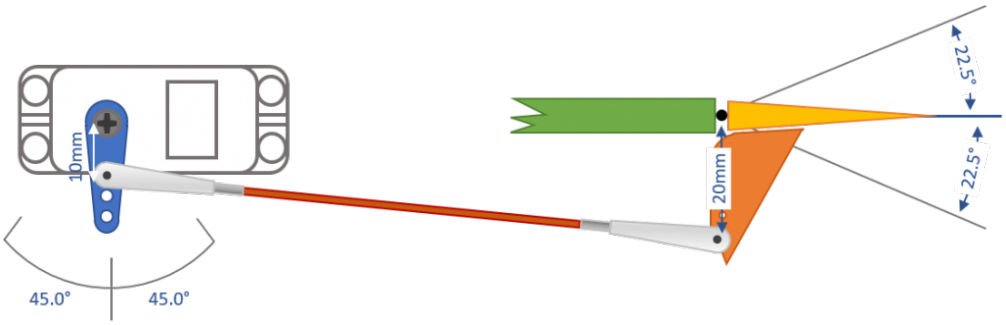
l’effort qu’elle génère, donc son efficacité, dépend de la vitesse par rapport à l’air (plus précisément du carré de la vitesse).



1.1 montage

1.1.1 servos

- Utilisez la course maximale du servo : à 100% de leur course en gardant une marge à 125% (futaba) ou 150% (graupner, jeti) sur les réglages émetteur pour un angle de rotation maximum de 45 à 60° suivant les servos. Avec un bras de levier court le servo développe une force maximale avec un minimum de jeu. Ne réduisez pas le débattement d’une gouverne en diminuant la course du servo par la radio mais en réajustant la tringlerie et si après le déverminage du planeur ils ne sont plus sollicités sur toute leur course il faut d’abord essayer de placer la chape au plus près de l’axe servo, dans ce cas il faut parfois charcuter la chape à la Dremel pour qu’elle n’accroche pas le pivot du servo (petit travail de précision et de patience…). Coté gouverne, il faudrait faire l’inverse et si on est déjà dans le dernier trou, mettre un guignol plus long.



- Servo et montage de chappe sans jeu : par exemple si les chappes ont 1/10ème de mm de jeu dans leur trou le jeu de débattement à la gouverne peut dépasser le mm ; sur la profondeur ça donne un trim fluctuant.
- Veillez à obtenir un déplacement sans contrainte de la tringlerie et ne surchargez pas les servos, leur consommation grimpe et il lâchent sans prévenir. Sélectionnez les en fonction de leur application sans hésiter à les surdimensionner (notamment à la profondeur par sécurité). Le réglage des fins de course permet d'éviter le bocage en butée de gouverne.
- Le neutre servo correspond au neutre gouverne avec moins de 5% de reprise au sub-trim afin de conserver une course symétrique qui facilitera le réglage de débattements appropriés à chaque phase de vol.
- Eviter un différentiel mécanique sur la direction et la profondeur : l'axe de rotation de la gouverne est a l'aplomb du trou de chape du guignol. (pour les grands débattements le montage des servos de volets peut être différent.
- Un léger différenteil mécanique pour équilibrer la course des servos d'ailerons ou pour augmentre le débattement des volets vers le bas en pilotage traditionnel, ou pas du tout en pilotage volets dynamiques.

1.1.2 Centrage par défaut

Défini à l'atelier pour assurer un premier vol ils sera révisés ensuite.

Un passage sur le calculateur predim* fera gagner du temps, il précise la marge statique de centrage avec une valeur de 0 à 10% (0%=neutre, 10%=très stable, valeur usuelle entre 3 et 5%).

Sinon un centrage à 35% de la corde moyenne permet d'assurer un premier vol en sécurité, chacun peut choisir une marge statique de départ compatible avec ses habitudes, personnellement j'opte pour une marge statique faible (2 à 3%) pour un centrage par défaut voisin des 40% de la corde moyenne afin d'avoir un planeur d'emblée très maniable.

1.1.3 Débattements par défaut

Premier réglage à l'atelier pour assurer le premier vol, qui sera révisés ensuite :

- 30 degrés de débattement aux ailerons vers le haut et vers le bas avec 0 à 10% de différentiel suivant vos habitudes . + ou – 15 degrés sur la profondeur à volet (10% en monobloc) et le maximum à la direction.
-

Pour une aile quadro-flap :

- Mixage ailerons > volets : taux de 30% sans différentiel.
- Crocodiles pour l'atero : +60° de volets vers le bas suffisent (voire 70-80° selon usage compétition) , -10°aux ailerons vers le haut et compensation de profondeur à piquer de +5° (soit à peu près 6 à 8 mm sur un supra).

1.2 Premier vol

A la pente en évoluant à proximité pour déverminer rapidement le planeur, en plaine ce sera un peu plus long. Avant de mettre en l'air il sera précédé d'un lancer à la main face au vent sur terrain plat pour dégrossir le trim de profondeur en essayant d'obtenir une bonne vitesse de maniabilité . Pour un planeur léger peu de vent suffira mais avec un planeur lourd ce sera difficile sans un vent de face significatif et l'aide d'un lanceur.

1.2.1 Test de centrage en vol

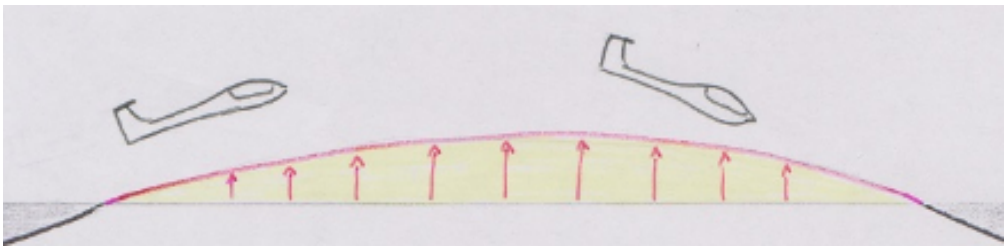
- Planeur trimé à sa bonne vitesse de vol, tous les réglages en dépendront.
- Sans vent si possible ou vent de travers : Le piqué à environ 30° suivi d'un comportement indifférent servira de base de réglage. Il faut observer le planeur par le côté pour apprécier le bon angle de piqué, placer le planeur à plus de 100 m d'altitude, sans vent piquer à 30° pendant 1 seconde puis lâcher doucement le manche : après avoir emmagasiné sa vitesse le planeur doit garder la trajectoire sans accentuer l'angle de plané puis entamer une très…très large remontée. Recommencer plusieurs fois car l'appréciation de l'angle de piqué est aléatoires.
- Dans le vent : Un test effectué à 90° de l'axe du vent se fait selon la même procédure qu'un test sans vent.

Un centrage avant est sécurisant pour un débutant, (marge statique 10%) le planeur remonte, ce centrage stabilise le planeur au détriment de la maniabilité, il marsouine en transition, demande plus de débattements aux gouvernes, plus de différentiel aux ailerons et volets : la traînée des gouvernes se paye, le taux de chute en manœuvre augmente, il faut tirer beaucoup sur le manche en virage pour conserver la bonne assiette, et ce d'autant plus que le virage est serré. La lecture de l'air et le ressenti de pilotage sont perturbés.

Centré arrière (marge statique proche de 0%) le planeur garde le piqué jusqu'au sol si on ne pense pas à le redresser, il est très sensible à la profondeur, très manœuvrant, mais la tenue de la vitesse est difficile car il a tendance à accélérer ou ralentir à la moindre perturbation.

La »plage de centrage acceptable » est le compromis à obtenir entre un centrage légèrement avant pour la stabilité et proche du neutre pour la manœuvrabilité. (marge statique de 3 à 5%) Elle permet de se rapprocher du minimum efficace de débattements et de différentiels pour limiter la traînée en manœuvre avec peu de correction au manche. Le ressenti en spirale permettra d'affiner une bonne lecture de la qualité de l'air traversé et Les transitions face au vent et dans la turbulence se feront avec peu de corrections de trajectoire.

En fonction du comportement de son planeur le pilote peut plus facilement « lire la masse d'air », deviner s'il est près du noyau (dans une bonne ascendance le pilotage est confortable aux basses vitesses) ou s'il s'en écarte trop. (dans une mauvaise ascendance il obéit mal)



Le planeur cabre à l'entée dans la bulle puis lève la queue et accélère dans la zone de meilleure montée.

Noter qu'un déplacement conséquent de CG change le pilotage, il se répercute sur les les débattement : en gros on les augmente quand on avance le centrage et les diminue si on le recule. Il faudra tâtonner au gramme près plus de 50 heures, voler souvent et avec le même planeur dans différentes conditions pour bien le connaître avant de valider. Une saison de vol ne sera pas trop longue ! (que dire des « essais » de planeur tout juste sortis de leur carton…)

1.2.2 Reprendre le trim de profondeur

Après une modification du centrage pour se rapprocher autant que possible d'une « vitesse de finesse max » : pas trop vite pour limiter le taux de chute, pas trop lentement pour une bonne maniabilité : à chaque modification de cntrage trimmer la profondeur soit à piquer si le centrage a été reculé ou à cabrer s'il a été avancé.

1.2.3 Corriger éventuellement les débattements de gouvernes

Augmenter les débattements si le centrage a été avancé , les diminuer si le centrage a été reculé. (et de la même façon pour les différentiels)

1.2.4 Accorder Direction et Profondeur

Leur débattements doivent permettre un bon ressenti de pilotage pour ne pas perturber les réglages à suivre.

1.3 Premières mises en virage

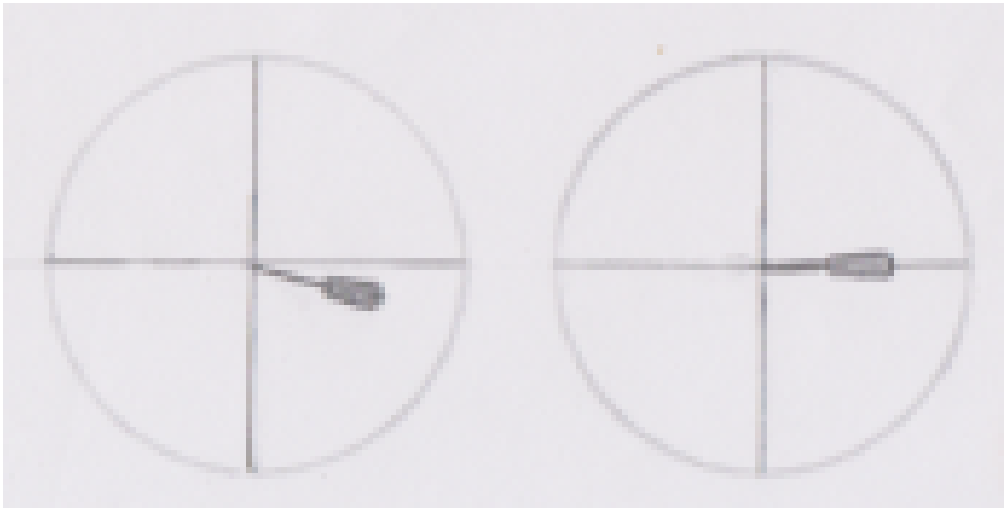
Quelques principes mécanique permettront de mieux comprendre le comportement en vol pour un réglage cohérent est impossible, .

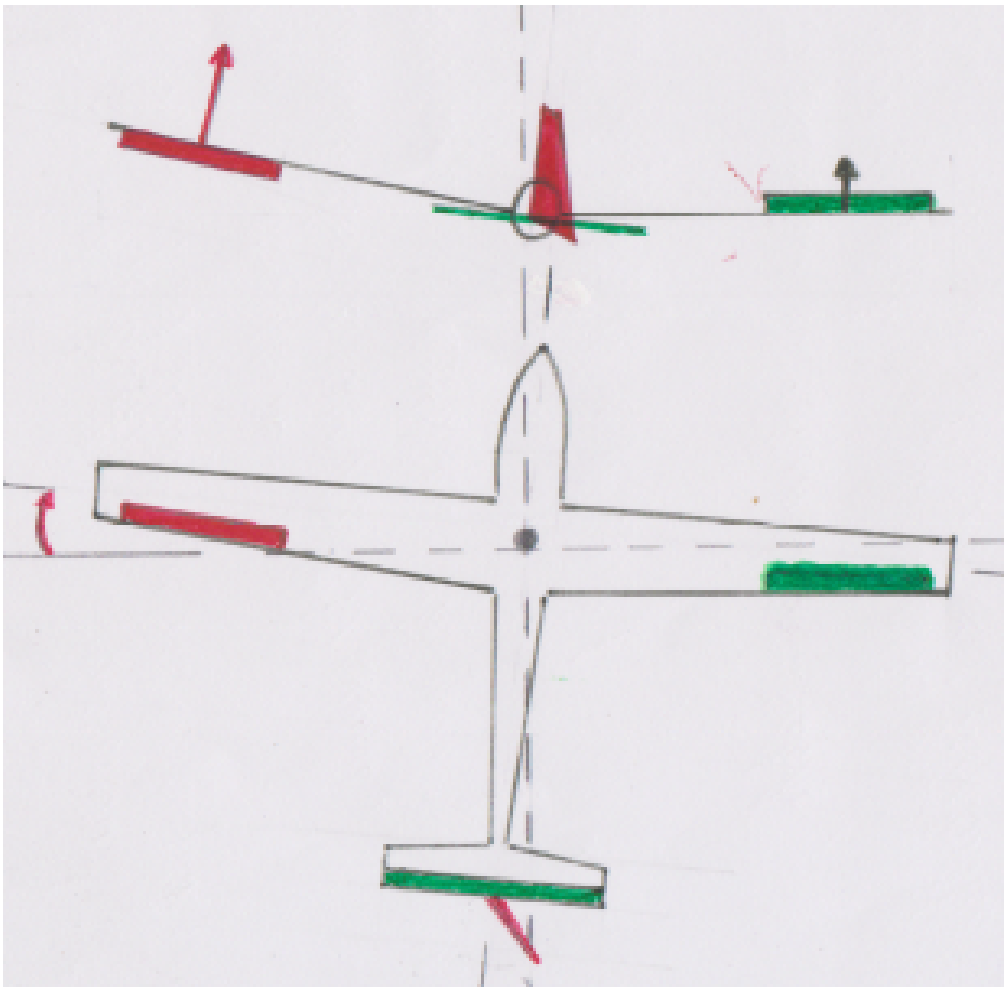
1.3.1 Mise en virage et correction du lacet inverse

1.3.1.1 Pilotage : Action simultanée dans le même sens sur la dérive et les ailerons soutenue par la profondeur.

- Manche de gauche :
  - Incliné dans le sens du virage : la direction fait pivoter le planeur sur son axe de lacet, elle accélère l »aile externe(roulis induit par la dérive) et renforce le couple de roulis des ailerons.
  - Tiré : la profondeur sera progressivement cabrée à mesure de la prise d'inclinaison pour stabiliser l'assiette du planeur.
- Manche de droite :
  - L'aileron qui se baisse augmente la portance de son aile pendant que celui qui se lève la diminue sur la sienne, ils font rouler le planeur sur son axe de roulis.

Noter qu'un planeur engage mal un virage s'il vole trop lentement : en air turbulent il tournera mieux en précédant la mise en virage par un bref ordre à piquer.





1.3.1.2 Le lacet inverse est une rotation de l'appareil sur son axe de lacet dans le sens opposé au sens du virage désiré. C'est l'effet secondaire du braquage des ailerons lorsque la dérive n'est pas conjuguée : l'aileron qui se baisse augmente localement la portance du profil de l'aile et donc sa traînée induite pendant que l'aileron qui se lève la diminue de son côté . La traînée due à l'aileron abaissé (côté aile montante) est plus forte que celle de l'aileron relevé, ce qui se traduit par une rotation autour de l'axe de lacet en sens inverse du mouvement de roulis commandé par le pilote.

Le planeur s'incline autour de l'axe de roulis mais ne s'oriente pas assez dans le sens du virage, il se met en dérapage interne (autrefois appelé glissade) et reçoit le vent relatif de l'intérieur du virage, le vol n'est plus symétrique, son taux de chute augmente et il répond mal aux ordres .

Nota : le lacet inverse est proportionnel à l'allongement de l'aile à la cambrure du profil et ce d'autant plus que la vitesse est faible.

Si on diminue le lacet inverse par le réglage du différentiel d'aileron, c'est l'usage conjugué de la direction qui annule le lacet inverse, le réglage du débattement différentiel des ailerons est une aide au pilotage mais ne remplace pas l'usage de la dérive.

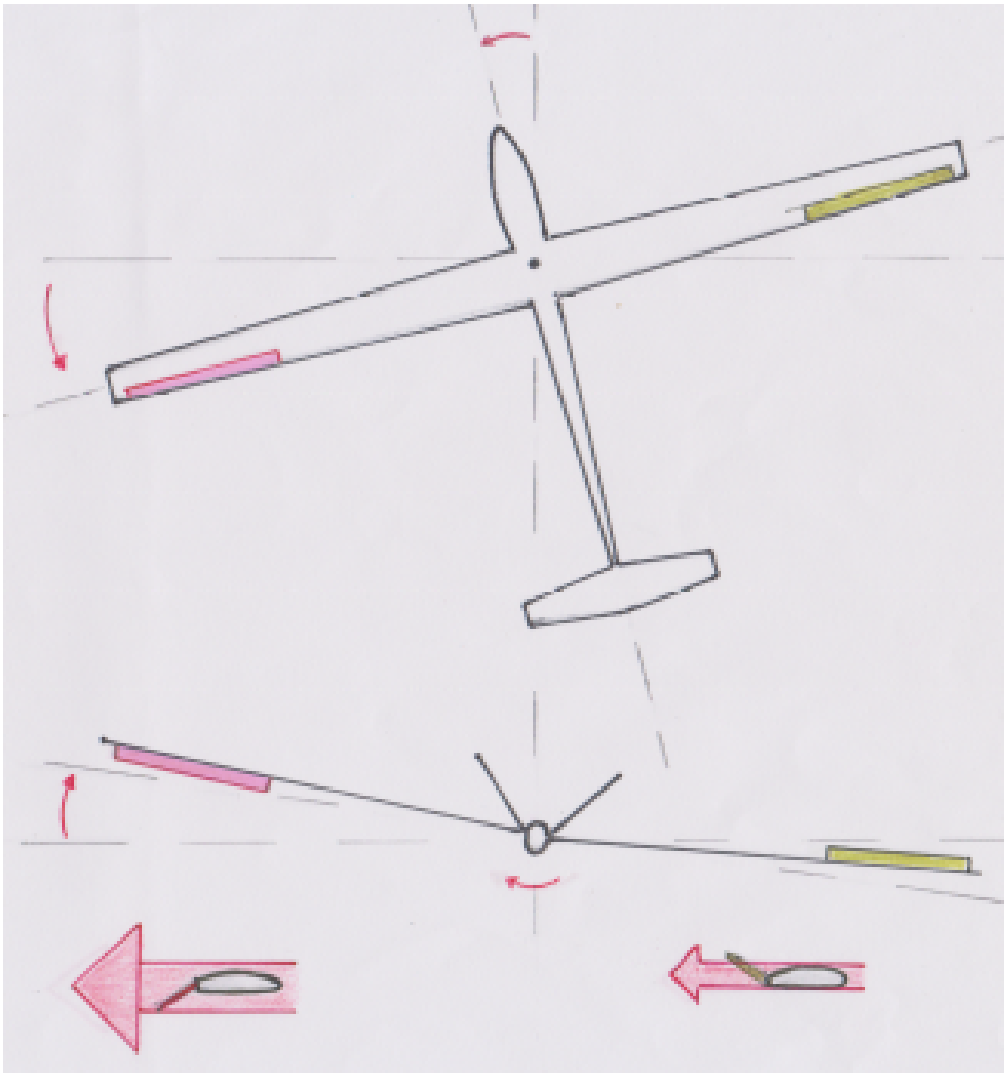
1.3.1.3 Le Réglage du différentiel d'ailerons sur l'axe de lacet :

Le planeur est centré dans la plage neutre, trimé sur une vitesse légèrement supérieure à celle du taux

de chute mini (vitesse de maniabilité), tous les autres mixages sont désactivés .

on amorti le lacet inverse en programmant plus de débattement d'aileron vers le haut que vers le bas (différentiel positif) pour équilibre la traînée des 2 ailes.

- Manœuvre test en ligne droite : en faisant passer le planeur bien trimé face moi j'actionne le manche de gauchissement seul alternativement des 2 côtés à 20° d'inclinaison : s'il est bien réglé le planeur pivote peu sur son axes de lacet.
- Contrôle au manche du lacet inverse : la direction conjuguée aux ailerons est le complément indispensable indispensable pour finir d'annuler le lacet inverse lors des changements d'inclinaison, un pilote faisant bon usage de la direction programmera moins de différentiel.



Lacet inverse sur mise en virage à droite.

- **1.3.1.4 C'est aussi sur l'axe de tangage qu'il faut régler le différentiel d'ailerons !**

Un différentiel trop faible donne aux ailerons un effet cabreur, trop un effet piqueur. Cet aspect du

réglage autour de l'axe de tangage ne doit pas être négligé, il permet au planeur de conserver son énergie pendant la mise en virage et les changements d'inclinaison notamment dans le vent et la turbulence ou il faut voler un peu plus vite.

- Réglage du différentiel d'ailerons sur l'axe de tangage : (sans aucun autre mixage activé en même temps) en observant l'assiette du planeur à la mise en virage : on fignole le réglage du différentiel pour éliminer l'effet cabreur.
- La manœuvre test en ligne droite, sans vent, en aérologie neutre et trimé à la bonne vitesse, consiste aussi à faire exécuter au planeur un mouvement de roulis régulier : s'il lève le nez il faut augmenter le différentiel, s'il descends il faut diminuer le différentiel. Il est bien réglé s'il ne pivote pas autour de son axe de tangage. (Dans le vent une mise en virage avec un léger effet piqueur c'est souvent, mieux. un bon ressenti de pilotage le confirme.

Le différentiel d'ailerons sera affiné ensuite en spirale :

- sur un planeur à ailerons full-span à faible allongement il y a généralement peu de modifications à apporter.
- un planeur à aile quadro-flap on peut ensuite régler le différentiel volets (mix aileron>direction). (paragraphe **1.3.3.3**).

Dans les deux cas un combi-switch sera éventuellement programmé après. (voir paragraphe 1.4)

Observations : La mise en virage se fait avec suffisamment d'énergie à bonne vitesse de maniabilité.

- c'est en priorité la direction qui annule le lacet inverse, un pilote aguerri utilisera donc peu de différentiel. Un débutant qui utilise encore mal la dérive aura besoin de plus de différentiel comme aide au pilotage qu'il réduira ensuite avec un meilleur usage. Le combiswitch à faible taux de 20 à 30% (jusqu'à 50% pour un débutant) est une assistance au pilotage de la direction, souvent utilisé dans la turbulence et dont on doit pouvoir se passer en air calme. Son intérêt essentiel est de faciliter le vol symétrique et donc moins de différentiel d'aileron.
- Le taux de différentiel est proportionnel à la cambrure du profil et a l'allongement de l'aile : peu de diff sur un profil peu cambré et un faible allongement, plus sur un grand allongement et profil cambré, pas du tout si le profil est symétrique (voltigeur) .
- Le différentiel augmente la traînée de l'aile, il faut donc le réduire au strict nécessaire.
- Les effets induits des gouvernes sont proportionnels à l'allongement de l'aile : un petit lancer-main ou un voltigeur demandera moins de réglages de différentiel qu'un planeur à grand allongement.
- Un centrage avant nécessite plus de différentiel car l'aile fonctionne à une incidence plus élevée pour compenser la déportance de l'empennage.

1.3.2 Mise en virage et contrôle de l'assiette

Les forces s'appliquent au planeur à partir du centre de gravité et s'opposent de valeur égale.

En ligne droite stabilisée l'inclinaison est nulle, la portance (résultante aérodynamique Ra) est opposée et égale au poids (P).

Dès que la planeur s'incline la force centrifuge (Fc) apparait, est opposée à la force déviatrice (Fd)

…

<<Avant d'aller plus loin, rappelons que le module (intensité) de Ra se pilote par une action sur la profondeur. (la profondeur commande l'incidence et donc la portance de l'aile>>.

…à 20° d'inclinaison, sans correction sur les gouvernes ni du dièdre (1.5) et du centrage, la résultante aérodynamique Ra sur l'axe vertical devient inférieure (en module) au poids Mg l'équilibre vertical est rompu et le planeur se met à chuter en augmentant l'assiette à piquer. Dans le plan horizontal La projection de la résultante aérodynamique Ra génère la force déviatrice latérale (centripète) Fd nécessaire au virage. Si l'équilibre est rompu le planeur glisse à l'intérieur du virage (dérapage interne) jusqu'à ce que l'action sur la dérive Fd par son effet de rappel réduise ce dérapage.

Pour virer correctement sans déraper (vol symétrique) Une action conjuguée sur la profondeur et la direction est nécessaire pour conserver l'équilibre vertical dès le début de la manœuvre en augmentant l'intensité de Ra (de 6% à 20° d'inclinaison) par une action à cabrer sur la profondeur conjuguée à une action sur la direction la direction pour contrer le lacet inverse de façon à ce que sa projection verticale reste opposée et égale au poids Mg .

à 45° d'inclinaison la résultante aérodynamique (Ra) doit être fortement augmentée pour équilibrer le poids apparent (Pa). Plus précisément, Ra doit être augmenté de 41% pour assurer l'équilibre. Il faut donc braquer franchement sur profondeur et la direction pour équilibrer le virage (la force centrifuge Fc augmente aussi, elle est compensée par la force déviatrice Fd équivalente imprimée à la direction).

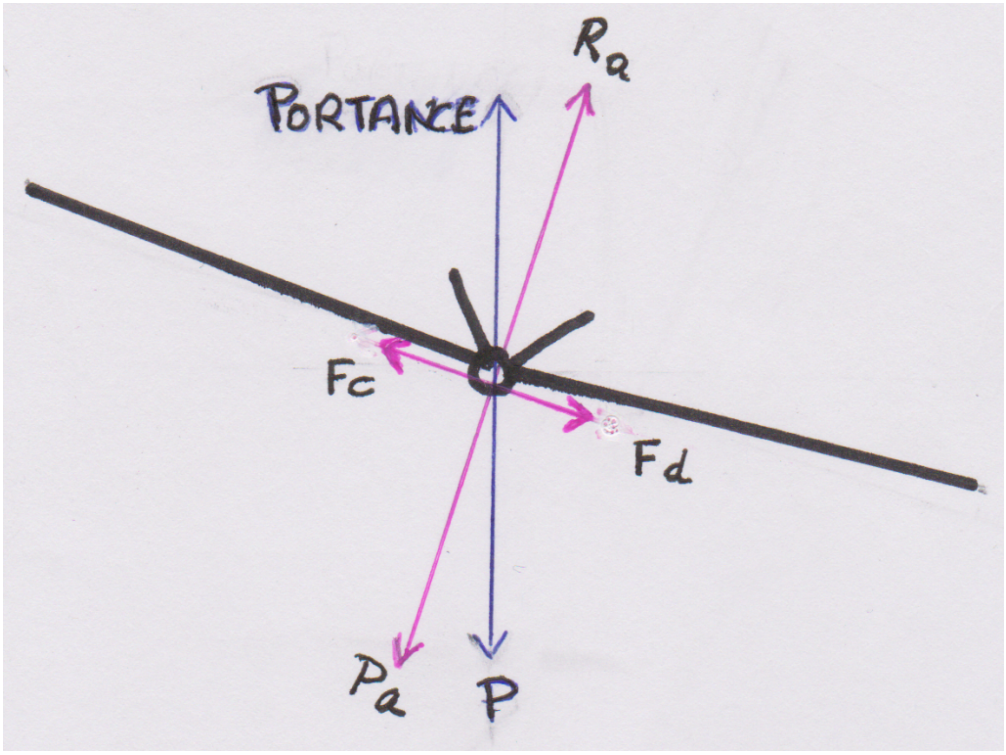
Noter que l'action nécessaire sur les gouvernes est d'autant plus importante que le planeur est centré avant et inversement. Tout dépends des gout du pilote : Un planeur centré dans la plage neutre nécessitera moins de soutien à la profondeur et de débattements sur toute les gouvernes, réglages et pilotage sont plus exigeants. En avançant progressivement le centrage il faudra plus de débattements (donc de trainée) mais réglage et pilotage sont plus faciles. A vous de situer votre plage de confort

à 45° d'inclinaison la résultante aérodynamique (Ra) doit être fortement augmentée pour que sa projection verticale soit suffisante pour équilibrer le poids apparent (Pa). Plus précisément, RA doit être augmenté de 41% pour assurer l'équilibre. Il faut donc tirer franchement sur la profondeur pour équilibrer le virage.

la force centrifuge augmente, elle est compensée par la force déviatrice équivalente imprimée à la direction.

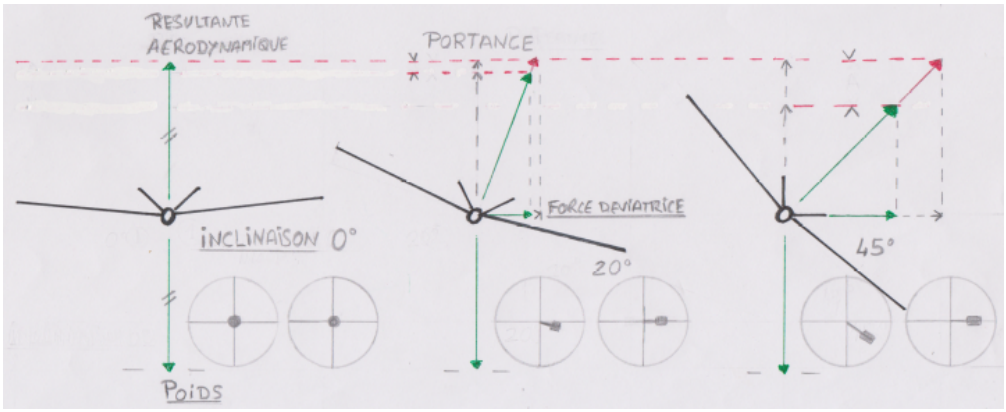
à 60° d'inclinaison la résultante aérodynamique doit être augmentée de 100%, c'est à dire égale au double de sa valeur en vol rectiligne. Il faut donc tirer très fortement sur la profondeur pour équilibrer le poids apparent. Un pilote qui serait à bord subirait une accélération de 2g.

A noter que l'action nécessaire sur les gouvernes (et surtout la profondeur) est d'autant plus importante que le planeur est centré avant et inversement. Un planeur bien centré dans la plage neutre nécessitera donc moins de soutien à la profondeur et de débattements sur toute les gouvernes.



Vol symétrique en virage : Ra=Pa Fd=Fc

P=poids Pa=poids apparent Fc=force centrifuge Fd= force déviatrice Ra=résultante aerodynamique



La théorie est au bout des manches ! ?

La force déviatrice croit avec l'inclinaison : pour 20°, elle vaut 34% de Ra. Pour 45°, elle vaut 71% de Ra.

Pour virer correctement sans déraper (vol symétrique) l'action sur les gouvernes croit avec l'inclinaison.

1.4 Spirale (Virage à assiette constante)

Le lacet induit fait pivoter le planeur autour de son axe de lacet dans le sens inverse de la spirale.

1.4.1 Effets induits des gouvernes en spirale

Les 2 ailes volent à des vitesses différentes : en serrant la spirale, à mesure que son rayon diminue on constate que l'aile extérieure parcourt plus de distance que l'aile interne à même vitesse angulaire: elle vole plus vite, sa résultante aérodynamique est plus grande, elle porte plus et traîne plus que l'aile interne.

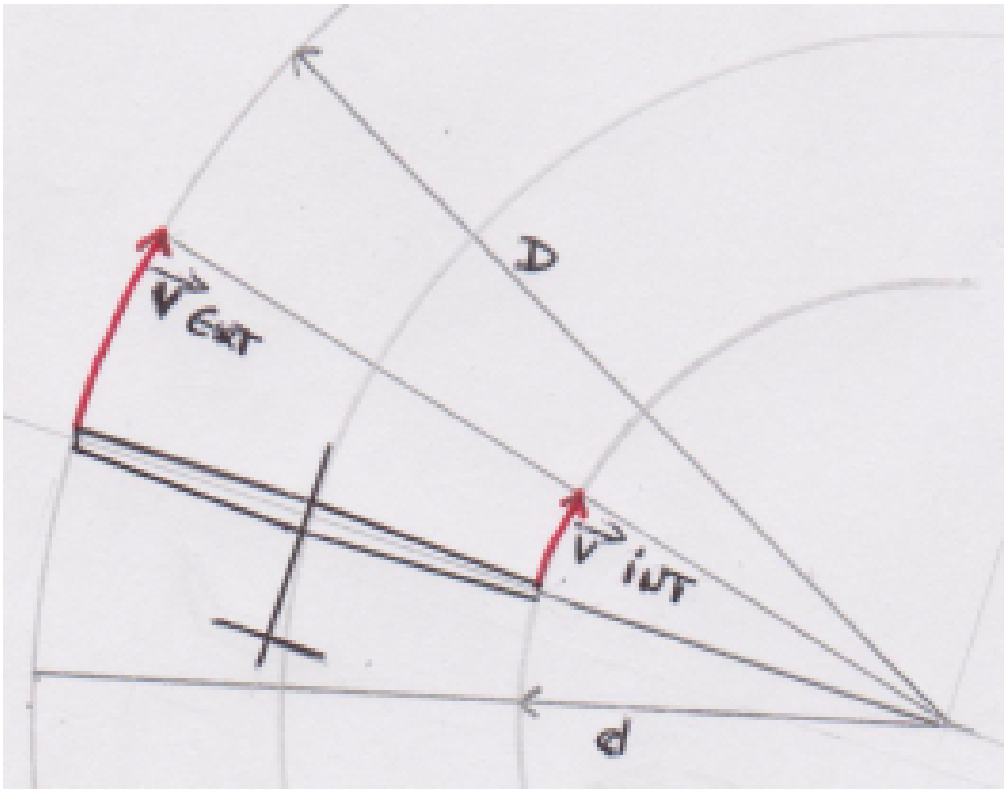
Roulis induit et Lacet induit sont aussi proportionnels à la cambrure du profil et à la vitesse.

Le roulis induit par la différence de portance des 2 ailes :

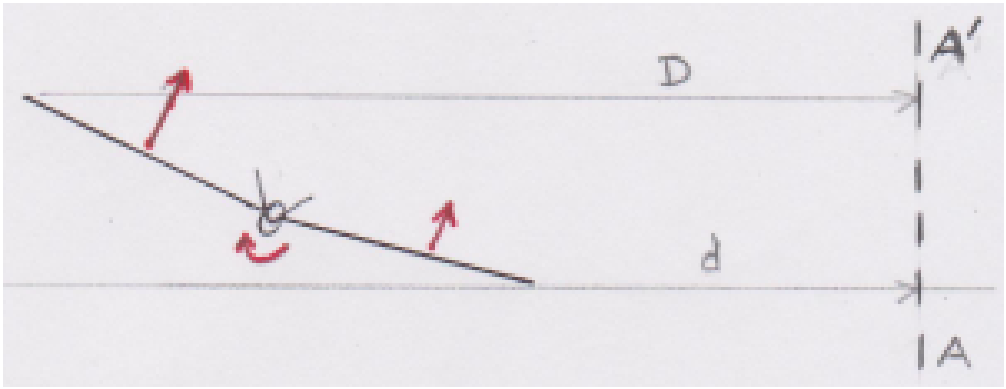
L'aile externe porte plus que l'aile interne : l'inclinaison progressive à l'intérieur du virage qui en résulte va s'amplifier tant que subsiste cette différence de portance entre les deux ailes provoque le « roulis induit ».

En croisant les manches les ailerons permettent de contrer le roulis induit en équilibrant la portance des 2 ailes : manche incliné du côté opposé au virage, l'aileron est relevé côté aile haute (aile externe) et abaissé côté aile basse (aile interne). Sur le profil creux d'un planeur de durée et à débattement symétrique des ailerons l'aile extérieure traine plus que l'aile interne entraine le « lacet induit »

Noter que le dièdre qui n'est pas un élément de contrôle contribue par son effet stabilisateur à atténuer le roulis induit….



Spirale à droite : l’aile externe a un plus grand rayon de virage, vole plus vite et porte plus que l’aile interne.



Le lacet induit par la différence de traînée des deux ailes

Les manches sont croisés pour contrôler l’inclinaison du planeur à l’intérieur de la spirale. L’aile haute (aile externe) traîne plus que l’aile basse et fait pivoter le planeur autour de son axe de lacet dans le sens inverse de la spirale, il glisse alors vers l’intérieur (dérapage interne).

Noter que trop de différentiel d’ailerons, initialement réglé pour la mise en virage (1.3.1.2) peut aggraver le lacet induit, il faut alors le corriger en le diminuant pour rééquilibrant la traînée des deux ailes en le diminuant.

L’effet de la dérive : en virage, la dérive subit un dérapage extérieur non négligeable et d’autant plus important que son bras de levier (longueur de la poutre de queue) est important. Si on vole à 30° d’inclinaison à une vitesse de 5 m/s, une dérive située à 0,8 m en arrière du CG subit un dérapage de plus de 1°, donc significatif

L’aile externe vole plus vite et traine plus que l’aile intérieure, elle est plus freinée.

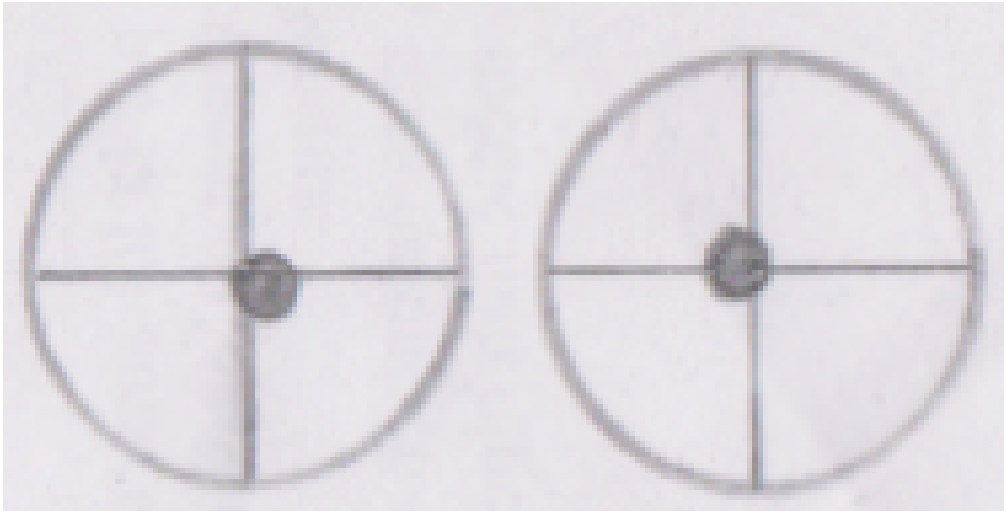
Ce lacet induit est aussi proportionnel :

- à l’allongement : il est moins présent sur une aile de Blaster que sur un F3J
- à la cambrure du profil : il doit être corrigé à la sortie des volets.

1.4.2 Pilotage

Spirale à faible inclinaison… entre 10 et 20° Les manches sont à peine croisés, la différence de vitesse entre les 2 ailes est très faible, il n’y que peu de lacet induit, le pilotage est calme et ne demande que peu de réglages.

- Manche de gauche à peine incliné dans le sens de la spirale et pratiquement pas tiré : le rôle de la dérive est de maintenir le fuselage tangent à la trajectoire, la direction peut rester très légèrement braquée pendant toute la durée du virage pour limiter un dérapage résiduel. (par ailleurs faible à cette inclinaison) La profondeur : une légère traction sur le manche permet de soutenir très légèrement l’assiette du planeur et de conserver une bonne vitesse.
- Manche de droite : après la mise en virage, une fois l’inclinaison du planeur à 10° obtenue le manche d’ailerons est ramené tout prés du neutre ou très légèrement incliné vers l’extérieur de la spirale : il y a très peu de différence de vitesse entre les deux ailes, le roulis induit encore faible et le lacet induit est presque inexistant.



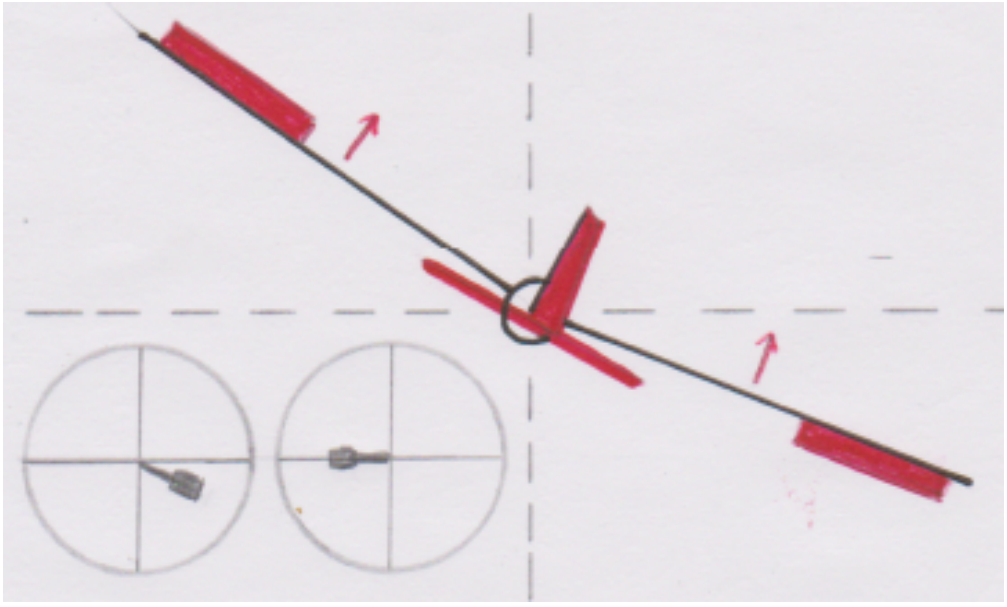
Spirale à droite 10° d’inclinaison

Spirale entre 20° et 30° d’inclinaison : La différence de vitesse entre les ailes s’accroît, le lacet induit est plus marqué et demande plus de réglages. Le pilotage devient plus exigeant car les manches sont croisés.

- Le manche de gauche est un peu plus incliné à l’intérieur du virage et tiré : la dérive est un peu plus braquée et Il faut un peu plus de profondeur à cabrer pour stabiliser l’assiette en augmentant l’incidence proportionnellement à l’inclinaison, cette action sera maintenue pendant toute la durée de la spirale et sera progressivement diminuée pendant la remise à plat du planeur.
- Manche de droite : il commence à être incliné à l’extérieur de la spirale : l’aile externe va

plus vite et porte un peu plus que l'aile interne , le roulis induit doit être contrôlé par léger braquage des ailerons à contre (manches croisés) pour équilibrer la portance des 2 ailes.

A partir de 20° d'inclinaison le lacet induit commence à perturber la spirale.

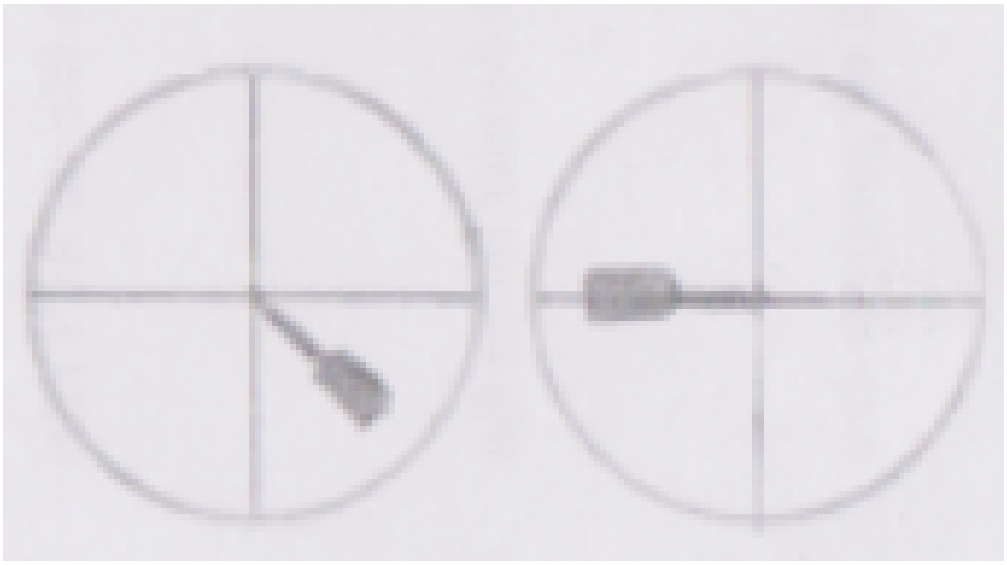


Spirale à droite 30° d'inclinaison.

En serrant la spirale à plus de 30° d'inclinaison : Les manches sont franchement croisés et le pilotage s'anime. La différence de vitesse entre les deux ailes a encore augmenté et aggrave les effets secondaires, le lacet induit nécessite des réglages indispensables pour faciliter le vol symétrique.

à 45° : le pilote croise encore plus les manches :

- Manche de gauche : Il faut encore plus tirer sur la profondeur et braquer la dérive.
- Manche de droite : plus de contre aux ailerons pour éviter l'augmentation d'inclinaison



1.4.3 Réglage du lacet induit avec le différentiel d'ailerons sur un planeur sans volets (« full-span »)

Même si le lacet induit est moins marqué sur les planeurs à faible allongement il apparait quand on creuse le profil sur la phase thermique d'un lacer-main (Ce réglage se fait après avoir préalablement préréglé le différentiel pour la mis en virage. (voir paragraphe **1.3.1.3**)

En croisant les manches pour contrôler le roulis induit le débattement des gouvernes de gauchissement (ailerons) influe sur le lacet induit :

- Le nez s'oriente à l'extérieur de la spirale : diminuer le différentiel.
- Le nez plonge à l'intérieur : augmenter le différentiel.

Manœuvre test en spirale : avec une bonne conjugaison des manches le planeur doit pouvoir inverser la spirale de façon rapide sans lever le nez ni perdre d'énergie.

Récapitulatif du réglage du différentiel ailerons et interrêt des phases de vol

D'un côté on est tenté de l'augmenter pour la mise en virage, de l'autre il n'en faut pas beaucoup en spirale : deux situations contradictoires !

- je commence le réglage à partir d'un différentiel de 0 ou 10 %.
- Si on n'utilise que une phase de vol il faudra trouver le bon compromis et si vous utilisez suffisamment la direction vous pourrez mettre beaucoup moins de différentiel aux ailerons.
- En Privilégiant l'utilisation de la dérive lors de la mise en virage avec un différentiel réglé avec parcimonie pour simplement assouplir sans annuler le lacet inverse, le lacet induit nécessite moins de correction en spirale.
- En spirale, diminuer le lacet induit se fait par réduction du différentiel et donc de la traînée de l'aile externe, moins de traînée c'est toujours bon !
- Avec plusieurs phases de vol c'est plus facile : à chaque situation son différentiel.
    - Phase transition avec suffisamment de différentiel pour les mises en virage. (manœuvres de recherche de bulle)
    - Phase spirale pour la serrer à plus de 30° avec peu de différentiel.
    - Phase vitesse : beaucoup de différentiel pour stabiliser la trajectoire en transition.

Dans tous les cas la bonne utilisation de la dérive est déterminante.

(L'article suivant aborde réglage du lacet induit sur un planeur avec les volets)

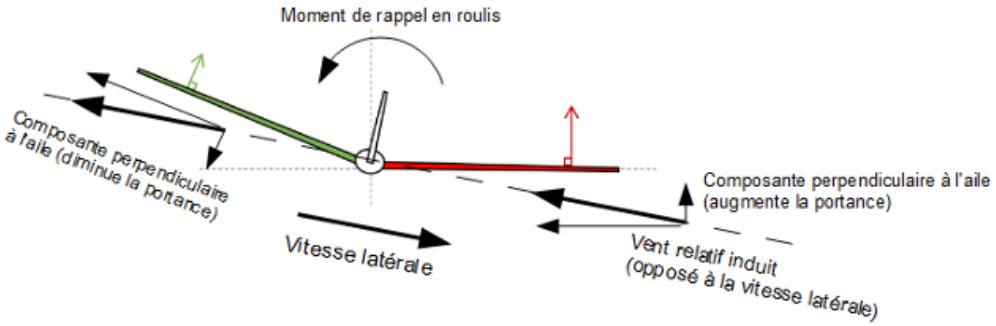
1.5 L'effet dièdre et l'effet girouette favorisent le vol symétrique

L'effet dièdre contribue à stabiliser l'inclinaison du planeur :

- Lorsque le planeur s'incline sous l'effet d'une rafale ou d'un ordre d'ailerons, l'inclinaison de la portance le fait partir en dérapage du coté de l'aile basse. Par un effet géométrique du dièdre, l'aile basse voit son incidence augmenter et l'aile haute voit son incidence diminuer.

Il en résulte un moment de roulis qui tend à remettre le planeur à plat. Dans le même temps, le dérapage tend à s'annuler grâce à la dérive (voir effet girouette expliqué plus bas).

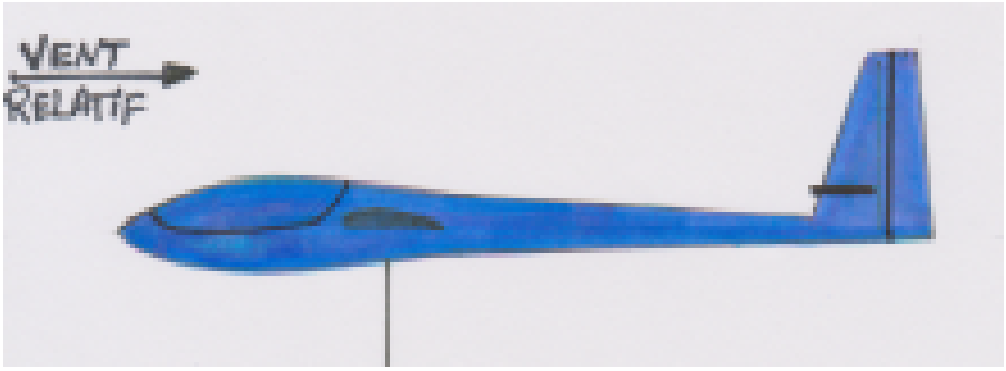
- En plus de son effet stabilisant sur l'inclinaison, l'effet dièdre permet de contrôler le roulis par dérapage généré grâce au volet de dérive. C'est ce qui permet le vol des planeurs dits « 2-axes » qu'il serait plus convenable d'appeler « 2-gouvernes » puisque un planeur a toujours 3 axes (roulis, lacet, tangage) quelque soit sa configuration. D'ailleurs, on peut même réaliser des tonneaux avec un planeur « 2-axes » sans ailerons, même si la figure n'est dans ce cas pas très propre. Les planeurs de vol thermique « 3-axes » (avec ailerons) ont un dièdre de 4 à 7°. Les « 2-axes » ont dièdre plus important (environ 9° pour un RES).



- Sans dièdre un planeur doit se contenter de thermiques très larges : impossible de spiraler proprement à plus de …20° d'inclinaison dans les petits thermiques au-dessous de 100 m ; Une joli semi-maquette de Swift a très peu de dièdre, même légère elle n'est pas faite pour voler en plaine et en vol de pente elle sera plus délicat à remonter du trou en spirale.

L'effet de girouette oriente le planeur autour de son axe de lacet : lorsque le planeur est en attaque oblique le vent relatif exerce une pression sur toutes les surfaces verticales exposées (fuselage, capot, dérive). Ces surfaces étant plus importantes à l'arrière de l'axe de lacet une dérive bien dimensionnée le ramène dans le lit du vent en ligne de vol symétrique.

Noter que les fuselages ayant une surface latérale importante, en particulier les configurations « voltige » permettant de voler transitoirement sur la tranche, ont un effet déstabilisant en lacet qui doit être compensé par une dérive plus grande.



Effets croisés du dièdre et de la dérive et du centrage sur le comportement du planeur

- Trop de dièdre ou(et) dérive trop petite : Le planeur se dandine dans la turbulence, ou suite à un ordre de dérive, ce qui se traduit par des oscillations autour des axes de roulis et de

lacet. On appelle ce phénomène du « roulis hollandais ».
    - Dièdre trop faible ou(et) dérive trop grande : Suite à une mise en inclinaison (turbulence, ordre d'ailerons), le planeur accentue rapidement l'inclinaison et entame une descente en « tire-bouchon » en accentuant le piqué. On parle alors de comportement spiral instable.
    - ces comportements complexes résultent d'un défaut de conception, ils peuvent être parfois amélioré en deplaçant le centre de gravité.

Les planeurs de vol libre doivent nécessairement avoir un comportement spiral stable, d'où leur dièdre assez important , les planeurs 2 axes sont stables en spirale à cause de leur dièdre important. Pour les planeurs R/C « 3-axes », un comportement spiral légèrement instable (tendance à la divergence lente en roulis) ne pose pas de problème particulier de pilotage. En fait, la plupart des planeurs ont un comportement spiral légèrement instable, ce qui est nettement plus agréable qu'une tendance au roulis hollandais. La pénalité est qu'il faut constamment surveiller l'inclinaison pour la contrôler et si par malheur on perd de vue son planeur, celui ci va aller se crasher après une descente en « tire-bouchon », ceci même s'il est centré correctement pour la stabilité en tangage.

1.6 Combi-switch, exponentiels, mixage ailerons >profondeur ?

Un mixage sensé améliorer le pilotage peut cacher une mauvaise approche des réglages. Il faut rester sur une programmation simple pour que toute modification reste facile. Par principe je n'utilise le combi-switch, le mix ailerons>profondeur et l'exponentiel que en dernier recours et note tout sur une fiche pour éviter les doublons.

- **L'exponentiel** positif ou inverse : pour atténuer ou renforcer la réponse d'une gouverne autour du neutre du manche à condition d'avoir auparavant bien défini les débattements. l'exponentiel est souvent utile pour assagir une profondeur autour du neutre. l'exponentiel inverse peut être utile à faible dose pour renforcer l'efficacité autour du neutre d'un volet de dérive sous-dimensionnée.

- **Le combi-switch** (mix ailerons vers direction) peut aider la conjugaison direction/ailerons est souvent utilisé à faible taux '10à20% en vol de durée dans la pétole , à la mise en virage il améliore l'efficacité d'une direction jugée trop molle, et diminue donc le lacet inverse ce qui permet d'utiliser moins de différentiel d'ailerons. Mais il a l'inconvénient majeur d'avoir l'effet inverse en spirale : manches croisés il diminue le débattement de la direction ce qui ne favorise pas le vol symétrique ni le ressenti, il faut donc en programmer peu et pouvoir le débrayer automatiquement en spirale en programmant un interrupteur virtuel qui le désactive dès qu'on croise les manches. L'utilisation du combi-switch est utile dans certaines situations :
    - vol lointain lorsque le ressenti de conjugaison des manches est incertain.
    - en atmosphère turbulente pour la même raison..
    - Pendant l'atterrissage pour les planeurs à volets, crocos sortis, il aide à contrôler le lacet inverse lorsque les volets sont mixés en ailerons. Il est utile de le garder en permanence sur la phase de vol atterrissage.
- **Le Mix Ail>profondeur** avec un soupçon de profondeur à piquer au braquage des ailerons facilite les mises en virage et transitione à distance quand l'observation de l'assiette et le ressenti sont difficiles et dans la turbulence. En spirale son effet est inversé manches croisée; Il faudrait alors le désactiver ou l'inverser Dans le même esprit que le combi-switch, Il peut être intéressant de regrouper ces deux mixages sur un seul interrupteur. Ce mixage permet aussi de diminuer le

différentiel d'ailerons. (intéressant pour diminuer le lacet induit en spirale. C'est trop compliqué, à essayer exceptionnellement et en dernier recours ?

1.7 Réglage du différentiel d'empennage en « V »

L'empennage papillon (voirl a fiche « reglage d'un empennage en V ») demande deux à trois fois plus de débattement en fonction direction qu'en profondeur.

Le braquage de la direction a un effet cabreur. On corrige cet effet pervers lors de la mise en virage en programmant en fonction direction un débattement différentiel inverse sur les volets d'empennage : plus de débattement vers le bas que vers le haut.

sur un empennage en V sous-dimensioné Ail>profondeur peur permettre de garder aide la mise en virage.

test : en enchaînant mise et sorties de virage le planeur doit garder son assiette. (toujours le nez en bas)

1.5 Ballast

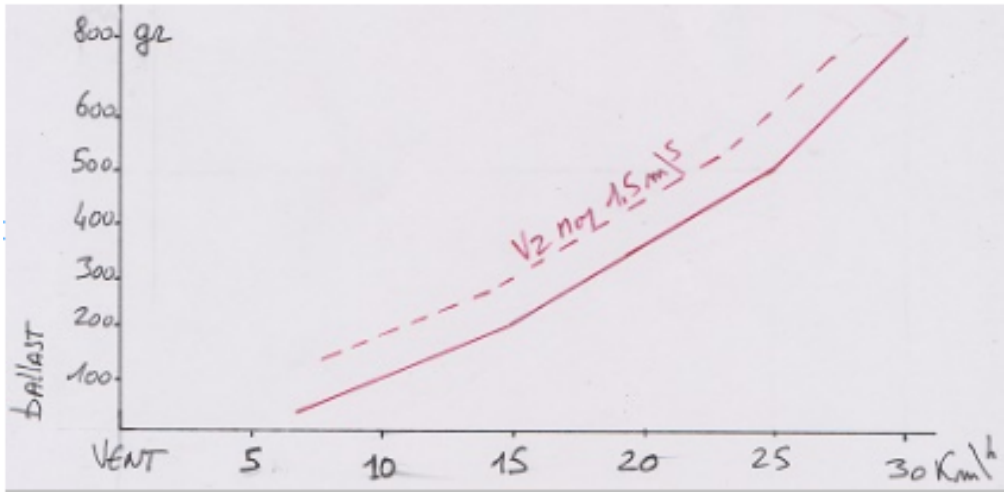
L'objectif du ballast est d'adapter la charge alaire du planeur aux conditions météorologiques : trop léger le planeur vole lentement et par conséquent remonte mal le vent et papillonne dans la turbulence, trop lourd il aura du mal à serrer la spirale et la réponse en tangage à la perturbation lors de l'entrée dans l'ascendance est atténuée.

Le ballast peut être modulé entre deux vols en fonction des changements de vent et de conditions thermiques, sinon le pilote compose en jouant sur la courbure d'un planeur full-span* ou quadro-flap* (l'aile quadro-flap est abordée par l'article suivant) : dans le vent un planeur trop léger devra voler moins cambré, s'il est correctement ballasté il pourra utiliser plus de courbure.

A noter également que le taux de chute du planeur augmente avec le ballast mais néanmoins pas dans la même proportion que la masse du planeur. Par exemple, avec un ballast augmentant la masse du planeur de 10% le taux de chute n'augmentera que de 5%.

La courbe de ballastage est théorique. Du sol le pilote a une appréciation approximative du vent en altitude, il faut majorer la valeur ressentie ou indiquée par l'anémomètre !

Je tracer une courbe provisoire en évaluant la charge à emporter dans 10 et 20 km/h de vent puis je l'affine au cours des vols dans différentes Vz.



Exemple sur X-plorer 1 de 3m50 d'envergure pesant 1750gr (23gr/dm² de charge alaire mini), ballasté par un pilote plutôt « conservateur » :

- tracé plein pour une Vz moyenne de 0,5 à 1m/s.
- à partir d'une Vz moyenne supérieure à 1 m/s les dé-gueulantes sont plus fortes, il faudra transiter plus vite et en tenir compte en décalant la courbe vers le haut : tracé pointillé.

1.9 Réglage du crochet

Suivant un angle de 15 à 30° en avant du centre de gravité au premier lancé pour assurer une montée stable, il sera plus ou moins reculé suivant la force du vent et la traction du sandow, parfois jusqu'au centre de gravité pour un départ au treuil.

Noter que cambrer le profil permet de reculer le crochet.(…….) et qu'en crochet avancé jusqu'à l'aplomb du bord d'attaque le planeur peut e^tre catapulté .

Précédant : Réglage et Pilotage d'un planeur « 2 axes »

Suivants : 2 Réglage des volet

3 Pilotage des volets dynamiques