

Théorie vol à voile

30 Préparation du vol et performances

Auteur : Claude Peny

Edition 1.00



Claude Peny

22.08.88 : Premier vol VàV en temps qu'élève, à Birrfeld
 13.05.89 : Licence pilote VàV à Montricher
 16.07.89 : 50Km et C-Argent à la première tentative
 26.04.92 : 300Km
 31.08.92 : Examen pratique moniteur
 mai 93 : Cours moniteur à Montricher
 20.05.93 : Premier vol d'écolage comme aspirant moniteur, élève: Didier Kuttel
 06.06.93 : Extension TMG
 20.05.94 : Licence instructeur définitive
 94-95-96-97-98 : Cours de perfectionnement au SFACT à Saint-Auban
 94-95-96-97-99-02 : Organisation camp de plaine à Romorantin
 Fin 2003: 1120h de vol

Didier Kuttel

03 janvier 1971

Electronicien, puis ETS en électrotechnique. Aujourd'hui, Ingénieur software.

27.03.1993 : premier vol VV en tant qu'élève (déjà en possession d'une licence moteur)
 09.06.1993 : licence pilote VV
 18.07.1993 : extension TMG
 20.07.1994 : 50km après plusieurs essais infructueux
 07.05.1995 : 300km
 28.08.1997 : examen pratique moniteur
 Automne 1998 : cours moniteur à St-Auban (3 semaines - cours test de l'OFAC)
 17.10.1998 : premier vols d'écolage comme moniteur
 23.10.1998 : extension PSV
 22.07.2000 : licence instructeur définitive
 21.06.2000 : 500km 20.06.2003 : 5000m
 Fin 2003 : 1500h de vol

Marié, 2 enfants

Préférence en VV : perfos - grande distance

Autres intérêts : plongée (dans l'eau chaude :-))



TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES	3
30.0.0 Paternité de ce travail.....	7
30.1.1 Justification du calcul de chargement et de centrage	9
Introduction.....	9
Justification du calcul de chargement et de centrage	9
30.1.2 Les différents types de chargements	10
Notions (masse, poids).....	10
Différents types de chargement.....	10
30.1.3 Terminologie du chargement.....	12
Masse à vide (équipé)	12
Masse à vide des éléments non-portants	12
Charge utile.....	12
Charge des water-ballasts.....	12
Masse totale des éléments non-portants.....	12
Masse maximale des éléments non-portants.....	12
Masse au décollage.....	12
Masse maximale admissible au décollage.....	12
Masse maximale à l'atterrissage :	12
30.1.4 Centre de gravité.....	13
Centre de gravité	13
Propriété du centre de gravité	13
30.1.5 Equilibre du planeur	14
Notions d'équilibre	14
Equilibre du planeur en vol	14
30.1.6 Analyse des conditions d'équilibre: le foyer	15
Définition du foyer.....	15
Foyer général du planeur.....	15
30.1.7 Analyse des conditions d'équilibre: position du CG.....	16
Le centre de gravité est à l'avant du foyer.....	16
Le centre de gravité est à l'arrière du foyer.....	16
30.1.8 Plage de centrage	17
30.1.9 Calcul du centrage: méthode des moments	18
30.1.10 Exemple de calcul de chargement.....	20
Calcul des différentes masses.....	20
30.1.11 Exemple de calcul de position du centre de gravité.....	21
30.1.12 Compensation de la position du centre de gravité.....	22
30.1.13 Chargement des ballasts: calcul simplifié avec table.....	23
30.1.14 Chargement des ballasts: calcul simplifié avec abaque	24



30.2.1	Définition des vitesses	25
30.2.2	Décollage: modes de départ	27
	Remorquage	27
	Treuil	27
	Autonome (moteur).....	27
30.2.3	Influences sur la distance de décollage	28
	Le vent.....	28
	La pression atmosphérique	28
	La température	28
	La position des volets	28
	La pente longitudinale du terrain	28
	Le revêtement et l'état de la piste	28
	La masse au décollage.....	28
	La pluie et les ailes mouillées.....	28
30.2.4	Calcul d'une distance de décollage	29
30.2.5	Vol en montée: modes de départ	30
	Remorquage	30
	Treuil	30
	Autonome (moteur).....	30
30.2.6	Influences sur le taux de montée	31
	La vitesse.....	31
	L'altitude	31
	La masse.....	31
	La température	31
	Le vent.....	31
30.2.7	Caractéristiques du vol en montée	32
	Exemple	32
30.2.8	Influences sur le vol de croisière	33
	La masse.....	33
	L'altitude et/ou la température.....	33
	Le vent.....	33
30.2.9	Finesse aux différentes vitesse de croisière.....	34
30.2.10	Influences sur l'approche	35
	Le vent.....	35
	La pluie.....	35
	Le givre	35
	La position des volets d'atterrissages	35
30.2.11	Atterrissage: vitesse d'approche.....	36
	Sans vent	36
	Avec vent de face.....	36
	Avec vent de dos	36
30.2.12	Influences sur la distance d'atterrissage	37
	La vitesse d'approche	37
	La pression atmosphérique	37
	Le vent.....	37
	Le revêtement et l'état de la piste	37
	La masse.....	37
30.2.13	Vitesse et position des volets de courbure	38

30.3.1	Préparation du vol	39
	Informations et prescriptions.....	39
	Préparation générale de la carte.....	39
30.3.2	Gestion de la hauteur sol: hauteur pour rentrer au terrain.....	40
	Hauteur nécessaire pour rentrer au terrain	40
	Hauteur de réserve	41
30.3.3	Gestion de la hauteur sol: exemple	42
30.3.4	Vol sur la campagne	43
30.3.5	Influences sur la finesse	44
	Influence des mouvements verticaux	44
	Influence des mouvements horizontaux.....	44
30.3.6	Voler à la meilleure finesse.....	46
	En fonction des mouvements verticaux	46
	En fonction des mouvements horizontaux.....	46
	Relation finesse-autonomie.....	46
	Choix d'une finesse de travail.....	46
30.3.7	Types de vol local	47
	Le local rapproché.....	47
	Le grand local	47
	Le local mesuré	47
30.3.8	Les trois tranches	48
30.3.9	Les trois tranches: définition.....	49
	La tranche supérieur	49
	La tranche moyenne.....	49
	La tranche inférieure	49
30.3.10	De local en local	50
	Un maître mot: anticipation.....	50
30.3.10	Gestion du local: conclusions	51
	Travailler avec les trois tranches.....	51
	Assurer sa sécurité	51
	Remarques	51



30.0.0 Paternité de ce travail

La première version de ce manuscrit a été écrite par D. Kuttel (GVVVM), pour répondre aux besoins de l'instruction théorique du sujet "préparation du vol et performances" en vue de l'obtention du brevet de pilote de planeur. Qu'il soit mille fois remercié pour l'effort fourni lors de la rédaction de ce document !

La deuxième version, remaniée par Jérôme Affolter du GVVN s'inspire très largement du document original, à l'exception des premiers chapitres de la partie "préparation du vol".

Finalement cette version consiste en l'adaptation des deux premières itérations afin de les faire entrer dans le cadre des fiches d'enseignement défini par la FSVV.



30.1.1 Justification du calcul de chargement et de centrage

Introduction

Pendant longtemps les vélivoles ont cru que les problèmes de centrage étaient réservés aux extrêmes, les très lourd ou les tout léger. En effet, pour les pilotes « normaux », les constructeurs ont déjà fait le travail. Pour la gamme de poids dite normale, le planeur se comportera correctement. Les seules personnes rencontrant des problèmes n'ont comme solution que de maigrir ou d'emporter du plomb.

Ainsi les phénomènes liés au dépassement des limites de chargement ou (et) l'atteinte des limites de centrage, étaient soit inconnus, négligés ou amplifiés.

Avec l'arrivée des planeurs abondamment ballastables, les soucis d'optimiser la charge alaire et le centrage, sont déjà de bonnes raisons pour ne plus se contenter d'approximations grossières.

Mais c'est aussi et surtout pour des raisons de **sécurité** que le pilote doit connaître les limites de chargement de sa machine, et les limites de centrage.

L'objectif de ce chapitre, et de connaître les quelques définitions caractérisant les propriétés du planeur, et d'apprendre à utiliser des méthodes simples pour calculer ces limites.

Justification du calcul de chargement et de centrage

Ce calcul nous permettra de déterminer si notre machine (avec pilote) est dans les limites prescrites par le constructeur. Ces limites sont déterminées par ce dernier afin d'assurer un comportement sain (pas de décrochage intempestif, maniabilité suffisante) de la machine. Ce comportement est seulement garanti dans ces limites, c'est pourquoi il faut s'arranger pour les respecter scrupuleusement afin de ne pas être surpris par une réaction inattendue de la machine.

Dans la pratique, il faudrait faire un calcul pour chaque vol ou en tout cas pour chaque chargement. Les constructeurs nous fournissent des tables et des graphiques qui nous facilitent la tâche. Ils donnent également des limites simples qui peuvent être vérifiées rapidement avant chaque vol (exemple : masse min : 70 kg, masse maxi : 105 kg).

Les calculs se décomposent en deux parties :

- Chargement : respect des limites structurales
- Centrage : compromis stabilité - instabilité de la machine

Le résultat des calculs peut être exploité dans deux buts différents :

- Limitations pour la **sécurité** de vol.
- Confort et performances de vol :
 - charge alaire
 - maniabilité, efficacité des commandes
 - performance en thermique de la machine

30.1.2 Les différents types de chargements

Notions (masse, poids)

Masse : quantité de matière

Poids : force exercée sur cette matière (par la terre)

Poids = Masse * Accélération gravitationnelle

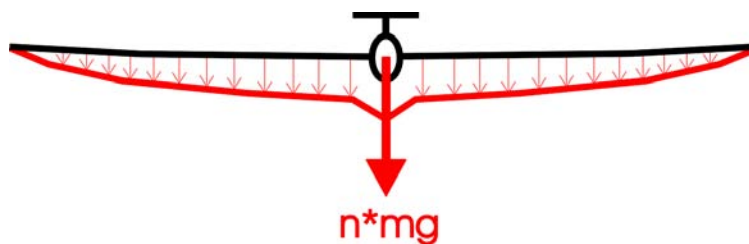
$P = m * g$ ($g = 9.81$ sur la terre)

Il n'est pas important de connaître ces relations, mais il faut être conscient de la différence existant entre la masse (kg) et le poids (Newton).

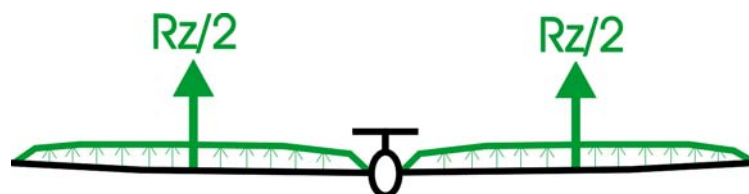
Différents types de chargement

- Efforts sur la voilure (planeur lui-même) :

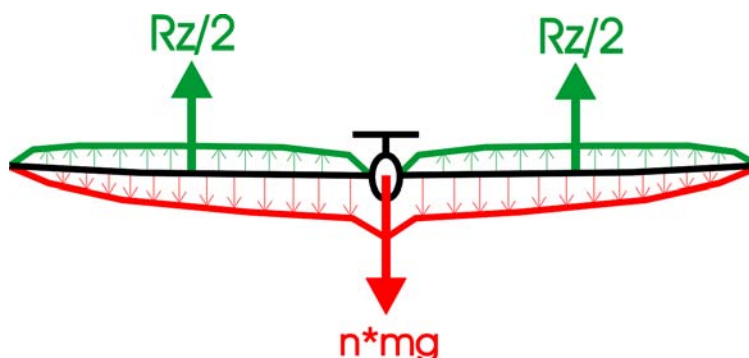
- Répartition du poids apparent :



- Répartition de la portance :



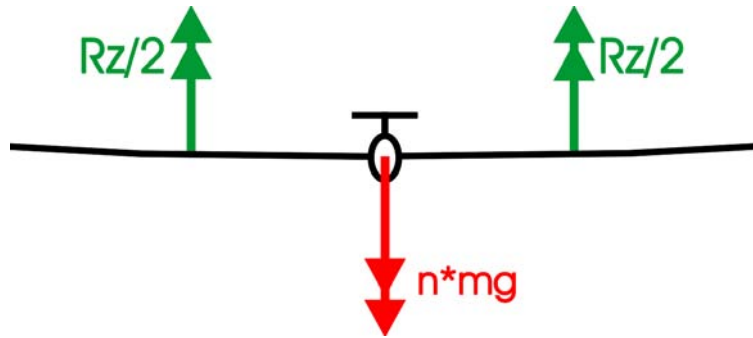
- Les efforts conjugués du poids et de la portance :



L'application de ces forces se traduit par une flexion des voilures et par un effort tranchant qui tend à cisailer les ailes au niveau de l'emplanture. On conçoit donc l'existence d'une limite de charge au-delà de laquelle la résistance de la structure ne peut plus être assurée.

- Chargement du fuselage :

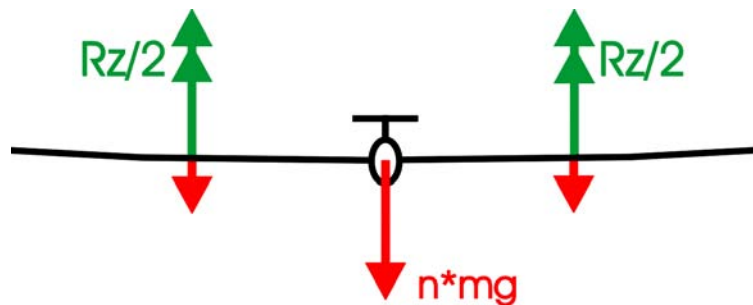
Toute augmentation de la charge du fuselage conduit à un accroissement des forces de portance, par conséquent augmente les forces de cisaillement.



Cela définit la masse maximum du fuselage (+ empennage), qui équivaut à la masse maximum des éléments non-portants (définie par le constructeur).

- Chargement des ailes :

On essaie de charger de telle façon que le centre de gravité de la masse ajoutée se trouve à peu près au point d'application de la portance.



L'augmentation de poids, donc de charge alaire, dans ce cas ne conduit pas à une augmentation des efforts de cisaillement.

On peut se dire qu'on peut augmenter la charge à l'infini, regardons les facteurs limitant :

- atterrissage (les efforts tranchants réapparaissent)
- roulage (planeur au sol)
- charge alaire

On obtient ici, la masse maximum autorisée du planeur (donnée par le constructeur).

30.1.3 Terminologie du chargement

Nous allons regarder les noms de ces différentes masses définies par le constructeur. Il est important de les connaître afin de comprendre de quoi parle le constructeur dans le manuel de vol.

Masse à vide (équipé)

C'est la somme des masses des éléments suivants :

- cellule complète
- instrumentation standard
- lest **fixe** éventuel (rattrapage du centrage à vide)
- équipement optionnel fixe (radio, oxygène, batterie, ...)

Masse à vide des éléments non-portants

Idem masse à vide, sans les ailes :

- fuselage + empennage
- instrumentation standard
- lest **fixe** éventuel (rattrapage du centrage à vide)
- équipement optionnel fixe (radio, oxygène, batterie, ...)

Charge utile

C'est l'ensemble des masses constituées par le chargement des éléments non-portants :

- le ou les pilote(s) équipé(s) (parachute)
- lest amovible éventuel (gueuses)
- équipements personnels (documentation, pic-nic, ...)
- eau du ballast de dérive

Charge des water-ballasts

Masse de l'eau que l'on met dans les ailes.

Masse totale des éléments non-portants

C'est la masse des éléments non-portants dotés de leur chargement (charge utile).

Masse maximale des éléments non-portants

Masse maximale admissible pour les éléments non-portants dotés de leur chargement (pilotes, lest amovible, ...).

Masse au décollage

C'est la masse du planeur prêt à décoller. C'est la somme de la masse à vide majorée de la totalité du chargement.

Masse maximale admissible au décollage

C'est la masse maximale autorisée au décollage pour le planeur avec les ballasts plein ou partiellement rempli.

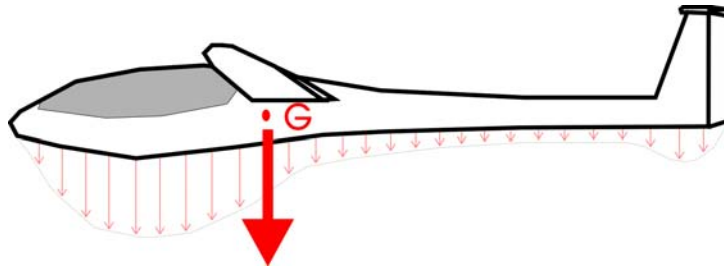
Masse maximale à l'atterrissage :

C'est la masse maximale autorisée à l'atterrissage. C'est souvent pour cette raison qu'il faut vidanger les ballasts.

30.1.4 Centre de gravité

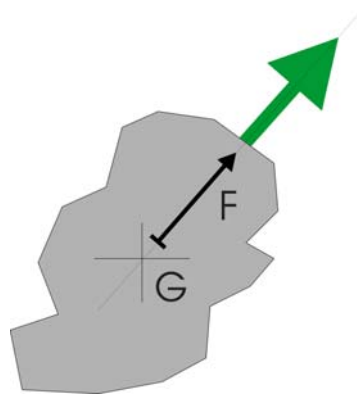
Centre de gravité

Les particules constituant un corps sont chacune soumise à l'action de la pesanteur. Il existe un endroit où on peut effectuer une somme de toutes ces forces, cette somme s'appelle la résultante et le point où elle s'applique le centre de gravité. Regardons sur un dessin :

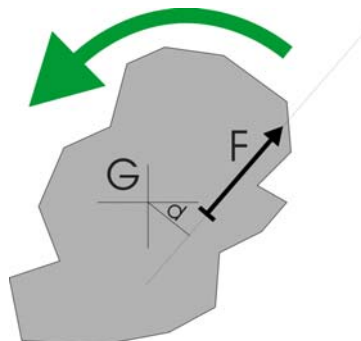


Propriété du centre de gravité

- Si une force est appliquée à un corps et qu'elle passe par le centre de gravité, le corps se déplace.



- Si la force appliquée à un corps ne passe pas par le centre de gravité, cette force provoque un moment de rotation.



30.1.5 Equilibre du planeur

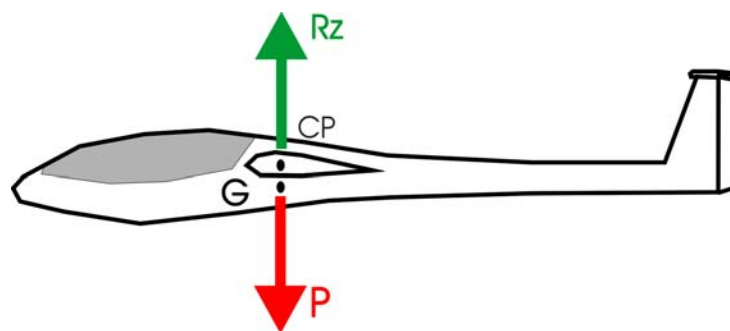
Notions d'équilibre

Il existe trois sortes d'équilibres :

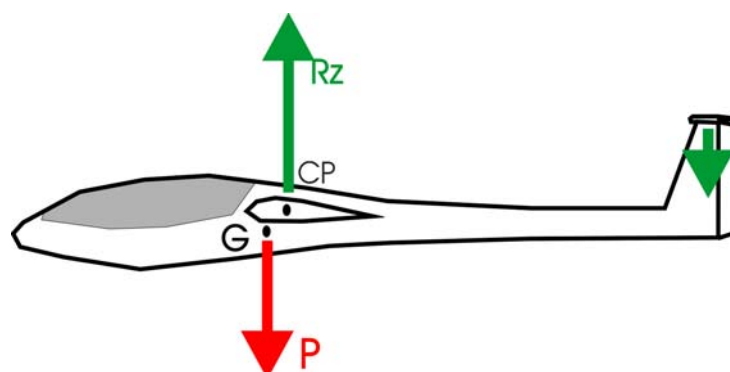
- stable : lorsque l'on écarte le corps de sa position d'équilibre, il y revient de lui-même et s'y maintient. Par exemple, si vous avez un poids suspendu au bout d'une ficelle, et que vous le tirez et le lâchez, il va balancer et revenir en position verticale (équilibre).
- indifférent : le corps reste en équilibre quelle que soit sa position. Pensez à une roue, vous pouvez la tourner, et elle restera dans la position où vous la lâchez (pour autant qu'elle soit bien équilibrée).
- instable : si le corps est à peine écarté de sa position d'équilibre, il ne peut y revenir de lui-même, et au contraire il s'en écarte. Pensez au crayon que vous avez certainement essayé de tenir en équilibre sur votre doigt, à peine écarté de sa position verticale, il voudra s'en éloigner.

Equilibre du planeur en vol

Pour que le planeur vole, il suffit d'opposer à son poids une force qui lui est égale :



Lorsque le planeur vole, son centre de poussée (CP) se déplace légèrement quand l'incidence change ou lorsqu'une modification de la voilure intervient (volets, AF). Lorsque le chargement du planeur est modifié, le centre de gravité se déplace également. On constate donc qu'il est quasiment impossible d'aligner la résultante du poids et la résultante de la portance. Nous allons donc utiliser le plan fixe horizontal et la commande de profondeur pour assurer l'équilibre.



L'équilibre étant ainsi réalisé, il nous reste à étudier les différentes conditions d'équilibre : stable, indifférent, instable.

30.1.6 Analyse des conditions d'équilibre: le foyer

Définition du foyer

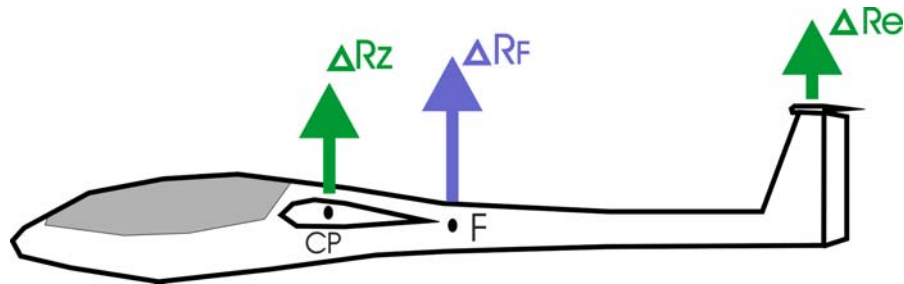
Le foyer est le point autour duquel le planeur a un équilibre indifférent en tangage. Cela signifie que si vous prenez un planeur, et que vous faites passer un axe par le foyer en travers du planeur, celui-ci sera en équilibre indifférent autour de l'axe de tangage.

Foyer général du planeur

Si pour une raison quelconque l'assiette du planeur varie (turbulence, pilote,), il en résulte un changement d'incidence qui engendre une modification des forces aérodynamiques.

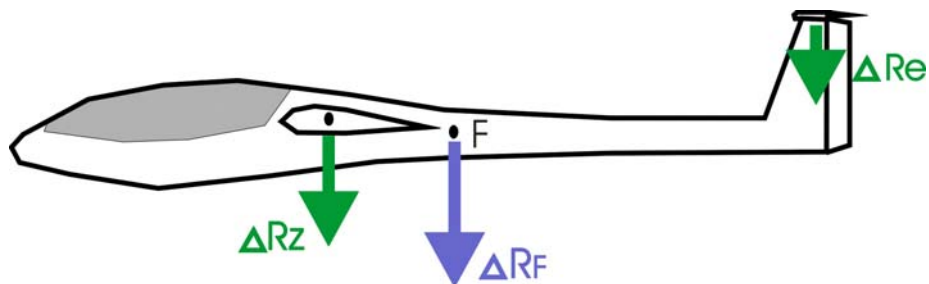
Une augmentation générale de l'incidence se traduit par :

- une augmentation de la résultante aérodynamique (ΔR_z)
- et selon le cas, une augmentation de la portance sur l'empennage ou une diminution de son effet déporteur, ce qui revient au-même (ΔR_e).



Une diminution générale de l'incidence a pour effet :

- une diminution de la résultante aérodynamique de l'aile (ΔR_z)
- et selon le cas, une diminution de l'effet porteur de l'empennage ou une augmentation de son effet déporteur (ΔR_z)

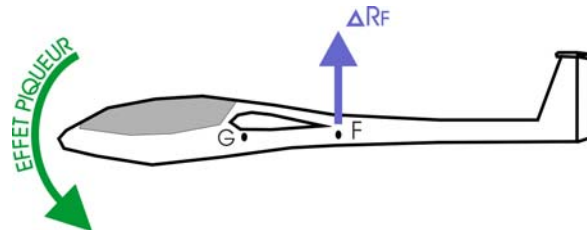


Ces variations respectives de portance admettent une résultante (ΔR_F) dirigée vers le haut ou le bas appliquées en un point F, le foyer du planeur.

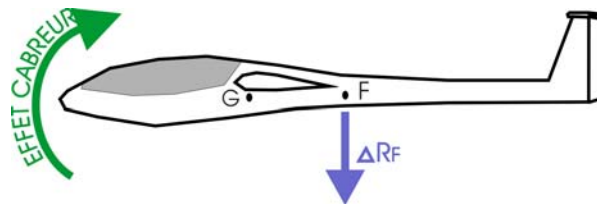
30.1.7 Analyse des conditions d'équilibre: position du CG

Le centre de gravité est à l'avant du foyer

Si le planeur cabre, il y a une augmentation de l'incidence, donc ΔR_F est dirigée vers le haut. Il se crée par rapport au centre de gravité un moment piqueur, ce qui va ramener le planeur dans sa position initiale.



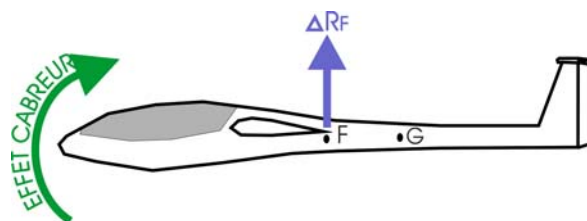
Si le planeur pique, la diminution d'incidence entraînera une résultante ΔR_F dirigée vers le bas. Cela signifie un moment cabreur par rapport au centre de gravité. De cette manière, le planeur reviendra également dans sa position initiale.



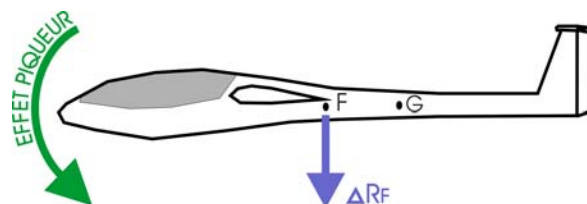
On voit que lorsque le centre de gravité est en **avant** du foyer, le planeur est **stable**.

Le centre de gravité est à l'arrière du foyer

Si le planeur cabre, ΔR_F est dirigée vers le haut, est de cette manière le moment est cabreur. Le planeur ne reviendra donc pas à sa position initiale, mais au contraire il s'en écartera.



Si le planeur pique, ΔR_F est dirigée vers le bas, est de cette manière le moment est piqueur. Le planeur ne reviendra donc pas à sa position initiale, mais au contraire il s'en écartera.



On voit que dans ce cas, centre de gravité en **arrière** du foyer, le planeur est **instable**.

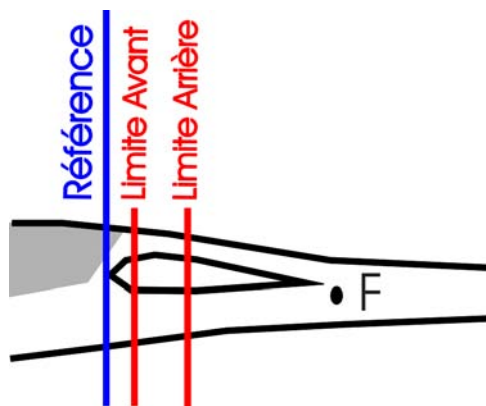
30.1.8 Plage de centrage

Avec les exemples de la fiche 30.1.7, on constate que la position du centre de gravité doit être choisie de telle façon à ce que le planeur soit stable : il faut donc toujours que le centre de gravité se trouve en avant du foyer général du planeur.

Toutefois, il s'agit encore de définir le degré de stabilité. Lorsque le centre de gravité se situe très en avant du foyer, le planeur est très stable. On pourrait ne voir que le positif de la chose, cependant notre planeur a une manœuvrabilité qui diminue. Et inversement, lorsque le centre de gravité se trouve juste devant le foyer, le planeur est juste stable, par contre la manœuvrabilité est excellente. On constate donc que le centrage d'une machine est un compromis **stabilité** \leftrightarrow **manœuvrabilité**.

Le constructeur définira donc une plage de centrage. La limite avant sera définie afin de garder une manœuvrabilité suffisante, et la limite arrière afin d'avoir une stabilité qui permet la sécurité en vol.

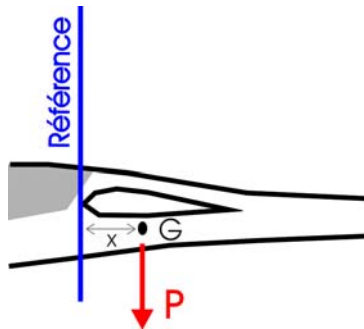
En pratique, la plage de centrage n'est jamais spécifiée par rapport au foyer du planeur qui est un point physiquement difficile à identifier. Cette plage est donc définie par rapport à un point aisément repérable (en général, le bord d'attaque d'une nervure particulière) appelé référence des centrages.



Le pilote doit vérifier son chargement de manière à ce que le centre de gravité du planeur soit toujours situé à l'intérieur des limites de centrage.

30.1.9 Calcul du centrage : méthode des moments

À l'issue de la pesée*, la masse du planeur est connue et la position du centre de gravité peut être déterminée.



On considère que le poids du planeur P exerce par rapport à la référence un moment M égal au produit de son intensité par le bras de levier X , qui est la distance entre G et la référence.

$$M = P * X$$

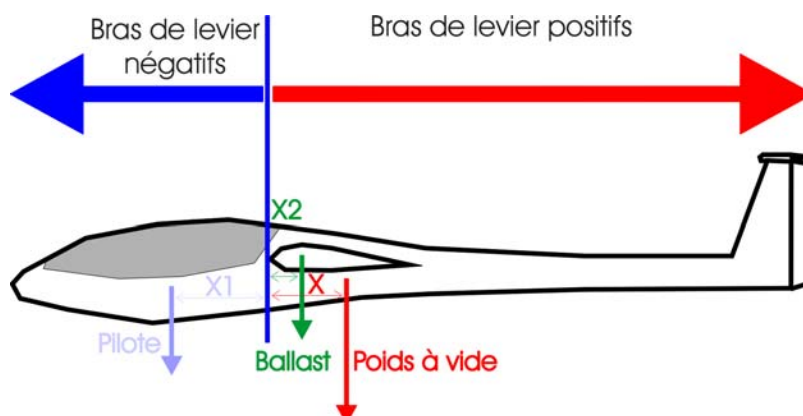
Si l'on ajoute une charge, le pilote par exemple, on peut dire qu'assis dans sa cabine à une distance X de la référence, il exerce un moment M_1 tel que :

$$M_1 = \text{Poids du pilote} * X_1$$

Ainsi toute charge disposée dans le planeur produit une augmentation du poids total et exerce un moment supplémentaire.

L'addition de toutes les charges constitue pour le planeur chargé son poids total et la somme des moments son moment résultant.

Par convention, et pour éviter les erreurs de calcul, les bras de leviers (et donc les moments) sont considérés comme **négatifs** s'ils sont dus à des charges placées en **avant de la référence** et **positifs** s'ils concernent des masses disposées à **l'arrière de la référence**. Il s'agit donc d'effectuer une somme algébrique des moments (attention aux signes !).



* En règle générale, les planeurs sont pesés lors des contrôles périodiques et suite à des réparations ou à des modifications. Les valeurs actuelles se trouvent dans le manuel de vol du planeur concerné.

Charges	Poids	Bras de levier	Moments
Planeur vide	P	+ x	+ M
Pilote	P1	- x1	- M1
Ballast d'ailes	P2	+ x2	+ M2
Planeur chargé	P + P1 + P2	Bras de levier résultant	M + (-M1) + M2

La division de la somme des moments par la somme des poids donne le bras de levier résultant.

$$\text{Bras_de_levier} = \frac{\text{Somme_des_moments}}{\text{Somme_des_masses}}$$

Le bras de levier résultant indique la position du centre de gravité du planeur chargé par rapport à la référence.



30.1.10 Exemple de calcul de chargement

Afin d'effectuer un calcul complet de chargement, il faut tout d'abord calculer le chargement, et si les résultats sont dans les tolérances, on pourra ensuite calculer le centrage de la machine.

Calcul des différentes masses

Données provenant du HB-1056 (Libelle Std, avec water ballast) :

Résultat de la pesée :

Masse à vide équipé :	213 kg
Masse des éléments non portants :	108 kg

Limite donnée par le constructeur :

Masse maximale :	350 kg
Masse maximale des éléments non portants :	210 kg

Nous pouvons maintenant calculer la charge utile maximum, ainsi que la quantité d'eau que nous pourrions mettre dans les water-ballast.

$$\begin{aligned}\text{Charge utile maximum} &= \text{Masse max des éléments N. P.} - \text{Masse des éléments N.P.} \\ &= 210 - 108 = \mathbf{102 \text{ kg}}\end{aligned}$$

Nous pourrions donc emporter une charge utile de 102 kg dans ce planeur (pour autant que le centre de gravité soit dans les limites tolérées).

Regardons maintenant quelle masse d'eau nous pourrions emporter si notre charge utile était de 90 kg (pilote + parachute + équipement).

$$\begin{aligned}\text{Charge max water-ballast} &= \text{Masse max} - \text{Masse à vide} - \text{Charge utile} \\ &= 350 - 213 - 90 \\ &= \mathbf{47 \text{ kg}}\end{aligned}$$

Nous pourrions donc charger le planeur avec 47 litres d'eau (pour autant que le centre de gravité soit dans les limites). Nous emporterons 40 litres, car c'est le maximum possible dans les réservoirs.

Plan de chargement :

Charge utile :	90 kg
Water-ballast :	40 kg

Nous avons constaté par les calculs précédents que nous sommes dans les limites de charge. Il faudra encore vérifier que le centre de gravité est dans limites données par le constructeur.

30.1.11 Exemple de calcul de position du centre de gravité

En partant de valeurs calculées dans la fiche 30.1.10, nous pouvons contrôler si le centre de gravité se trouve bien à l'intérieur des limites données par le constructeur.

Limite du centre de gravité : $X_{SF} = 244$ à 348 mm (référence bord d'attaque)

Charges	Poids [kg]	Bras de levier [m]	Moments [kg*m]
Planeur vide	213	+ 0.575	+ 122.475
Pilote (équipement)	90	- 0.360	- 32.4
Ballast d'ailes	40	+ 0.434	+ 17.36
Planeur chargé	343	Bras de levier résultant	+107.435

Bras de levier résultant = $107.435 / 343 = \underline{\underline{0.313 \text{ m}}}$

Nous constatons que notre centre de gravité se trouve tout à fait dans les tolérances données par le constructeur. Notre plan de chargement est donc correct.

La méthode complète décrite ci-dessus nous donne les résultats les plus précis, cependant elle est longue et fastidieuse, regardons ce que nous donne le constructeur pour nous faciliter la tâche.

Dans un premier temps, et dans tous les cas, le constructeur nous donne une masse maximum et minimum de charge utile afin de respecter les limites de chargement et de centrage. Il conviendra de faire des calculs ou de compenser la machine si l'on se trouve en dehors de ces limites. Il sera également nécessaire de faire des calculs lorsque l'on désirera ballaster la machine.



30.1.12 Compensation de la position du centre de gravité

Dans le cas où le calcul de la position du centre de gravité nous donnerait un résultat situé à l'arrière de la fourchette admissible, il serait possible de ramener le centre de gravité dans les limites fixées par le constructeur en installant du lest amovible dans la position prévue par le constructeur.

Pour calculer le poids de lest à installer, on pourra procéder par la méthode des moments ou, plus simplement, en se basant sur les tabelles fournies par les constructeurs.

Ces tabelles spécifient généralement pour un poids de pilote équipé, quel est le nombre de gueuses de plomb (fournies par le constructeur) à installer à l'endroit prévu à cet effet.

Le constructeur du Pégase nous donne le tableau suivant :

Nombre de gueuses	Masse mini pilote équipé [kg]
0	70
1	67
2	65
3	63
4	61
5	59
6	57
7	55

Masse d'une gueuse : 1 kg \pm 20 g

Vous constaterez que c'est nettement plus simple que le calcul des moments.

30.1.13 Chargement des ballasts: calcul simplifié avec table

Cette table est tirée du manuel de vol du Discus, et nous permet de déterminer la masse maximum d'eau que l'on peut emporter en fonction du poids à vide de la machine et de la charge utile. Regardons cette table :

Leer- masse (kg)	Zuladung im Führersitz (kg)				
	70	80	90	100	110
220	184	184	184	184	184
225	184	184	184	184	184
230	184	184	184	184	184
235	184	184	184	184	180
240	184	184	184	184	175
245	184	184	184	180	170
250	184	184	184	175	165
	Wasserballast (kg) in beiden Flügeltanks				

Prenons un exemple où il y a une limitation :

Masse à vide : 250 kg
Charge utile : 100 kg

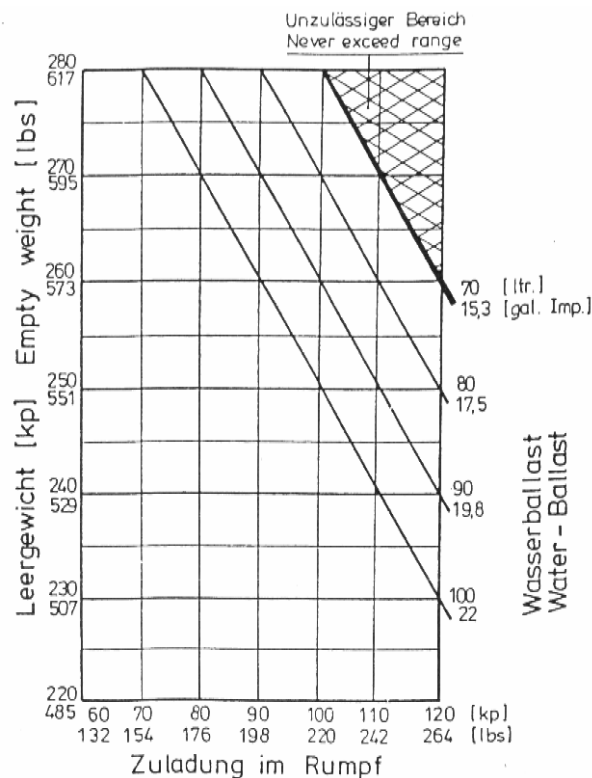
Nous pourrions donc mettre dans les ballasts :

Masse water-ballasts : 175 kg

Ne croyez pas que l'on peut charger tous les planeurs de cette manière, le Discus est un cas assez particulier, il supporte une très forte charge alaire.

30.1.14 Chargement des ballasts: calcul simplifié avec abaque

Certains constructeurs donnent des abaques qui nous permettent de déterminer notre chargement. Prenons par exemple un graphique donné pour le Standard Astir III :



Prenons un exemple :

Masse à vide : 270kg
Charge utile : 110 kg

Dans un premier temps, regardons s'il est possible de voler avec ce plan de chargement, et si oui, combien d'eau nous pouvons emporter.

Nous constatons que nous sommes à la limite maximum, mais que nous sommes dans les tolérances. D'autre part, nous pourrions emporter 70 litres d'eau dans les water-ballasts.

Prenons un autre exemple :

Masse à vide : 260kg
Charge utile : 95 kg

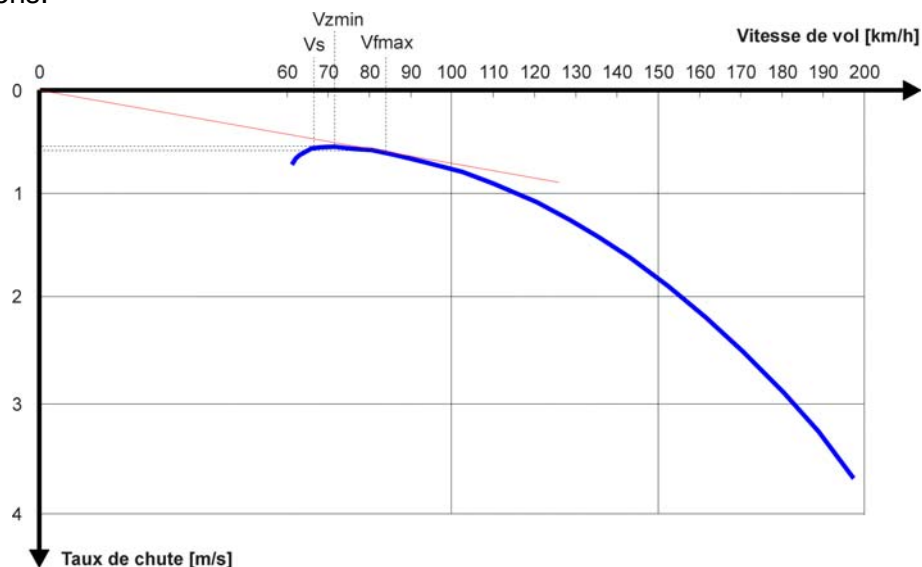
Nous sommes dans les limites, et nous pourrions emporter au maximum 95 litres d'eau.

30.2.1 Définition des vitesses

Regardons la description des différentes vitesses définies par le constructeur. Ces définitions doivent être connues, car il s'agit d'interpréter un chiffre donné par le constructeur en une valeur pratique à utiliser en vol.

V_A	Design Manoeuvring Speed	Vitesse maximale de manœuvre, permettant le braquage à fond des commandes pour autant que la force du pilote le permette.
V_{FE}	Flap Extended Speed	Vitesse maximale lorsque les volets de courbure sont dans une position de sortie donnée
V_{LE}	Landing Gear Extended	Vitesse maximale lorsque le train d'atterrissage est sorti
V_{LO}	Landing Gear Operating Speed	Vitesse maximale de manoeuvre du train d'atterrissage (rentrée ou sortie du train)
V_{PO}	Motor Extending Speed	Vitesse maximum pour sortir et rentrer le moteur
V_{NE}	Never Exceed Speed	Vitesse à ne jamais dépasser
V_S	Stalling Speed	Vitesse de décrochage ou vitesse minimale à laquelle l'avion est contrôlable
V_W	(Winch Speed)	Vitesse maximum à ne pas dépasser pendant le treuillage
V_T	(Towing speed)	Vitesse maximum à ne pas dépasser pendant le remorquage
V_X	Speed for Best Angle-of-Climb	Vitesse du meilleur angle de montée (relatif au moteur)
V_Y	Speed for Best Rate-of-Climb	Vitesse du meilleur taux de montée (relatif au moteur)
(V_{zmin})		Vitesse du taux de chute le plus faible
(V_{imax})		Vitesse du meilleur angle de plané (finesse maximum)

Regardons la position de quelques vitesses sur la polaire afin de comprendre la signification pratique de ces définitions.





Il faut encore noter un point important, toutes ces vitesses sont basées sur la vitesse indiquée, ce qui implique que pour certaine limitation à haute altitude, la vitesse vraie est beaucoup plus élevée que la vitesse indiquée. Ceci particulièrement pour la V_{NE} , le constructeur donne une limitation qui diminue avec l'altitude. Cette limitation est due à des limitations dynamiques, des vitesses d'écoulement beaucoup plus élevées peuvent conduire à des effets imprévus. Il est donc important de respecter cette limitation.

Pour se faire une idée, regardons le manuel de vol d'une machine et relevons les vitesses caractéristiques de la machine (DG500M) :

V_{NE} (volets 0 à -10) :	270 km/h	V_W :	140 km/h
V_{NE} (moteur sorti) :	197 km/h	V_T :	197 km/h
V_A :	197 km/h	V_{LO} :	197 km/h
V_{FE} (Landing, + 15°) :	150 km/h	V_{PO} :	110 km/h
V_{FE} (+ 10° , + 5°) :	197 km/h		

Variation de la V_{NE} avec l'altitude (relevé dans le manuel de vol) :

Altitude	0-2000m	3000m	4000m	5000m	6000m
V_{NE} indiquée	270 km/h	256 km/h	243 km/h	230 km/h	218 km/h

30.2.2 Décollage: modes de départ

Remorquage

La distance de décollage est définie dans le manuel de vol de l'avion. Elle dépend principalement de la puissance du remorqueur, et de phénomènes extérieurs que nous verrons par la suite. Cette distance de décollage doit être connue par le remorqueur, mais si cela vous intéresse, jeter un œil dans le manuel de votre remorqueur.

Treuil

La distance de décollage dépend principalement de la technique de décollage et de la puissance donnée par le treuilliste. Elle est d'environ 25 à 50 m.

Autonome (moteur)

La distance de décollage dépend de la puissance du moteur, du type de (moto)planeur, des conditions extérieures. Elle est donnée dans le manuel de vol du (moto)planeur, et il est de votre responsabilité de la calculer avant d'entreprendre un décollage autonome.

30.2.3 Influences sur la distance de décollage

Le vent

De face : la distance de décollage est diminuée, car même arrêté nous avons déjà une certaine vitesse par rapport à la masse d'air.

De dos : la distance de décollage est augmentée. ATTENTION, cette dernière est considérablement augmentée, il faut être très prudent et opter pour un changement de sens de piste plutôt que de décoller avec du vent de dos.

La pression atmosphérique

Lorsque la pression diminue, la densité diminue, il faudra donc une vitesse réelle de l'aéronef plus élevée pour obtenir la sustentation. La vitesse indiquée sera toujours la même, mais la vitesse vraie devant être plus grande, la distance de décollage sera donc augmentée si la pression diminue et inversement lorsque la pression augmente.

La température

Lorsque la température augmente, la densité de l'air diminue, et de cette façon la vitesse vraie nécessaire à la sustentation augmente. Ainsi, nous pouvons en conclure que lorsque la température augmente, la distance de décollage augmente et inversement lorsque la température diminue.

La position des volets

Les constructeurs donnent les différentes positions de volet qu'il faut adopter pendant le décollage. Pendant la première partie du décollage, il faut minimiser la traînée pour optimiser l'accélération. Dans la deuxième phase, il faut donner une position qui augmente la portance (sans pour autant trop augmenter la traînée), ce qui permettra au planeur de se sustenter. On peut aisément comprendre, qu'un planeur à volet décollera sur une distance plus courte qu'un planeur standard, car le profil sera optimal pour chaque phase, et la vitesse minimum de sustentation plus faible.

La pente longitudinale du terrain

Il est évident qu'à la descente la distance de décollage sera plus courte qu'à la montée. L'influence d'une pente montante peut être assez considérable, il faudra être prudent.

Le revêtement et l'état de la piste

Les distances de décollage ou passage des 15 m sont souvent données pour une piste en dur (béton, asphalte). La distance de décollage dépend évidemment du revêtement, celle-ci augmente de 10 à 15 % lorsque la piste est en herbe dure. Un terrain en herbe peut avoir de l'herbe haute, être mouillé, ou être mou (terre détrempée), ces différents facteurs peuvent augmenter considérablement les distances de décollage, voire empêcher un décollage. De l'herbe haute peut également entraîner un cheval de bois.

La masse au décollage

Il est clair que plus le planeur est lourd, plus la distance de décollage sera grande. Les constructeurs donnent en général des distances de décollage pour plusieurs masses au décollage, si notre masse se situe entre deux masses données, il sera suffisant d'interpoler.

La pluie et les ailes mouillées

Prenez garde à **toujours** sécher vos ailes, c'est très important, car le profil d'un planeur est très fin et donc très sensible à toutes perturbations. Il est possible que vous décolliez et qu'ensuite le planeur ne monte plus ou peu (surtout avec un décollage autonome). Ne décolliez tout simplement pas sous la pluie, attendez que cela cesse, séchez vos ailes, puis décolliez.

30.2.4 Calcul d'une distance de décollage

Prenons un exemple de décollage autonome pour un DG 500 M. Voici les valeurs données par le constructeur :

H m	T °C	m = 825 kg		m = 750 kg	
		SR(m)	S(m)	SR(m)	S(m)
0	0°	261	404	229	359
	15°	290	450	255	399
	30°	321	498	282	442
500	0°	293	454	258	403
	15°	327	505	287	448
	30°	361	559	318	496
1000	0°	331	512	291	454
	15°	368	569	324	505
	30°	408	630	359	559
1500	0°	374	579	329	514
	15°	416	644	366	572
	30°	461	713	405	633

Avec:

H : altitude, T : température, SR : distance de roulage
S : distance pour le passage des 15 m

Le constructeur nous donne les distances de décollage pour une piste en dur bien plate, sans vent, le planeur et l'hélice sont propres et en parfait état.

Éléments de base :

Altitude du terrain : 500 m Masse au TO : 750 kg
Température : 20 °C

On trouve :

Distance de roulage : 300 m
Distance pour passer les 15 m : 472 m

Maintenant, notez que votre terrain est en herbe légèrement humide, et qu'il n'y a pas de vent :

Herbe : + 15 %
Légèrement humide : env. 10 % (difficile à chiffrer)
Total : + 25 %

On trouve :

Distance de roulage : 375 m
Distance pour passer les 15 m : **547 m**

On constate que l'influence de chaque paramètre peut s'additionner, et ainsi influencer de manière considérable les distances de décollage.



30.2.5 Vol en montée: modes de départ

Remorquage

Il est clair que lors d'un remorquage, vous ne gérez pas les différents paramètres du vol de montée, c'est le travail du remorqueur. Cependant, si vous avez connaissance de l'influence de ces différents paramètres, vous pourrez rester critique et éventuellement déceler des erreurs commises par le remorqueur.

Treuil

Pour le treuillage, les paramètres de la piste ont nettement moins d'influence que le pilotage, ils sont même presque négligeables. Par contre, le vent a une importance capitale sur la hauteur que l'on pourra atteindre et doit être pris en compte, notamment son influence lorsqu'il souffle de travers et que l'on doit monter « en crabe ».

Autonome (moteur)

Le cas où vous devez être le plus conscient de l'influence des paramètres extérieurs, c'est la montée autonome. Vous devez cependant vous rendre compte que toutes les influences agissant sur votre montée, agissent également de la même manière sur la montée du remorqueur.

30.2.6 Influences sur le taux de montée

La vitesse

Le constructeur vous donne les vitesses à tenir pour obtenir le meilleur taux de montée ou le meilleur angle de montée. Il faut s'y tenir, car toute variation de vitesse détériore la valeur maximum que l'on cherche à atteindre.

Meilleur angle (vitesse donnée par le constructeur) :

- plus lent : l'appareil devient trop cabré et la traînée augmente considérablement, le taux de montée diminue donc et ainsi l'angle de montée.
- plus rapide : la vitesse horizontale augmente dans une plus grande proportion que le taux de montée, ce qui a pour conséquence de diminuer l'angle de montée.

Meilleur taux de montée (vitesse donnée par le constructeur) :

- plus lent : le taux de montée diminue
- plus rapide : le taux de montée diminue

L'altitude

Le taux de montée diminue avec l'altitude, c'est principalement dû à la perte de puissance du moteur avec l'altitude due à la diminution de la densité de l'air. La vitesse vraie doit également être plus élevée, ce qui diminue le taux de montée.

La masse

Si l'appareil est plus lourd il faudra plus d'énergie pour monter cette masse d'une certaine hauteur. On en déduit donc, que plus un aéronef est lourd moins il monte pour la même puissance à disposition.

La température

Comme pour l'altitude, la densité diminue, et les effets sont identiques.

Le vent

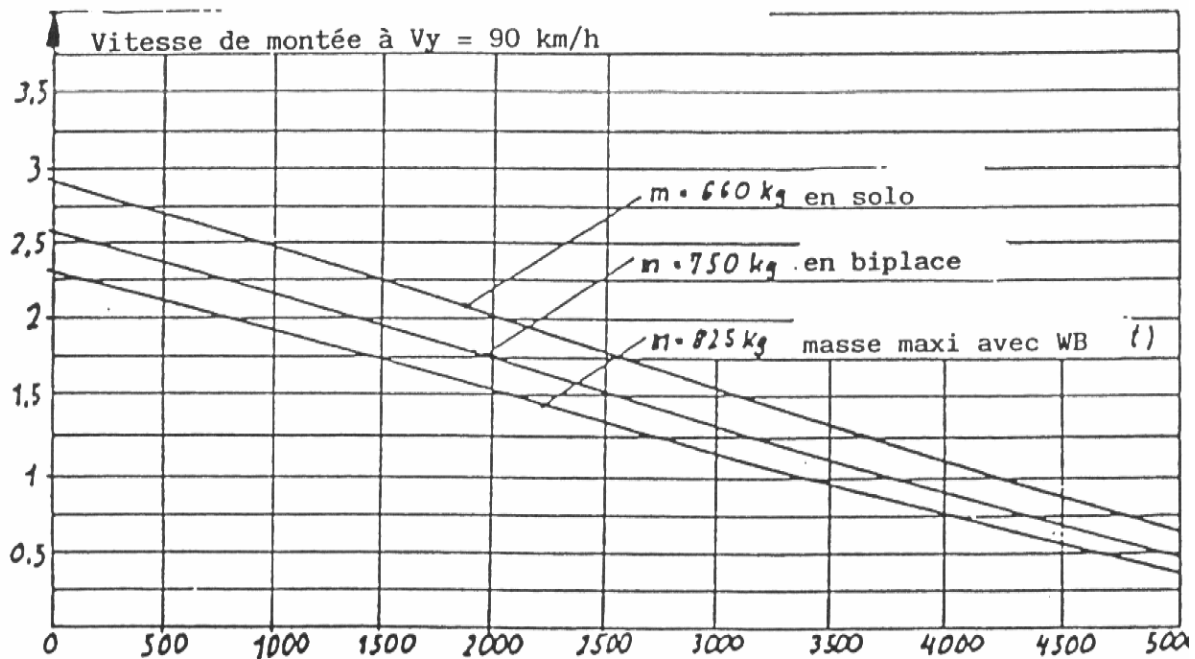
Le vent de face augmentera l'angle de montée (pour toutes les vitesses) puisque la vitesse sol est la vitesse vraie diminuée de la vitesse du vent. L'effet du vent arrière sera inverse, de plus la distance de décollage étant déjà augmentée, l'angle de montée sera diminué, et on voit que dans ce cas les performances générales par rapport au sol ne sont pas optimales.

30.2.7 Caractéristiques du vol en montée

Dans un premier temps, juste après le décollage, il faut se séparer des obstacles, il faut donc prendre la vitesse donnant le meilleur angle de montée (autonome). Une fois que nous sommes séparés des obstacles, il faut utiliser le meilleur taux de montée pour atteindre la hauteur désirée le plus rapidement possible. Si vous effectuez une montée prolongée, le constructeur donne une vitesse un peu plus élevée qui permet un meilleur refroidissement du moteur. Dans les autres cas de figure, adaptez votre vitesse pour obtenir le type de montée désiré.

Exemple

Reprenons notre DG500 M, et relevons cette caractéristique dans le manuel du constructeur :



Il n'y a que le meilleur taux de montée qui est donné, ce dernier est obtenu avec une vitesse de 90 km/h.

Masse du planeur : 750 kg
 Altitude : 600 m
 Température (au niveau de la mer) : 15 °C

Nous obtenons :

Taux de montée : 2.3 m/s

Le constructeur nous dit encore que le taux diminue de 0.12 m/s pour chaque augmentation de 15 °C de la température.

Le taux de montée d'un remorqueur standard (Robin 180 CV) est d'environ 3 m/s pour un monoplace, il peut augmenter jusqu'à 12 m/s avec certains avions à turbine, mais le plus courant oscille de 3 à 5 m/s.

30.2.8 Influences sur le vol de croisière

La masse

Elle sera importante pour déterminer la charge alaire afin de trouver la vitesse de meilleure finesse. En fait, la masse ne modifie pas la finesse, mais la vitesse pour laquelle on obtient la meilleure finesse. Pour augmenter la vitesse de finesse maximum, il faut augmenter la masse, cela sera intéressant dans de bonnes conditions pour obtenir des vitesses de transition élevée sans perdre trop de finesse.

L'altitude et/ou la température

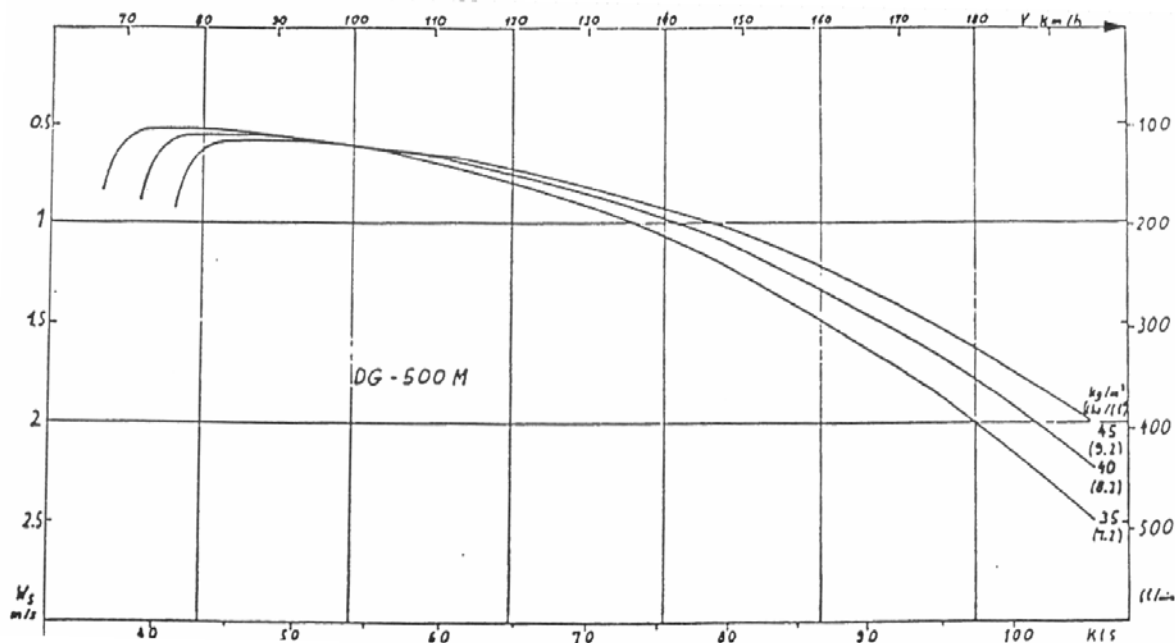
Ces paramètres ont des influences négligeables sur le vol de croisière.

Le vent

Le vent a une influence non négligeable, surtout lorsqu'il est de face. Lorsque le vent est de face, la vitesse sol est diminuée de la vitesse de la composante de face, ce qui nous donne une finesse diminuée. Avec du vent de dos, la finesse est augmentée. Nous verrons plus loin, comment il faut se comporter pour diminuer les effets du vent.

30.2.9 Finesse aux différentes vitesses de croisière

Relevons les finesses pour le DG 500 M avec une charge alaire de 40 kg/m^2 :



Vitesse indiquée [km/h]	Taux de chute [m/s]	Finesse [-]
73	0.66	31
82	0.54	42
100	0.62	45
107	0.64	46
141	1.00	39
188	2.00	26

A l'aide ces relevés, nous pouvons noter la vitesse de taux de chute minimum (82 km/h) et le taux de chute minimum (0.54 m/s). Notons également la vitesse de finesse maximum (107 km/h) et la finesse maximum (46). Nous pouvons également constater que la finesse diminue pour des vitesses plus petites ou plus élevées que la vitesse de finesse max. Il sera donc important de voler avec la vitesse correspondante au mode vol que nous désirons adopter.

Ne pas oublier de convertir la vitesse indiquée de km/h en m/s lorsque vous voulez calculer une finesse, sans quoi les résultats obtenus pourraient être surprenants.

30.2.10 Influences sur l'approche

Le vent

Vous avez vu dans la pratique de vol comment se comporter avec du vent en approche. Au point de vue performance, notez simplement que la finesse est dégradée avec du vent de face (angle plus raide) et qu'il faudra augmenter la vitesse d'approche afin de garder de la marge. N'oubliez pas de décaler votre base en direction du terrain en cas de vent de face.

La pluie

La vitesse de décrochage augmente est le taux de chute également. Pour avoir une marge de sécurité (décrochage), il faut augmenter la vitesse d'approche. Avec certains types de profil, le taux de chute augmente considérablement, et il faudra être prudent car l'angle d'approche peut devenir assez raide.

Le givre

L'effet est le même que sous la pluie : dégradation du profil. De plus, la couche de givre peut avoir une certaine épaisseur, et le planeur s'en trouve alourdi.

La position des volets d'atterrissages

L'utilisation des volets est traité dans la pratique de vol, mais résumons rapidement l'effet sur les performances pendant l'approche. En vent arrière, en général un cran de volet, ce qui nous permet d'abaisser la vitesse de décrochage tout en gardant une bonne maniabilité de la machine. En base, si la hauteur est suffisante, en général on met deux crans de volets, ce qui stabilise la machine en diminuant encore sa vitesse min, toutefois, on perd en maniabilité. Le dernier cran de volet, en général appelé 'Landings', ne se met que lorsque l'on est certain d'atteindre la piste et que l'approche finale est stabilisée. Cette position n'est faite que pour l'atterrissage et donne en général une pente d'approche assez raide, mais la machine étant très freinée, il est facile de régler son plan d'approche car la vitesse varie peu. Cependant, il faut être prudent lorsque l'on a du vent de face. Les effets des 'Landings' et du vent seront cumulés, de ce fait la pente très raide (attention de ne pas poser avant la piste). D'autre part, la maniabilité étant faible avec les volets complètement sorti, il ne sera pas idéal d'approcher dans cette configuration lorsqu'il y a de fortes turbulences.



30.2.11 Atterrissage: vitesse d'approche

Sans vent

Pour chaque planeur il y a une Vitesse Optimale d'Approche (V.O.A). Elle est déterminée pour chaque type de planeur, chaque configuration, chaque masse. Elle correspond à **1.3** fois la **vitesse de décrochage**. Cette vitesse doit être maintenue constante pendant toute l'approche.

Si elle est trop faible, vous risquez un atterrissage dur ou trop court. Si elle est trop élevée, vous risquez un atterrissage trop long et un rebond. 10 km/h de trop peuvent augmenter votre distance d'atterrissage d'une centaine de mètres. Il est donc important d'approcher avec une vitesse d'approche correcte.

Pour déterminer la vitesse d'approche, vous pouvez regarder dans le manuel de vol la vitesse de décrochage pour la configuration que vous aurez et multiplier cette dernière par 1.3 et vous obtiendrez la vitesse d'approche. Les constructeurs donnent en général la vitesse d'approche, il faut cependant prendre garde à vérifier la configuration pour laquelle elle est donnée (poids).

Avec vent de face

Si vous avez du vent de face, votre pente d'approche sera plus raide qu'en air calme. La vitesse en finale devra être augmentée. Près du sol, il existe une faible tranche d'atmosphère de quelques dizaines de mètres d'épaisseur, où, par suite de frottements, le vent diminue d'intensité.

Le planeur qui pénètre dans cette tranche voit sa vitesse indiquée diminuer rapidement. Une vitesse d'approche initiale trop faible peut vous amener au décrochage. Vous éviterez cet écueil en ajoutant à la vitesse d'approche en air calme la moitié de la vitesse estimée du vent. En cas de vent violent, vous ajouterez également la rafale éventuelle en entier. La VOA sera donc égale à :

$$\text{VOA} = \text{vitesse d'approche sans vent} + (\text{Vent} / 2) + \text{rafale entière}$$

Exemple :

vitesse d'approche sans vent :	90 km/h
vent annoncé :	30 à 50 km/h

le vent sera donc égal à :	30 km/h
la rafale vaudra :	20 km/h

$$\text{VOA} = 90 + (30 / 2) + 20 = \mathbf{125 \text{ km/h}}$$

Vous constatez que la VOA calculée est supérieure de 35 km/h à la VOA sans vent, c'est non négligeable.

Avec vent de dos

Dans ce cas, il faudra approcher avec la vitesse normale. Il ne faut en aucun cas diminuer la vitesse d'approche. Cependant il faudra prendre garde à prendre la bonne vitesse, car une vitesse trop élevée allongera dans ce cas considérablement la distance d'atterrissage.

30.2.12 Influences sur la distance d'atterrissage

Les distances d'atterrissage ne sont en général pas données par le constructeur. Avec un planeur standard, il est possible de poser sans problème sur une distance de 200m par conditions calmes. Cependant, prenez garde car le moindre obstacle en finale peut considérablement augmenter la distance d'atterrissage. Nous verrons au paragraphe suivant que certains facteurs peuvent augmenter considérablement la distance d'atterrissage.

La vitesse d'approche

Une vitesse d'approche trop élevée peut vous conduire à effectuer un long palier qui allonge la distance d'atterrissage. Regardons un exemple : admettons que vous approchez avec 10 km/h de trop, votre palier durera env. 3 s de plus. Vous vous déplacerez à ce moment là à env. 25 m/s ce qui allongera votre distance d'atterrissage de 75 m. De plus, certains planeurs ont un effet de sol très prononcé, et lorsque la vitesse est un peu trop élevée, le palier peut s'allonger encore plus. Pensez également au planeur très lourd (motorisé), qui ont une inertie considérable et qui sont difficile à freiner pendant l'arrondi.

La pression atmosphérique

Comme nous l'avons déjà vu, la densité étant plus faible, la vitesse vraie sera plus élevée, et ainsi la distance d'atterrissage plus grande.

Le vent

Un vent de face est optimum car notre vitesse sol est diminuée, et l'atterrissage sera plus court. D'autre part, une fois que le planeur est au sol (roulage), la résistance aérodynamique est plus élevée et le planeur ralentit plus rapidement.

Un vent de dos est fortement déconseillé, il prolonge de manière considérable votre distance d'atterrissage. 10 km/h de vent de dos vous donne une vitesse sol plus grande, ce qui complique l'atterrissage. Après l'atterrissage, votre vitesse est plus élevée et la résistance aérodynamique plus faible, vous cumulez donc les effets.

Le revêtement et l'état de la piste

Une piste en dur roule mieux, donc la distance d'atterrissage est augmentée, cependant l'efficacité de freinage est augmentée. Sur une piste en herbe, le planeur ralentit très rapidement, d'autant plus si l'herbe est haute ou le terrain mou, cependant l'efficacité de freinage est plus faible. Il faudra prendre garde à de l'herbe trop haute qui peut provoquer un cheval de bois, ce qui peut endommager fortement la machine.

La masse

Plus le planeur est lourd, plus il a de l'inertie, et plus la distance pour le freiner sera importante.



30.2.13 Vitesse et position des volets de courbure

Les volets permettent d'avoir toujours un profil adapté à la phase de vol. Pour un vol lent, nous voulons un maximum de portance (taux de chute faible, vitesse de décrochage réduite) et pour un vol rapide, nous désirons avoir le moins de traînée possible (dégradation moins rapide de la polaire).

Nous pouvons donc en conclure, que dans les spirales il nous faudra un braquage de volets positif afin de réduire la vitesse de décrochage, nous aurons ainsi un rayon de virage plus petit, un taux de chute plus faible. D'autre part, le braquage positif donne une plus grande stabilité à la machine. Pour le vol de croisière (transition), nous utiliserons le braquage nul à faible vitesse et négatif à haute vitesse.

Le constructeur donne des vitesses optimales pour chaque position de volets, et également des vitesses maximales pour certaines positions. Regardons la table suivante qui nous donnent les vitesses optimales pour le DG500 M :

G/S (kg/m ²)	35	40	45
WK + 10°	jusqu'à 75	jusqu'à 80	jusqu'à 85
+ 5°	75-95	80-100	85-105
0°	95-130	100-140	105-145
- 5°	130-160	140-170	145-180
- 10°	à partir de 160	à partir de 170	à partir de 180

Il ne faut pas effectuer des changements de position des volets à tout moment, car lors du changement de position, le profil change et il se produit ainsi un court 'décollement' des filets qui entraîne une légère perte. Il ne faudra changer de position de volets que pour une durée suffisamment longue qui permettra de récupérer cette légère perte par le gain de performance. De plus, le changement de position doit s'effectuer en douceur, afin de minimiser la perte due au changement de position.

Le changement de position des volets pour la position Landing s'effectuera durant la base ou durant la finale, mais jamais pendant le virage de base.

Lorsque les volets sont braqués, le profil de l'aile est dégradé, les caractéristiques du décrochage peuvent donc fortement varier par rapport à la configuration lisse. Lors des vols d'initiation sur une machine à volet, on prendra le temps de se familiariser avec les caractéristiques du décrochage pour tous les braquages de volets possibles. Cet exercice sera effectué uniquement s'il n'y a aucun risque de dépassement de la V_{FE} pour le braquage concerné

30.3.1 Préparation du vol

En vue d'assurer le respect des prescriptions concernant l'espace aérien, il est nécessaire de disposer d'une carte aéronautique à jour, et de savoir l'interpréter. De plus, il faut consulter les informations officielles à court et moyen terme en consultant les publications émises à cet effet (NOTAM, AIC, KOSIF,...). Vous les trouverez au bureau C de votre aérodrome.

Informations et prescriptions

Les informations à caractère durable sont contenues dans l'AIP (Aeronautical Information Publication), et on trouvera l'essentiel des informations nous concernant dans le chapitre RAC 6.1. En plus de ce document, il existe d'autres publications qu'il convient de consulter :

- NOTAM (Notice to Airmen)
Cet avis donne des renseignements (caractère de courte durée) sur l'établissement, l'état ou la modification d'installations pour la navigation aérienne.
- AIC (Aeronautical Information Circular)
Cette circulaire contient des informations techniques d'intérêt général et des renseignements concernant des questions administratives.
- KOSIF Warning (Carte journalière des tirs)
Cette carte signale tous les tirs effectués par l'armée pendant la journée, ainsi que toutes les zones dangereuses en activité à la même date.
- NOTAM VFR
Le bulletin NOTAM VFR est une récapitulation hebdomadaire des informations publiées à l'intention du trafic aérien VFR et ayant fait l'objet de NOTAM. Le terme pour la rédaction étant fixé au lundi, tous les NOTAM connus à ce moment là et dont la validité s'étend jusqu'à la prochaine édition y sont repris.

Préparation générale de la carte

Le cockpit de notre planeur est très étroit et ne permet pas de déplier entièrement une carte. De plus, il sera difficile de faire des dessins et des calculs par écrit en vol. C'est pourquoi la préparation de la carte doit se faire au sol. La méthode générale de préparation consiste à tracer des cercles à distances données (10 ou 20 km) des différents aérodromes. En vol, cette distance peut être convertie en hauteur en tenant compte de différentes finesses (voir ci-dessous). Remarquons enfin qu'un plan simplifié des différents aérodromes (direction des pistes, position de la manche à air, fréquence radio, altitude) situés à proximité du trajet de vol peut grandement simplifier un atterrissage à l'extérieur.



30.3.2 Gestion de la hauteur sol: hauteur pour rentrer au terrain

Nous allons regarder dans un premier temps quelques calculs élémentaires qu'il est nécessaire de connaître, et dans le chapitre suivant nous regarderons les méthodes qui nous permettent de gérer notre hauteur sol pour voler en toute sécurité, cela s'appelle la gestion du local.

Hauteur nécessaire pour rentrer au terrain

Nous avons à plusieurs reprises parlé de finesse, nous allons maintenant l'utiliser pour effectuer quelques calculs simples. Rappelons tout d'abord ce qu'est la finesse, c'est le rapport de la distance parcourue sur la hauteur nécessaire pour parcourir cette distance :

$$\text{finesse} = \text{distance horizontale} / \text{hauteur nécessaire}$$

Effectuons maintenant quelques exemples de calcul :

- Distance : admettons que vous avez une certaine hauteur à disposition, et que vous voulez connaître la distance que vous pouvez parcourir avec cette hauteur. Nous aurons donc :

$$\text{distance horizontale} = \text{finesse} * \text{hauteur}$$

Regardons la distance que vous pourrez parcourir avec différentes finesses, et différentes hauteurs à disposition :

Finesse	Hauteur à disposition	Distance parcourable
20	500 m	10 km
20	1000 m	20 km
20	1500 m	30 km
30	500 m	15 km
30	1000 m	30 km
30	1500 m	45 km

Ces calculs vous paraissent simples, mais exercer vous avec des valeurs moins faciles à calculer, car dans le cockpit, on est au moins 50 % plus stupide.

- Temps : ce calcul vous permettra d'estimer votre temps de vol jusqu'à un certain point. Ce n'est pas très utilisé en planeur, car le temps en général nous importe peu, ce que nous voulons c'est aller le plus loin possible, le plus vite possible et revenir à notre point de départ. Ce calcul est également très simple :

$$\text{temps} = \text{distance} / \text{vitesse}$$

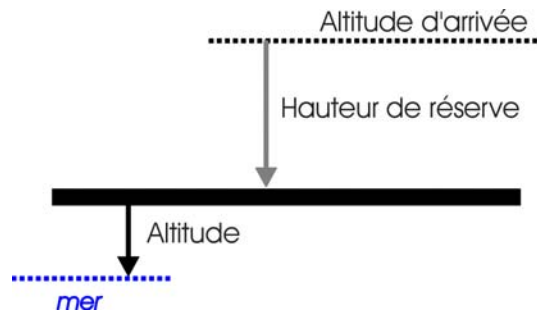
Regardons également quelques exemples :

Distance	Vitesse	Temps
10 km	90 km/h	06 min 40 s
10 km	120 km/h	05 min 00 s
40 km	180 km/h	13 min 20 s

De la même manière, on peut calculer la vitesse qu'il faut adopter pour parcourir une certaine distance en un certain temps.

Hauteur de réserve

Après avoir calculé la hauteur qu'il nous faut pour rentrer au terrain, nous ajoutons toujours une hauteur de réserve qui nous permettra de faire un circuit d'atterrissage correct. En général, une hauteur de réserve de 300 m est adoptée par la majorité des pilotes, elle peut augmenter ou diminuer selon l'expérience du pilote, les conditions géographiques et météorologiques. Nous choisirons donc une altitude d'arrivée, qui sera l'altitude de l'aérodrome augmentée de la hauteur de réserve.





30.3.3 Gestion de la hauteur sol: exemple

Nous avons déjà vu comment calculer notre altitude d'arrivée (au-dessus du terrain), et également la hauteur nécessaire pour parcourir une certaine distance. Regardons maintenant un exemple concret :

Éléments de vol actuels :

Altitude du terrain : 670 m
Distance au terrain : 35 km
Finesse : 20

Nous obtenons :

Altitude d'arrivée = Altitude du terrain + Hauteur de réserve
= 670 + 300 = 970 m (Prenons 1000 m)

Hauteur pour parcourir la distance = distance horizontale / finesse
= 35 / 20 = 1.75 km = 1750 m

Altitude nécessaire pour rentrer = Altitude d'arrivée + Hauteur
= 1000 + 1750 = **2750 m**

30.3.4 Vol sur la campagne

Le vol sur la campagne, ou plus communément appelé vol de distance, a pour but de parcourir la plus grande distance le plus rapidement possible, et surtout de se faire plaisir tout en volant en SECURITE. Pour atteindre ce but, il est important de connaître quelques règles fondamentales qui permettent d'assurer votre sécurité.

Le vol sur la campagne, c'est **monter** dans les ascendances et utiliser l'autonomie (finesse) de votre planeur pour **transiter** vers une autre ascendance en passant du **local** d'une **zone atterrissable** à une autre, et ainsi de suite sur la route choisie en fonction des **conditions météorologiques** et en respectant des règles (espaces aériens, code sportif,...).



30.3.5 Influences sur la finesse

La **finesse maximale** du planeur est définie pour une vitesse donnée (et une charge alaire donnée), et elle est seulement valable en **air calme**. Dès que des mouvements extérieurs de la masse d'air (verticaux et horizontaux) apparaissent, cette finesse change de manière considérable.

Pour comprendre l'influence de ces phénomènes, il faut utiliser la polaire des vitesses et décaler les axes pour mesurer les finesses en tenant compte de ces phénomènes extérieurs. Nous n'allons pas le faire ici (reportez-vous au manuel du pilote vol à voile, p. 84), mais regardons les résultats de ces mesures.

Influence des mouvements verticaux

Le tableau suivant nous montre l'évolution de la finesse maximum possible en fonction des mouvements verticaux de la masse d'air, ainsi que l'évolution de la vitesse indiquée nécessaire pour voler à finesse maximum dans ces conditions.

Mouv. Vert. Masse d'air [m/s]	Mouv. Vert Planeur [m/s]	Fmax	Vitesse [km/h]
0.0	-0.6	41.5	94
- 1.0	-1.8	17.5	115
- 2.0	-3.30	11.5	137
+ 0.3	-0.3	76	85
+ 0.6	0	∞	83

Il faut constater que déjà une masse d'air descendant à 1 m/s, fait passer notre finesse de **41.5** à **17.5**. Vous pouvez donc en déduire que si la masse d'air vous conduisant à votre terrain de secours descend tout du long à 1 m/s, votre local finesse 20 ne vous suffira pas. Heureusement, il n'est pas courant de n'avoir que des masses descendantes.

Influence des mouvements horizontaux

Le tableau suivant nous montre l'évolution de la finesse maximum possible en fonction des mouvements horizontaux (vent) de la masse d'air, ainsi que l'évolution de la vitesse indiquée nécessaire pour voler à finesse maximum dans ces conditions. Il y figure également la vitesse sol en décollant.

Vent [km/h]	Fmax	Vi [km/h]	Vsol [km/h]
0	41.5	94	94
- 20	32	95	75
- 40	24	103	63
- 60	19	115	55
+ 40	58	88	128

Le signe (-) indique un vent de face, et le signe (+) un vent de dos. Vous constaterez que l'effet du vent est non négligeable. La finesse maximum possible diminue également assez rapidement. Il n'est peut-être pas courant d'avoir 60 km/h de vent, mais il y a souvent une vingtaine de km/h, et vous constaterez que vous avez déjà perdu une dizaine de points de finesse. Pensez également aux phénomènes que peuvent engendrer les orages, vous allez dans ce cas cumuler descendance, vent, et la cerise sur le gâteau : la pluie.



Tous ces éléments ne sont pas là pour vous effrayer, bien au contraire, lorsque l'on a conscience de ces phénomènes et que l'on en tient compte, on devrait être sécurisé et ne pas risquer de mauvaises surprises.



30.3.6 Voler à la meilleure finesse

En fonction des mouvements verticaux

Vous avez certainement déjà entendu parler de la théorie du Mac Cready, et vous constaterez que dans le tableau ci-dessus (mouvements verticaux), la vitesse indiquée pour obtenir la meilleure finesse varie. Cet anneau va vous permettre de déterminer votre vitesse de finesse maximum (calage 0), et pour voler à finesse max, il faut suivre ces indications, sinon votre finesse pourrait en être encore dégradée. Cependant, faites attention aux points suivants :

- il ne faut pas courir après le Mac Cready, laissez les indications se stabiliser
- le suivi des indications doit être souple, tout braquage brusque d'une commande a un effet de freinage
- il ne faut pas voler à l'aide du Mac Cready si les ailes sont fortement mouillées, ses indications nous amenant à atteindre soit la V_{NE} soit le sol

En fonction des mouvements horizontaux

il faudra à nouveau utiliser le Mac Cready. Pour obtenir la vitesse de finesse maximum, il faudra caler l'anneau sur l'équivalent vent (c'est une valeur qui correspond à une certaine vitesse de vent traduite en descendance). Il faudra donc voler à la vitesse indiquée par votre Mac Cready en calant :

- sur l'équivalent vent lorsqu'il est de face
- sur 0 avec du vent de dos (le calage a une influence négligeable)

Regardons^{*} quelques exemples d'équivalent vent (valeurs empiriques) :

Equivalent vent	Fmax < 35 (Astir, Ask,...)	35 < Fmax < 45 (Discus, Pégase, ...)	Fmax > 45 (DG500, ...)
0.5	30 km/h	40 km/h	50 km/h
1.0	50 km/h	60 km/h	70 km/h
2.0	70 km/h	80 km/h	90 km/h

Relation finesse-autonomie

La **combinaison** de votre finesse par rapport au sol et la hauteur dont vous disposez vous donnent une certaine **autonomie**. Cette autonomie vous permet :

- d'avancer vers la prochaine zone ascendante (cumulus, pente,...) de façon à progresser vers votre but
- d'assurer votre sécurité par rapport aux terrains posables (aérodromes, champs, ...)

Choix d'une finesse de travail

Sécurité : travailler avec une finesse vous permettant, **en tout temps**, de rester en local d'un endroit posable (zone atterrissable, champ connu, aérodrome)

Tactique : travailler avec la finesse nominale de la machine lors du calcul des options tactiques (prochain cumulus, point de virage, ...), cependant cette valeur **ne peut être utilisée que si la sécurité est assurée**.

^{*} Avec les computers de bord moderne, il n'est plus nécessaire de corriger les paramètres du variomètre avec le vent. Le computer de bord prend le vent actuel calculé par le GPS (ou inséré manuellement par le pilote) et calcule de lui-même l'équivalent vent et indique la vitesse optimale à voler.

30.3.7 Types de vol local

Le local rapproché

- exclusivement à vue d'une zone atterrissable
- se calcule avec une finesse de 10

Le grand local

- ne se détermine plus visuellement, doit se calculer
- se calcule avec une finesse de 20

Le local mesuré

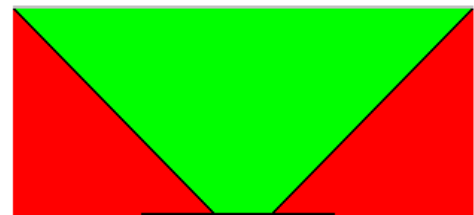
- exclusivement calculé (l'œil ne permet pas de voir de si petits angles)
- se calcule avec une finesse proche de F_{max} , déterminée en fonction des paramètres du moment (ascendances, descendances, vent, relief,.....)

Lors d'un vol de distance, on pratiquera ces trois types de vol local selon la tranche d'altitude dans laquelle on se situe.

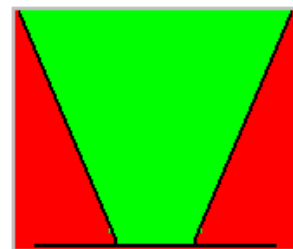
Si on s'imagine optiquement le rapport altitude / distance, on obtient une forme conique que l'on surnomme simplement le « **cône** ».

Exemples :

Forme du cône calculé avec une finesse de **20** (par exemple lors d'un vol en **grand local**)

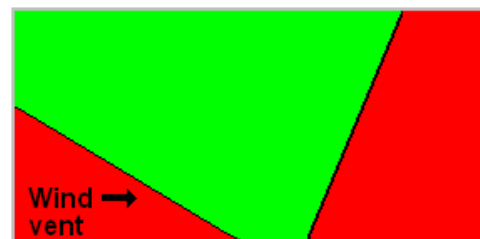


Le même cône mais calculé avec une finesse de **10** (lors de vol dans **le local rapproché** ou lors d'exercices autour de l'aérodrome)



etc.

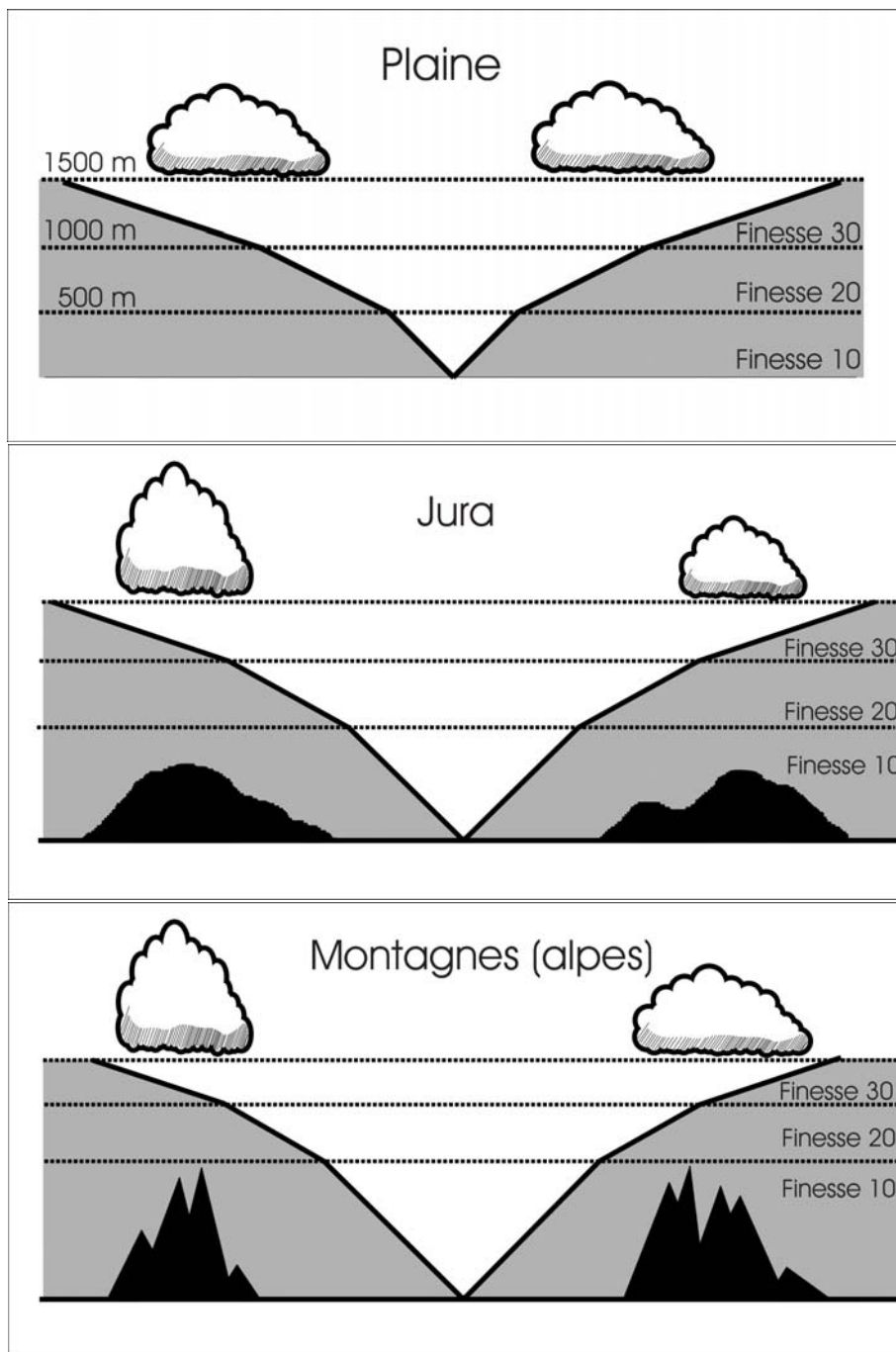
Attention : le **vent** a naturellement une influence sur la forme du cône. Optiquement, il est plus pentu avec du vent de face et plus plat avec du vent de dos !



30.3.8 Les trois tranches

On divise l'espace vertical de la tranche convective en trois tranches. L'épaisseur de chaque tranche dépend :

- du relief
- de la disponibilité de zones atterrissables
- du plafond (base des nuages)
- des conditions météorologiques
- du niveau du pilote



30.3.9 Les trois tranches: définition

La tranche supérieure

- **En plaine** : tiers supérieur de la tranche convective*
- **En montagne ou sur le jura** : très au-dessus des crêtes
- **Tactique de vol** :
 - on utilisera le local mesuré en gardant une marge de sécurité
 - voler vite en exploitant que les meilleures ascendances
 - attention à l'euphorie qui peut rapidement vous faire descendre dans la tranche inférieure si vous ne vous rendez pas compte que les conditions météorologiques se dégradent.

La tranche moyenne

- **En plaine** : tiers médian de la tranche convective
- **En montagne** : juste au-dessus des crêtes (permet encore le choix du côté)
- **Sur le jura** : quelques centaines de mètres au-dessus des crêtes (les flancs sont parfois assez plat, le choix du côté doit rester possible)
- **Tactique de vol** :
 - on utilisera le grand local en augmentant les marges de sécurité
 - vol économique (finesse max), avancer prudemment en **assurant** son grand local (fin. 20). On "déballaste" partiellement, on recherche les ascendances nous permettant de remonter dans la couche supérieure.

La tranche inférieure

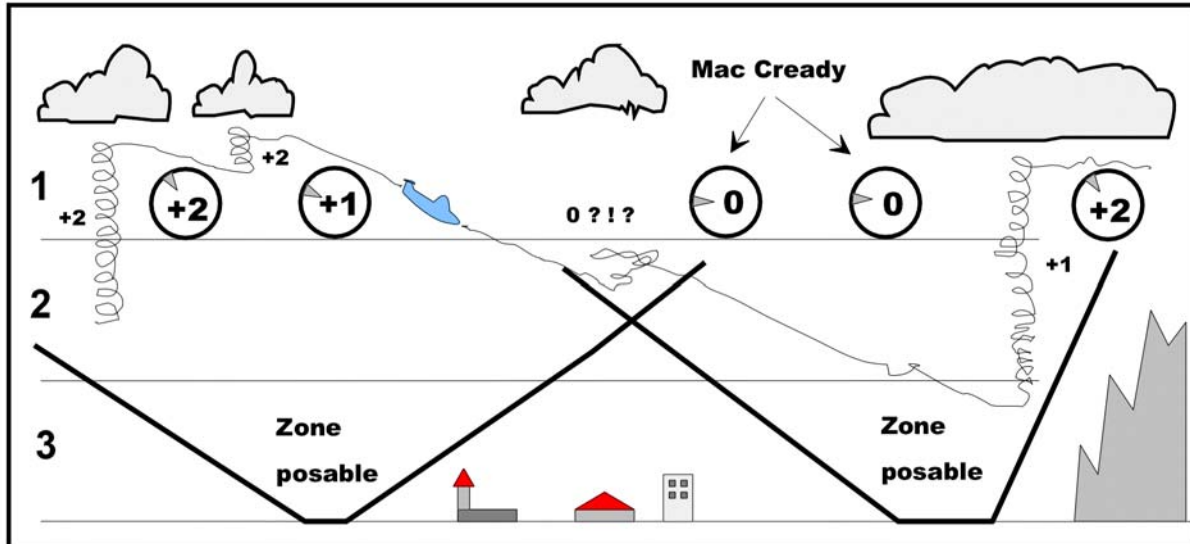
- **En plaine** : tiers inférieur de la tranche convective
- **En montagne ou sur le jura** : en dessous des crêtes
- **Tactique de vol** :
 - on assure **impérativement** son local rapproché en augmentant les marges de sécurité
 - on accroche tout, il n'est plus question d'avancer, il faut remonter. On "déballaste" complètement, on cherche à tenir en local rapproché d'une zoneposable dans l'attente d'une amélioration des conditions météorologiques

Il se peut que suivant la combinaison des conditions météorologiques et du relief, ces trois tranches n'existent pas forcément. Par exemple, si le plafond en montagne se situe en dessous des crêtes, vous ne pourrez voler qu'en local rapproché. Je vous laisse imaginer les autres cas de figure.

* La convection s'étend du sol jusqu'au sommet du cumulus. La tranche convective est la partie de la convection qui part du sol et s'arrête aux bases des nuages. La hauteur du nuage n'entre pas en ligne de compte pour ce calcul.

30.3.10 De local en local

Pour voler de manière sûre, il suffira de passer d'un local à un autre local dans la direction de vol désirée. Regardons sur un dessin ce que cela donne :



Un maître mot: anticipation

Conduire son vol c'est anticiper. Le vol est constitué d'un cycle permanent qui permet d'assurer une conduite correcte :

Observation - Analyse - Décision

On procède en ayant toujours en tête :

- 2 solutions aérologiques (pour remonter)
 - cumulus 1 et cumulus 2
 - cumulus et pente
 - pente et rotor
- une solution de secours de dégagement vers une zone atterrissable (en utilisant la règle des 3 tranches pour calculer son local).

30.3.10 Gestion du local: conclusions

Travailler avec les trois tranches

- plus on est bas, plus il faut assurer, donc on calcule avec une finesse plus faible
- plus on transite longtemps, plus le bilan des mouvements verticaux de la masse d'air tend vers 0

Assurer sa sécurité

- on doit **toujours** être en local d'une zone atterrissable
- on ne quitte un local que lorsqu'on est certain d'être dans le suivant
- ces règles s'appliquent également lors d'une arrivée

Remarques

- la gestion du local évolue avec l'expérience pour chaque pilote, chacun doit estimer ses capacités et agir en conséquence. Dans un cas de doute, optez toujours pour la solution la plus sûre.
- ne suivez pas les autres pilotes en vous disant : 'Puisqu'il y va, j'y vais !'. Le pilote que vous suivez a peut être plus d'expérience, une meilleure machine, ou peut-être ne calcule-t-il rien du tout, et il va vous entraîner dans une situation critique. **Décidez** toujours par **vous-même** !
- s'il arrive que vous vous mettiez dans une situation critique, demandez de l'aide assez tôt (n'attendez pas d'être à 300 m/sol dans une région imposable). Peut-être qu'un pilote expérimenté pourra vous donner des conseils pour vous en sortir. Le plus simple est de ne pas vous mettre dans cette situation.

