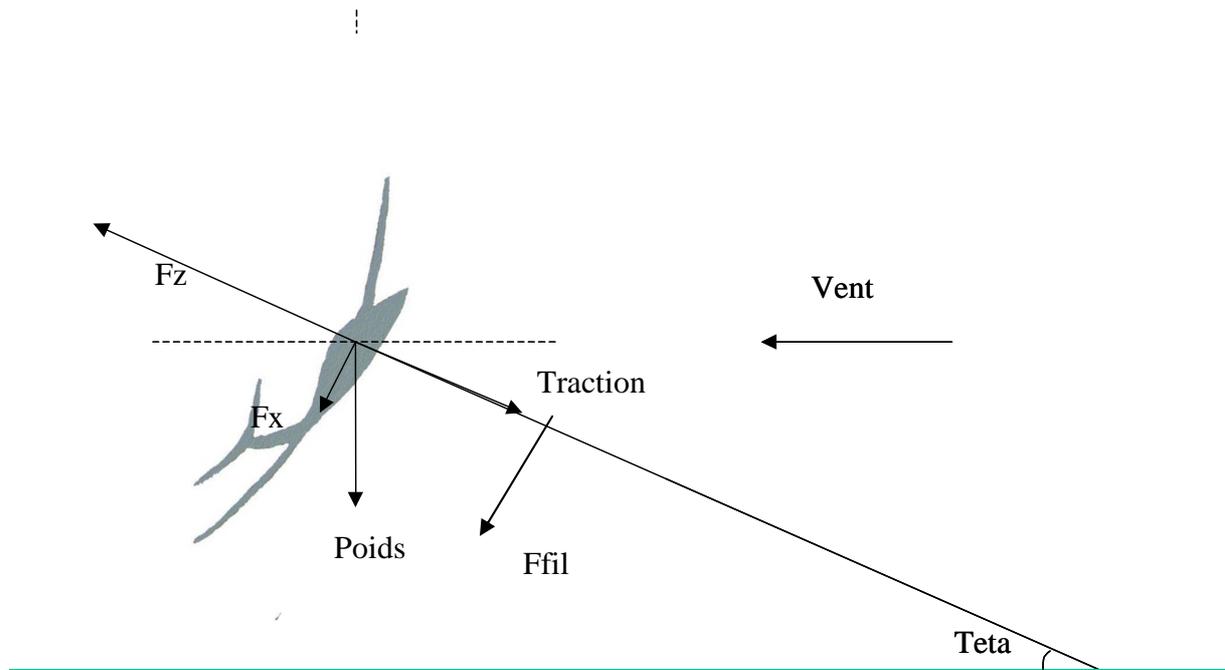


# Treuillage :

## Schématisation des forces en présence :

Dans un premier temps nous prendrons la ligne de vol constante pendant toute la montée.  
Les forces en présence sont :

- La portance ( $F_z$ )
- La traînée du planeur ( $F_x$ )
- La traînée du fil ( $F_{fil}$ )
- Le Poids
- La traction du fil
- Le vent qui augmente la vitesse du planeur.



## Calcul de la force de traînée du fil

La force de traînée est fonction de la vitesse du planeur.

On considérera le coefficient de traînée constant ce qui n'est pas le cas compte tenu des phénomènes physiques de sifflement du fil que l'on constate aux fortes vitesses (Mise en résonance du fil).

La vitesse du fil est proportionnelle à la distance entre le point d'ancrage du renvoi du treuil et le point du fil considéré pour atteindre la vitesse du modèle au niveau du crochet.

On a donc

$$F_{fil} = \int_0^{Longueur\_totale\_fil} 0.5 * \rho * (V * \frac{l}{longueur\_totale\_fil})^2 * C_{x,fil} * \phi_{fil} * dl$$

soit en considérant la longueur constante (on néglige la perte d'altitude) et en considérant le  $C_x$  constant, on a :

$$F_{fil} = 0.5 * \rho * longueur\_totale\_fil * \phi_{fil} * C_{x,fil} * V^2 / 3$$

Quelle valeur de  $C_x$  prendre pour le fil ?

Un jonc tubulaire a un  $C_x$  de **0.030** aux dires de la littérature,.

Le fil rentre en vibration sous l'effet conjugué de la vitesse et de la traction. Il occupe donc une surface de balayage plus importante.

De combien ? Difficile à dire. Mais un battement de plusieurs millimètres est sûrement réaliste (le diamètre du fil est en général proche de 1.4mm). On a alors une force de traînée qui est multipliée par un facteur de 3 ou 4 sans problèmes.

La surface équivalente du fil est alors du même ordre de grandeur que celle d'un modèle de F3B et donc la traînée aussi.

Dans la suite du calcul, nous prendrons un facteur 5 comme valeur de base pour « augmenter » la surface équivalente du fil.

## Quelle traction fonction de la portance ?

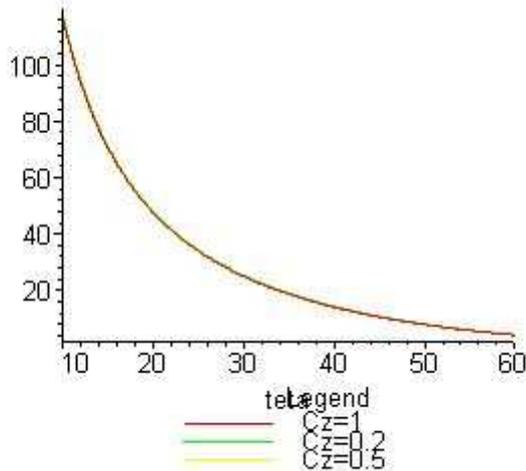
Afin d'estimer l'influence de la portance sur la traction minimale qui garde la ligne de vol, une première analyse est faite à partir d'un planeur de 2.4kg de 3.4m d'envergure.

L'analyse montre que la traction est pratiquement identique quelle que soit la portance pour un angle donné.

Ceci es tout à fait normal et confirme que les forces de traînées sont très inférieures aux forces de portance, d'où leur peu d'influence. Le treuillage peut donc avoir lieu à forte ou faible portance, la différence étant la vitesse du modèle.

On note que la traction est importante au niveau du sol (angle petit) et qu'elle devient « nulle » au zénith. Tous les amateurs de cerf volants le savent bien !

traction(N) = f(Angle avec horizon) pour Vent nul



## Quelle traction peut on attendre d'un treuil de F3B ?

Des mesures sont à réaliser pour obtenir des données précises. En effet, le treuillage s'effectue pratiquement constamment moteur bloqué ou à la limite du blocage. Le rendement du moteur est alors aux limites, et la performance d'un treuil est alors assez difficile à prévoir.

Des discussions avec des compétiteurs et les différentes modélisations montrent qu'une traction de l'ordre de 200 à 250 N est à attendre.

Peut-on avoir plus ?

Deux types d'améliorations sont envisageables :

--- Adoption de moteurs brushless (gain sur les rendements attendu de 10% par suppression des charbons),

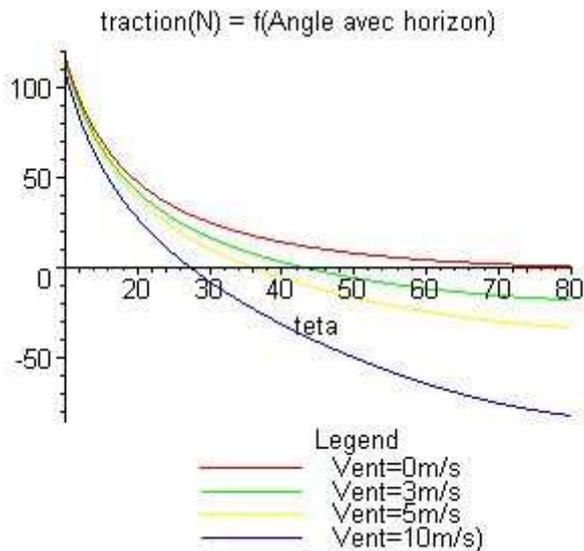
--- Faciliter les accélérations du treuil par réduction des inerties. Il faut donc penser inertie du moteur et de sa bobine et faire des treuils aux parties mobiles légères.

## Influence du vent sur la traction minimale pour maintenir le vol

Le vent permet de diminuer la traction nécessaire pour maintenir le vol « horizontal ». On peut même avoir une traction négative c'est à dire que le modèle tire sur la ligne et non l'inverse. On a alors une montée naturelle sans apport d'énergie. Ceci se produit vers 30 à 50° pour un vent modéré. Bien sur, cela dépend du modèle, de son poids...

Si l'on veut bénéficier d'un effet allongement du fil, c'est au-delà de cette altitude qu'il faut jouer. Attention ! Avec le vent, la vitesse en fin de trajectoire diminue (cf. ci-après). Il faudra donc piquer lors du décrochage pour éviter le décrochage.

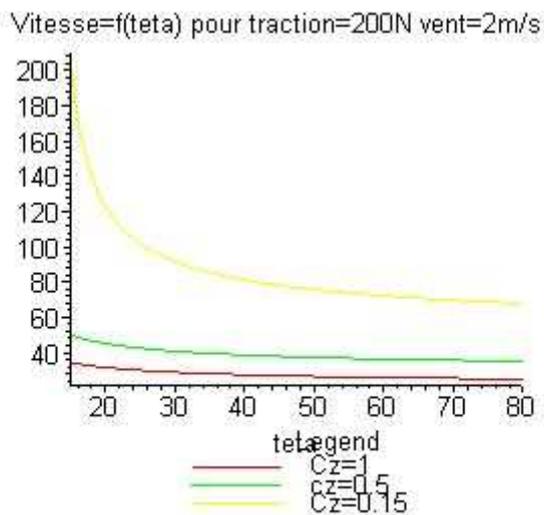
Attention ! le vent augmente avec l'altitude. Le vent au niveau du sol est donc bien inférieur au vent à 200m d'altitude. La modélisation ne prend pas ce phénomène en compte.



## Quelle est la vitesse du modèle pendant le treuillage ?

Pour une traction constante, la vitesse décroît avec l'altitude. Un rapport de 1.5 environ est constaté entre la vitesse de départ (rapide) et celle en fin d'ascension (lente).

On peut estimer qu'au-delà de 45° la vitesse ne décroît que peu et est donc à peu près « stabilisée ».

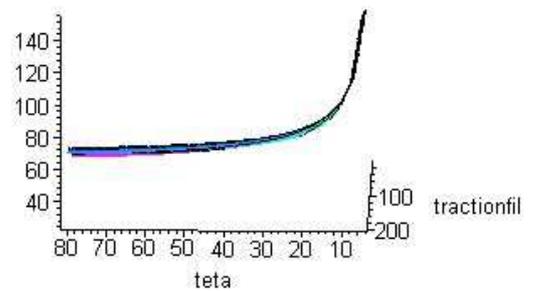
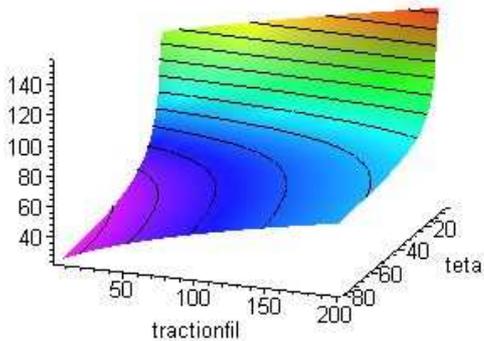


## Influence combinée de la traction et de l'angle « téta » sur la vitesse du modèle

La variation de vitesse est identique en proportion quelle que soit la force de traction. Il n'y a donc pas, à priori, une traction plus appropriée qu'une autre pendant l'ascension. D'autres considérations comme l'aptitude à partir sans perte de potentiel énergétique, la traînée du câble sont aussi à prendre en compte. On peut alors penser qu'en début de treuillage, il faut ne pas trop tendre la ligne et aller au maximum de traction au-delà de 30 à 45°.

vitesse=f(angle avec horizon, Traction fil) Cz=0.15 Vent=0m/s

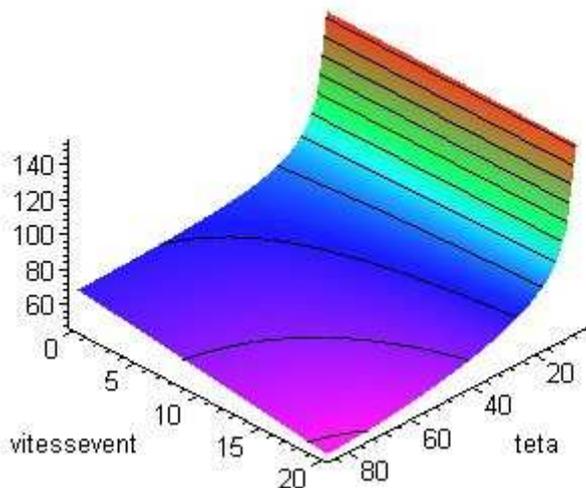
vitesse=f(angle avec horizon, Traction fil) Cz=0.15 Vent=0m/s



## Influence de la vitesse du vent sur la vitesse de vol pendant l'ascension

Le vent n'a aucune influence sur la vitesse de départ. Il en a une à partir de 20° et son influence va croissante pendant la montée. Plus le vent est fort, et plus la vitesse de vol en sommet de trajectoire diminue. En haut de trajectoire, la vitesse de vol est égale à la vitesse de vol sans vent moins la vitesse du vent. Le vent joue donc un rôle de ralentisseur en fin de trajectoire. A prendre en compte pour le « zoom » (anticiper le zoom quand il y a du vent).

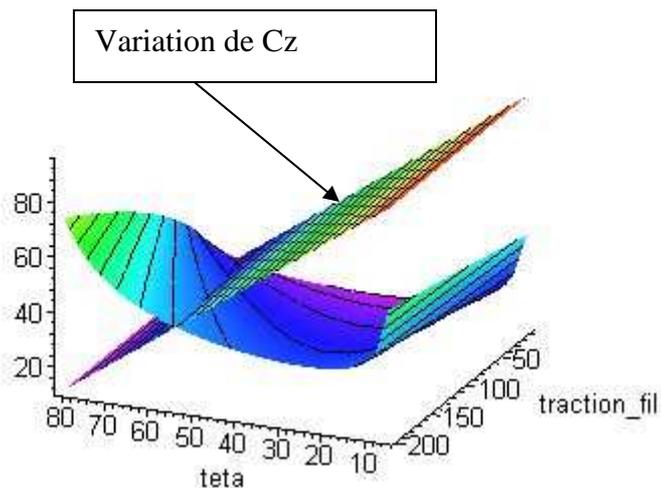
vitesse=f(angle avec horizon, vitesse vent) Traction=200N Cz=0.15



## Peut-on augmenter la vitesse en fin de trajectoire en faisant varier le Cz pendant la montée ?

En faisant varier « linéairement » le Cz fonction de l'angle de 1 à 0 du sol jusqu'au zénith, on peut atteindre une vitesse de 80m/s (2 fois la vitesse de départ) à 80° et Cz=0.1 pour une traction constante de 200N. A 90° et Cz=0, la vitesse est de 80m/s mais le vol est un piqué vertical.

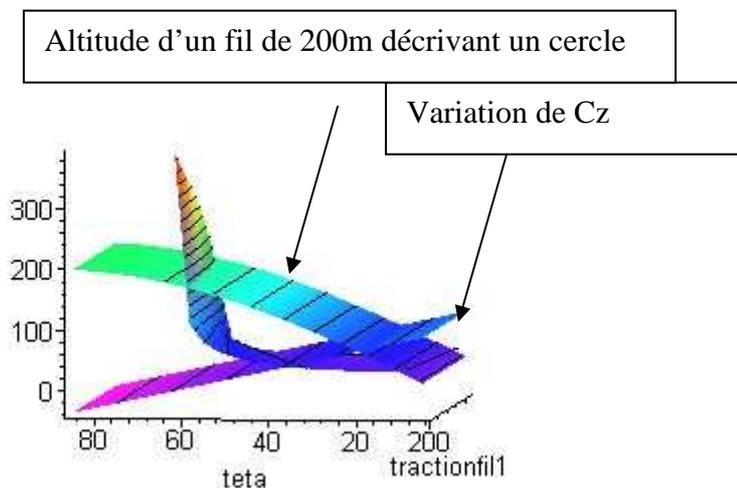
vitesse=f(angle avec horizon, Traction fil) Cz=1 à 0 Vent=0m/s



En faisant la même chose de 0 à 60° d'inclinaison, on obtient à priori une vitesse plus importante. Tout cela, bien sur, à condition que le treuille puisse fournir la traction de 200N, le planeur en piqué, ce qui n'est évidemment pas forcément possible.

Y a t'il un optimum dans la façon de varier le Cz en fonction de l'angle de treuillage ? Pas certain. Il est fort probable que ce soit le fait du logiciel et de son mode de calcul et de représentation. **A confirmer par la pratique car cela peut être aussi le fruit d'un problème lié à la représentation graphique ou au logiciel « MAPLE » utilisé.** A investiguer plus en détail.

vitesse=f(angle avec horizon, Traction fil) Cz=1 à 0 pour 80° Vent=0r



Y a t'il un intérêt à faire varier le Cz pendant la montée ?

Jusqu'à 45° d'altitude, sûrement pas. Mais ensuite, et surtout après 60°, là où la vitesse commence à se stabiliser si l'on reste à Cz constant, cela se discute. Deux façons de treuiller s'opposent :

--- Ceux qui rentrent les volets au-delà de 50° ; Ils treuillent « en force » avec un zoom limité voir presque inexistant.

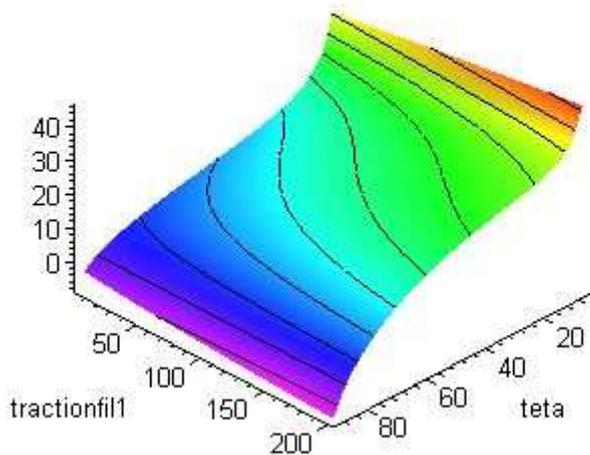
--- Ceux qui rentrent les volets juste avant le zoom ; Il est alors nécessaire d'effectuer un zoom d'une bonne dizaine de mètres.

Les deux manières semblent se valoir du point de vue de la pratique.

## Calcul de la vitesse ascensionnelle.

Lorsque l'on fait varier le Cz pendant la montée, celle-ci est très rapide pendant les 10° puis se linéarise avant de décroître en s'annulant vers 85° et devenir négative au-delà (-10m/s). La vitesse sur trajectoire est alors en forte augmentation (c'est le zoom).

vit ascensionnelle=f(teta,Traction fil) Cz de 1 à 0 à 90° Vent=0m/s

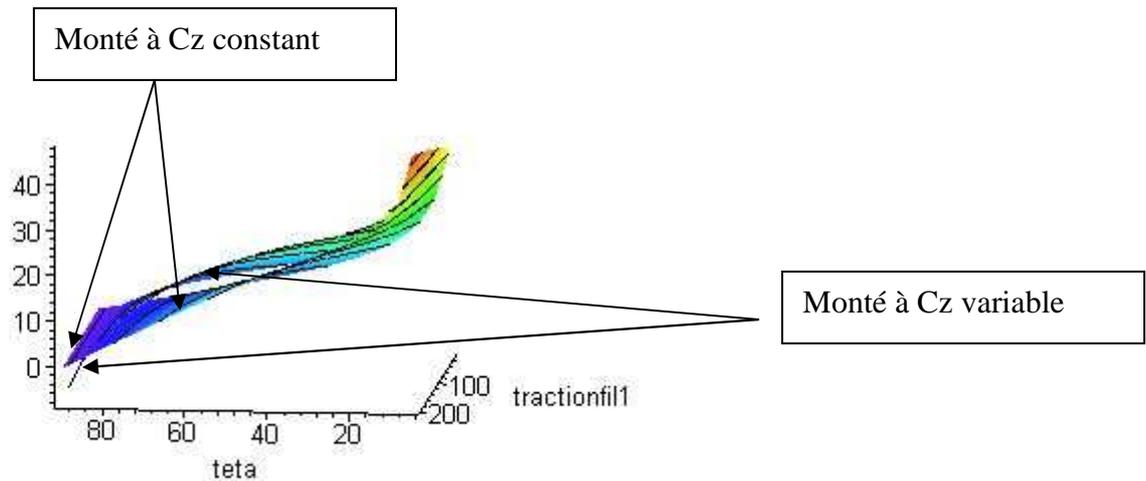


La comparaison avec une vitesse ascensionnelle à Cz=.94 constant ne fait pas apparaître de gros écarts sauf que, pour un treuillage à Cz constant :

--- Monté plus « linéaire »

--- Sortie de treuillage à l'horizontal et non en piqué.

vit ascensionnelle=f(teta,Traction fil) Cz de 1 à 0 à 90° Vent=0m/s

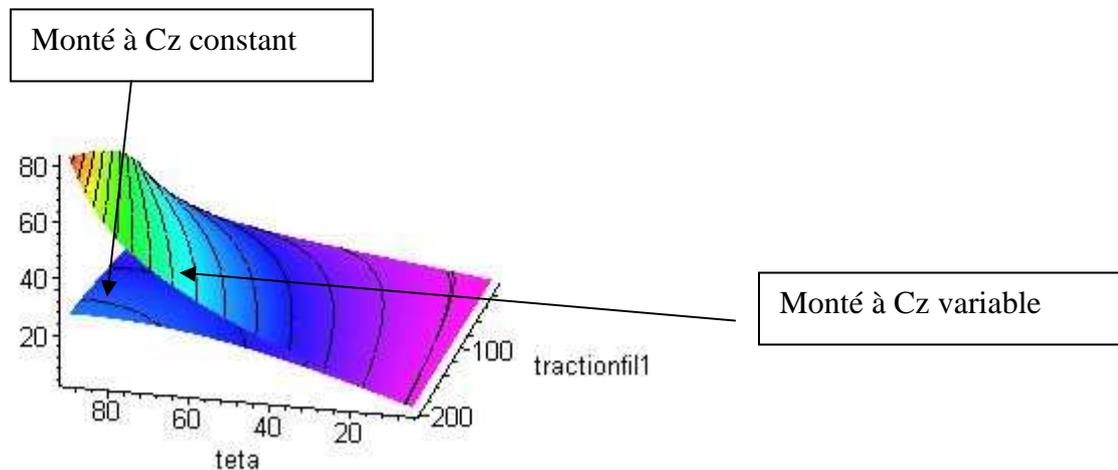


## Calcul de la vitesse sur trajectoire

La vitesse sur trajectoire atteinte en sommet de trajectoire est de loin très supérieur à Cz variable comparé au Cz constant.

Reste à estimer si ce gain de vitesse n'est pas détruit par une altitude de largage plus faible.

vit horizont=f(teta,Traction fil) Cz=1 ou Cz variable Vent=0m/s



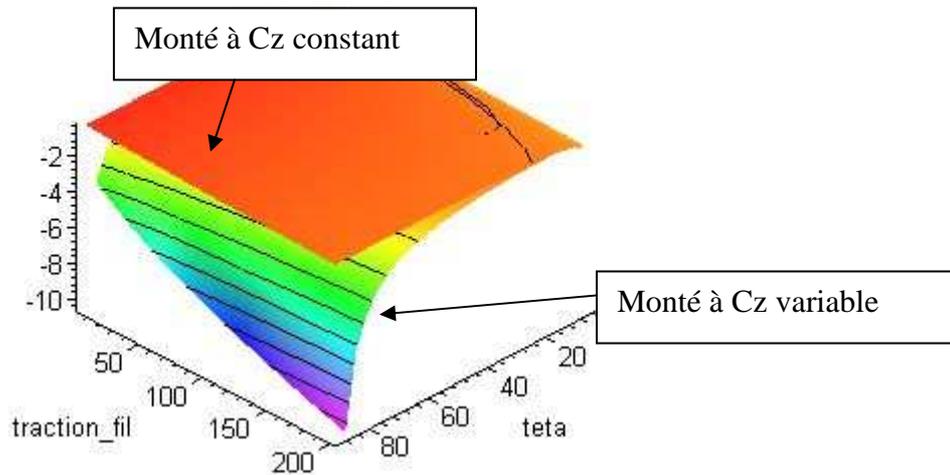
## Calcul de la vitesse de chute

La vitesse de chute à Cz constant est à peu près constant sauf près du sol (<10° soit 35m pour un treuillage de 200m de fil). Il vaut mieux s'éloigner de cette zone où, de toute façon, la vitesse sur trajectoire est très importante et où le risque de casse du fil est important.

Cela renforce donc l'idée de démarrer le treuillage à traction modérée puis d'augmenter au-delà de 20° environ. Mais attention ! Avec une faible traction, il faut un point d'implantation du crochet assez en avant pour avoir un vol « sécurisant ». Et ceci conduit alors à « moins bien monté » aux fortes tractions.

L'écart entre le  $C_z$  constant et le  $C_z$  variable n'est pas si important que cela et apparaît surtout dans les 25 derniers degrés.

$V_z = f(\text{teta}, \text{Traction fil})$   $C_z = 1$  ou  $C_z$  variable  $V_{\text{ent}} = 0 \text{ m/s}$



## Perte d'altitude pour garder la traction constante

Soit un treuil de 200m.

Pour  $C_z$  constant de 1, la perte d'altitude est de l'ordre de 35 mètres dont à priori 9 dus à la traînée du fil et une autre dizaine dus à la prise de vitesse au départ. Pour rappel, la vitesse de sortie est de l'ordre de 30m/s.

Pour un  $C_z$  évolutif, la perte d'altitude est de l'ordre de 73m dont 27 environ dus à la traînée du fil avec une vitesse de sortie de plus de « 80m/s » et toujours 10 pour la prise de vitesse au départ.

La perte de 38m entre les deux scénarios est largement compensée par le gain en vitesse au cours du « zoom » sur les 30 derniers degrés.

On voit ici l'importance de la traînée du fil. Y a t'il une forme ou un diamètre qui permettent de moins traîner (pas de vibration) ? C'est une piste d'amélioration.

Une autre piste est de travailler sur le treuil afin d'avoir une traction la plus forte possible y compris pendant le zoom, là où l'enroulement n'est pas assez rapide ( $\Rightarrow$  perte de traction).

## Gain d'altitude suite au zoom

A partir des énergies (cinétique & potentielle) et en ne tenant pas compte :

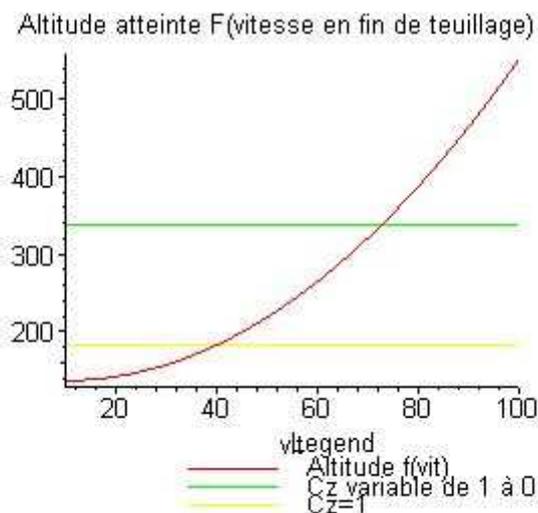
--- des pertes dues à la traînée (le zoom est très rapide et donc la perte d'altitude liée à la transformation de cette énergie « négligeable »),

--- De l'angle de monté (montée verticale optimale),

l'altitude maximale atteinte est facilement calculable :

On voit l'importance de la gestion de la vitesse en fin de monté qui peut faire gagner énormément ou perdre énormément. Les trente derniers degrés du treuillage sont donc primordiaux et peuvent transformer la suite du vol du tout au tout par un gain plus ou moins important d'altitude. La dispersion est énorme et les écarts sont vite importants. Un écart de 10m/s (autour de 70m/s) se traduit par un écart de 50m d'altitude. Tout ce joue dans les dernières secondes et le moindre écart de vitesse se paie « cash » ne fut-il d'un mètre par seconde. Il faut avoir un appareil capable d'accélérer rapidement sous treuil.

On peut rêver, mais une vitesse de sortie de 90 m/s permettrait d'atteindre 490m...



## Conclusion Préliminaire :

- Décoller à forte portance avec une traction modérée de manière à ne pas décrocher tout en ne consommant que peu de potentiel « fil ». La traînée n'a que peu d'importance ce qui autorise des volets à 10° d'incidence voir plus suivant les profils. La vitesse ascensionnelle au départ est assez forte et va ralentir au-delà de 10°.
- Monter rapidement à 30 m du sol à fort Cz. (en T0 + 0.5 seconde).
- Se recentrer par rapport au lit du vent afin de bénéficier de la traction additionnelle bénéfique pendant les 50 prochains degrés d'ascension. Le recentrage se fera à 10° d'altitude environ pour éviter le décrochage.

- Diminuer progressivement la portance pour arriver à  $C_z = 0.2$  environ à  $60^\circ$  en augmentant la traction jusqu'au blocage du treuil (en  $T_0 + 3.5$  à 4 secondes).
- Commencer le zoom pour le terminer vers  $80$  à  $85^\circ$  au  $C_z$  de l'ordre de  $0.05$  (en  $T_0 + 5$  secondes).
- Le zoom ne doit pas être un franc piqué mais avec une vitesse progressivement descendante par rapport à l'horizon au-delà de  $75$  à  $80^\circ$  (Fin du treuillage à  $T_0 + 6.5s$  environ). En final, la perte d'altitude doit être de  $10m/s$ , ce qui sur une  $\frac{1}{2}$  seconde ne correspond pas à un franc piqué.
- S'il y a du vent (au-delà de  $10m/s$ ), commencer le zoom un peu plus tôt pour le terminer vers  $70^\circ$  environ.

Une alternative à essayer (pour valider l'hypothèse de l'existence d'un angle optimum pour réaliser le zoom, est d'attaquer le zoom plus tôt (vers  $50$  à  $60^\circ$ ) pour le terminer avant  $75^\circ$ . Un gain de  $10m/s$  compenserait alors largement la perte d'altitude de  $10m$  due au zoom précoce.

## Analyse de l'influence de la position du crochet sur le treuillage

Nous avons vu l'importance de la capacité du modèle à accélérer dans la dernière seconde et le besoin de démarrer le treuillage à forte portance. Cela doit donc passer par une optimisation de la position du crochet de treuillage pour transmettre au mieux l'énergie dans ces deux domaines.

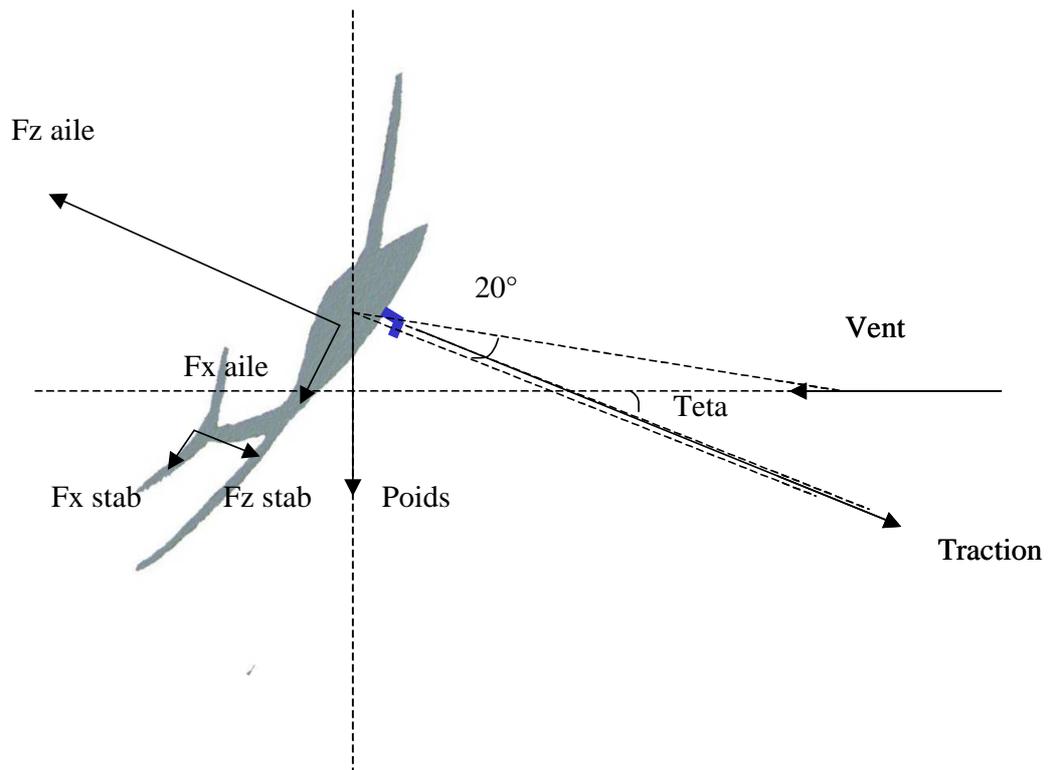
La force de portance étant « flottante » en fonction du  $C_z$ , le crochet de treuillage doit se positionner de façon idoine afin de ne pas trop perturber les équilibres et surtout éviter d'avoir les conditions du décrochage remplit.

La pratique a montré l'intérêt pour le treuillage au sandow d'un crochet placé avec un angle de  $20^\circ$  en avant du centre de gravité. Cela revient à placer le crochet  $10mm$  en avant du CG pour un fuselage de  $3cm$  de haut (distance verticale entre le crochet et le centre de l'aile). Pour les treuillages plus musclés, le crochet est implanté beaucoup plus proche du CG ( $2$  à  $3mm$ ) voir même légèrement en arrière pour certains ( $1$  à  $2mm$ ). Il sera donc important de comprendre la raison est les conséquences de telles différences.

Nous considérerons l'axe d'application de la force de traction parallèle à l'angle du treuillage « téta » (le fil reste rectiligne et ne décrit pas un arc de cercle).

Nous considérerons aussi la contribution des forces de traînée dans l'équilibre des moments comme étant négligeable.

Compte tenu de ces hypothèses, les forces de traction sont donc prises parallèles aux forces de portance.



Le fil du treuil, de par son point d'application des forces avancé par rapport au CG, crée un couple piqueur empêchant le planeur de décrocher. Avec le décalage du crochet de « 20° », la force de portance de l'aile ne peut ainsi pas passer au devant de ce point de traction, rendant le vol sans risque de décrochage pour l'aile.

Le stabilisateur, lui, est par contre beaucoup plus sollicité. Il doit contrecarrer les couples piqueurs générés par l'aile et le fil du treuil. Il doit être très déporteur et c'est lui qui est en premier en position de décrochage. Stabilisateur décroché, De plus, la portance d'un stabilisateur est limitée ( $C_z \text{ stab} < 0.55$  en général). Il arrive donc que le stabilisateur ne puisse faire travailler l'aile aux grands angles ( $C_z \text{ aile} > 0.6$ ) si la traction du fil est trop forte. Il est donc conseillé de limiter la traction du fil au maximum en début de treuillage lorsque les volets sont baissés au maximum (volets baissés, le point d'application des forces de portance de l'aile est en arrière du CG, augmentant l'effet couple piqueur).

Une autre conséquence de l'implantation du crochet très en avant est, dans le cas d'un treuillage au sandow où la traction est faible, d'éviter de décrocher en début d'ascension, là où il est plus difficile d'apprécier la vitesse.

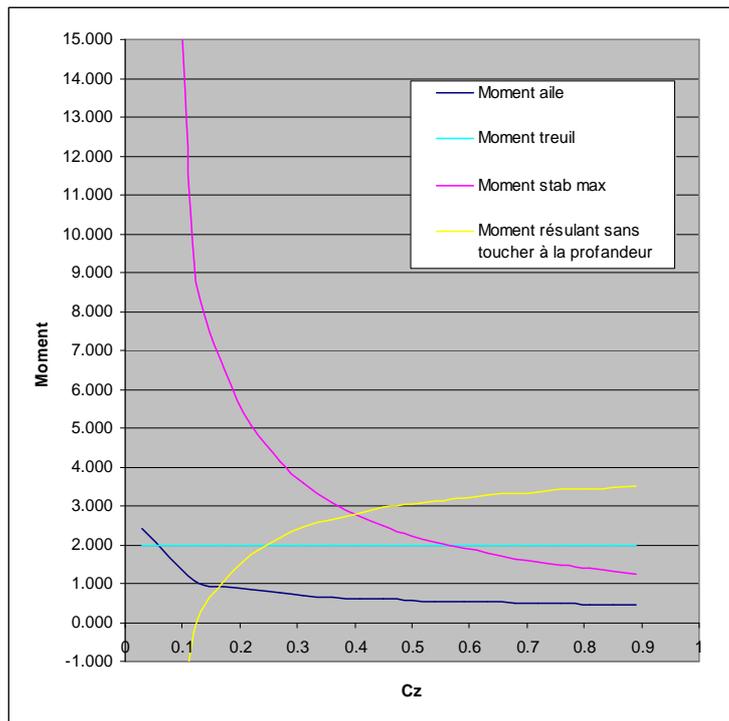
L'augmentation de la traction a pour conséquence d'accentuer le couple piqueur et donc la vitesse du planeur. Ceci est d'autant plus important que la distance entre le crochet et le centre de gravité est grande (à condition de rester dans des plages de portance « idoines »).

Au très petits angles d'attaque ( $C_z < 0.15$ ), le point d'application des forces de portance part rapidement en arrière (de façon « exponentielle »). Le couple piqueur est alors très fort et

aucun stabilisateur ne peut contrecarrer cela. Le planeur part en piqué tant que la traction est maintenue.

Avec un planeur « standard » au calage de l'aile à 2° et stab à 0°, l'équilibre stabilisateur / portance + fil du treuil s'effectue autour de  $C_z=0.2$  (courbe en jaune du graphique ci dessous). On y voit aussi :

- Le couple piqueur lié à l'aile (elle est constituée d'un MG06 calé à 2 degrés sans marge de stabilité),
  - Le moment du treuil,
  - Le moment d'un stabilisateur fonctionnant à portance max. ( $C_z=0.55$ ),
- L'ensemble étant calculé pour une traction constante de 200N.



Le graphique présente le comportement du planeur stabilisateur au neutre, planeur mis à une incidence donnée (et donc un  $C_z$  particulier).

Plusieurs variables influent sur l'équilibre :

- Le volume du stabilisateur,
- La traction,
- La distance entre le CG et le crochet de treillage,
- La déflexion des volets.
- Le Vé longitudinal entre l'aile et le stabilisateur.

La déflexion des volets n'a que peu d'influence sur le moment de l'aile qui, somme toute, est assez petit devant les autres variables ( $\pm 0.2$  Nm). L'aile est plus conditionnée par son profil et la marge de stabilité donnée.

La traction et le moment du stabilisateur (et donc la position du crochet) sont des paramètres beaucoup plus significatifs.

La distance CG / crochet a pour conséquence de permettre de toujours pouvoir accélérer quelque soit l'incidence. Elle influe donc sur la pente du moment résultant.  
 Trop faible, et cette courbe sera aplatie pour les forts Cz (difficulté à accélérer). Trop grande, et il sera impossible de démarrer avec un fort Cz et le planeur aura tendance à partir en piqué dès que la traction du treuil augmente (=> perte d'altitude au final).

## Comment optimiser la position du crochet ?

Il faut tout d'abord que le stabilisateur ne décroche pas.

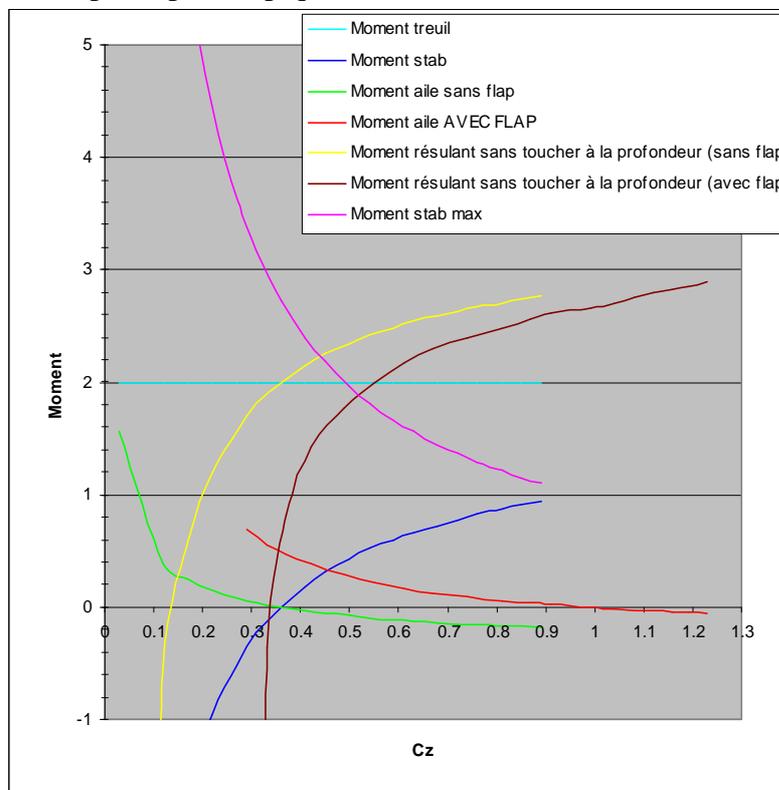
Il faut aussi que le planeur puisse accélérer et ne se trouve pas en position de ralentir (par manque de traction) dans les 30 premiers degrés de l'ascension. => treuiller fort ou avoir une position du crochet plus avant.

Il faut ensuite que volets baissés au maximum, le planeur soit toujours pilotable. Jouer sur le volume de stabilisateur. Ceci est en général toujours respecté car les volets, lorsqu'ils sont baissés, font reculer le point d'application des forces (couple plus piqueur volets baissés).

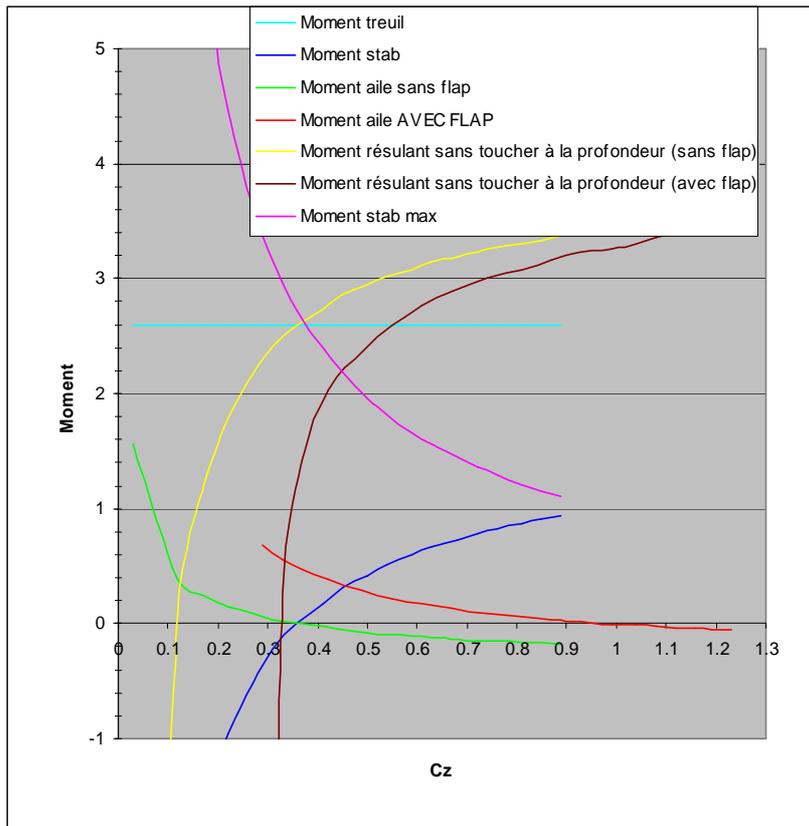
Il faut enfin que, volets rentrés, le planeur se mette de lui-même à une incidence correspondant à un Cz plus faible que celui obtenu pendant le vol normal (Crochet en avant du CG) de manière à prendre de la vitesse. Plus la traction est forte, plus le crochet peut être implanté près du CG.

Il faut enfin que l'augmentation de traction se transforme en augmentation de vitesse et non en mise en piqué d'où la nécessité de ne pas trop avancer le crochet.

Trop en avant et, pour une traction donnée, le planeur se bloque à une incidence Cz=0.1 dans l'exemple et part en piqué.



Ici, avec un crochet à 10mm, la courbe (en jaune) n'est pas encore trop abrupte et positionne l'équilibre vers  $C_z = 0.13$  juste au point de divergence de la position du foyer (courbe verte).



Ici, avec un crochet à 13mm, la courbe (en jaune) est plus abrupte et positionne l'équilibre vers  $C_z = 0.11$  au point de divergence de la position du foyer (courbe verte). Avec une position du crochet à 15mm, la courbe jaune serait encore plus verticale sans changement notable sur le point d'équilibre ( $C_z=0.105$ ).

Le crochet est potentiellement trop avant avec les « 20° » retenu au sandow si l'on veut faire un treuillage type F3B et 200N de traction. Une position vers 6 à 8mm (de 11 à 15°) aboutirait aux mêmes conséquences (équilibre naturel vers  $C_z=0.15$ ). :

## Peut-on avoir un crochet reculé par rapport au CG ? Des avantages ? Des inconvénients ?

L'implantation du crochet en arrière du CG conduit à introduire un couple cabreur dans le treuillage. Celui-ci va donc ralentir le planeur et donc faciliter le décrochage. Cela demande donc de compenser par un couple piqueur à la profondeur. Le stabilisateur peut supporter cela pour peu que ce recul soit modéré (quelques millimètres).

Bien entendu, la marge de stabilité, si elle existe, doit être prise en compte.

L'intérêt du crochet arrière est de pouvoir avoir un planeur dont l'aile et le stabilisateur fonctionnent tous les deux à un  $C_z$  proches de 0 volets rentrés. L'accélération est alors maximum.

Pour arriver à rendre opérationnel ce type de treuillage, il faut donc introduire une compensation à la profondeur. La position « départ » programmée doit donc intégrer :

- Les volets baissés au maximum
- La compensation à la profondeur pour que le vol sous volet soit à l'équilibre sous forte portance.

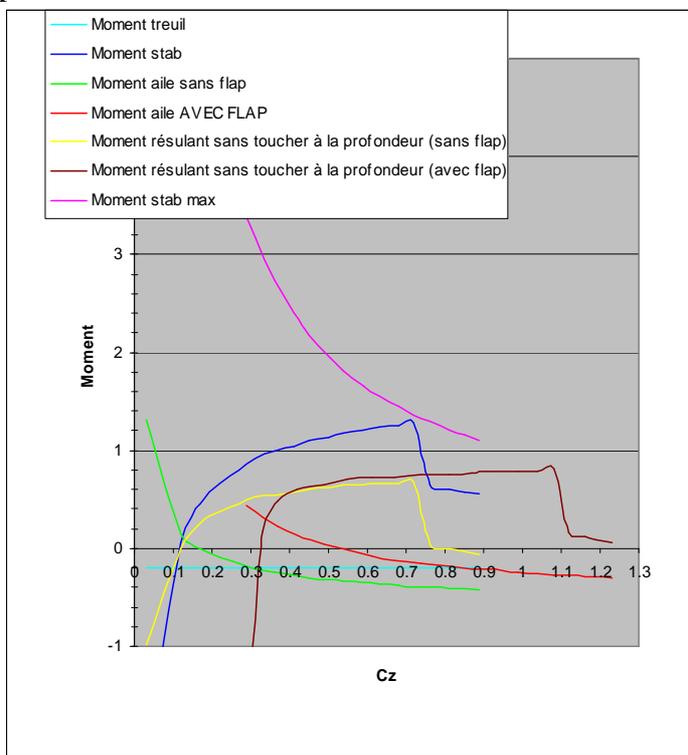
--- La compensation à la profondeur pour que le couple cabreur, du au crochet arrière, n'introduise pas de phénomènes parasites. Si le point du crochet est judicieux, une compensation nulle autorisera un vol à très faible Cz.

Les planeurs de F3B ayant un Vé longitudinal en un angle de portance nul réduit (1 à 2 degrés), la compensation demandée au stabilisateur est du même ordre de grandeur. Ceci autorise donc un léger recul du crochet.

Attention : Cette compensation n'est valable que pour une force de treuillage donnée. Il est donc important de bien connaître les performances du treuil et d'avoir un lâché répétitif (correspondant à la même traction) puis un treuillage sous traction constante (ce qui est possible puisque le lâcher se fait alors à traction maximale).

A titre d'exemple :

- Un crochet reculé de 1mm,
- Une traction de 200N,
- Un stabilisateur calé à  $+0.5^\circ$  par rapport à la ligne de référence de l'aile sans flap, permet d'avoir un stabilisateur à traînée nulle et une aile stable à  $Cz=0.1$ .



Une compensation à  $+3^\circ$  (stabilisateur porteur) sous une dizaine de degrés de volets permettra un vol aux grands angles ( $Cz$  proche de 1).

Il est fortement recommandé de corrélérer calcul et réalité pour une position du crochet en amont du CG avant d'explorer les positions proches ou en arrière du CG.

Le vol sera sûrement plus difficile avec un crochet reculé du fait de la « neutralité » du planeur (stabilité plus faible). Mais c'est la seule façon d'avoir un stabilisateur à traînée minimale.

## Conclusion :

Suivant la puissance du treuillage, le crochet sera plus ou moins avancé pour avoir une montée sécurisante.

On a intérêt à essayer de reculer le crochet le plus possible tout en assurant cette sécurité.

Cette sécurité peut être naturelle (pas de changement de réglage par rapport au vol normal) ou provoquée en jouant sur les volets et l'incidence du stabilisateur.

Reculer le crochet conduit à démarrer le treuillage sous forte traction car la zone  $0^\circ$  à  $10^\circ$  est la plus sensible au décrochage. Ceci n'est pas un inconvénient, car le treuillage à traction constante a aussi son avantage dans le cas de crochet reculé.

Rentrer progressivement les volets et changer le calage du stabilisateur de manière à atteindre  $C_z = 0.1$  à  $0.2$  à  $60^\circ$  d'inclinaison.

Au-delà de  $65^\circ$ , commencer le zoom par un léger piqué d'une demi-seconde.

Décroché vers  $80$  à  $85^\circ$ .

Une alternative à expérimenter est de réaliser le zoom autour de  $60^\circ$  et donc de décrocher vers  $75^\circ$ .

Si le planeur part en décrochage au départ, avancer le crochet et / ou corriger l'incidence du stabilisateur (Introduire plus d'incidence). Faire l'inverse s'il a tendance à ne pas monter.

Si le planeur a tendance à partir en piqué, treuil bloqué, reculer le crochet.

Si aucun compromis n'est possible, changer le volume du stabilisateur (en général, l'augmenter).

Il est possible de treuiller avec un crochet légèrement reculé ce qui permet d'avoir une accélération maximale, le stabilisateur travaillant à  $C_z=0$ . Ceci demande des réglages sur le calage du stabilisateur. Ces réglages sont aussi fonction de la position des volets.

La simulation du modèle par XFLR5 (ligne portante pour un planeur standard) plus le modèle de l'influence du crochet sur la stabilité permettent de dégrossir les réglages avec une certaine confiance. Cela ne supprime toutefois pas la nécessité de corréler modèle et réalité car certains paramètres sont difficilement ou pas modélisés (précision de fabrication, interactions ailes/ fuselage et stab/fuselage...).

Les calculs montrent que l'on pourrait atteindre plus de  $300\text{m}$  d'altitude avec les treuils actuels. Or il n'en est rien. On arrive à  $250\text{m}$  environ car il est difficile de dépasser  $60\text{m/s}$  lors du largage. Comment interpréter cet écart :

--- Mauvaise appréhension de la traînée du fil. Une piste possible.

--- Le treuillage pendant le zoom n'est pas à traction constante. Il serait intéressant d'avoir des courbes de traction pendant le treuillage. Ceci permettrait de plus de définir des pistes d'amélioration des treuils. Cette piste semble la plus importante. Si l'on part du principe que le fil s'allonge de  $20$  à  $30\%$  avant la rupture vers  $800\text{N}$ , une traction de  $200\text{N}$  fera s'allonger le fil de  $10$  à  $13\text{m}$ . Le zoom d'une dizaine de mètre annulera alors complètement la traction.