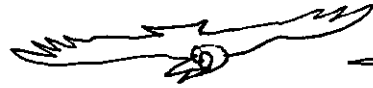
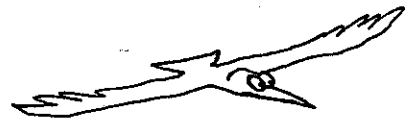
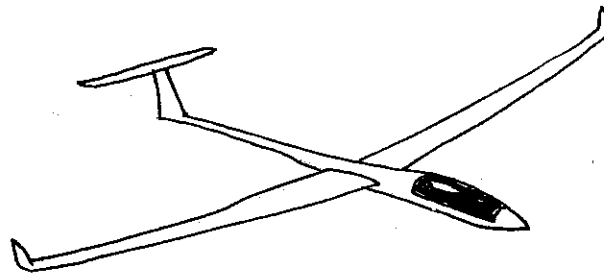


<http://savoir-sans-frontieres.com>



qu'entendent-ils exactement par "pompes" ?



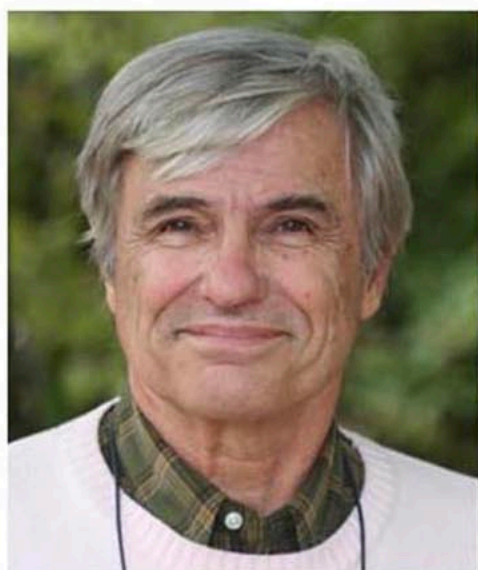
Jean-Pierre Petit

MÉCAVOL

2008

Savoir sans Frontières

Association à but non lucratif créée en 2005 et gérée par deux scientifiques français. But : diffuser des connaissances scientifiques en utilisant la bande dessinée à travers des pdf gratuitement téléchargeables. En 2020 : 565 traductions en 40 langues avaient ainsi été réalisées. avec plus de 500.000 téléchargements.



Jean-Pierre Petit



Gilles d'Agostini

L'association est totalement bénévole. L'argent des dons est intégralement reversé aux traducteurs.

Pour faire un don, utilisez le bouton Paypal sur la page d'accueil du site Internet

<http://www.savoir-sans-frontieres.com>



Coordonnées bancaires France → Relevé d'Identité Bancaire (RIB) :

Etablissement	Quichet	N° de Compte	Cle RIB
20041	01008	1822226V029	88

Domiciliation : La banque postale
Centre de Marseille
13900 Marseille CEDEX 20
France

For other countries → International Bank Account Number (IBAN) :

IBAN
FR 16 20041 01008 1822226V029 88

and → Bank Identifier Code (BIC) :

BIC
PSSTFRPPMAR

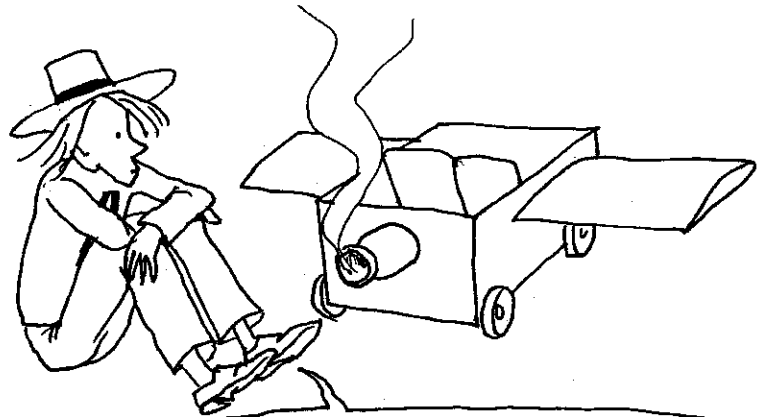
Les statuts de l'association (en français) sont accessibles sur son site. La comptabilité y est accessible en ligne, en temps réel. L'association ne prélève sur ces dons aucune somme, en dehors des frais de transfert bancaire, de manière que les sommes versées aux traducteurs soient nettes.

L'association ne salarie aucun de ses membres, qui sont tous des bénévoles. Ceux-ci assument eux-mêmes les frais de fonctionnement, en particulier de gestion du site, qui ne sont pas supportés par l'association.

Ainsi, vous pourrez être assurés, dans cette sorte « d'œuvre humanitaire culturelle » que quelle que soit la somme que vous donniez, elle sera *intégralement* consacrée à rétribue les traducteurs.

Nous mettons en ligne en moyenne une dizaine de nouvelles traductions par mois.

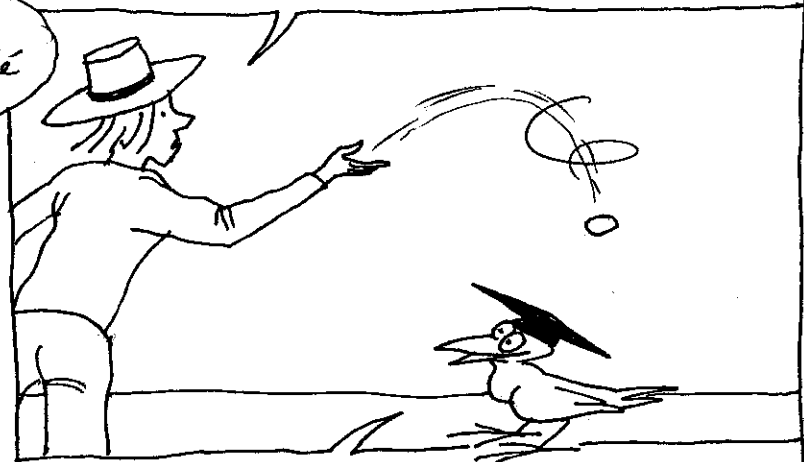
LE VOL PLANÉ



pourquoi pas on utilisant la gravité



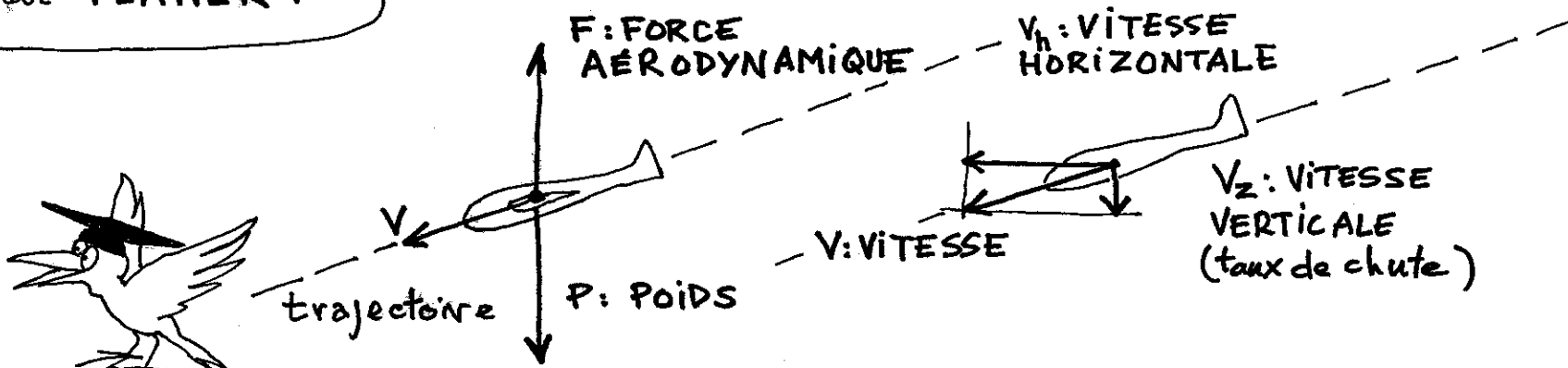
la force de gravité? Mais ça n'est pas un **MOTEUR**? Quand je jette un caillou, il tombe, c'est tout. On ne peut pas appeler ça voler



la propulsion par fusée, c'est quand même compliqué, polluant et tout. En attendant que j'aie un autre système de motorisation comment pourrais-je tenir en l'air?

tu n'es pas obligé de tomber comme une pierre. En **PLANANT** tu peux descendre en prenant ton temps

qu'entends-tu par **PLANER**?

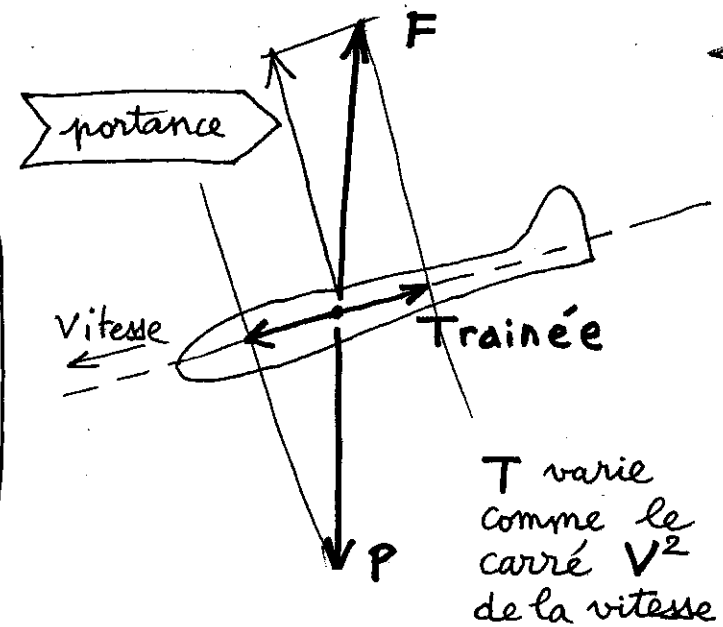


avec des **AILES** on peut, si on se déplace à une vitesse V créer une **FORCE AÉRODYNAMIQUE F** proportionnelle au carré V^2 de cette vitesse

si je comprends bien ton dessin, le poids P est directement opposé à la force F . Mais par quel miracle en est-il ainsi ?



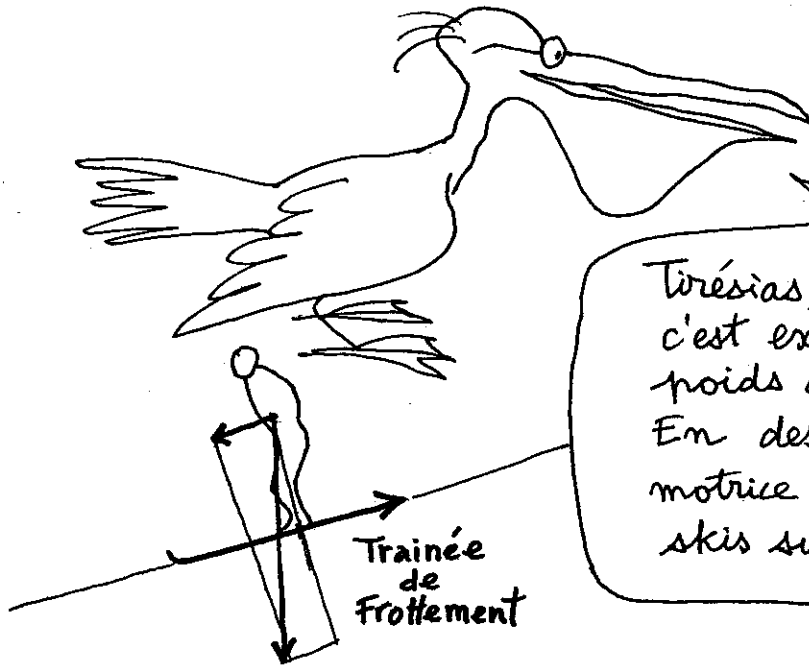
réfléchis : le dessin correspond à un **VOL STABILISÉ**, à une vitesse V constante, correspondant à un **ANGLE DE DESCENTE α** . le mouvement de ton **PLANEUR (*)** s'accompagne d'une force de **TRAINÉE** qui équilibre la composante propulsive du **POIDS**



en somme c'est le poids qui fait avancer. c'est proprement miraculeuse

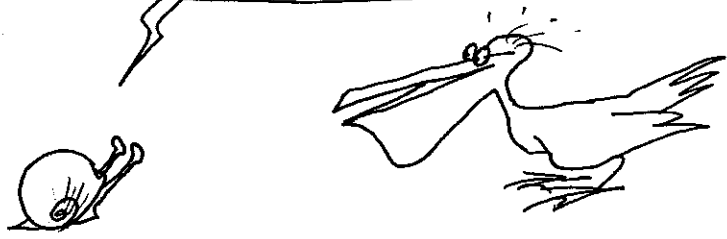


Tirésias, je sais que vous n'avez jamais fait de ski. Mais c'est exactement pareil. C'est la projection du vecteur poids du skieur sur sa **PENTE** qui le fait avancer ; En descente équilibrée, à vitesse constante, cette force motrice est équilibrée par la force de **FROTTEMENT** des skis sur la neige, qui croît avec la vitesse V



(*) que les anglo-saxons appellent **GLIDER** ou "glisseur"

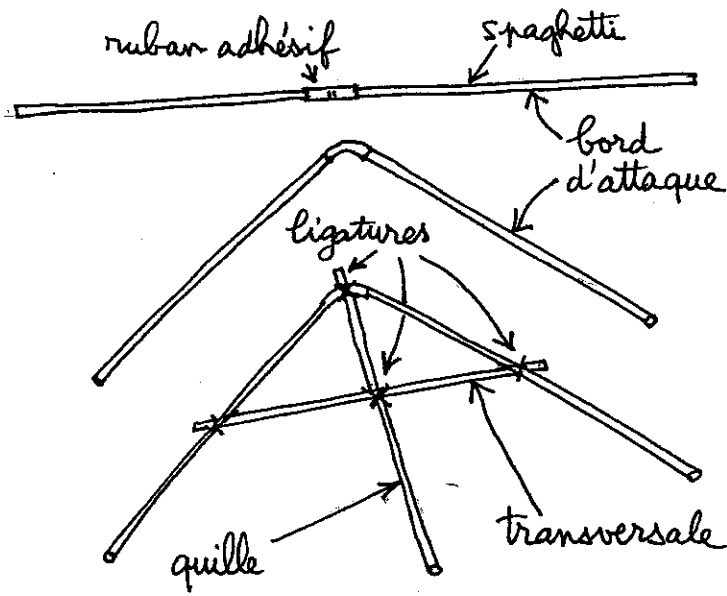
mais, Léon, vous n'avez pas fait de ski non plus?



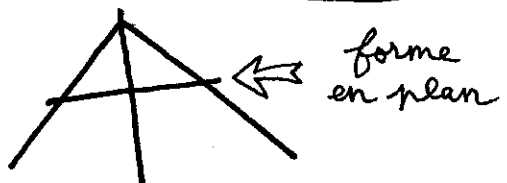
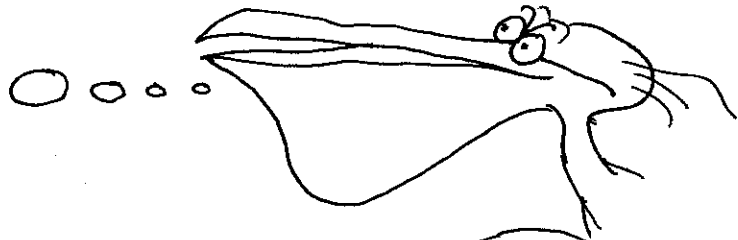
regarde, Anselme, on va fabriquer une machine volante très simple avec du papier, du ruban adhésif, des spaghettis et une pince à linge



et une bobine de fil

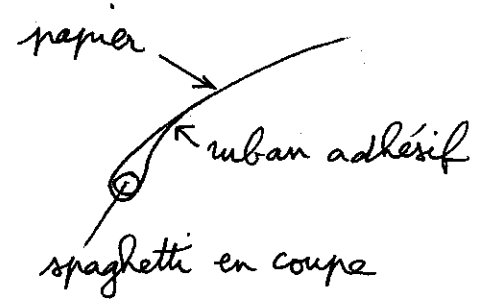
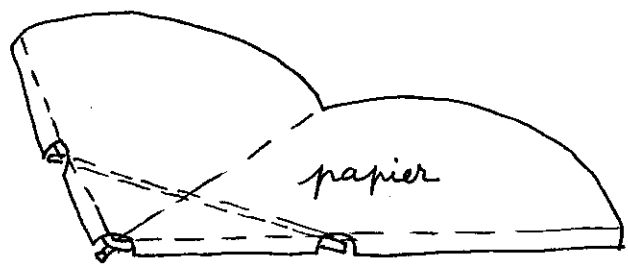
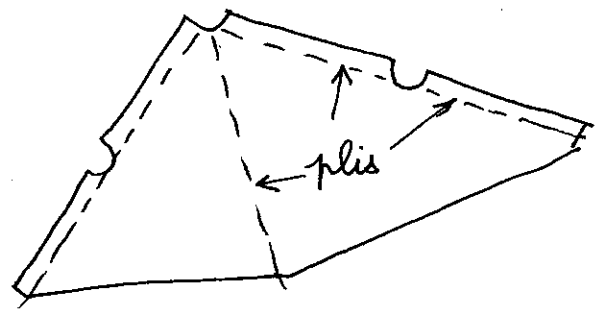


des trucs de bonnes femmes...

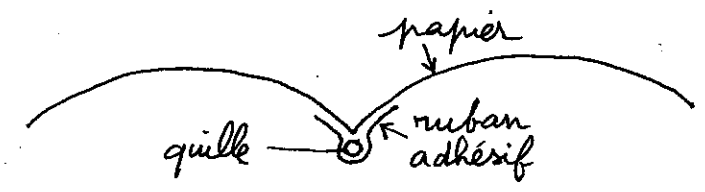
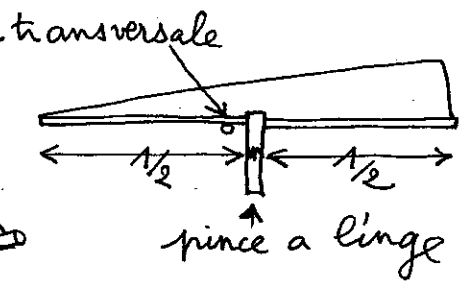
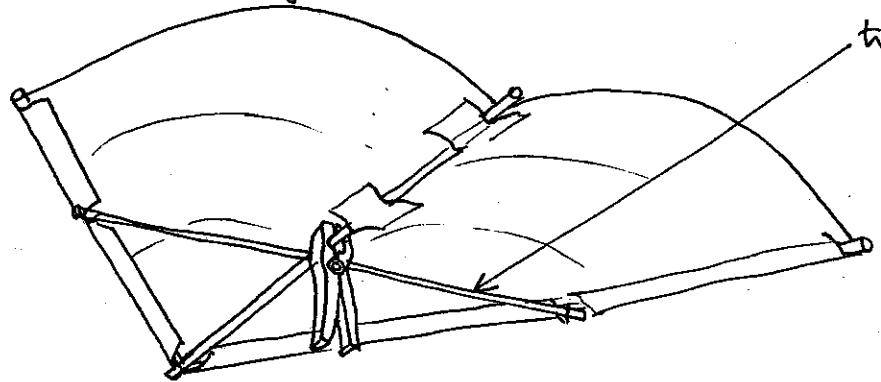


on crée cette charpente avec des spaghettis assemblés à l'aide de ruban adhésif et de ligatures de fil





assemblage de la "voilure" sur la charpente tubulaire

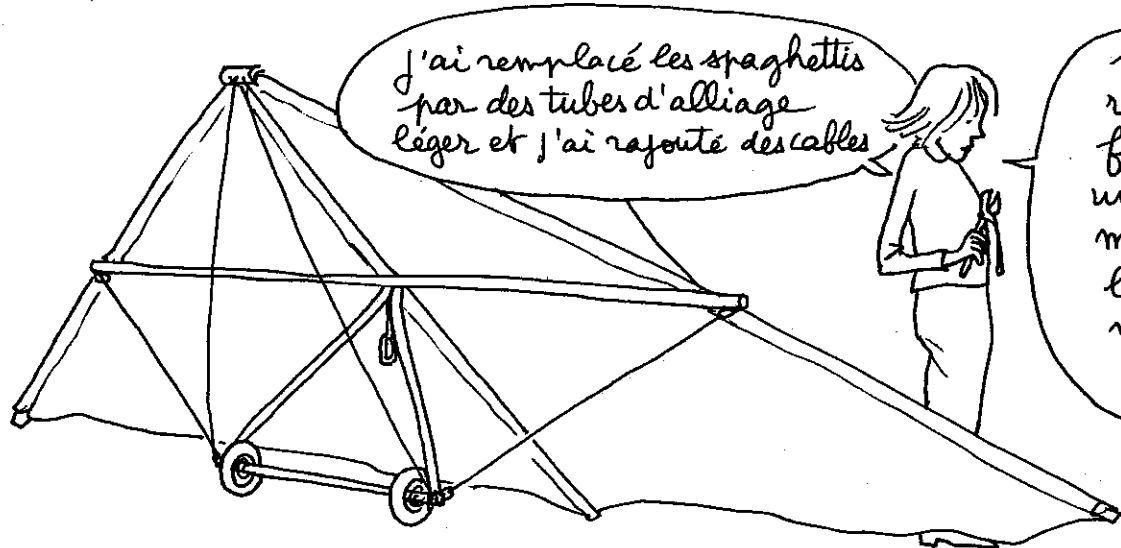


ça vole!



tu règles le **CENTRAGE** en avançant ou en reculant la pince à linge

DELTA PLANE



J'ai remplacé les spaghettis par des tubes d'alliage léger et j'ai rajouté des câbles

puisque ce truc vole, il n'y a qu'à remplacer la pince à linge, j'ai fabriqué une structure tubulaire avec un **TRAPÈZE** que je tiendrai à deux mains. Comme ça je pourrai déplacer le lest, c'est à dire mon propre poids, vers l'avant, l'arrière, à droite ou à gauche, à volonté

est-ce qu'il ne vaudrait pas mieux... attendre que Sophie donne son avis ?

mon Dieu, il est bien capable de s'accrocher sous ce bazar infernal



pauvre garçon ...



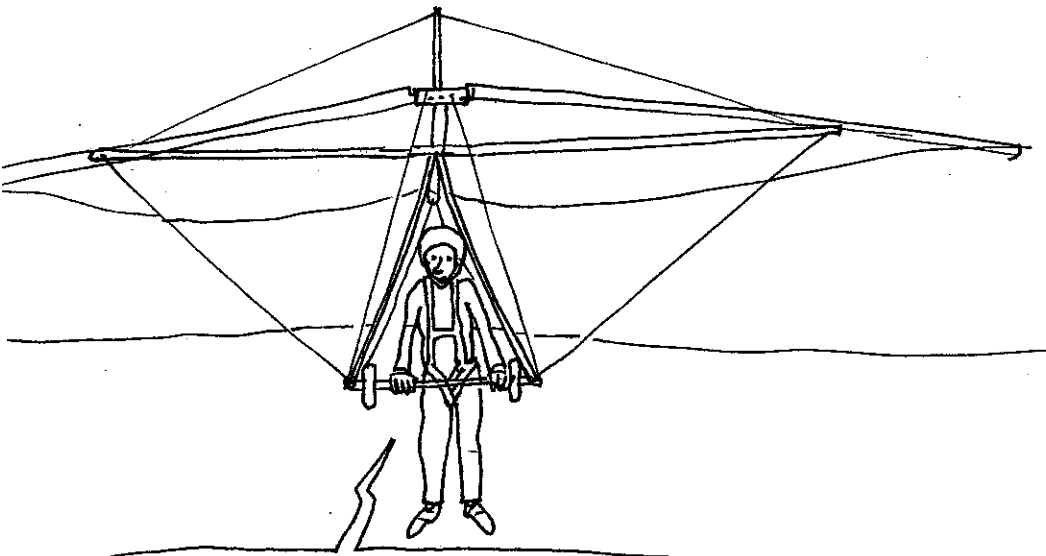
où est le problème. c'est comme avec les spaghettis et la pince à linge

sauf que la pince à linge, c'est moi

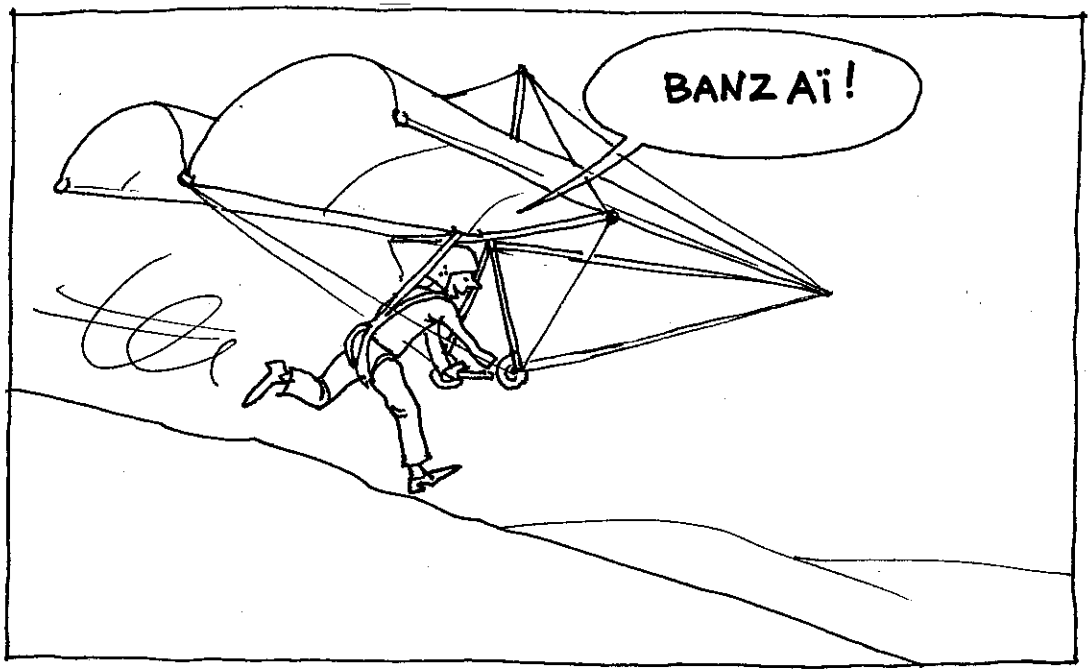


je m'accroche à la quille avec ce mousqueton

d'ai prévu des roulettes pour l'atterrissage

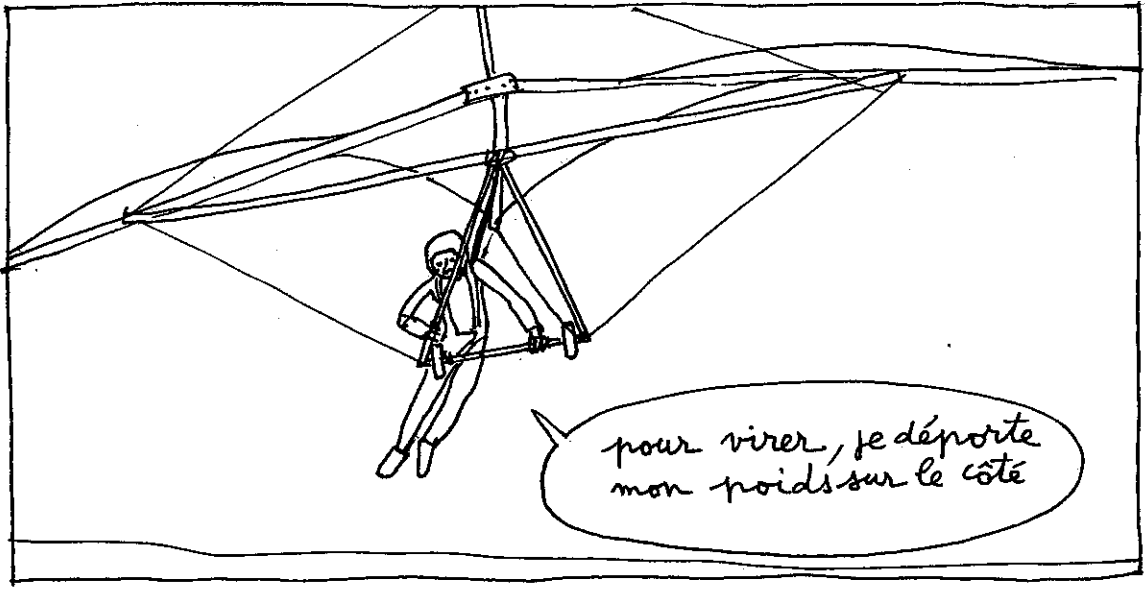
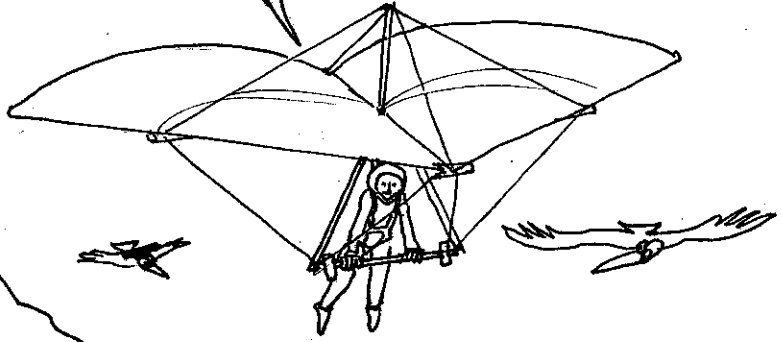


bon... cette pente a l'air sympathique il n'y a plus qu'à y aller



BANZAI!

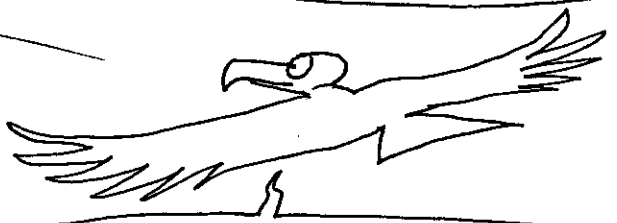
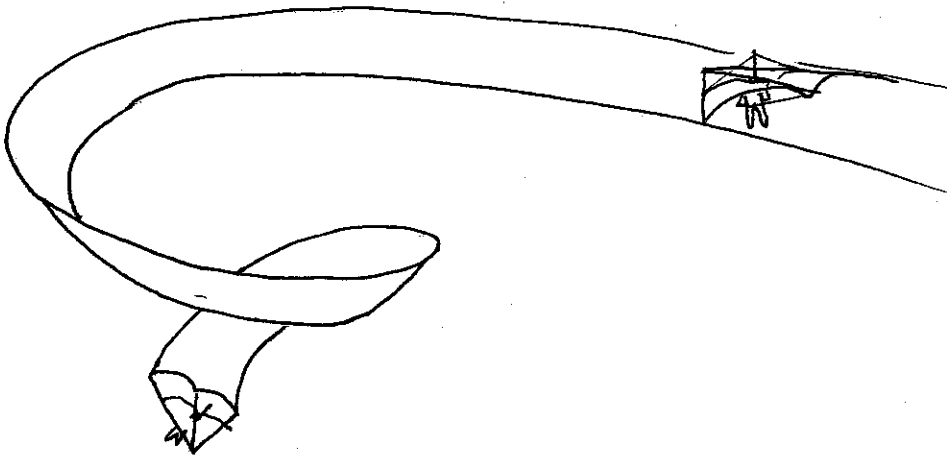
ça marche !!!



pour virer, je déporte mon poids sur le côté

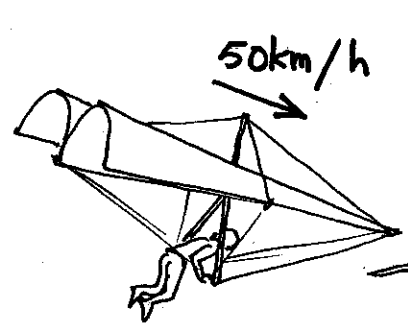


En ligne droite : taux de chute 2,5 m/s . En virage, fort dérapage intérieur et 3,5 m/s de vitesse de chute

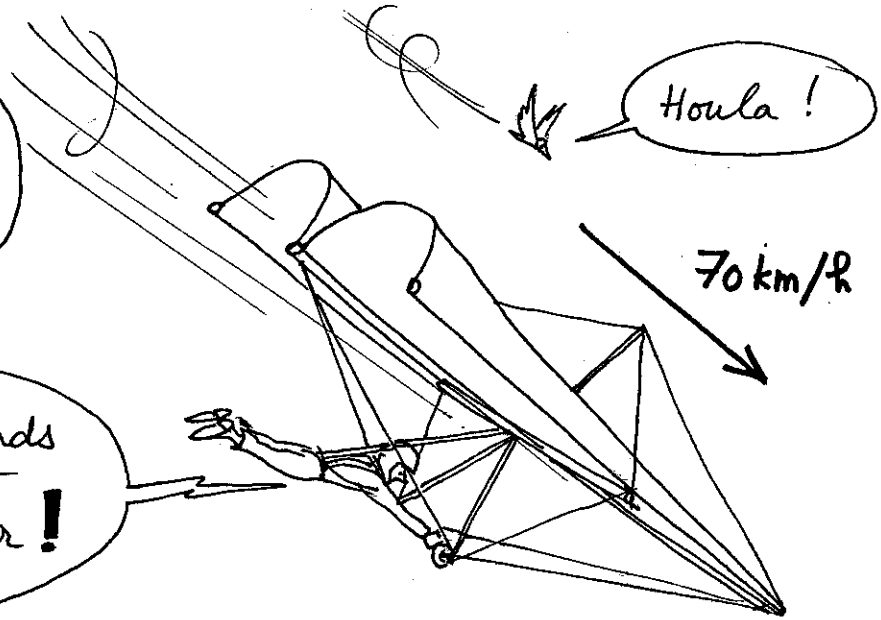


finesse 3. Juste en dessous du fer à repasser

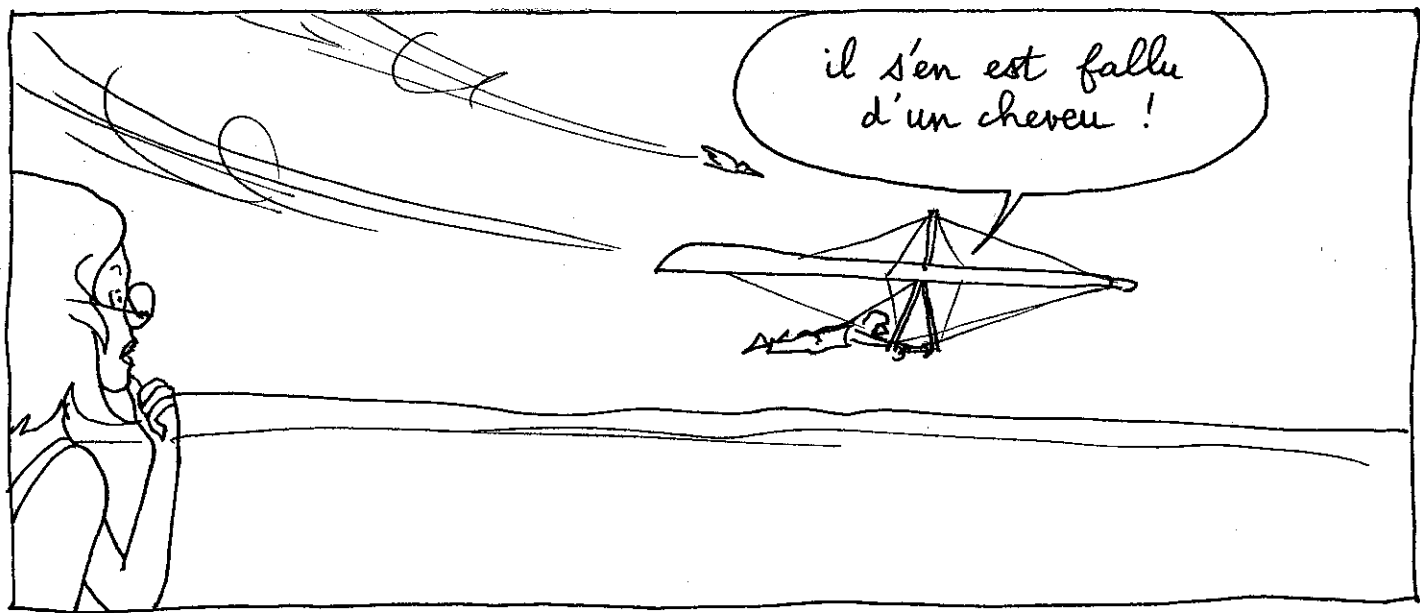
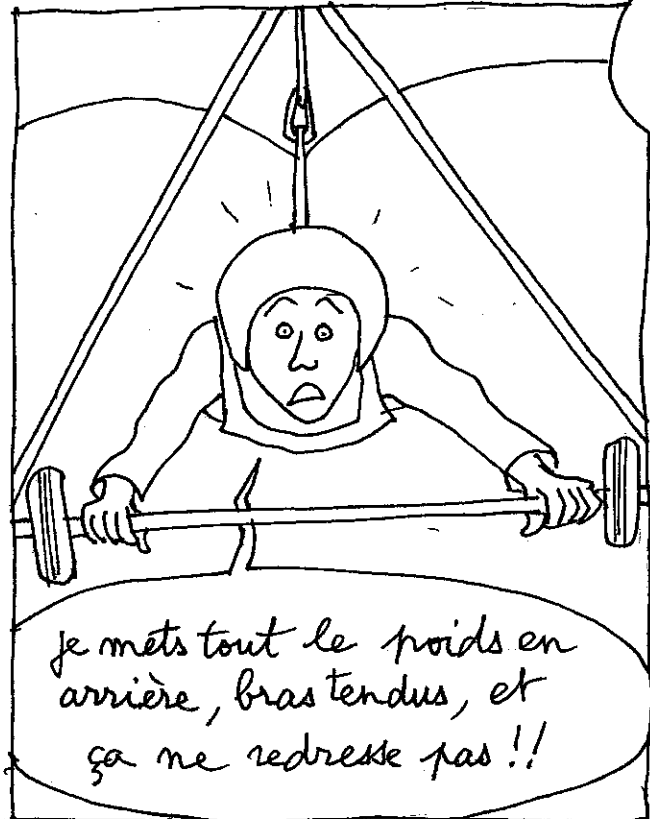
AUTOSTABILITÉ



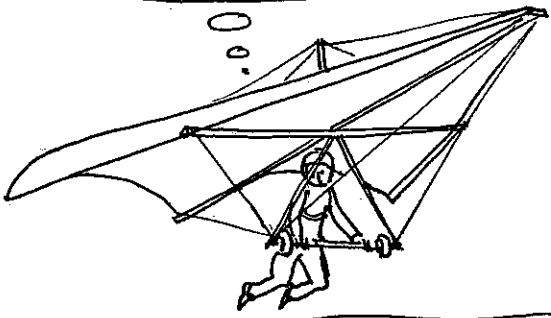
Je mets tout le poids en avant. Je prends de la vitesse. On va voir ce que cette machine a dans le ventre!



BON SANG! Je prends de la vitesse et impossible de redresser!

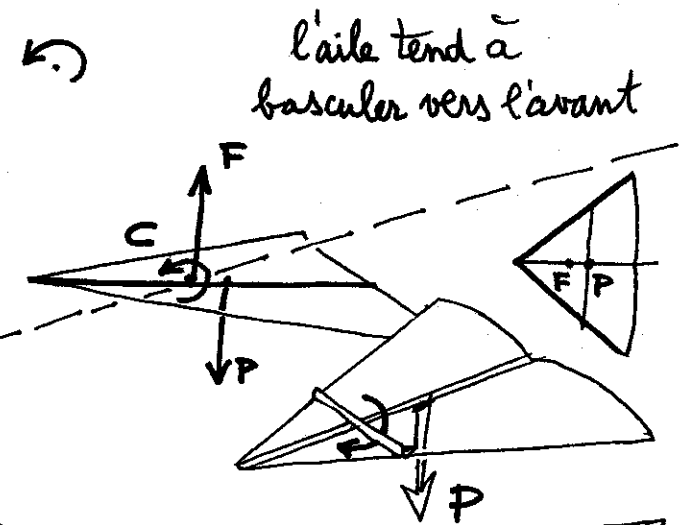


cabrer pour perdre de la vitesse



Sophie. Pourquoi est-ce que la machine ne voulait plus se redresser?!

Ainsi, rappelle-toi la première partie de cet album : La **PORTANCE** ne se crée qu'au prix d'une tendance à piquer qu'il faut équilibrer d'une façon ou d'une autre. Dans ton **AILE DELTA**, tu es attaché au milieu de ta quille. Mais la force résultante des forces aérodynamiques se situe à 40% (*) donc c'est ton poids **P** qui, situé en arrière, empêche ton aile de piquer



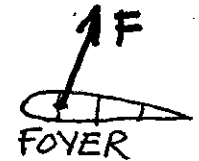
l'aile tend à basculer vers l'avant



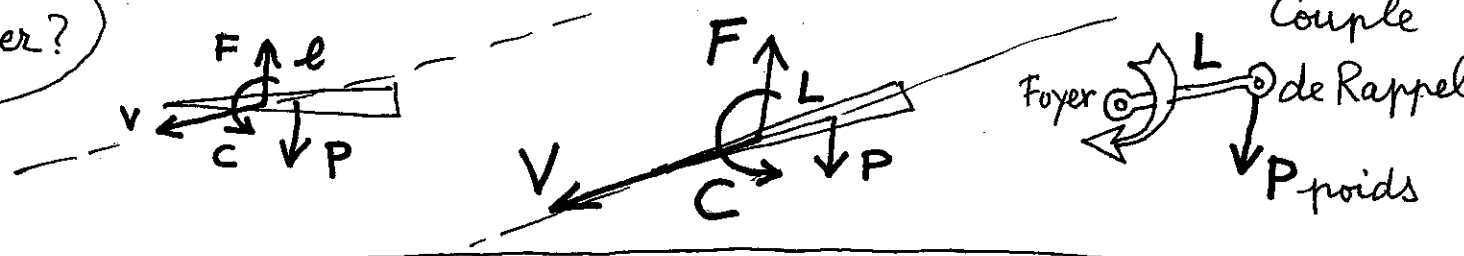
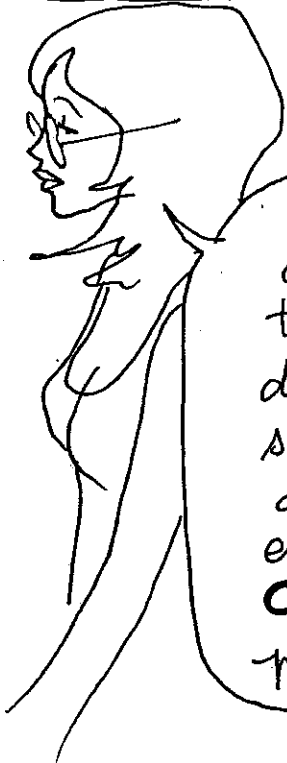
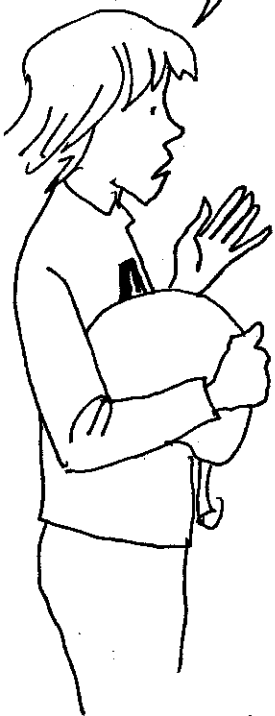
J'ai bien cru que j'y passais

le déport du poids **P** sur l'arrière crée un couple de rappel qui s'oppose au couple piqueur d'origine aérodynamique

(*) Dans une aile **DROITE** la force aérodynamique **F** s'exerce à 25% du profil



mais pourquoi est-ce que ma machine refusait de redresser?



réfléchis le couple de rappel dû au déport de ton poids c'est $P \times e$. Il équilibre le couple piqueur C qui, comme tous les éléments aérodynamiques: **PORTANCE**, **TRAINÉE** dont la somme constitue la **FORCE AÉRODYNAMIQUE $F^{(*)}$** qui s'exerce au **FOYER** de l'aile varient comme le carré V^2 de la vitesse. Avec ton **Delta**plane, si tu piques et que tu accrois ta vitesse, tu donneras au couple piqueur C , qui varie lui aussi comme V^2 une valeur que tu ne pourras plus contrer avec ton **COUPLE CÂBREUR $P \times L^{(**)}$**



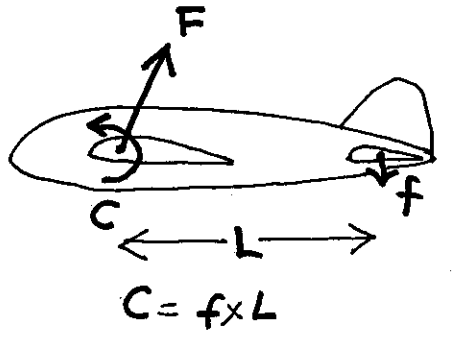
il s'en est fallu d'un cheveu qu'Anselme sorte de son **DOMAINE DE VOL** et que sa machine devienne **IMPILOTABLE!**

mais c'est une chose terrible! Quelle est la solution?



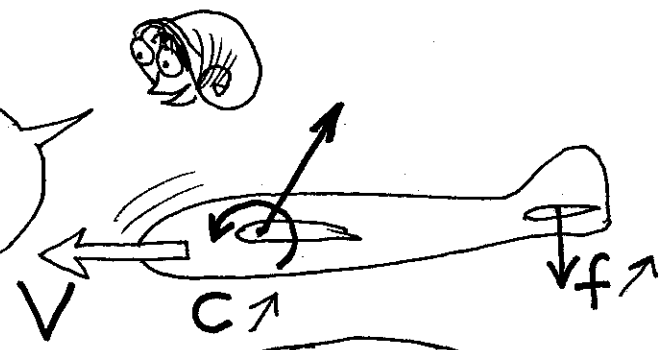
(*) Dans les manuels on appelle celle-ci **RÉSULTANTE DES FORCES AÉRODYNAMIQUE** qu'on désigne par **R**
()** La méconnaissance de ce phénomène fut la cause de nombreux accidents mortels dans les années 70

à un problème aérodynamique il faut trouver une solution de nature aérodynamique. C'est ce que Sophie avait suggéré à Anselme dans la première partie de l'ouvrage avec l'**EMPENNAGE**



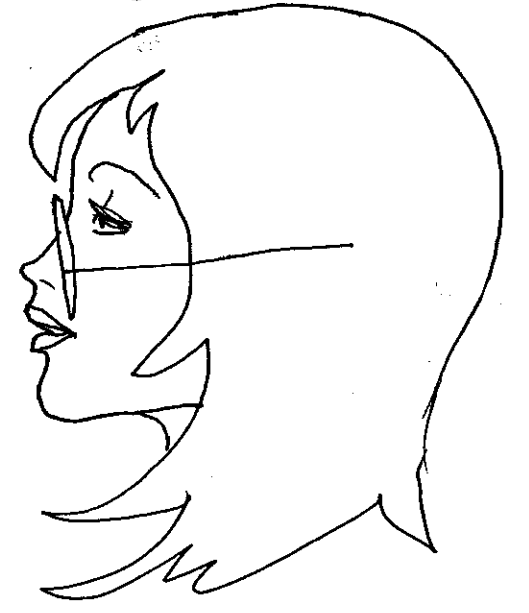
un empennage horizontal à portance légèrement négative équilibre aisément le couple piqueur de l'aile du fait du large bras de levier que constitue le fuselage

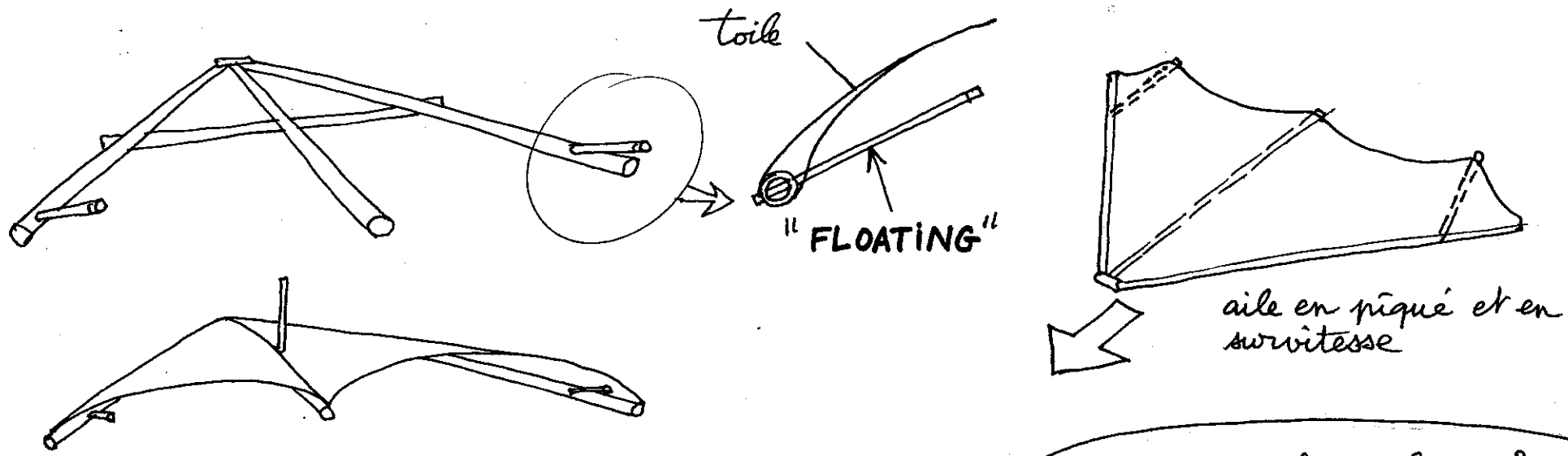
ce système est par ailleurs **AUTOSTABLE**. Si la vitesse s'accroît l'appareil tend à basculer vers l'avant, du fait de l'augmentation du couple piqueur C , qui varie comme V^2 . Mais ceci est aussitôt compensé par l'accroissement de la **DÉPORTANCE** f



alors, je n'ai qu'à mettre un empennage sur mon Deltaplane?

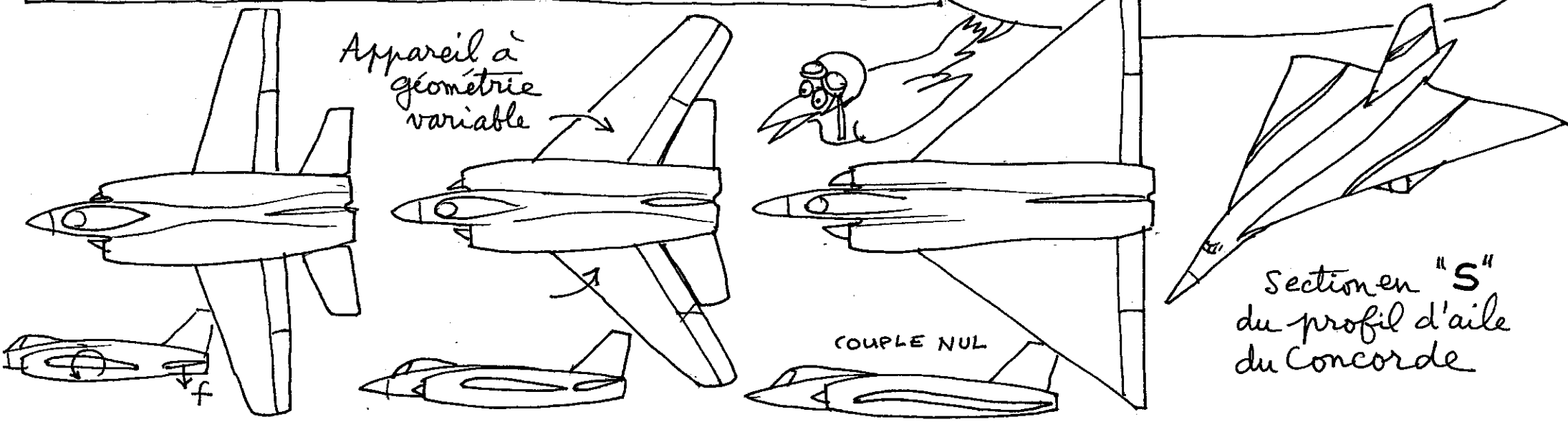
tu pourrais effectivement faire comme ça. Mais il y a plus simple pour assurer ta sécurité



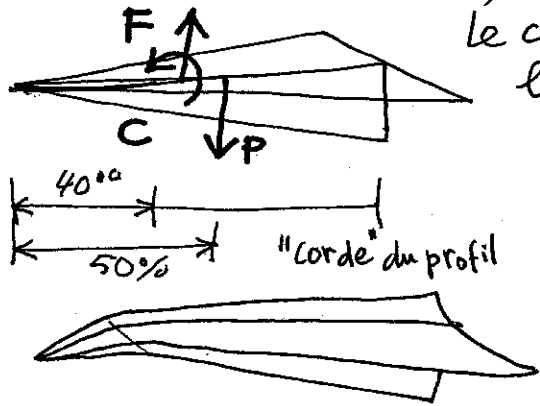


ces dispositifs appelés "FLOATINGS" ne touchent pas la voile en vol normal mais en cas de survitesse et de mise en piqué dangereuses ils maintiennent relevée la partie arrière de la voilure et imposent le redressement automatique (*)

Pour les appareils à ailes delta rigides on les rend autostable (vol avec couple piqueur nul) en "incorporant" l'empennage à la voilure en donnant à son profil une forme en "S"



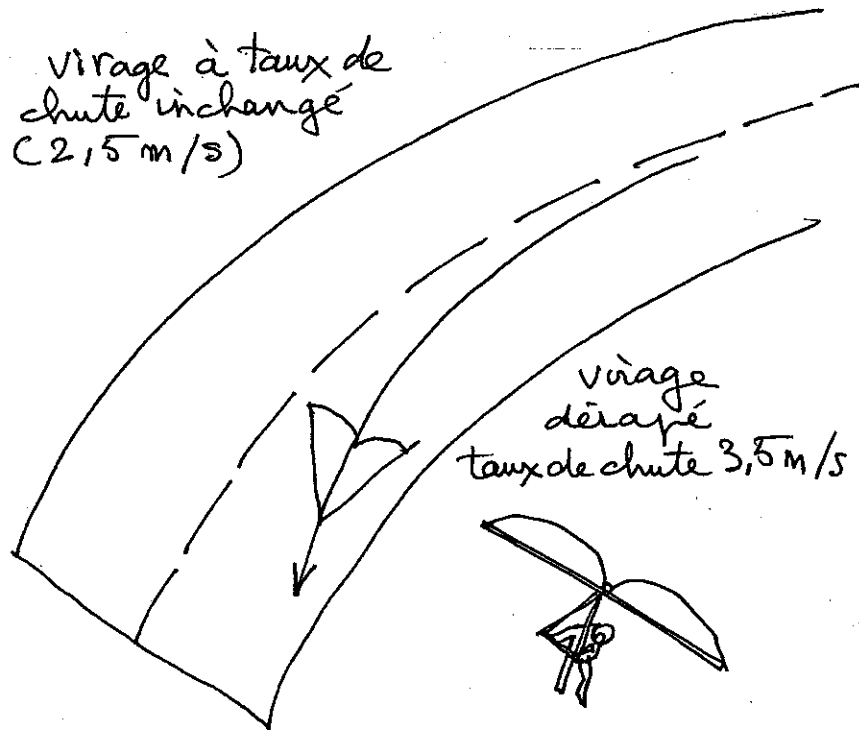
une classique fléchette en papier vole comme un deltaplane. le centre de gravité est évidemment au milieu, tandis que le Foyer est à 40% de la CORDE, du profil - le couple de rappel dû au poids compense le couple piqueur lié à la portance. En piqué prononcé elle ne redresse pas.



On peut passer à un profil autostable en pliant légèrement le nez et en relevant (tout aussi légèrement) l'arrière. On donne alors à la fléchette un profil en **S**, qui lui permet entre autre de voler plus lentement

La Direction

virage à taux de chute inchangé (2,5 m/s)



mais ta machine garde un gros défaut. Pour virer, il te faut mettre ton poids vers l'intérieur du virage, et celle ci subit un fort **DÉRAPAGE INTÉRIEUR** le **TAUX DE CHUTE** passe à 3,5 m/s

(* ces dispositifs simples se révélèrent immédiatement très efficaces.

COMMENT LES OISEAUX FONT-ILS POUR TOURNER ?



on pourrait mettre un empennage vertical, avec une gouverne, mobile. Mais les oiseaux et les chauves-souris n'en ont pas. Et pourtant tous arrivent à virer très sec. Comment font-ils ?

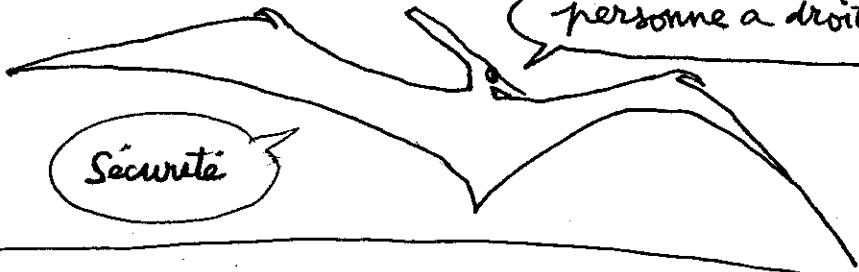
Le ptérodactyle, la chauve-souris, le vautour et le moineau n'ont pas besoin d'empennage vertical pour se mettre en virage



En étendant une aile et en repliant l'autre il y a deux effets : Les surfaces des ailes sont modifiées. L'aile qui est en extension voit son bord de fuite s'abaisser. Phénomène inverse pour l'aile qu'on replie



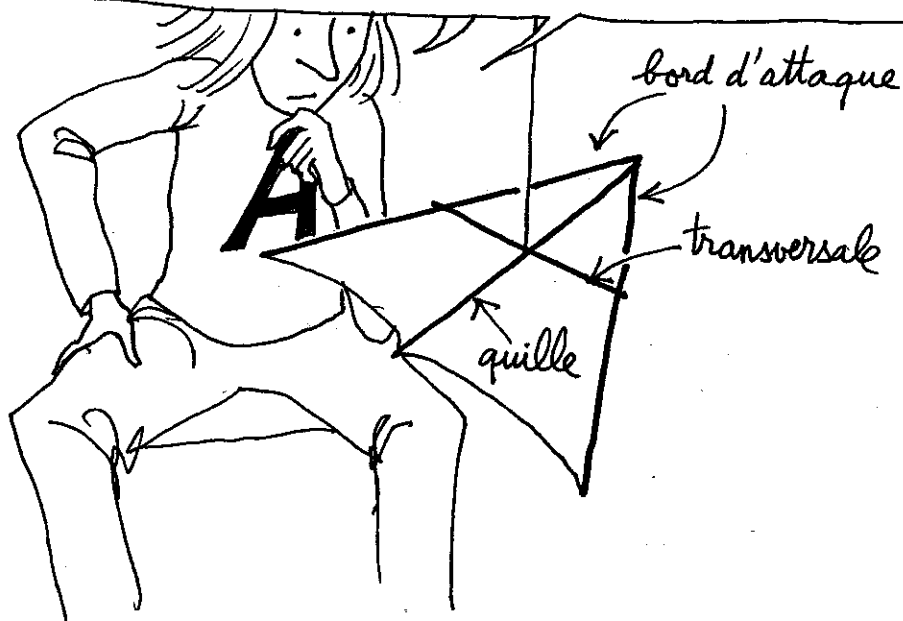
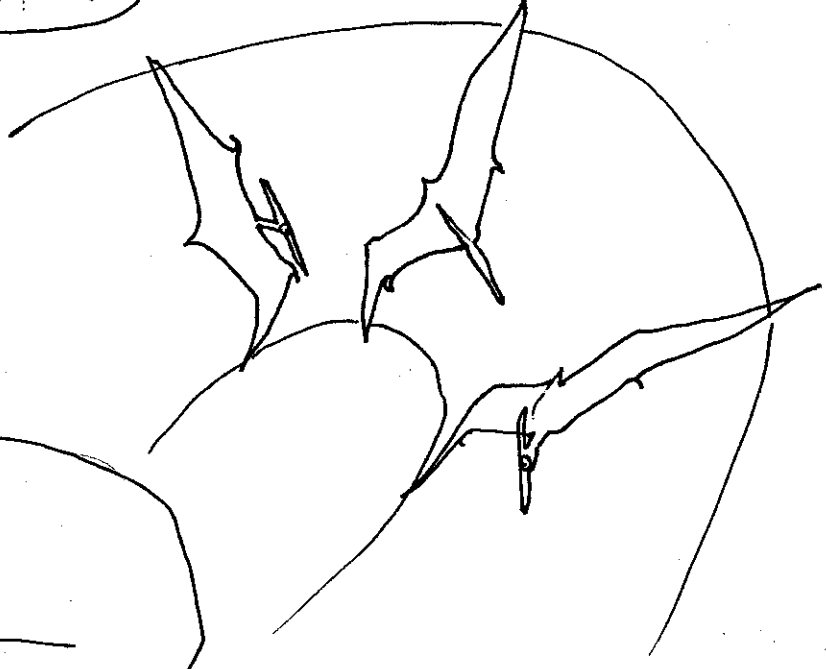
Ptérodaactyle vu de l'arrière volant en ligne droite



personne a droite, je vire

Sécurité

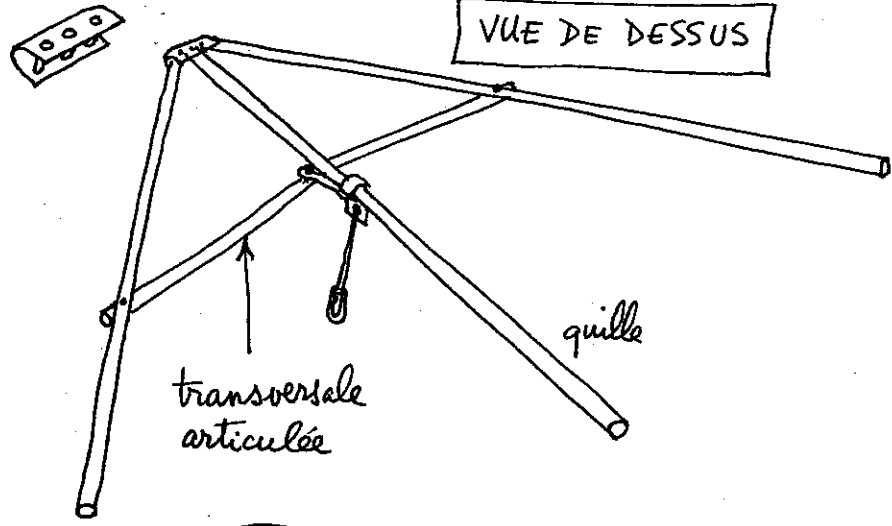
Très joli, mais comment faire pour étendre une aile en repliant l'autre, même légèrement ?



tu n'as qu'à désolidariser la quille et la transversale

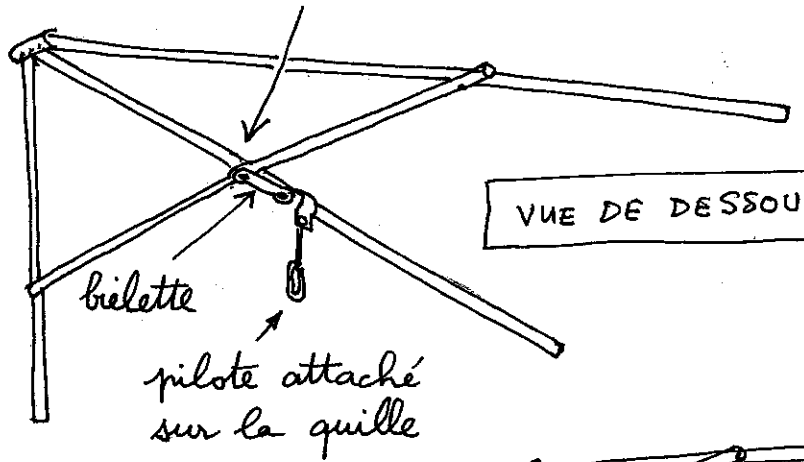
ferrure de nez

VUE DE DESSUS

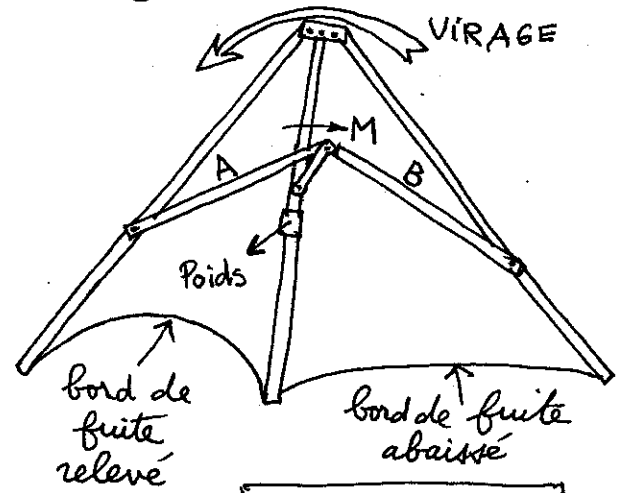


articulation de la transversale

VUE DE DESSOUS

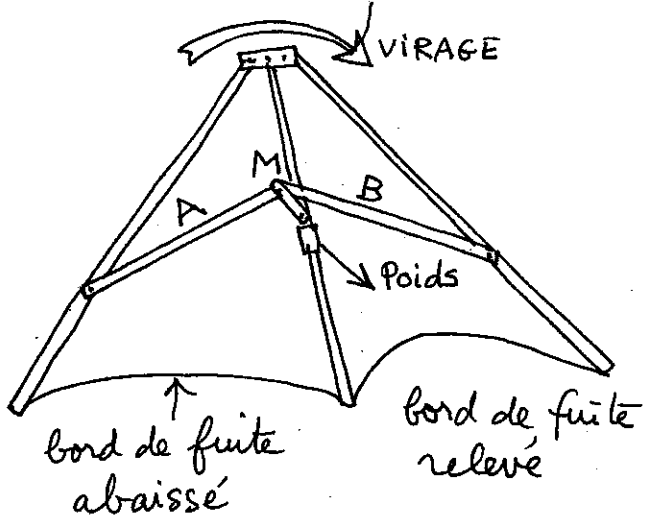


VIRAGE



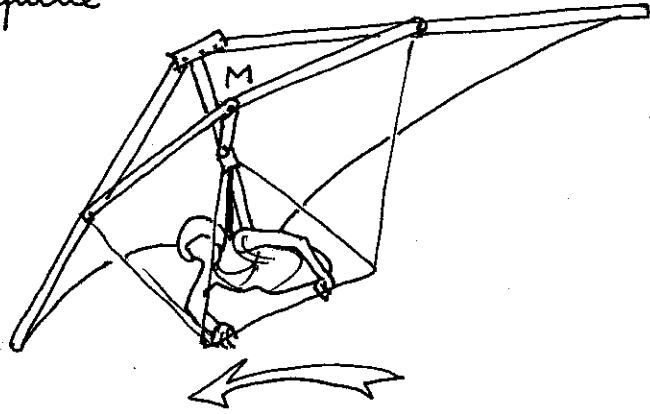
VUE DE DESSOUS

VIRAGE



VUE DE DESSOUS

VIRAGE À DROITE

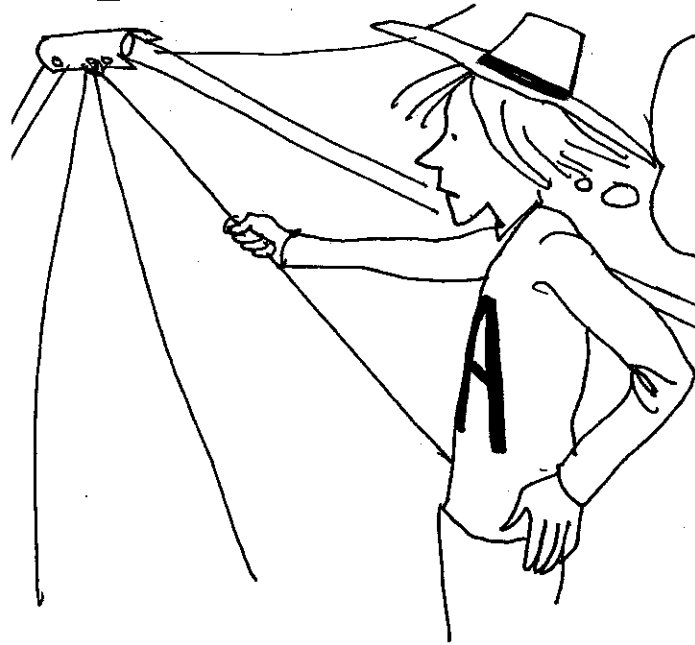


Ce système dit "de la transversale flottante", très astucieux permet au pilote, en déportant son poids, de désaxer la quille par rapport à l'articulation M des deux demi-transversales A et B, d'égales longueurs. Des déplacements de quelques centimètres permettent d'opérer des virages serrés

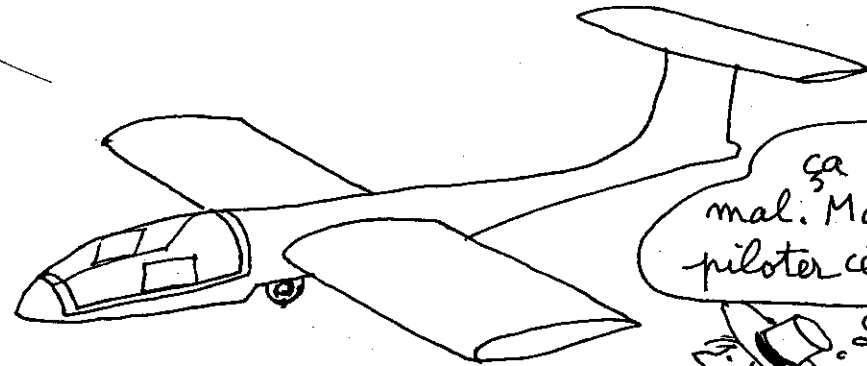
La Direction



si je veux concevoir un **PLANEUR** performant, il me faut éliminer tout ce qui est une source de perte d'énergie. Donc la **TURBULENCE** au premier chef. Si mon planeur laisse derrière lui des masses d'air mises en mouvement par son passage, c'est de l'énergie gaspillée



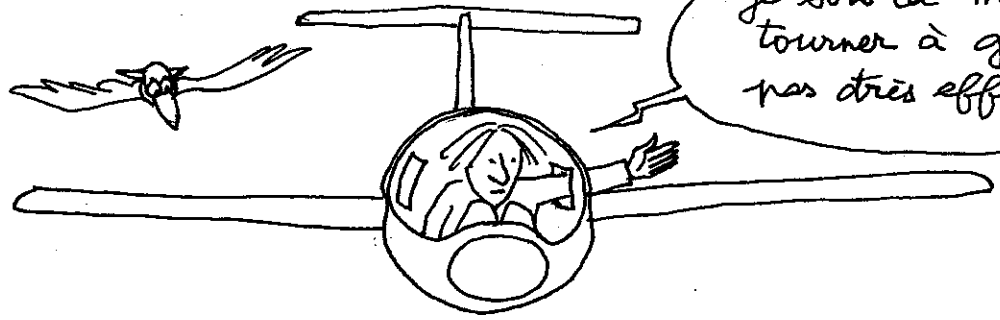
tous ces câbles sont la source d'une **TRAINÉE** importante : à éliminer. Le pilote : à l'intérieur de la structure. Des parois lisses, sans aspérités. Il faut tout revoir



ça c'est pas mal. Mais comment piloter cette machine?

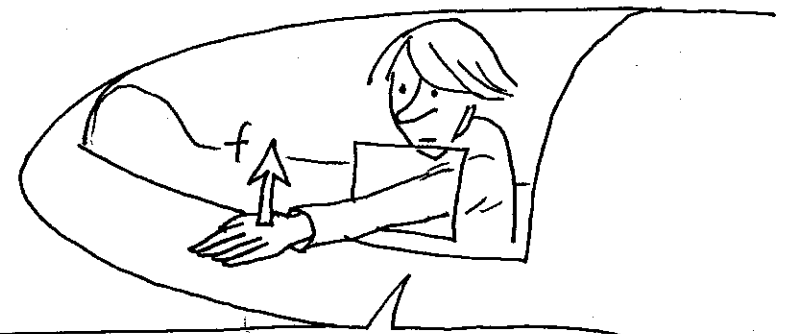


Je peux me déplacer d'avant en arrière dans la cabine pour cabrer ou piquer. J'ai mis des fenêtres sur chaque côté, et en sortant la main ça permet de tourner. Mais c'est peu efficace et ça crée de la turbulence ce que je veux précisément éviter à tout prix

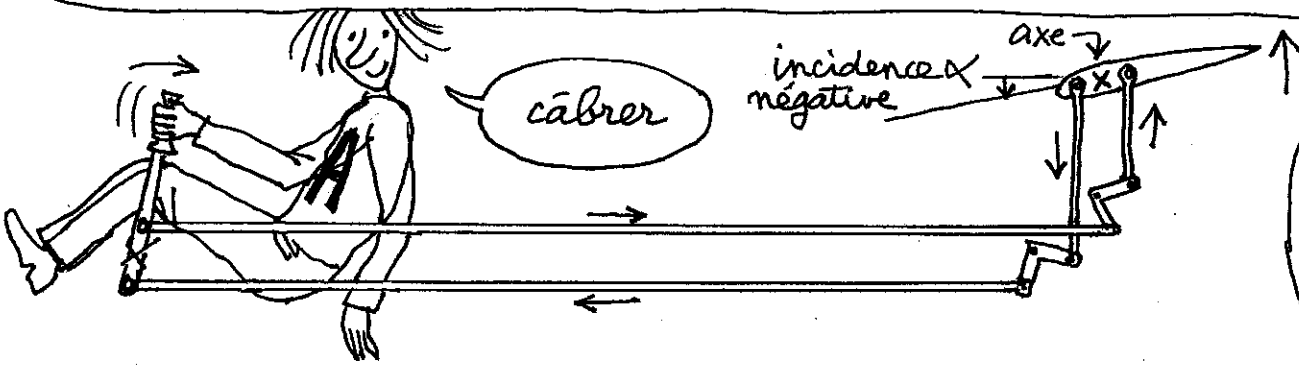


je sors la main pour tourner à gauche. Hum, pas très efficace!

Incidemment...



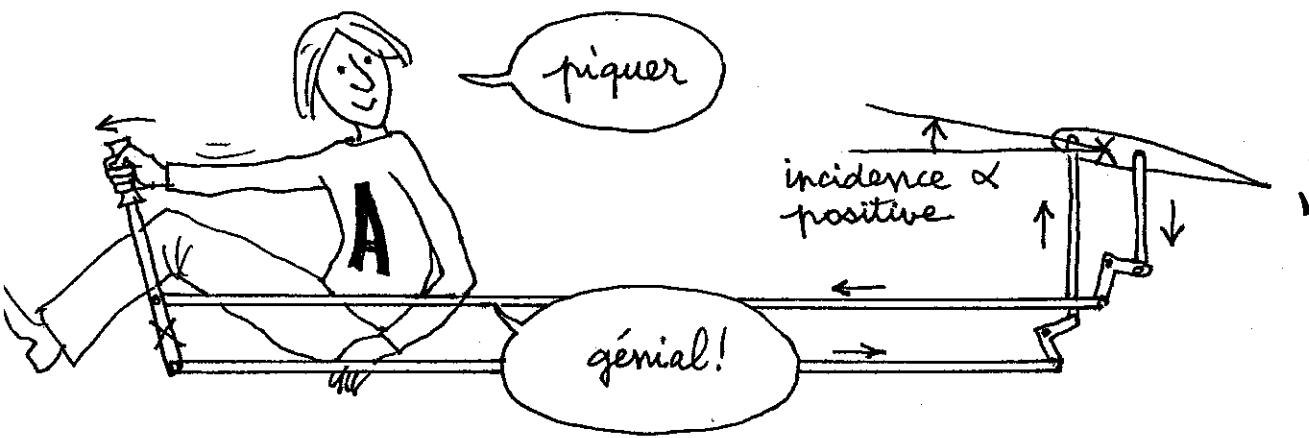
Tiens, un truc intéressant. Quand je mets la main comme cela, comme une sorte d'aile et que je change **L'INCIDENCE α** la force change proportionnellement à celle-ci. Je vais bricoler un empennage horizontal à incidence α variable à volonté



câbrer

incidence α négative

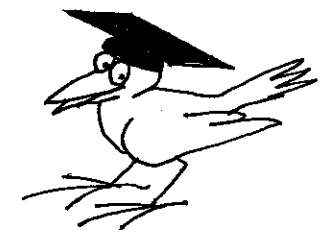
grâce à cette **TRINGLERIE** Anselme peut manoeuvrer à distance le plan horizontal de sa machine volante grâce à un **MANCHE À BALAI**



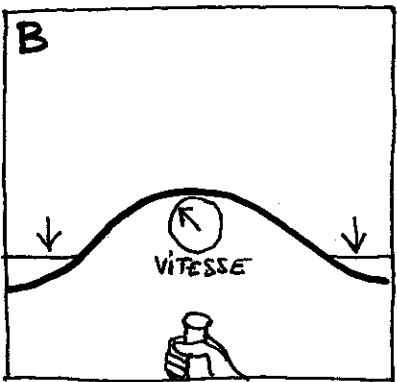
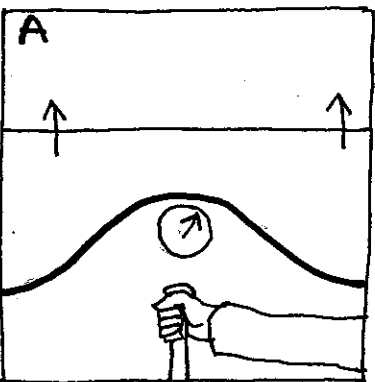
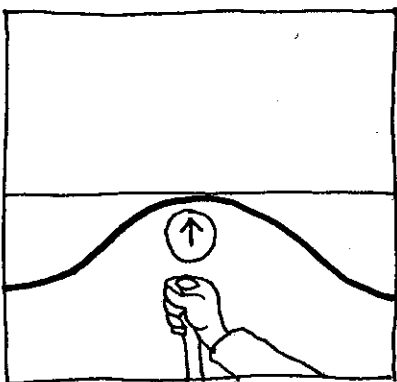
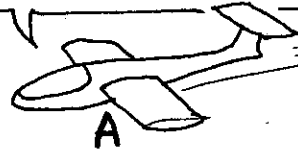
piquer

incidence α positive

génial!



Formidable ! Je peux piquer ou câbrer à volonté en agissant sur le **MANCHE**. Ainsi je peux rapidement contrôler l'**ASSIETTE** de mon planeur

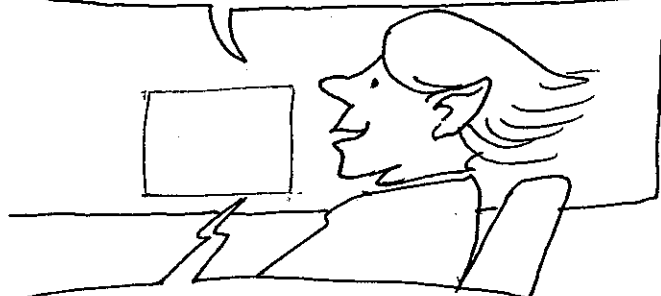


descente normale
manche au neutre"
L'empennage est
légèrement
déporteur (*)

Anselme pique
en poussant sur
le manche =
l'horizon "monte"
et la vitesse croît

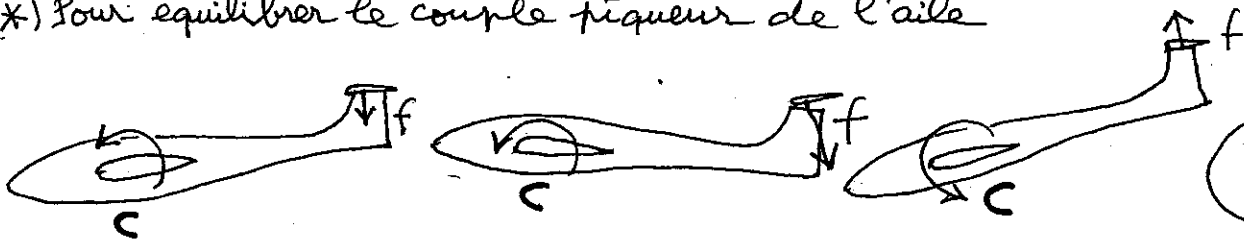
Anselme câbre
en tirant sur le
manche. L'horizon
"descend" et la
vitesse diminue

Je n'ai qu'à me servir du capot
de mon planeur pour contrôler
son **ASSIETTE**. Si l'horizon monte
c'est que je tends à piquer. Si
l'horizon descend, c'est que je
tends à câbrer. La vitesse du
planeur réagit en conséquence.
Assiette à piquer = elle augmente
Assiette à câbrer = elle diminue



le **REPÈRE CAPOT** est une
indication des plus utiles

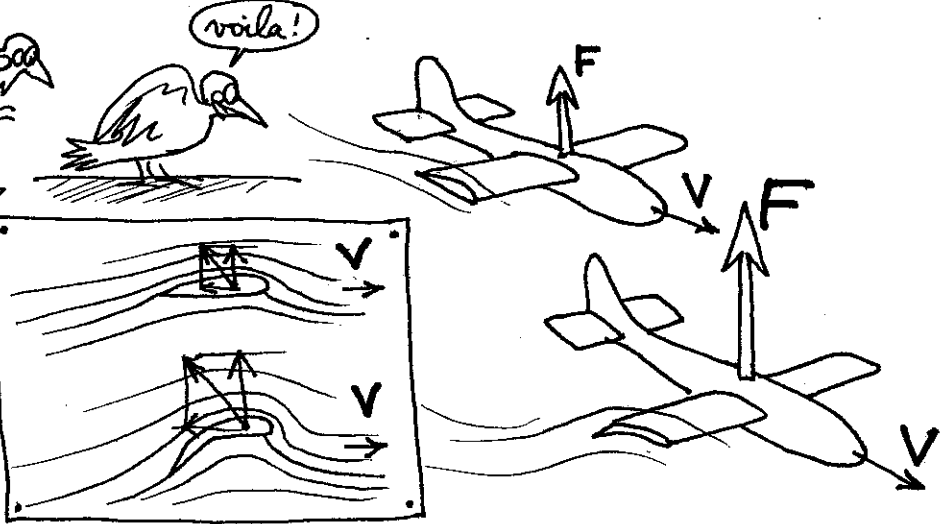
(*) Pour équilibrer le couple piqueur de l'aile



Plus un planeur va vite et plus le bruit dû au frottement de l'aile devient audible, s'intensifie. Quand les instruments de mesure de vitesse n'avaient pas encore été inventés les pilotes de planeur se reconnaissaient parce que leurs oreilles s'allongeaient, par effet d'adaptation

VOLETS DE COURBURE

Bon, pour le contrôle en TANGAGE, ça va. Mais en virage c'est pas ça du tout. En attendant je vais observer les oiseaux, comment ils volent



Au moment de leur atterrissage ils courbent leurs ailes en agissant sur les plumes à l'aide de muscles

En accroissant la courbure de mon PROFIL D'AILE celle-ci procure une force aérodynamique plus grande pour une même vitesse V . Réciproquement, en configurant leurs ailes de cette façon les oiseaux peuvent se PRÉSENTER à plus faible vitesse

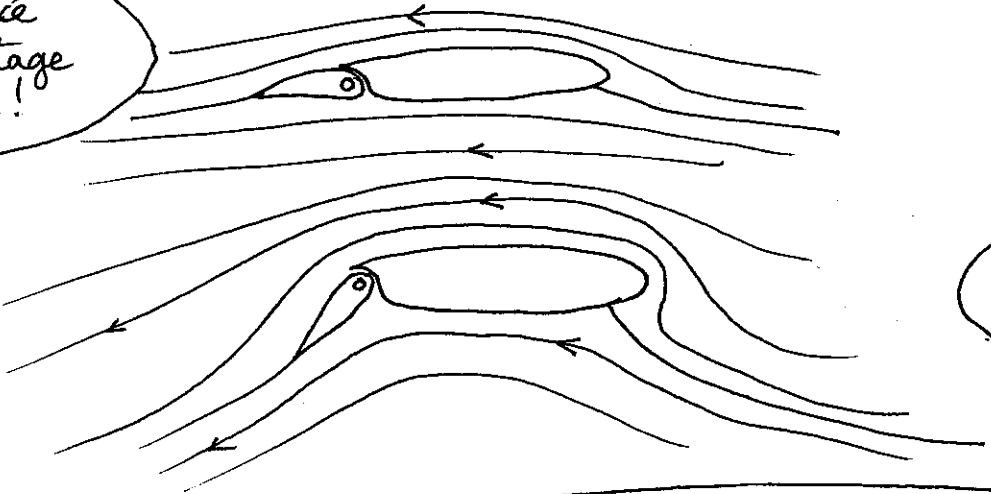


Je ne peux pas plier ces ailes. Par contre je peux rendre la partie arrière articulée

des ailes ... articulées !?!

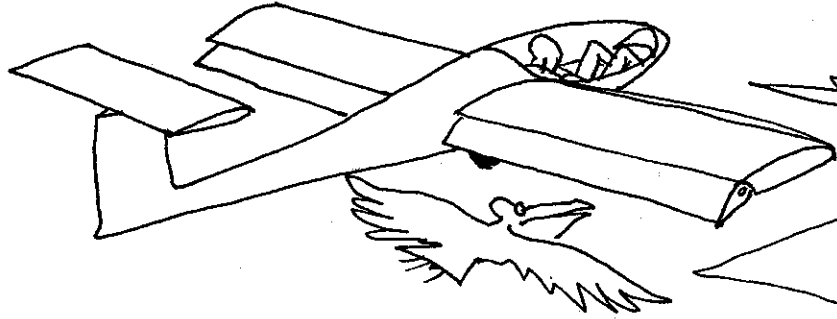


venez voir. Anselme a remplacé les plumes des ailes par un montage comportant une partie articulée!



ce sont des filets d'air

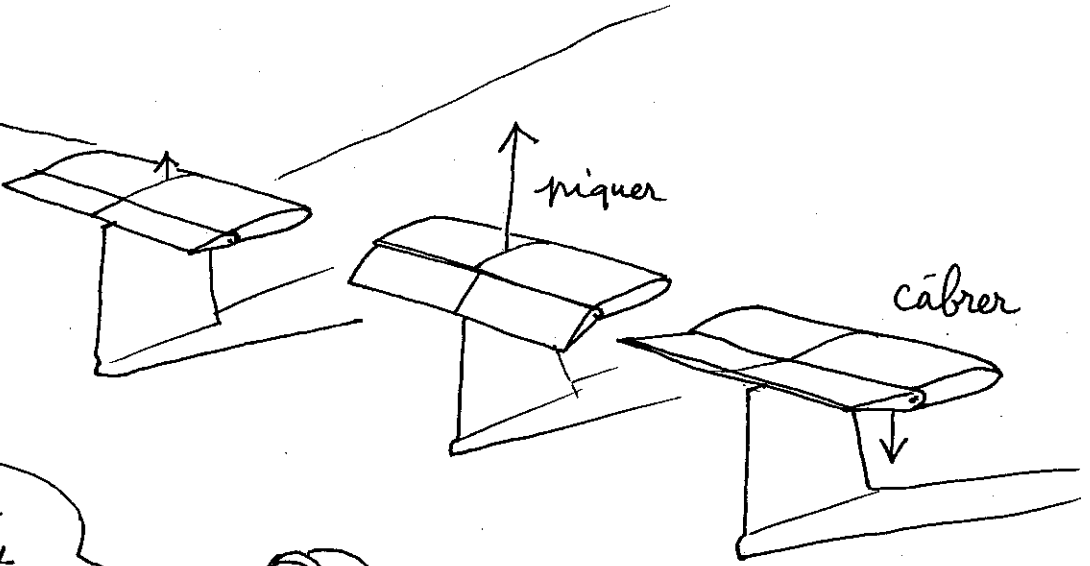
Pour l'atterrissage, la **PRISE DE TERRAIN** c'est déjà beaucoup moins casse-gueule



Mais, pourquoi ne pas généraliser le système d'articulation en en dotant mon empennage horizontal?

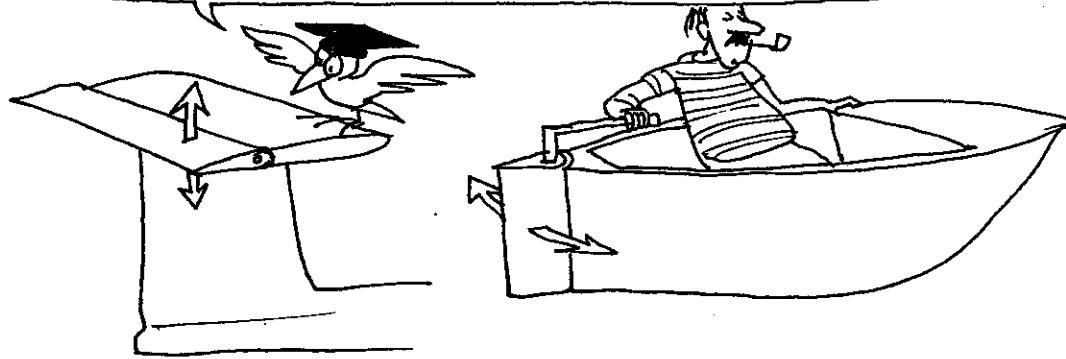


aussitôt dit aussitôt fait



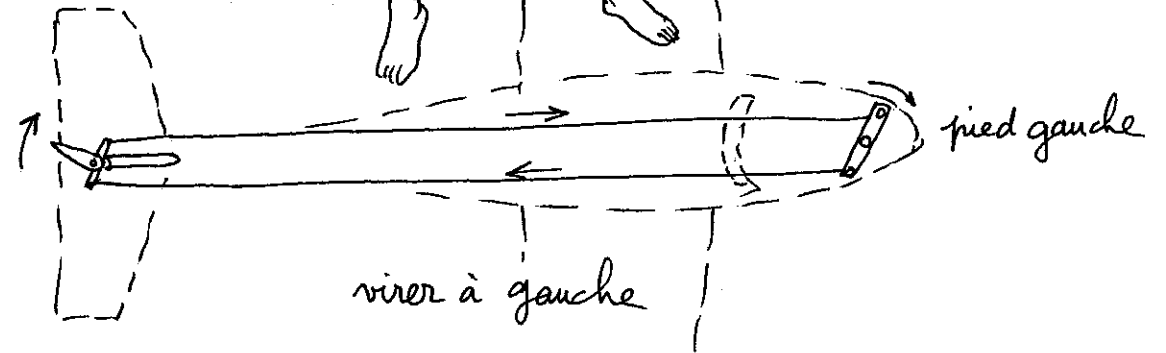
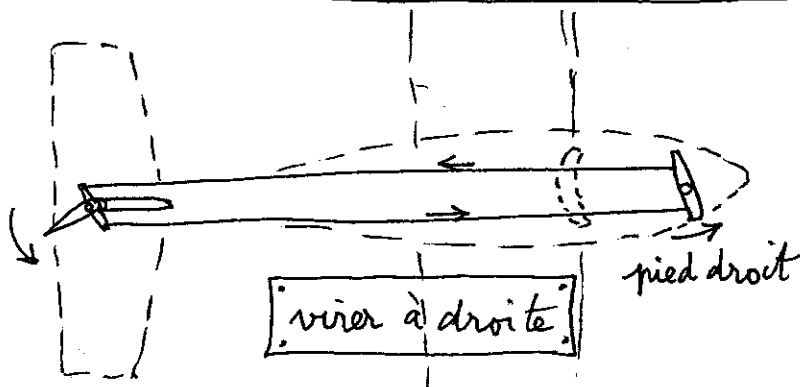
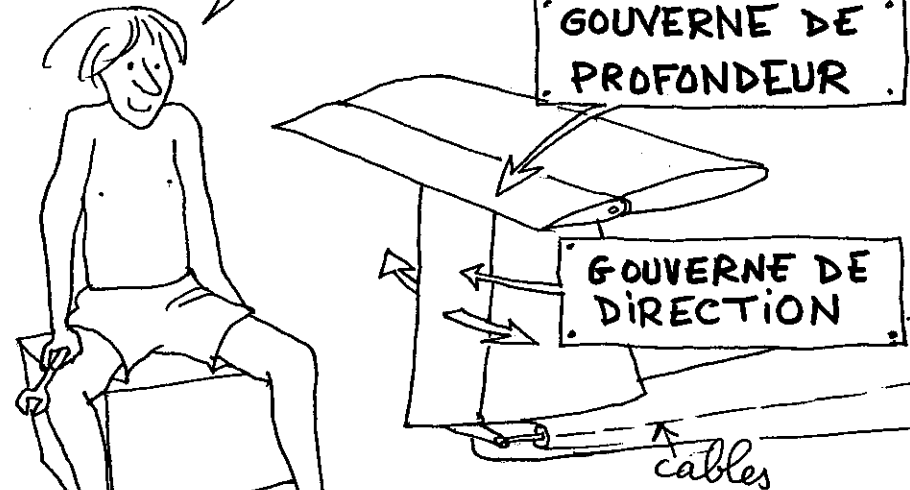
GOUVERNES

En somme, ça marche comme un **GOVERNAIL** de bateau, sauf qu'au lieu de gouverner droite-gauche on gouverne "haut-bas"



mais voilà, la solution ! Je suis en train de m'embêter à essayer de tourner en sortant soit la main droite, soit la main gauche. Je n'ai qu'à doter mon planeur d'une **GOVERNE DE DIRECTION** !

que je commanderai depuis mon **POSTE DE PILOTAGE**, avec mes pieds, en reliant mon gouvernail de direction à un **PALONNIER** par des câbles



alors, comment se porte mon
homme volant préféré

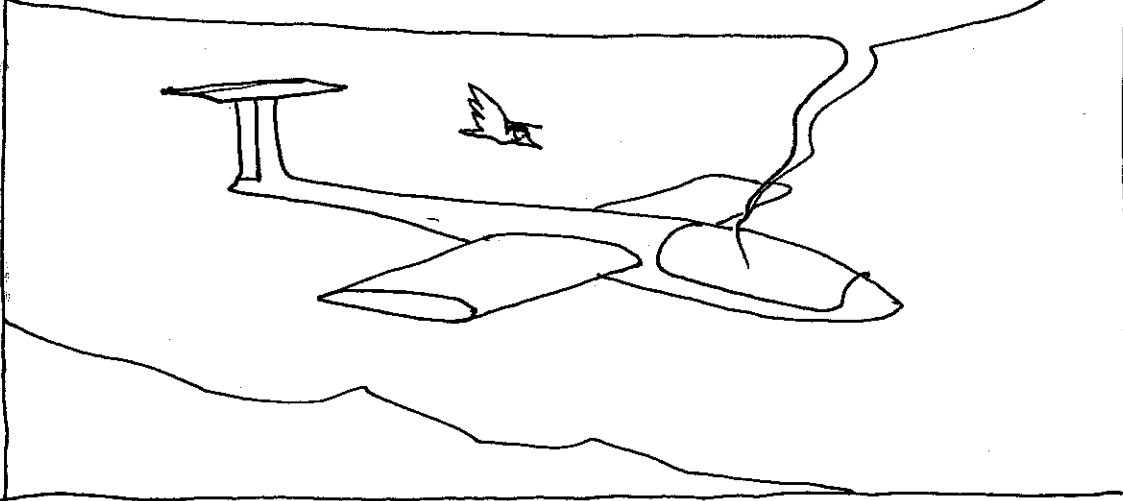
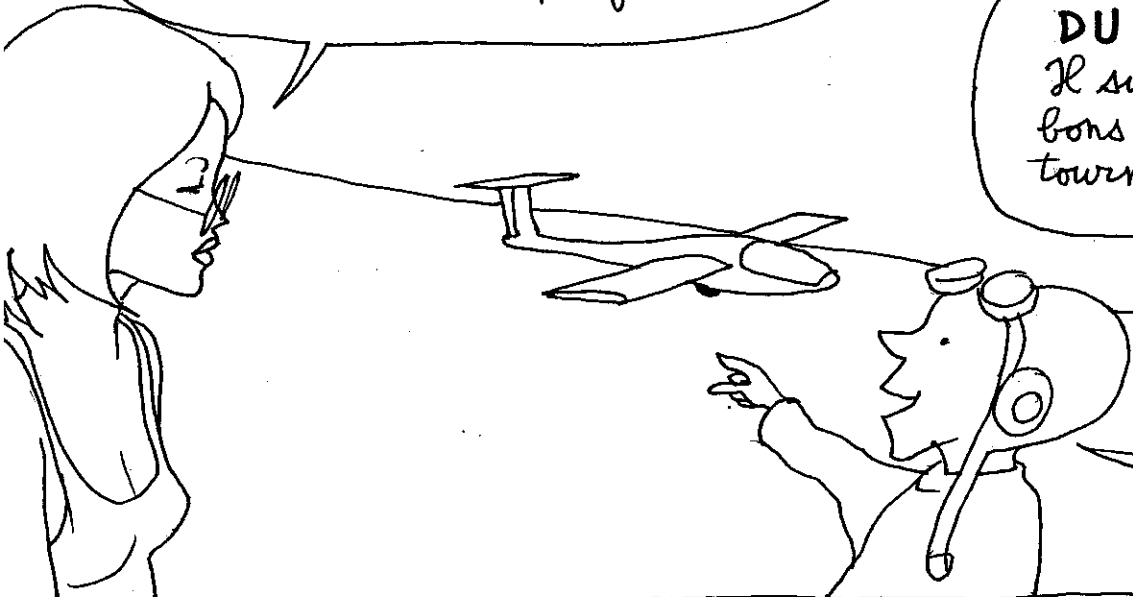
à merveille, Sophie. **LA MÉCANIQUE
DU VOL** n'a plus de secrets pour moi
Il suffit de mettre des gouvernes aux
bons endroits pour monter, descendre
tourner à droite ou à gauche

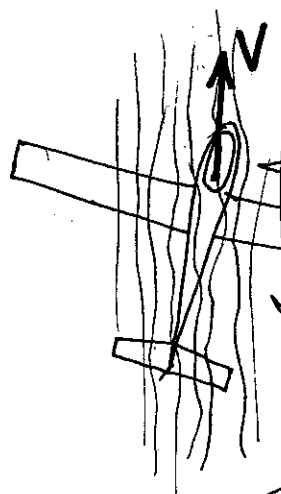
J'ai même construit un planeur
biplace et si tu veux, je t'emmène

Voilà. on décolle dans la pente.. Avec ce
manche à balai je peux monter ou descendre
à volonté et, normalement, grâce au palonnier

Fichtre, je mets du pied à fond
et je ne tourne pas ! le planeur
part en crabe, c'est tout !?!

m'enfin!





réfléchis: Avec ton gouvernail tu as simplement mis ton fuselage de travers. Et comme il n'a aucune prise au vent, **ON AVANCE EN CRABE**, c'est tout...

comprends pas...

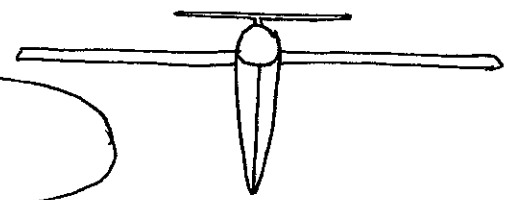


essayez de diriger un bateau à fond plat avec un simple gouvernail: ça ne marche pas

Faudra-t-il donner au fuselage du planeur la forme d'une coque de bateau pour qu'il accepte enfin de tourner?!?



oui, c'est une solution, mais il y a plus simple

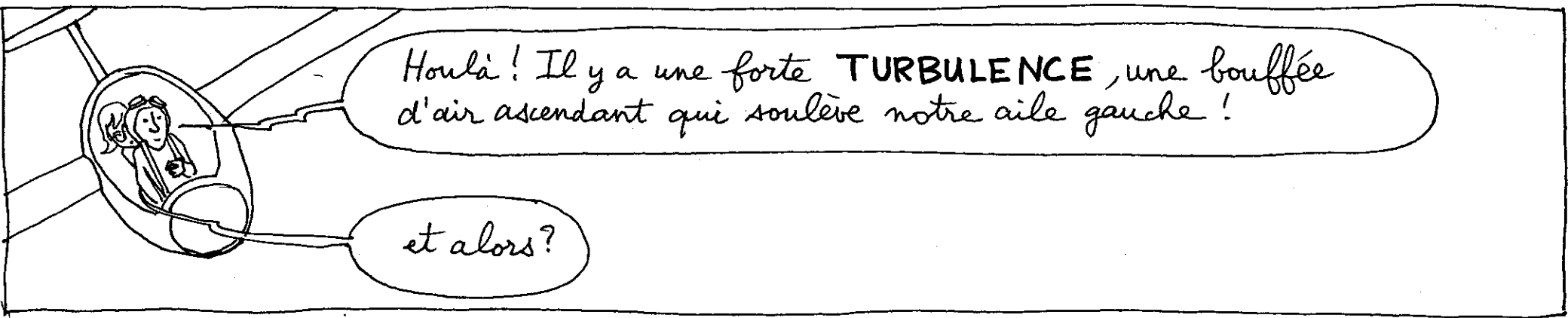


Je pousse sur la barre

et...rien!?

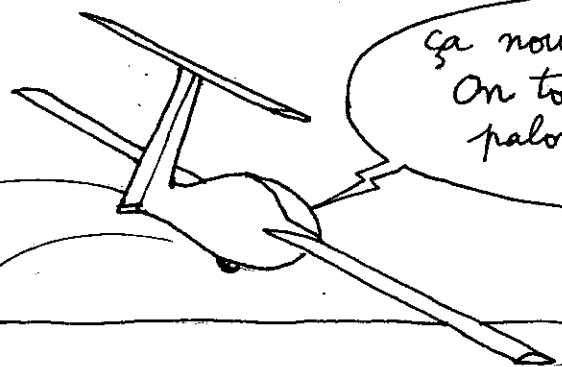


Je ne fais que **DÉRAPER** sur l'eau, à plat et de travers. Il me faudrait une **DÉRIVE** une **QUILLE**



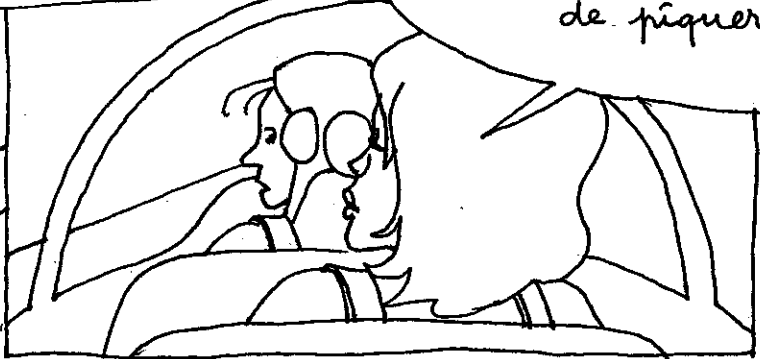
Houla! Il y a une forte **TURBULENCE**, une bouffée d'air ascendant qui soulève notre aile gauche!

et alors?

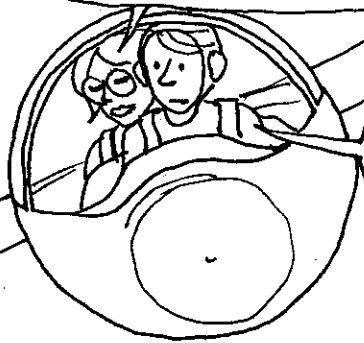


ça nous fait tourner à droite
On tourne, alors que le
palonnier est au neutre ?

tout ceci mérite explication.
Mais commence par tirer légèrement
sur le manche pour l'empêcher
de piquer du nez !



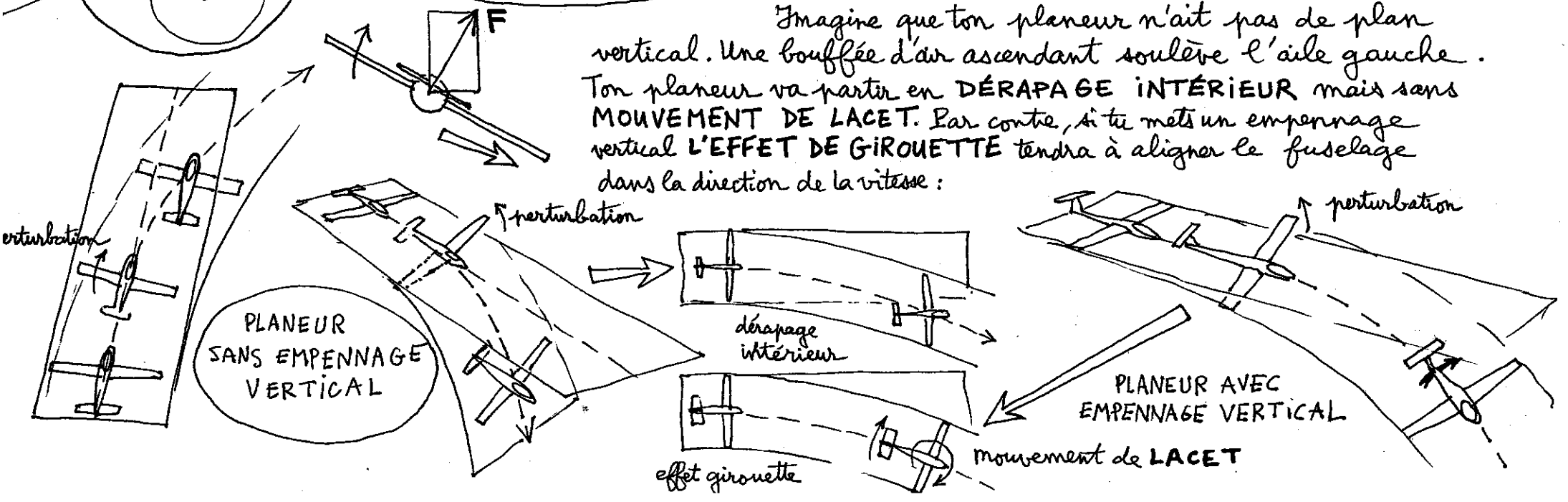
c'est ton empennage vertical
qui te fait tourner



je ne comprends pas, puisqu'il
est dans le plan de symétrie
de l'appareil

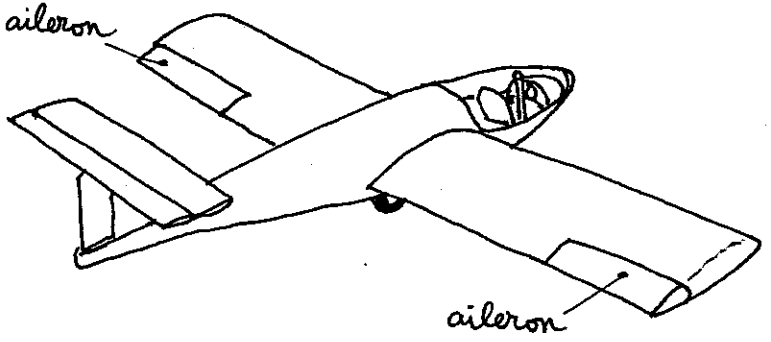
L'INCLINAISON

Imagine que ton planeur n'ait pas de plan vertical. Une bouffée d'air ascendant soulève l'aile gauche. Ton planeur va partir en **DÉRAPAGE INTÉRIEUR** mais sans **MOUVEMENT DE LACET**. Par contre, si tu mets un empennage vertical **L'EFFET DE GIROUETTE** tendra à aligner le fuselage dans la direction de la vitesse :

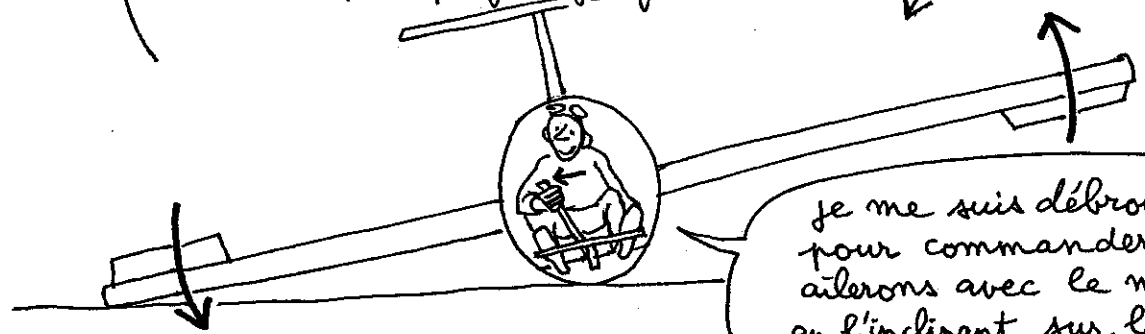
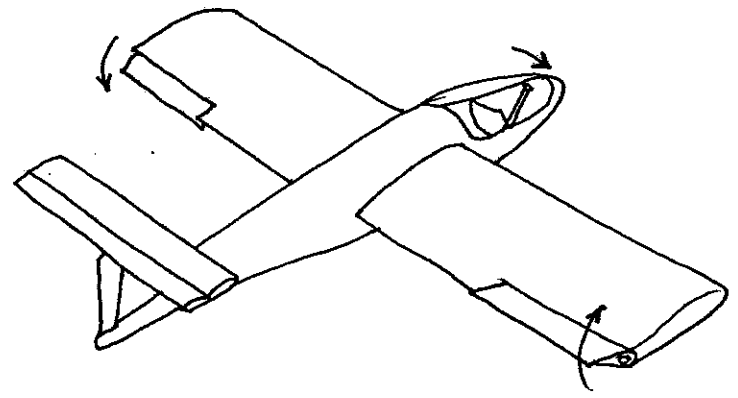


AILERONS

Si l'**INCLINAISON** est ce qui fait virer le planeur alors je peux la provoquer en changeant la courbure du profil à l'aile de volets : des **AILERONS**, braqués de manière différentielle



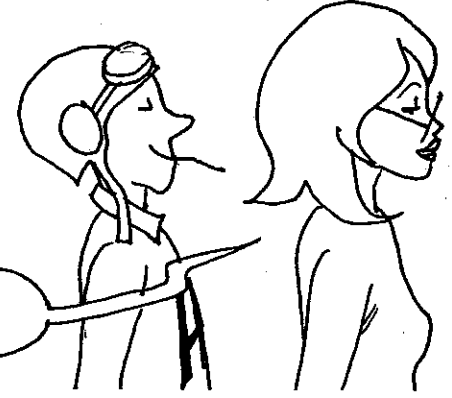
- Portance, aileron non braqué
- Portance accrue, braquage positif
- Déportance, braquage négatif



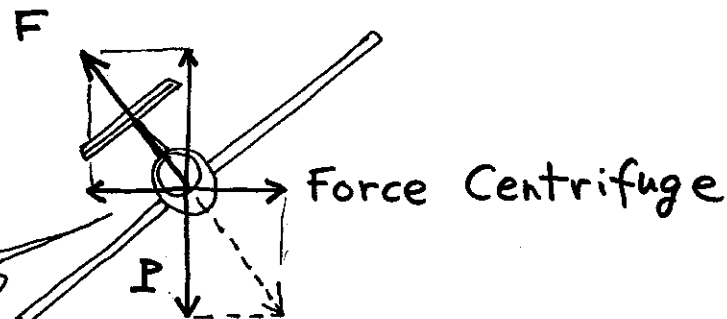
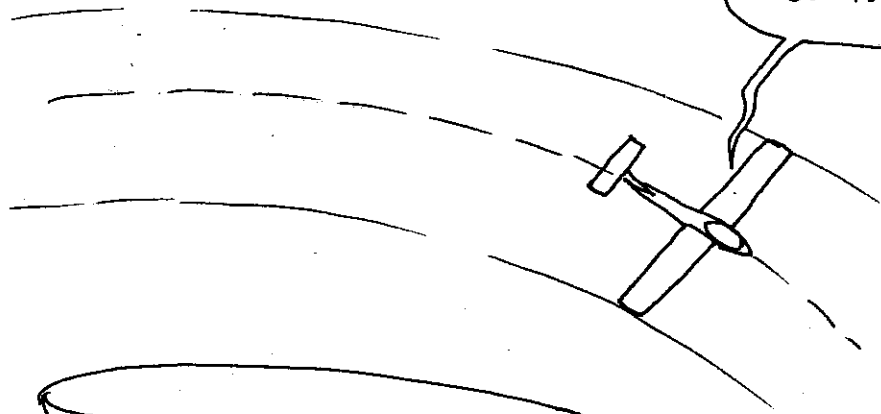
je me suis débrouillé pour commander ces ailerons avec le manche, en l'inclinant sur la droite ou sur la gauche

Bon, je vais pouvoir incliner mon aile en manœuvrant ces ailerons à l'aide du manche. Puis, par effet girouette, mon plan vertical va enclencher le virage, et je tirerai un peu sur le manche pour conserver mon **ASSIETTE** pour empêcher mon planeur de s'enfoncer, de piquer du nez

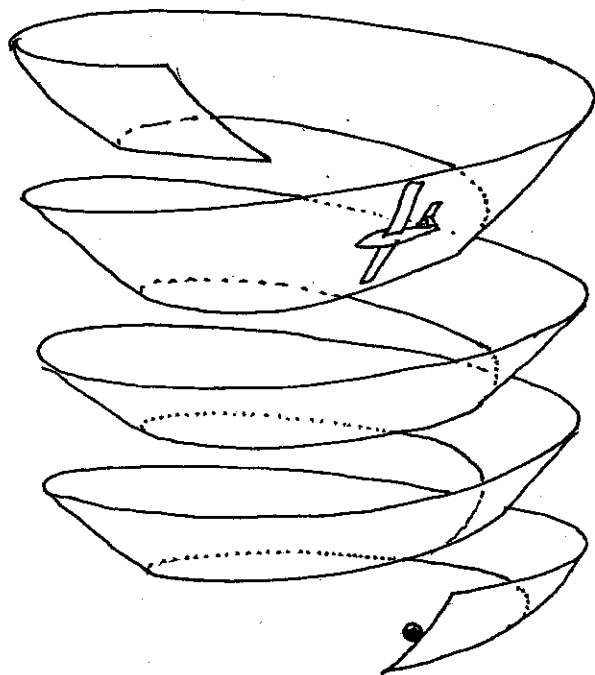
tant qu'à faire, mets un peu de pied pour amorcer le virage, ça aidera



et hop! ça marche. Virage enclenché



et tu vois, après, ton planeur vire presque tout seul. Tu te sers juste de tes commandes pour équilibrer ton virage



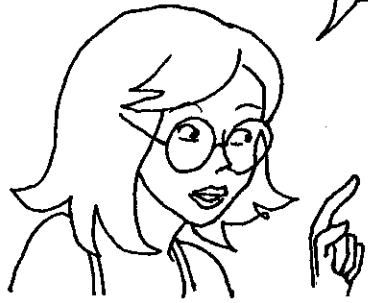
si le virage est bien équilibré, le planeur doit glisser comme une bille qui cheminerait le long d'une gouttière enroulée en spirale, ou comme une luge qui filerait sur de la glace sans déraper, ni à droite, ni à gauche



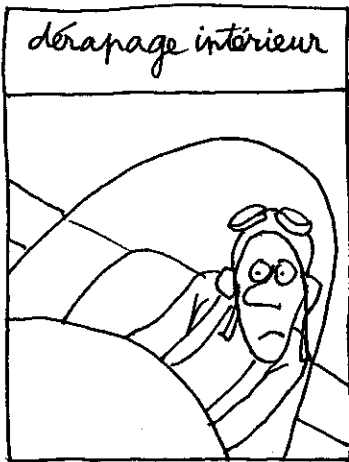
mais comment savoir si on est en dérapage extérieur ou en dérapage intérieur vis à vis de quelque chose qu'on ne voit pas = de l'air

CONTROLE DU VIRAGE

le premier instrument, c'est le **CORPS**, qui perçoit très bien le mouvement de **DÉRAPAGE**



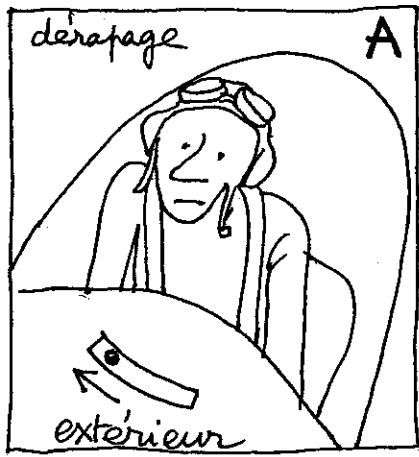
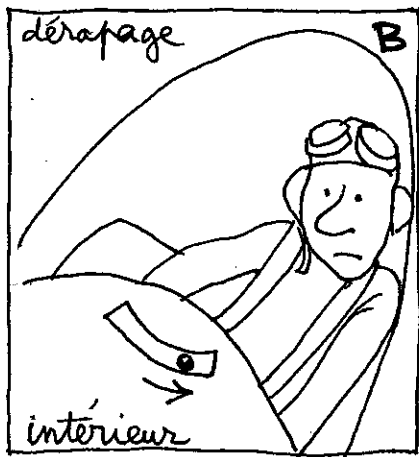
Premier instrument: **LA BILLE**



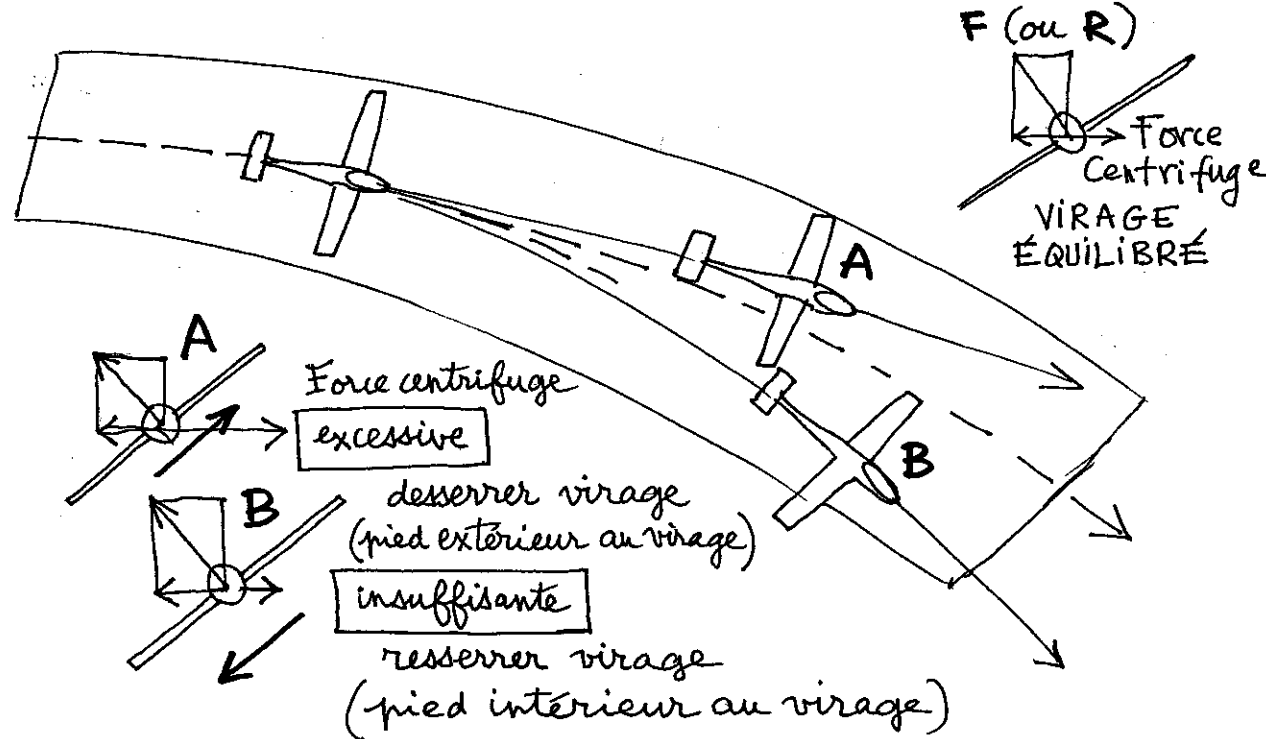
en fait c'est beaucoup plus léger et il faut une certaine habitude de pour **PILOTER AUX FESSES**



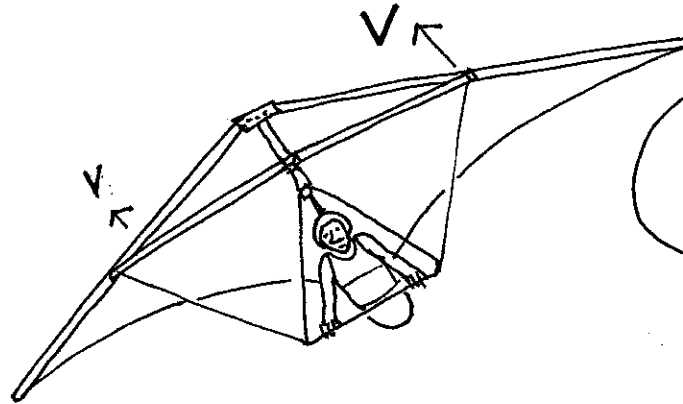
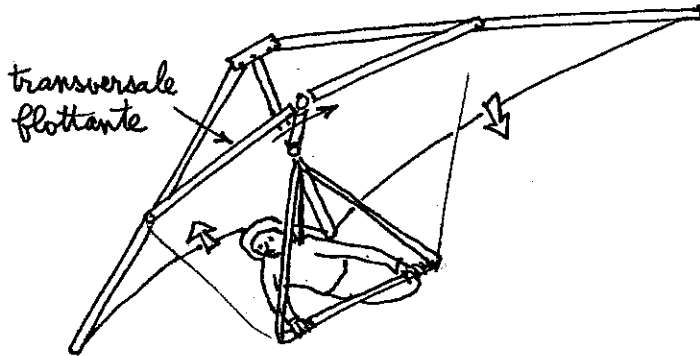
Il s'agit d'un tube en verre courbé, rempli d'huile, à l'intérieur duquel on place une bille



la bille glisse dans le sens où s'effectue le **DÉRAPAGE**



PETITE DIGRESSION CONCERNANT LES AILES DELTA (voir page 16)



mais comment contrôle-t-il son virage? Est-ce qu'il a une ... bille?

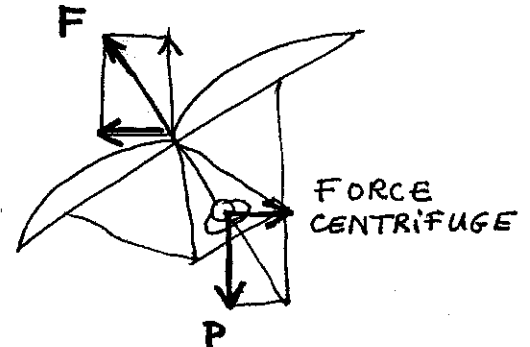


le pilote de delta déporte son poids pour enclencher son virage

Une fois le virage enclenché, l'inclinaison joue son rôle. Elle se maintient parce que l'aile extérieure se déplace un peu plus vite

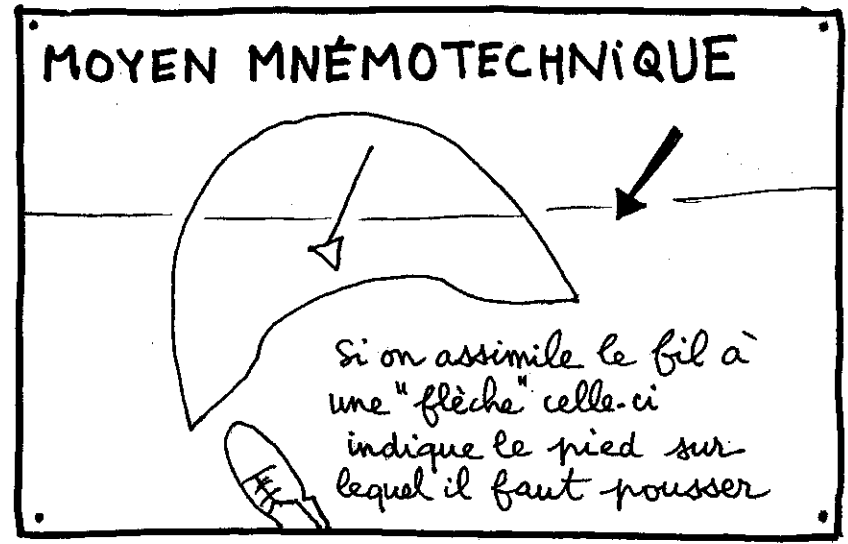
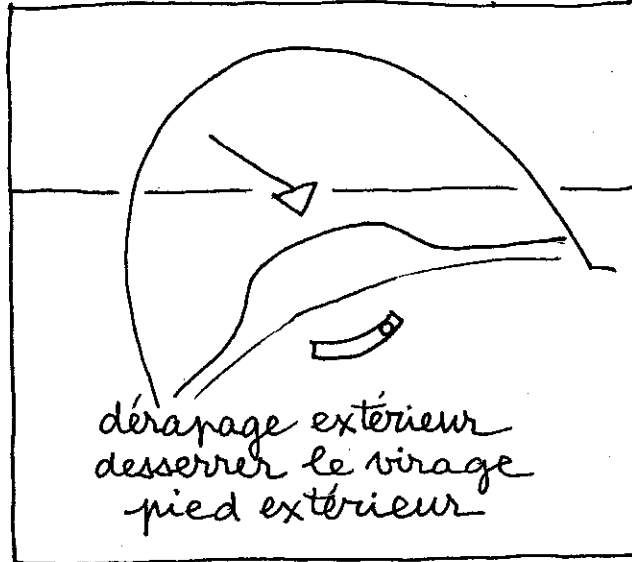
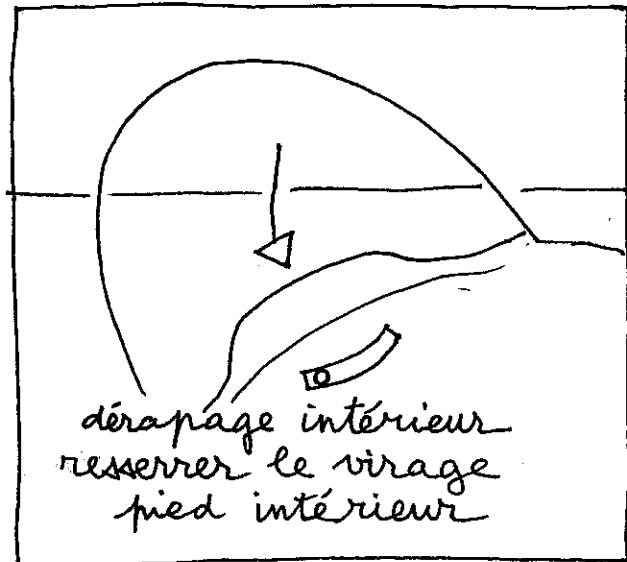


le pilote de delta n'a pas besoin de bille **PUISQUE LA BILLE.... C'EST LUI!**...
Le virage s'accroît jusqu'à ce que la force centrifuge mette le corps du pilote dans le plan de symétrie de la machine où le système de transversale flottante le maintient automatiquement



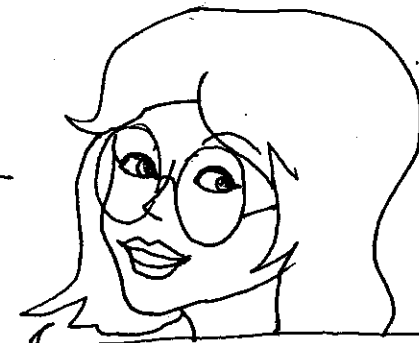
La force centrifuge équilibre la composante radiale de la force aérodynamique

LE FIL DE LAINE



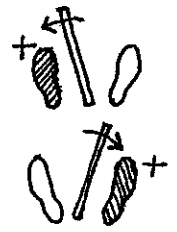
CONJUGUER LES COMMANDES

quand on engage un virage, qu'on se remet en ligne droite, qu'on ~~resserre~~ ou qu'on desserre un virage il faut agir simultanément sur le pied et sur le manche



cela s'appelle conjuguer les commandes

- *manche à gauche, pied à gauche
- *manche à droite, pied à droite

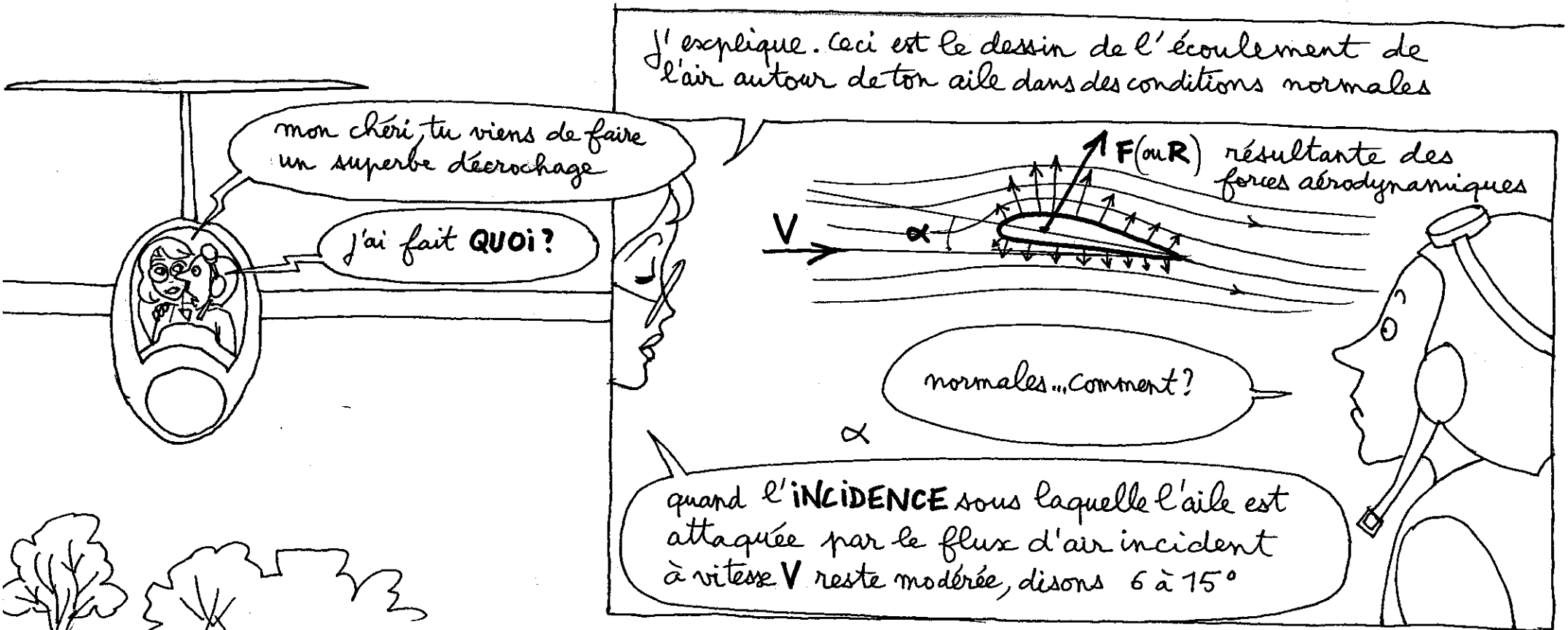
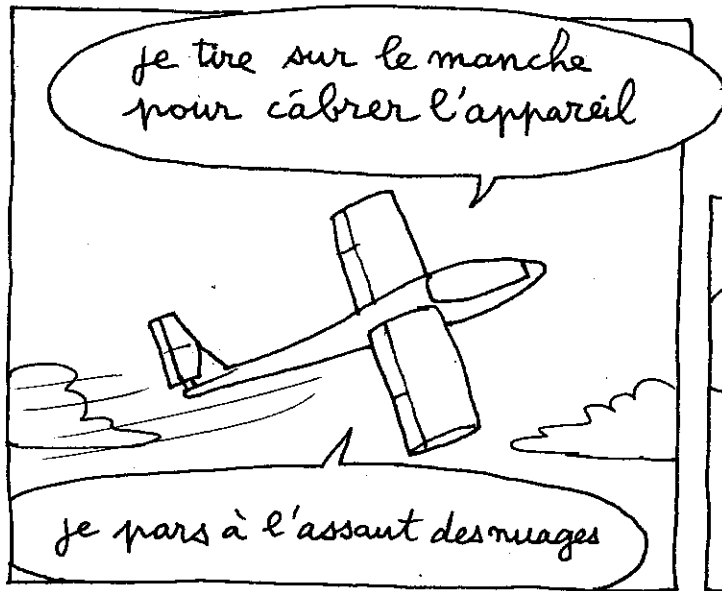


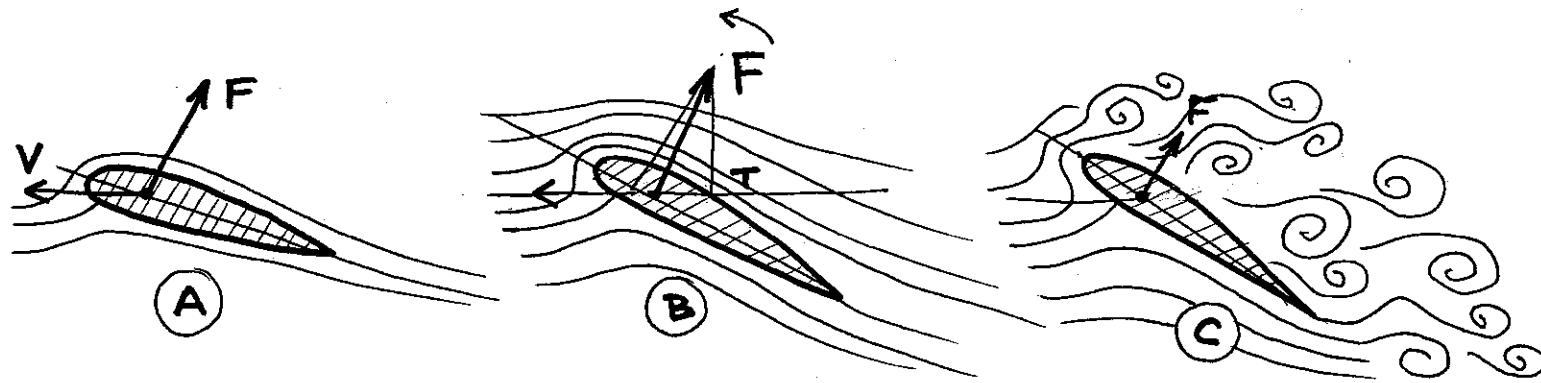
grâce à ces commandes le planeur m'obéit maintenant au doigt et à l'œil

je pousse sur le manche je prends de la vitesse

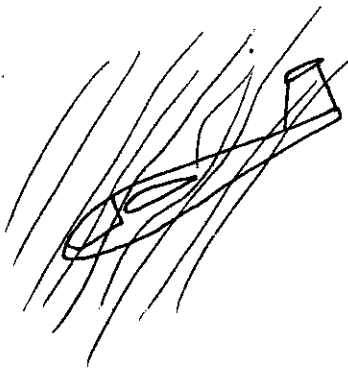


DÉCROCHAGE



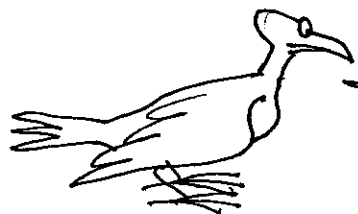


- En **A**, une configuration de vol normale
- En **B**, vol aux grands angles. La force aérodynamique se projette toujours sur la direction de la vitesse V en donnant une traînée T , mais le basculement vers l'avant de cette force F fait qu'elle se projette vers l'avant du plan de l'aile.
- En **C** l'air ne parvient plus à contourner la partie antérieure du profil de l'aile. Sous l'effet de la force centrifuge l'écoulement **DÉCROCHE**. La portance s'effondre. Le planeur "salue", pique du nez

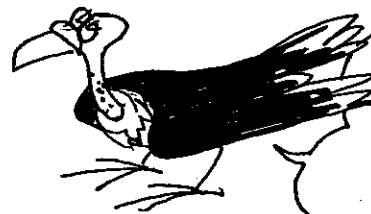


après une **ABATTÉE** le planeur reprend naturellement de la vitesse. L'écoulement se **RECDLE** sur le profil. La portance réapparaît brutalement, du fait du gain de vitesse V . Quand le pilote sent que son planeur décroche, s'enfoncé il peut accélérer ce retour à une configuration normale en piquant légèrement, en poussant sur le manche, en **RENDANT LA MAIN**

la Direction



ça t'es déjà arrivé de décrocher, toi?



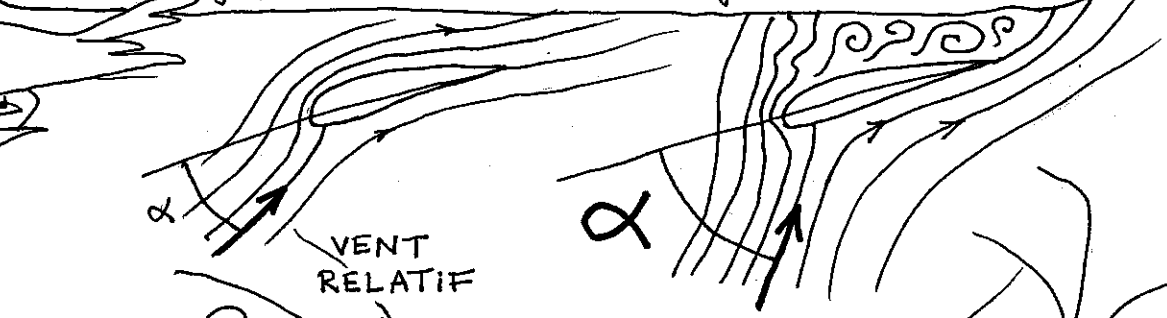
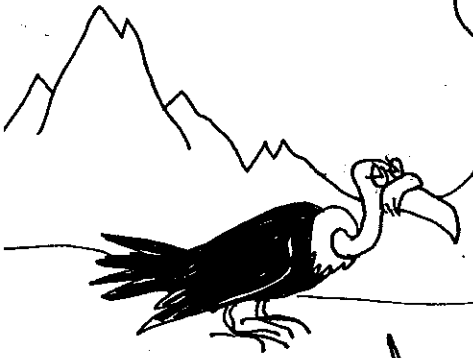
ouaip! Au dessus des Andes J'ai été pris dans une bouffée d'air ascendant, qui a provoqué un **DÉCROCHAGE DYNAMIQUE**

AUTOROTATION



je spiralisais tranquille, cherchant un truc sympa à bouffer, une carcasse. Quand tout d'un coup, je te raconte pas !!

tu as décroché parce que le VENT RELATIF a changé, que ça a accru l'angle d'incidence?



ouaip. Mais comme l'aile intérieure au virage est plus lente, c'est elle qui a décroché. Alors tout a basculé. Ça tournait, malheur de moi!



tirer sur le manche? surtout pas!



l'aile extérieure marche aux grands angles. La force **F** tire cette aile et entretient cette **AUTOROTATION**

il faut que je fasse quelque chose, mais quoi?

on perd cent mètres par tour!

contrer aussitôt à fond
au pied et piquer pour
reprendre de la vitesse

trop incliné
trop lent

début de
l'autorotation

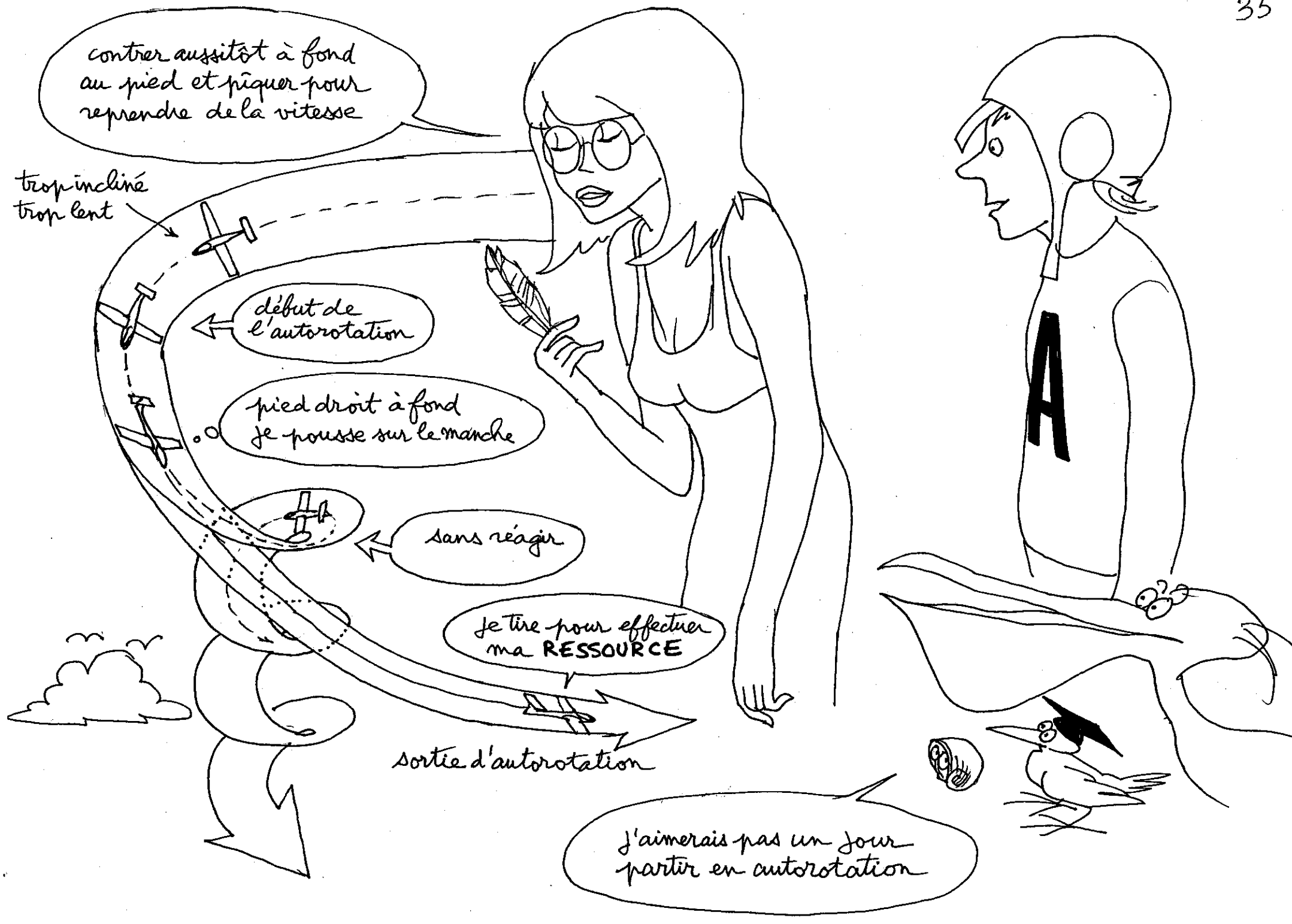
pied droit à fond
je pousse sur le manche

sans réagir

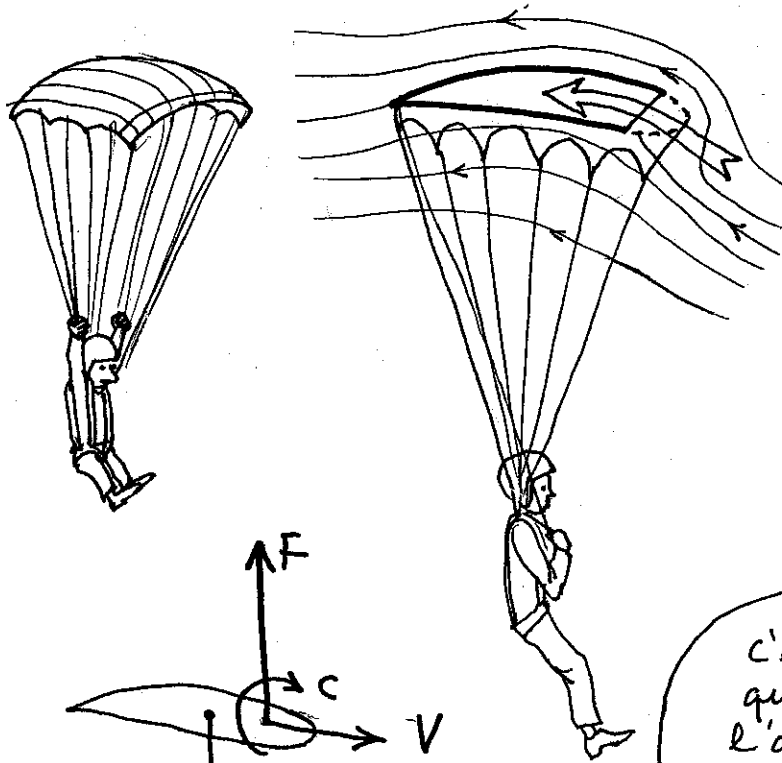
Je tire pour effectuer
ma **RESSOURCE**

sortie d'autorotation

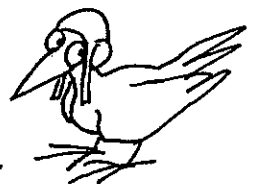
J'aimerais pas un jour
partir en autorotation



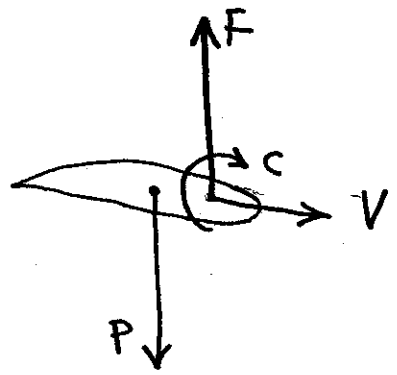
PARAPENTE: QUAND LA VOILE PEUT DEVENIR UN LINCÉUL



Le parapente est une extrapolation du **PARACHUTE À CAISSONS** qui a remplacé l'antique parachute hémisphérique (*) qui n'est plus aujourd'hui utilisé que comme parachute de secours



C'est le centrage médian du pilote qui équilibre le couple piqueur de l'aile. Le gonflement du profil est assuré grâce à la surpression à la partie antérieure de l'aile, fait d'un tissu à mailles larges

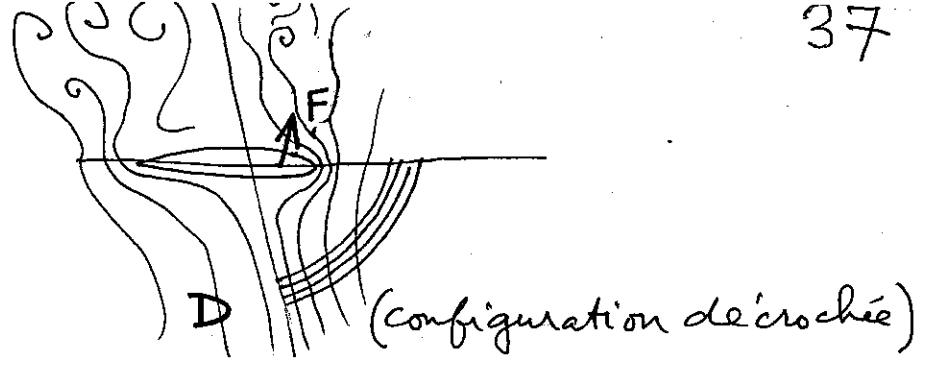
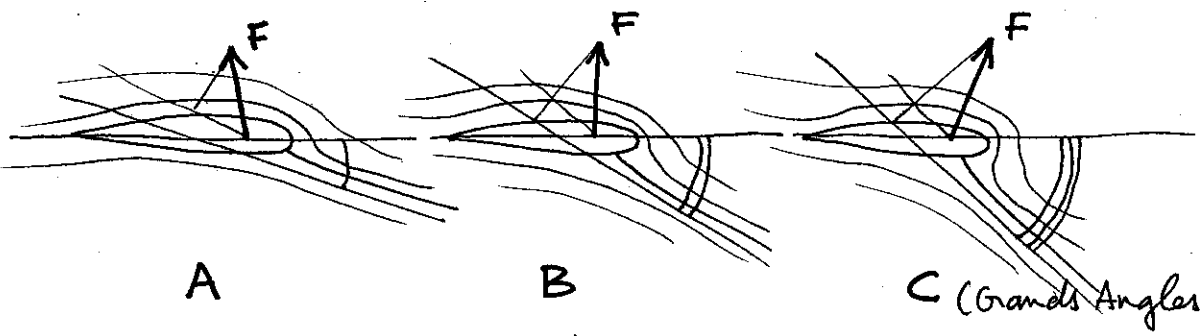


le port du parachute est obligatoire sur les planeurs collision de planeurs:



(*) Descend verticalement à 6m/s.

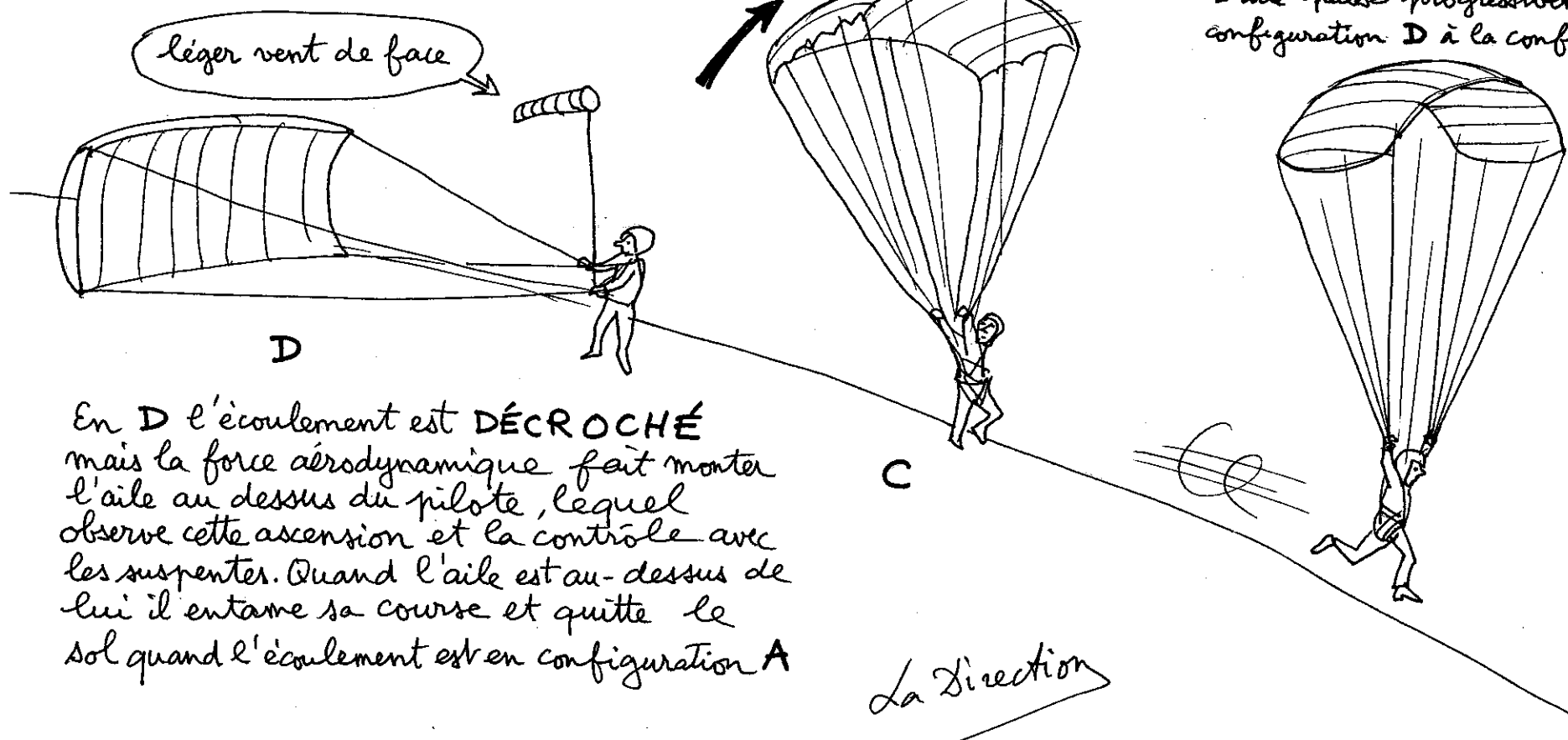
Vitesse de descente des parachutes à caissons : 2,5 m/s



On sait que quand l'incidence (la direction du VENT RELATIF) croît, la force aérodynamique agissant au FOYER de l'aile, à 25% de sa CORDE bascule progressivement vers l'avant. L'écoulement finit par DÉCROCHER. La force diminue mais RESTE DIRIGÉE VERS L'AVANT DU PROFIL

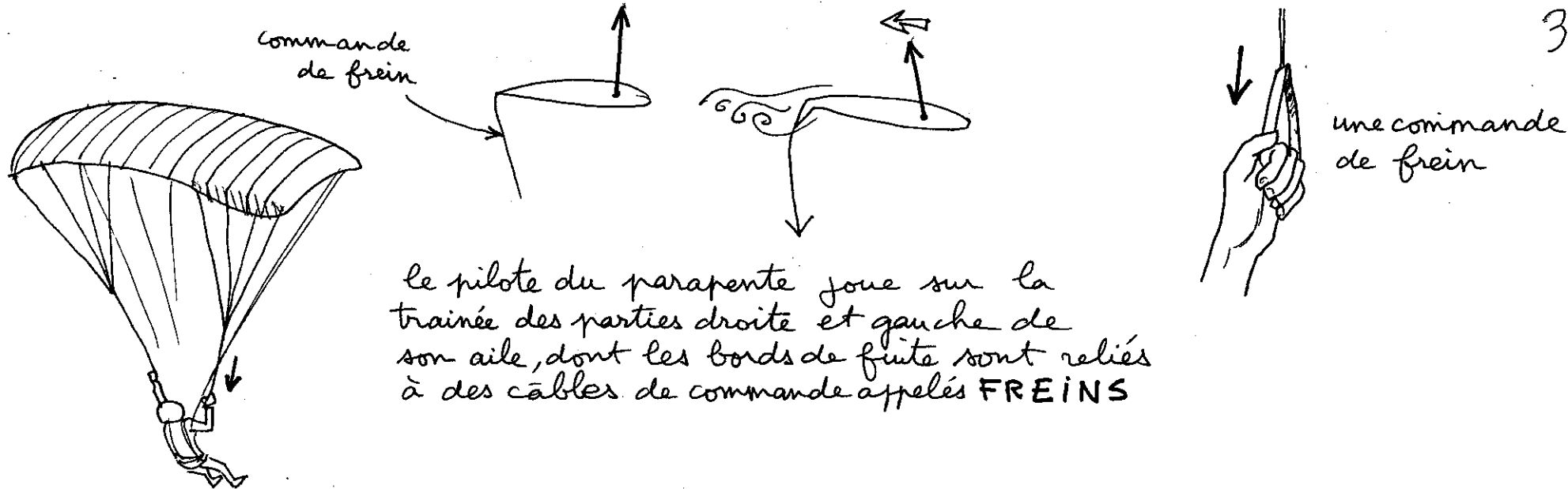
LE DÉCOLLAGE EN PARAPENTE

L'aile passe progressivement de la configuration D à la configuration A



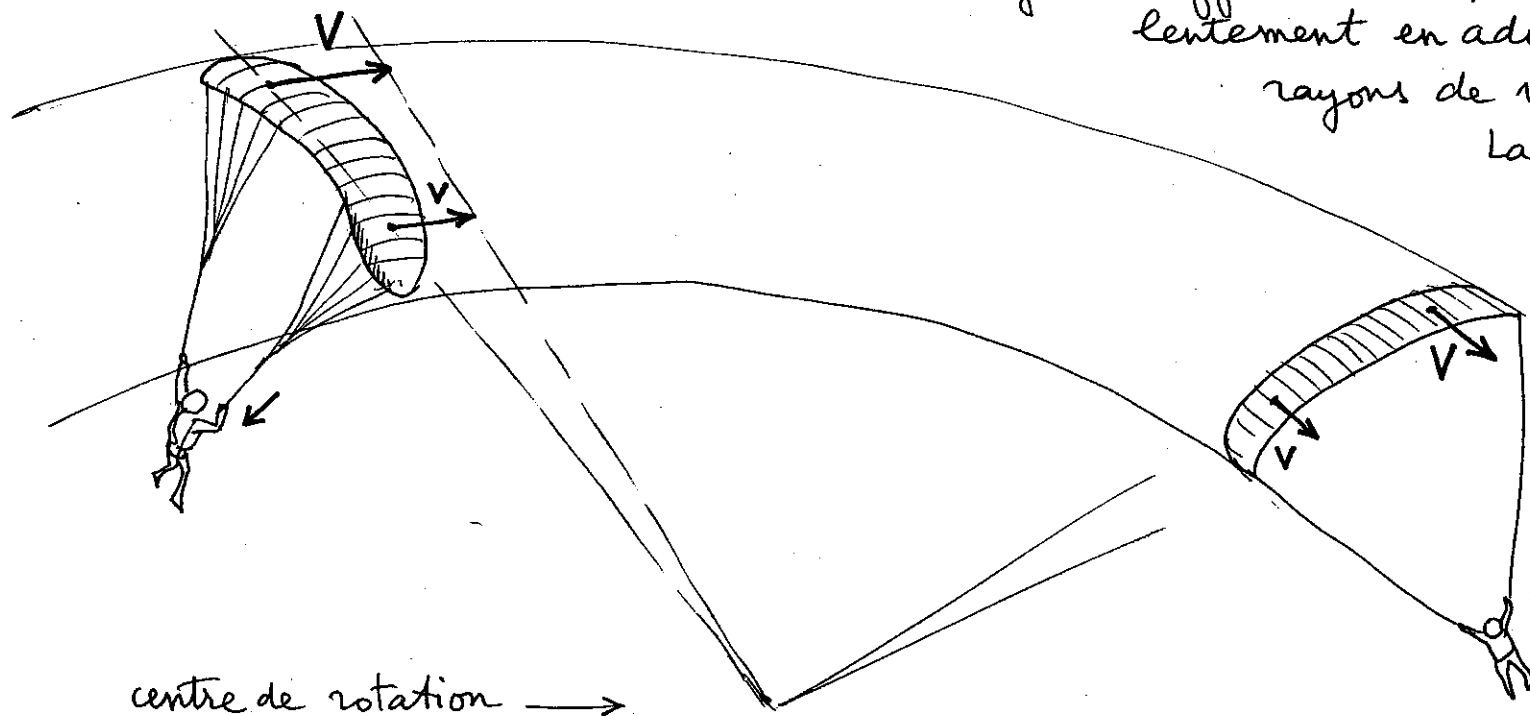
En D l'écoulement est DÉCROCHÉ mais la force aérodynamique fait monter l'aile au dessus du pilote, lequel observe cette ascension et la contrôle avec les suspentes. Quand l'aile est au-dessus de lui il entame sa course et quitte le sol quand l'écoulement est en configuration A

La Direction

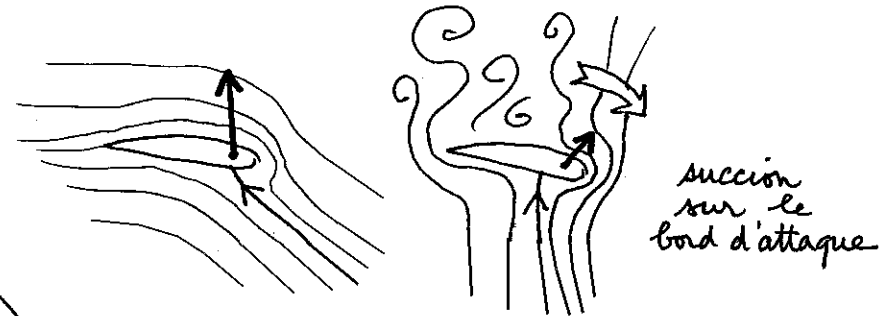
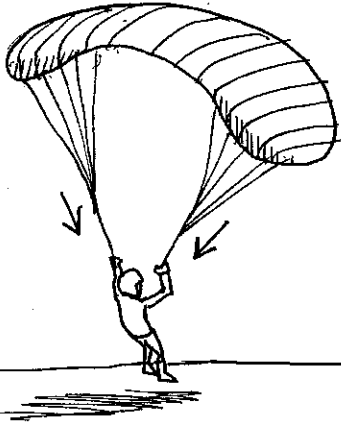


Ici le pilote tire sur son frein droit. Il accroît la **TRAINÉE** de la partie droite de sa voile. Ceci entraîne une mise en virage très efficace. Les parapentes volent lentement en adoptent aisément des rayons de virage très faible.

La partie extérieure de l'aile, plus rapide se soulève
(**ROULIS INDUIT**)



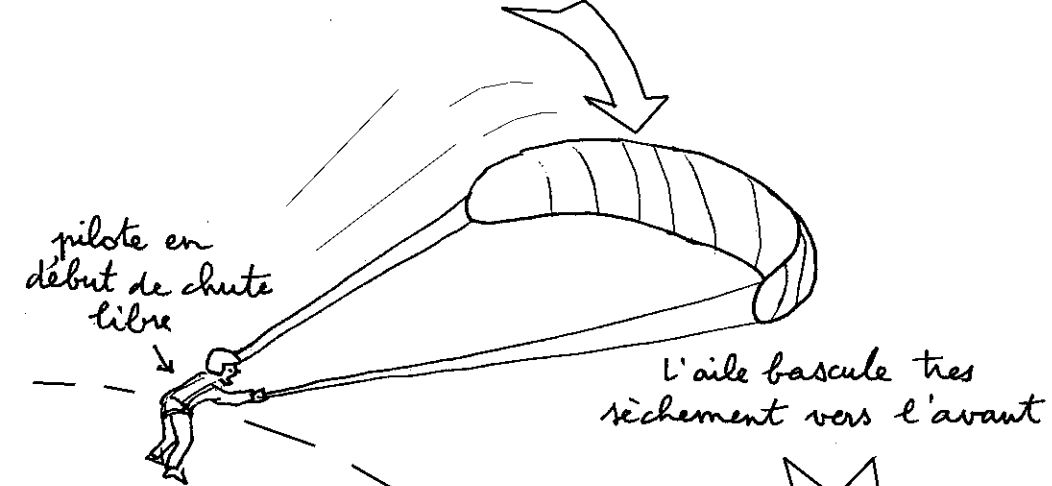
En tirant sur les deux freins à la fois il pourra ralentir son aile jusqu'à sa **VITESSE DE DÉCROCHAGE**. C'est une manoeuvre qu'il fera juste avant de retrouver le contact avec le sol à l'**ATTEIRISSAGE**, pour annuler sa vitesse



Mais en dehors de cela, cette manoeuvre est **TRÈS DANGEREUSE**. Elle peut en outre survenir sous l'effet d'une violente **RAFALE ASCENDANTE** provoquant un **DÉCROCHAGE DYNAMIQUE**

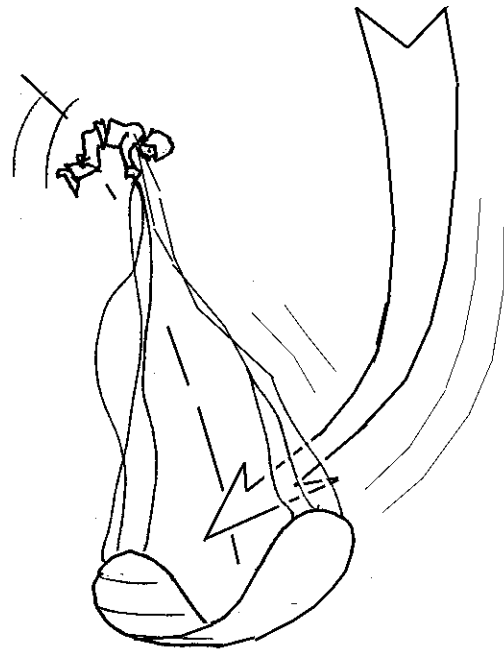


Décrochage dynamique lors d'un vol dans une **ATMOSPHÈRE TURBULENTE** en milieu de journée



le basculement de la force aérodynamique vers l'avant du profil propulse l'aile, à inertie quasi-nulle, vers l'avant, très vite.

Si le pilote ne contrarie pas ce mouvement (*) en freinant immédiatement sa voile, celle-ci passe sous lui.

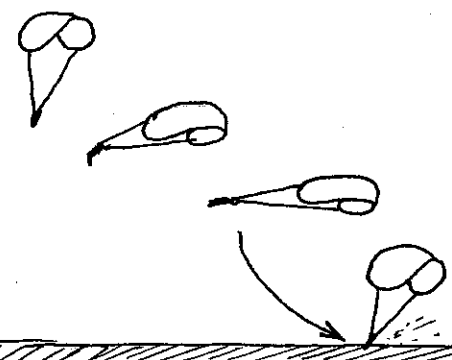


IL TOMBE DEDANS ET SE TUE

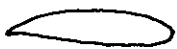



(*) le débutant, non averti
a au contraire tendance à... tout lâcher !

Si l'incident se produit près du sol et si le parapentiste a la chance de ne pas se retrouver dans sa voile, une ressource très violente pourra lui faire reprendre très violemment contact avec le sol

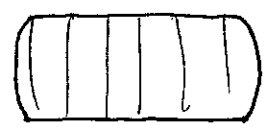


chevilles, genoux explosés vertèbres brisées

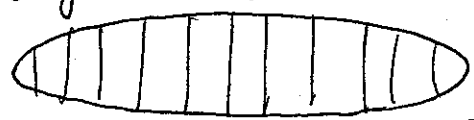
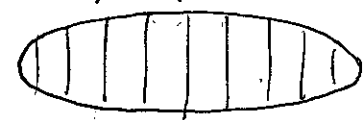
Dans les sports aériens un compromis doit être négocié entre **PERFORMANCE** et **SÉCURITÉ**. Un profil plat  \rightarrow  permet des vitesses plus élevées, ce qui on recherchera pour aller d'une ascendance à une autre. Mais plus le profil est plat... plus le décrochage est brutal. Les concepteurs cherchent également à accroître la **FINESSE** (*) (dont il sera question plus loin) et pour ce faire accroissent l'**ALLONGEMENT** des parapentes, les rendant vulnérables au **REPLIS DE VOILURE** dans des **TURBULENCES**, qui se traduisent par une perte d'altitude de **50m** minimum avant **RÉOUVERTURE**



parachute à caissons



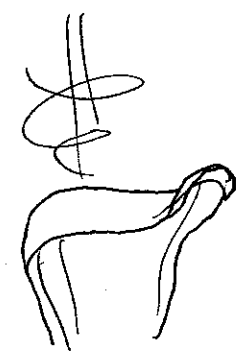
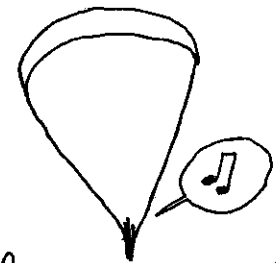
parapente à allongement croissant



ma finesse? euh...









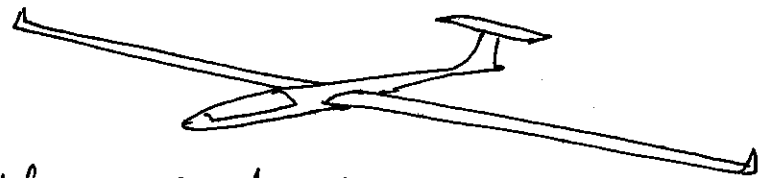
milieu de journée
beau ciel bleu
sans prévenir...



(*) A partir d'une hauteur R
on peut franchir la
distance $d = f R$
 f étant la **FINESSE**

cette course à la performance affecte également le monde des "delta"

		
1975	1985	Actuellement
		
simple surface		double surface (avec lattes)
25 km/h finesse 3 ↓ 2,5 m/s	35-70 km/h finesse 7 ↓ 1,8 m/s	40-100 km/h finesse 10 ↓ 1 m/s



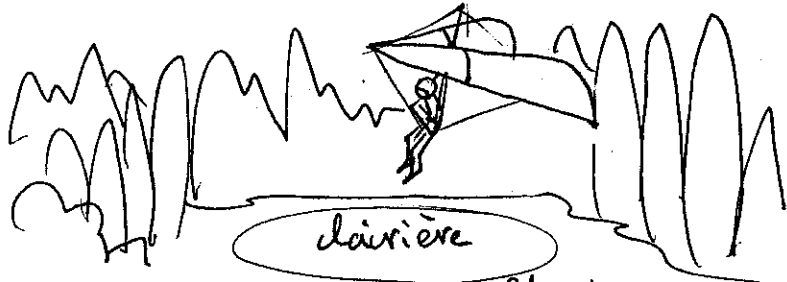
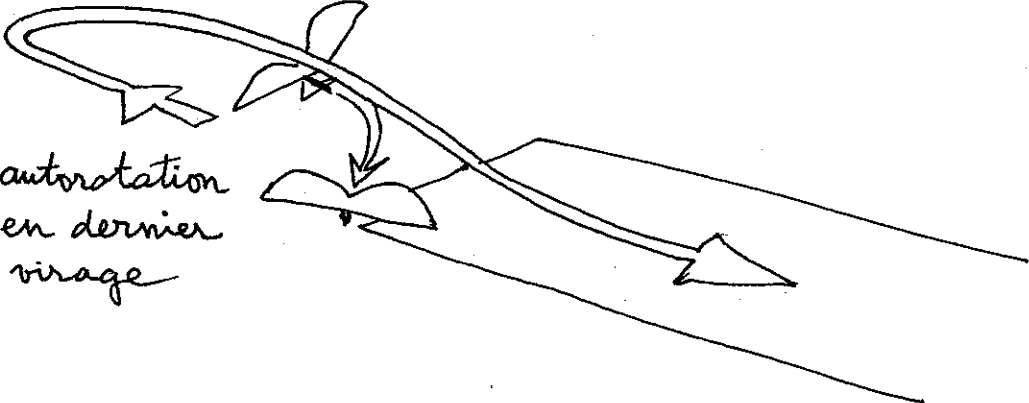
planeurs modernes
65-90-170 km/h
 finesse 20 à 60
 ↓ 0,5 m/s allongement 20 à 35

un bon compromis doit être trouvé entre la performance et la sécurité. les premiers deltas ne pouvaient pas décrocher dissymétriquement. les "delta" modernes, à fort allongement et profils biconvexes se comportent comme des ailes classiques et, lors d'un décrochage en virage peuvent donc partir en **AUTOROTATION**



6 m/s
 descente
 parachutale

virage en "Finale"



les premiers "deltas" pouvaient parachuter, descendre verticalement

DOMAINE DE VOL



- On a trois éléments
- 1- Les conditions aérologiques
 - 2- La machine
 - 3- Le pilote

Il y a des conditions aérologiques qui excluent l'envol de certaines machines volantes

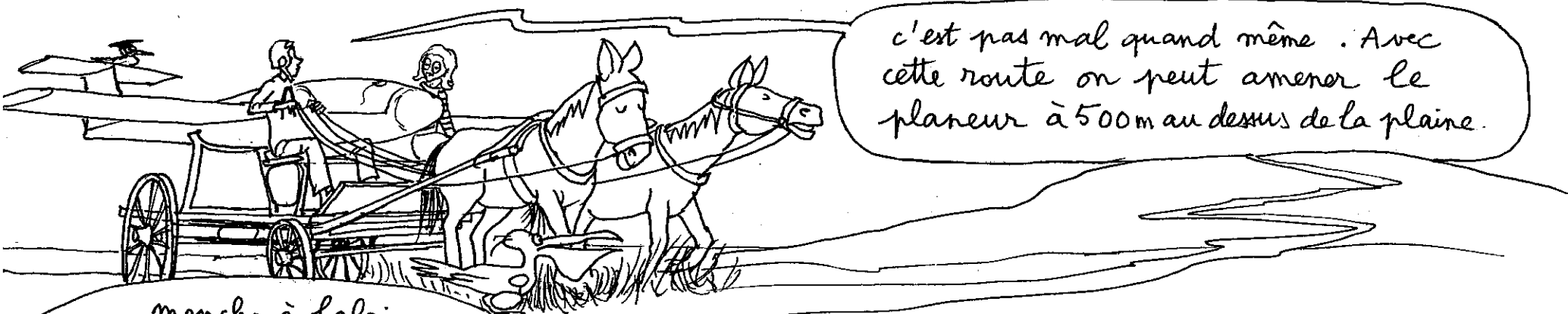
Je ne sais pas ce que tu en penses mais moi je préfère aller à pied

le parapente est un sport de détente sans problème par temps calme, le matin tôt, par exemple, sans vent ni turbulences. En air turbulent le risque est inévitable.

Des machines apparemment semblables peuvent avoir des domaines de vol très différents. Certaines "pardonnent", d'autres, non. La course à la performance, maladie du monde contemporain crée des prises de risque.

Dans le monde de l'aéronautique le proverbe classique est :
UN BON PILOTE EST UN VIEUX PILOTE





c'est pas mal quand même . Avec cette route on peut amener le planeur à 500m au dessus de la plaine.

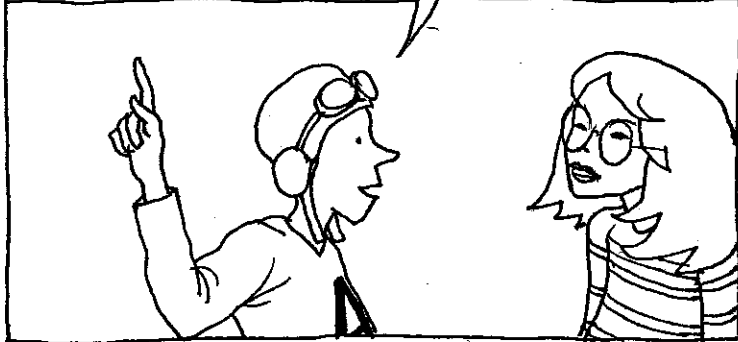
manche à balai
fil de laine, tout ça c'est
des trucs de bonne femme

bon, nous voilà au sommet. Mais
de quel côté faut-il décoller ?



face au vent. Pour la mise en vitesse
ça sera toujours ça de gagné

la direction du vent ? Il y a
le classique truc du doigt mouillé



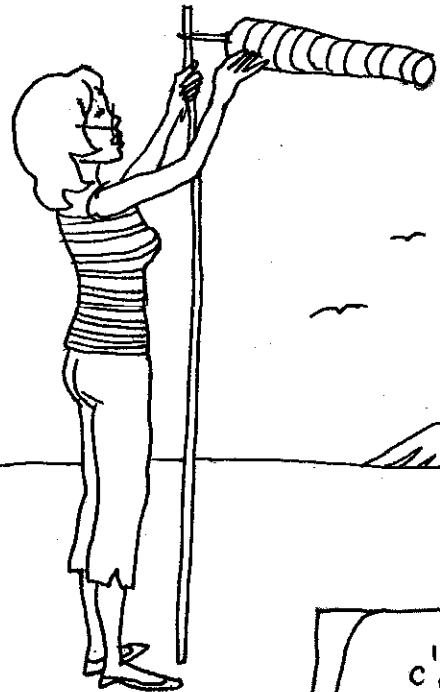
attends, j'ai une idée. Avec
cette chaleur je serai mieux
avec des manches courtes. Va
me chercher un bout de bois

léon, est-ce que vous
n'exagérez pas un peu ?

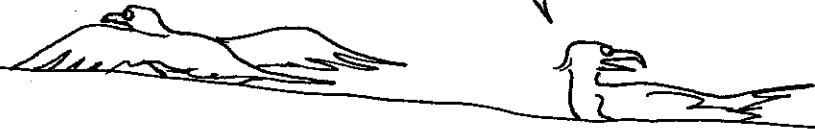


LA MANCHE À AIR

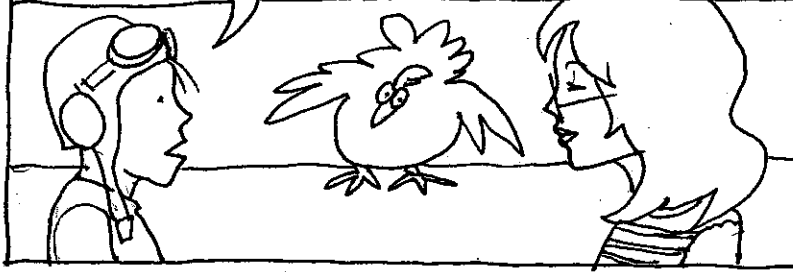
tiens, qu'est-ce que je disais !



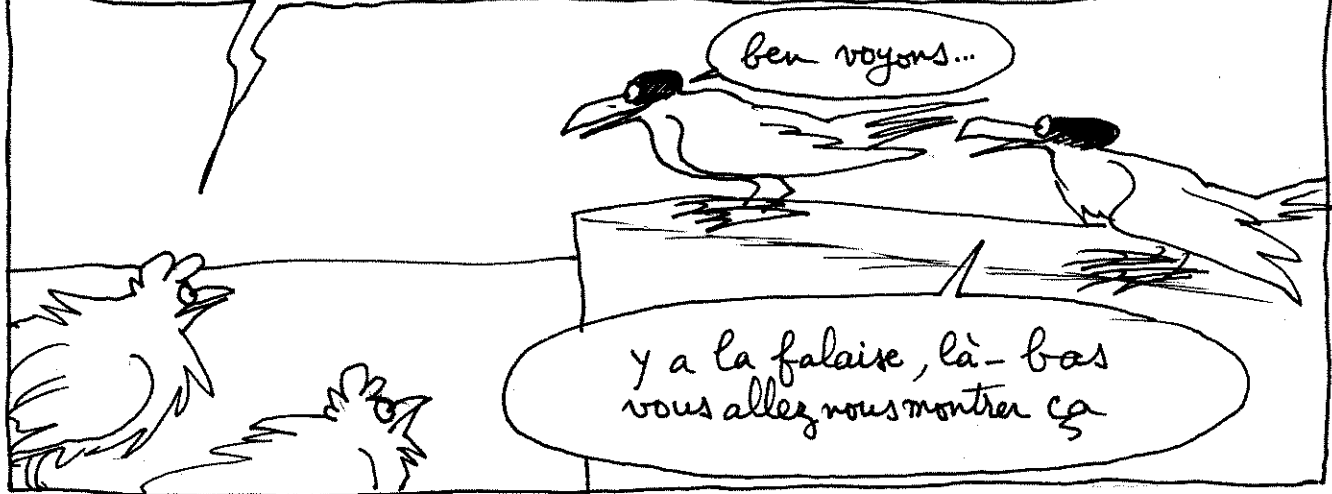
venez, par là c'est bon



Tous les oiseaux ne sont pas construits sur le même modèle. Il y en a qui semblent voler presque sans un battement d'ailes. Par contre d'autres, comme la poule....



c'est pas parce que vous avez de grandes ailes qu'il faut la ramener. Si on avait l'espace en dessous on seraient capables de faire aussi bien que vous



ben voyons...

y a la falaise, là-bas vous allez nous montrer ça

vas-y, montre leur ce qu'on est capable de faire, à ces emplumées de mouettes

J'aurais dix ans de moins, tenez !

L'honneur des poules est en jeu

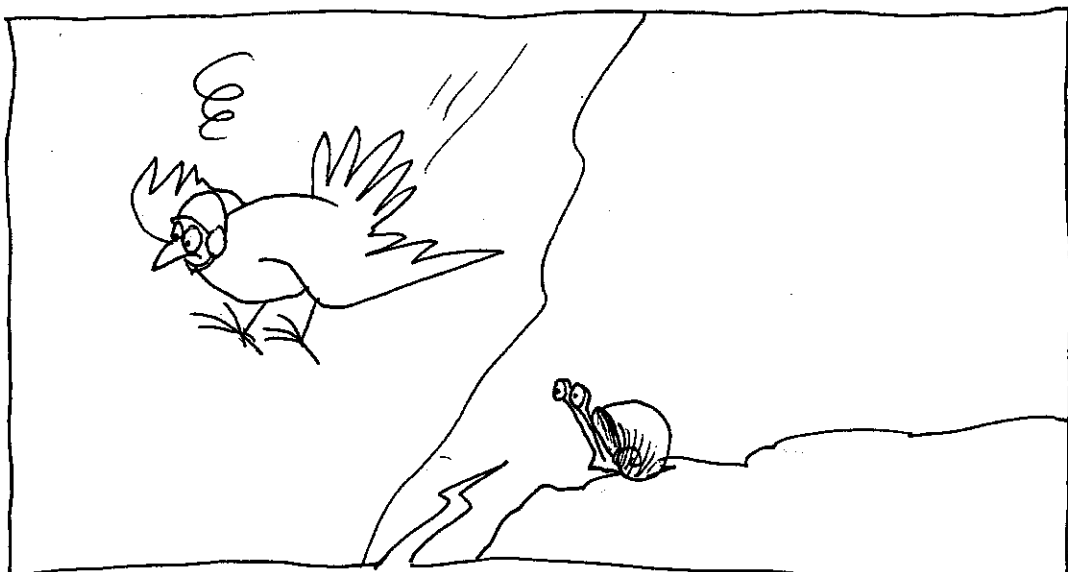
hélas les poules évaluent les distances avec une vision binoculaire

Comme les escargots

loin du sol elle perd totalement ses repères, comme un aviateur perdu dans un nuage, ou dans de la brume. c'est comme si elle devenait aveugle

Nom d'un pingoin ! où sont le haut et le bas ? Je ne reconnais plus rien !...

Dès qu'elle s'éloigne du RELIEF elle devient incapable d'apprécier les distances

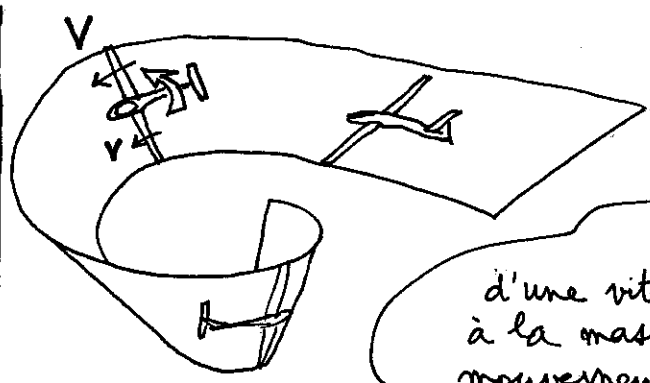


VIRAGE ENGAGÉ

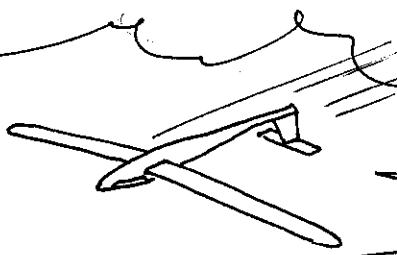
Je ne comprends pas...
 Mon fil de laire est
 au milieu, ma bille
 centrée, mes commandes
 au neutre (...) et ma vitesse
 ne cesse d'augmenter

Pris dans un nuage, Anselme ne se rend pas
 compte qu'il ne vole plus droit. En fait, sans
 un **HORIZON ARTIFICIEL**, stabilisé par gyroscope
 il n'a aucune possibilité d'évaluer son
 incidence et son assiette. Il peut se retrouver
 ainsi dans une figure dangereuse : le virage engagé

lâchée d'une altitude de 200 mètres
 une poule s'avère incapable de
 traiter ses informations visuelles
 pour se construire une représentation
 mentale tridimensionnelle du monde
 où elle évolue. Elle part alors dans
 un virage engagé dont elle ne
 parvient plus à sortir (*)



l'aile extérieure, animée
 d'une vitesse plus grande par rapport
 à la masse d'air entraîne un
 mouvement de **ROULIS INDUIT**



quoi! je suis sur le dos!?!



incroyable!

tu n'as qu'à voler
 deux minutes les yeux
 fermés, tu verras

(*) Authentique

(*) authentique.

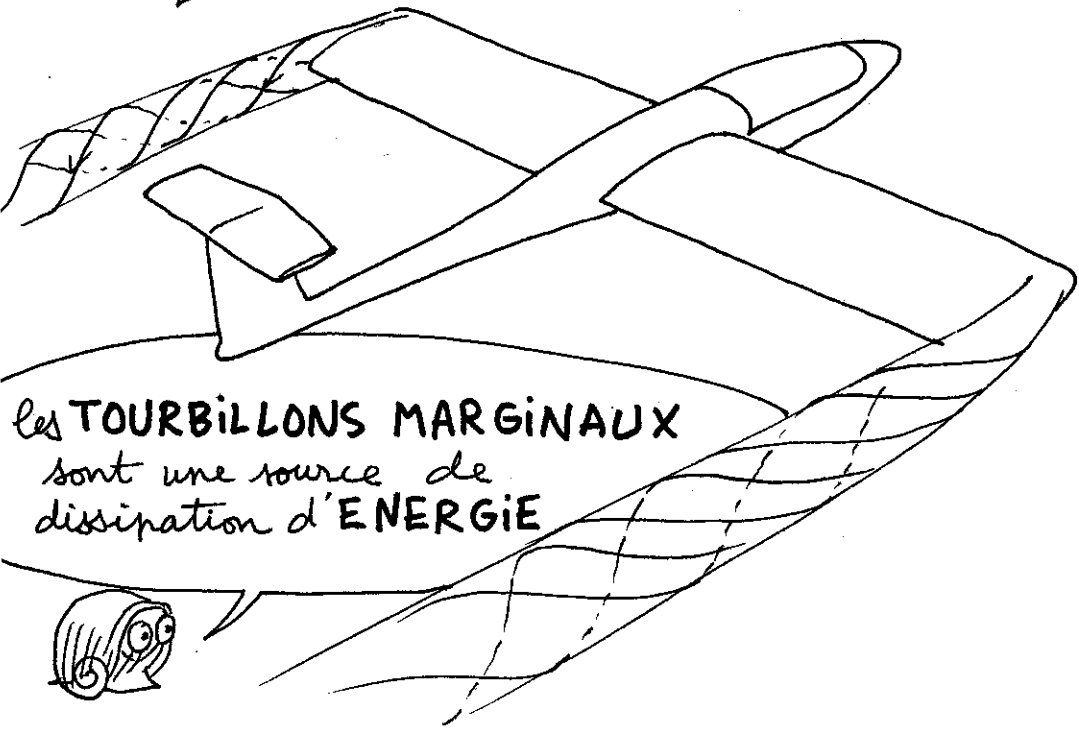
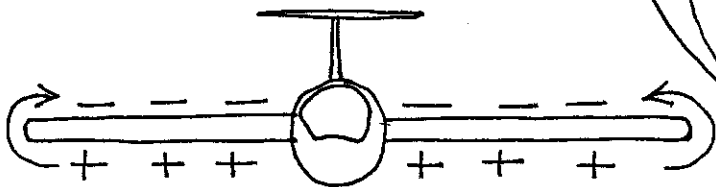
les oiseaux qui semblent voler sans beaucoup se fatiguer ont toujours des ailes très allongées. les rapaces, les albatros

tu es passé du delta au planeur avec cockpit, surfaces le plus lisse possible pour réduire au maximum les pertes d'énergie liées à la turbulence que ta machine crée sur son passage. Mais il en est une que tu as oubliée

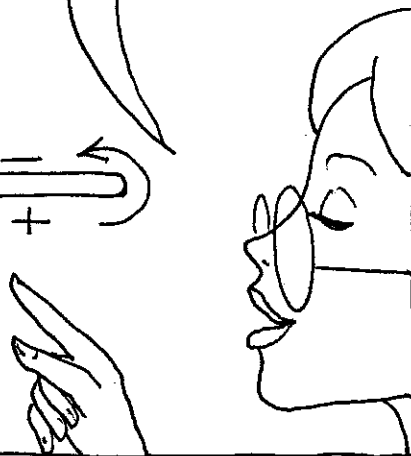
pourquoi?

laquelle?

le fonctionnement de ton aile implique que tu crées une surpression sur le dessous, sur **L'INTRADOS** et une dépression sur le dessus, sur **L'EXTRADOS**. Alors il se passe ceci =

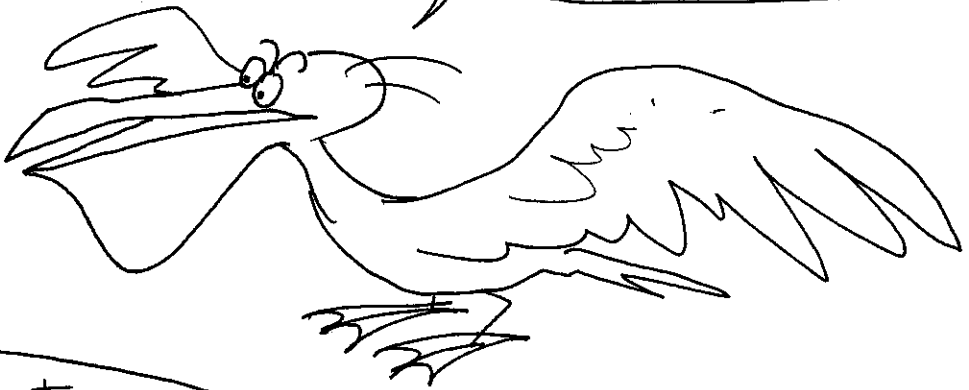


les **TOURBILLONS MARGINAUX** sont une source de dissipation d'**ENERGIE**



puisque les bords sont une source de perte d'énergie il suffit de les enlever, de faire une aile sans bord

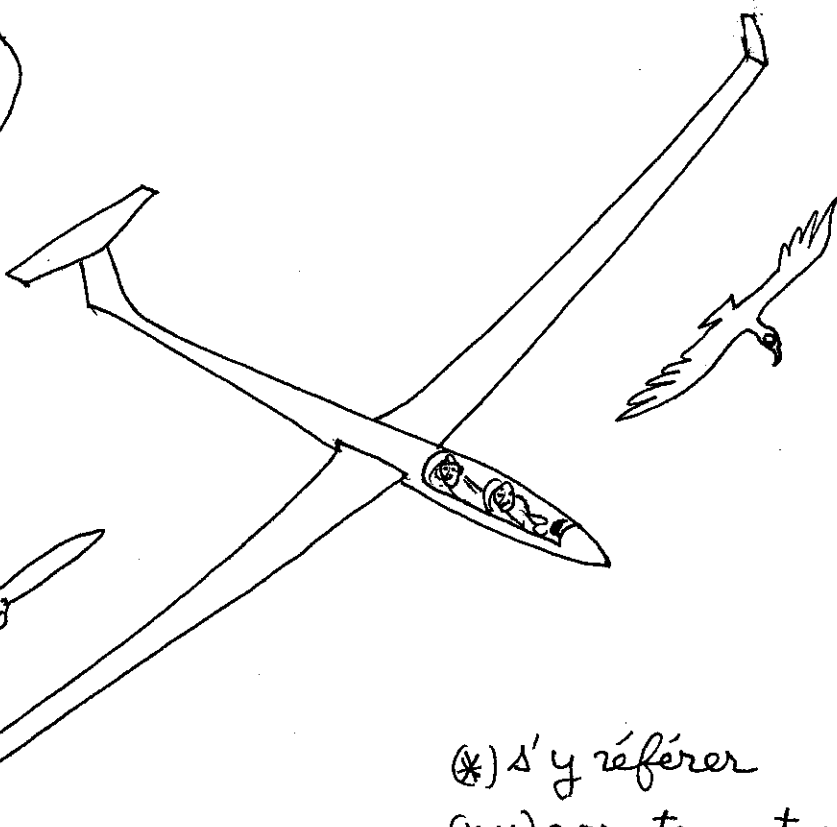
Tirésias, ne dites pas de bêtises. Une aile sans bords ça n'existe pas!!!



Si, ça existe. Et Merlin l'enchanteur la décrit dans l'album **CENDRILLON 2000** dans les pages 33 et 34 (*) Ces ailes planeent d'ailleurs très bien (**)

L'autre solution consiste à allonger les ailes au maximum pour minimiser les pertes en bout d'ailes à presque rien

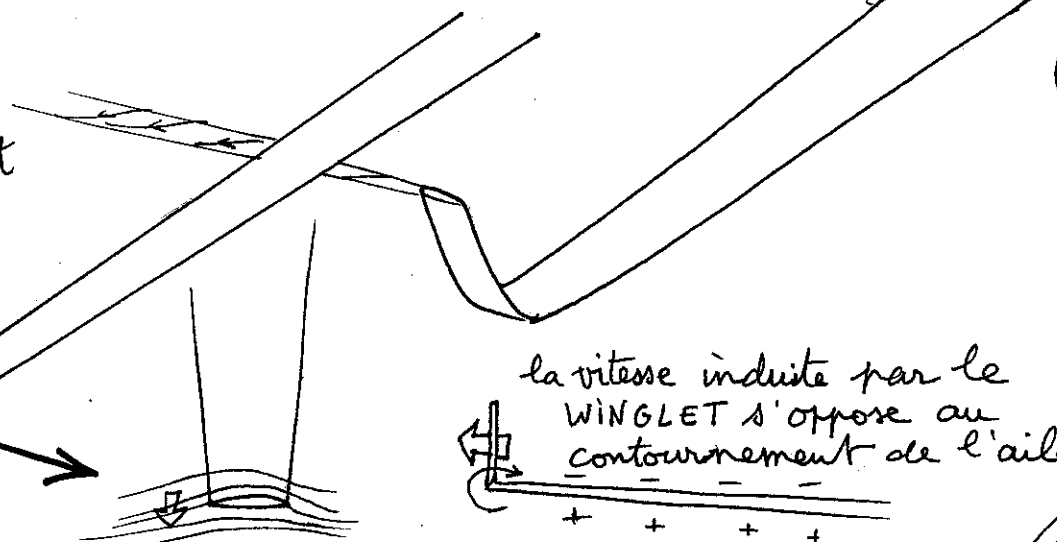
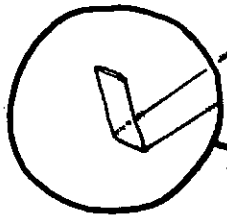
pourquoi les bouts d'ailes sont-ils retournés vers le haut?!?



(*) s'y référer
(**) correctement centrées

LES WINGLETS

schématiquement

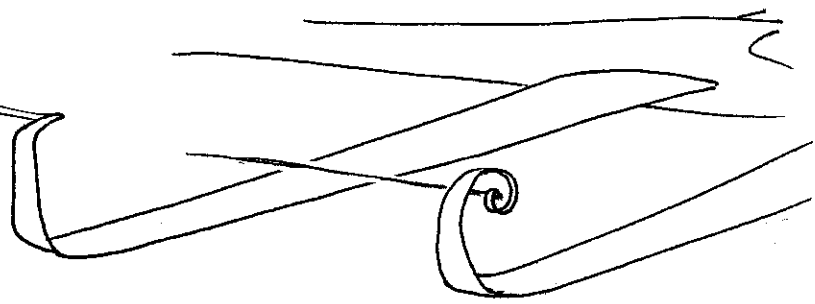


la vitesse induite par le WINGLET s'oppose au contournement de l'aile



Les WINGLETS, schématiquement, sont des mini-ailes disposées perpendiculairement à l'aile principale, telles que leur profil crée une (faible) **VITESSE INDUITE** qui s'oppose au contournement du bout d'aile, dû à la différence de pression régnant entre l'intrados et l'extrados: le Winglet crée son propre tourbillon marginal mais le gain est si net que cette idée, qui aurait pu émerger il y a un siècle envahit aujourd'hui progressivement tout le monde de l'aéronautique

moi j'ai inventé le (WINGLET)²



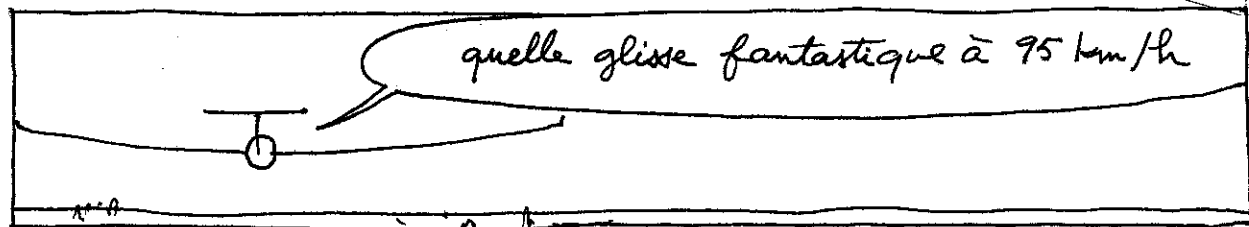
D'après les essais que j'ai faits sur des maquettes, ce nouveau planeur, avec un dénivelé $h = 500$ mètres devrait nous permettre d'atteindre ce vaste champ qu'on aperçoit au loin, à l'horizon, à une distance $d = 20$ kilomètres (*)



En avant ! Fil de laine bien au milieu, vitesse optimale pour avoir la **FINESSE MAX**



quelle glisse fantastique à 95 km/h



J'ai tout optimisé : l'épaisseur du profil, plat pour avoir une meilleure pénétration. J'ai même mis un train rentrant à une roue. Cette fois j'ai pensé à **TOUT**. Je n'ai rien laissé au hasard



(*) ce qui correspond à une **FINESSE** $\frac{d}{h} = 40$. Mais certains planeurs dépassent 60 (pente de descente : 1 degré)

approche parfaite, ou presque. Je sors le train. J'ai évité les arbres à l'entrée de piste d'un adroit coup d'aile



on les voyait à peine, de loin

Sophie, que se passe-t-il? On va effacer le terrain complètement!

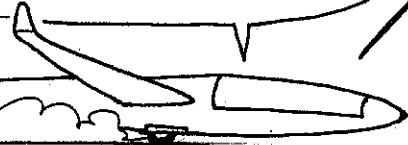


tes arbres mesuraient dix mètres, ça rallonge ta course de 400 mètres

eh oui, tu as raison. On ne va jamais se poser!

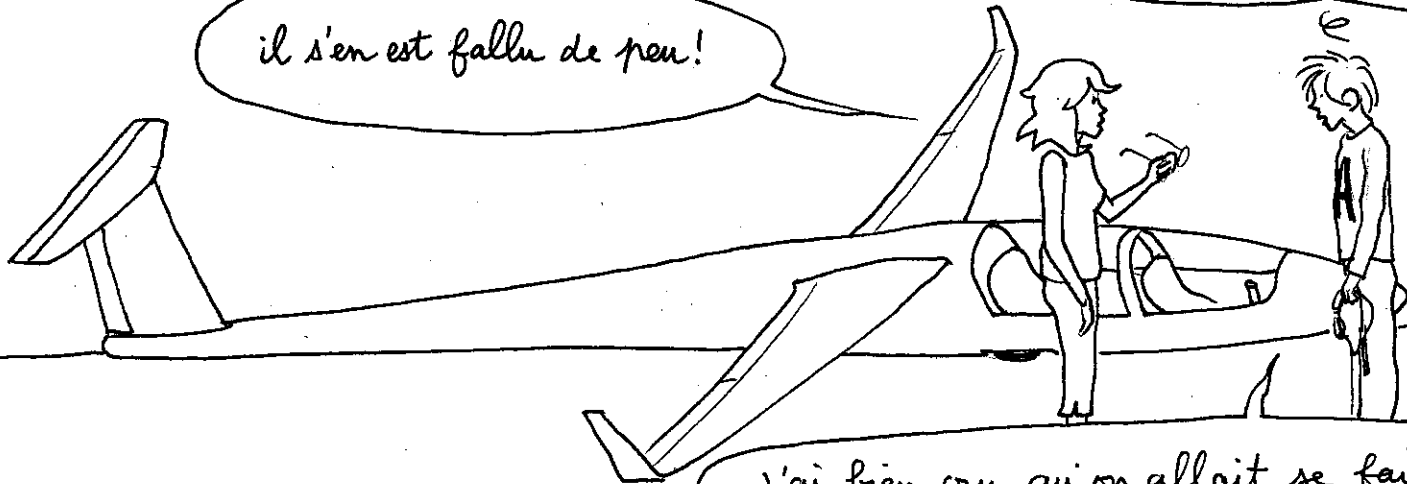
Ah, quand même! je freine à mort

pas trop si tu ne veux pas qu'on se retourne



MEUH!

il s'en est fallu de peu!



j'ai bien cru qu'on allait se faire la vache

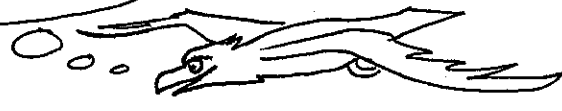
AÉROFREINS



Je ne comprends pas. Les aigles ont une bonne finesse. Pourtant ils arrivent à se poser très court

il n'y a qu'à les observer

tiens, des restes sanguinolents



redécollage immédiat



je casse ma finesse

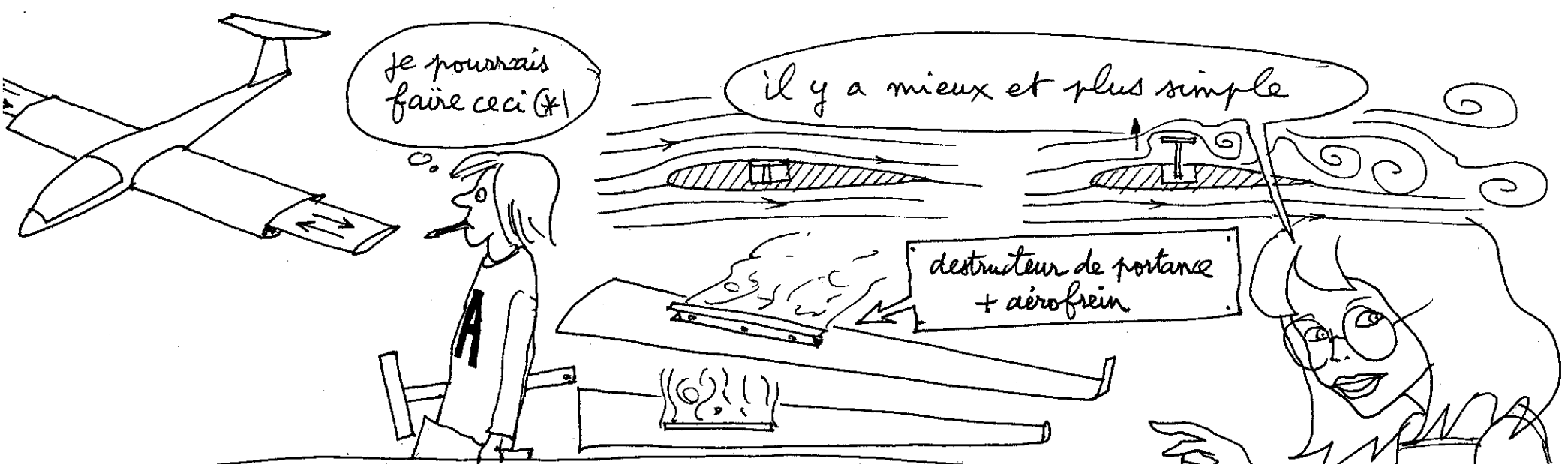
freinage aérodynamique

maman, tu t'es encore faite avoir. Ce sont des spaghettis à la sauce tomate (*)



le rapace opère une double manœuvre : il réduit sa surface portante et freine avec ses plumes

(*) Expérience vécue par l'auteur au Simba Camp du cratère Ngoro Ngoro en Tanzanie quand il était guide de Safari en Afrique



Tu peux adapter un système qui sort de l'aile, détruit la portance (SPOILER) sur une partie importante de la voilure et crée une trainée très importante qui freine l'appareil. Ainsi, à 100 km/h tu peux descendre à 4 m/s, ce qui réduit ta finesse à la valeur $\frac{28 \text{ m/s}}{4 \text{ m/s}} = 7$ (**)

(**) au lieu de 0,5 à 1 m/s en vol normal (par rapport à la masse d'air)

Il s'agit de vitesse par rapport à la masse d'air. Avec vent de face la pente de descente est plus accusée



je peux contrôler ma descente en les sortant plus ou moins et, en bout de course ça agit sur le frein

(**) chiffres proches des performances de l'actuel "planeur école moyen", dénué de volets, dont la finesse est $f \geq 30$.

(*) ça a été essayé pour les avions, dans les années trente, sans grand succès