

Brevet de Pilote Confirmé Parapente / Delta

Préparation à l'écrit / référentiel de correction



Robert ALAKIAN

Livret 1

Pour la Préparation à l'examen écrit du Brevet de Pilote Confirmé, il est proposé deux documents:

1°/ "préparation à l'écrit /référentiel de correction"

doit être suffisant à la préparation de l'écrit,

2°/ " préparation à l'écrit / annexes "

ouvert à ceux qui veulent aborder la théorie avec un œil plus critique, et aller plus loin dans l'analyse.

bonne lecture!

r.a.

Recommandations aux lecteurs et candidats dans la lecture des manuels :

Livret 1 : Préparation à l'écrit / référentiel de correction

‘Questions Ouvertes’ :

connaissance et compréhension indispensable mais suffisante pour l'examen écrit.

Livret 2 : Préparation à l'écrit / annexes

‘Rappels’ : propose des rappels, voire une mise à jour des connaissances.

Il est fortement recommandé de la consulter.

‘Compléments’ : approche graphique des conditions limites en vol classique.

‘Suppléments’ (Bonus) : réservé pour ceux qui veulent aller plus loin dans l'analyse.

Des renvois aux suppléments sont notés au bas de certaines réponses du livret 1.

Le chapitre 'suppléments' doit néanmoins rester accessible à une majorité élargie de vélibéristes, mais est hors programme.

Avant-Propos

Ce manuel s'adresse aux pilotes de Parapente et Aile Delta, qui souhaitent approfondir leurs connaissances et se préparer à l'examen de la partie théorique du Brevet de Pilote Confirmé.

Il pourra servir de support aux formateurs, pour préparer la qualification de leurs candidats, ainsi qu'aux correcteurs du BPC.

Les confirmés, déjà anciens, pourront rafraîchir leurs connaissances.

La qualification du Brevet de Pilote Confirmé est nécessaire à la participation aux compétitions, pour la formation bi-placeur et accompagnateur de club.

Dans cette préparation à la partie théorique du Brevet de Pilote Confirmé, l'auteur a pris en compte une liste de questions couvrant la totalité des différents thèmes enseignés dans la formation du pilote au BPC, et de proposer une réponse à chacune d'entre-elles.

Depuis plusieurs années déjà, l'examen théorique du BPC comporte un QCM (Questionnaire à Choix Multiple) de 30 questions et une partie rédactionnelle portant sur 2 ou 3 questions ouvertes.

Le QCM est orienté selon la spécialité du candidat, QCM parapente ou QCM delta.

Le QCM est largement diffusé et la FFVL propose un outil d'entraînement, que l'on peut télécharger librement.

La prise de connaissance du présent manuel « Préparation à l'écrit / référentiel de correction » du Brevet de Pilote Confirmé, demande une implication sérieuse. Le futur candidat pourra se préparer efficacement, il devra chercher à comprendre chaque réponse, le bachotage est improbable.

L'enseignement au sein du club ou à la ligue est recommandé.

Après les questions ouvertes classées par thèmes, nous trouverons des rappels et compléments permettant un recentrage parfois indispensable.

Pour ceux qui veulent aller plus loin : les « Bonus ». Souvent, une question peut en soulever d'autres, les Bonus répondent à ces questions.

Enfin un index pour retrouver les termes employés.

Sur la forme du document : nous avons voulu une présentation la moins sophistiquée possible. Les dessins et schémas simplement réalisés. Le candidat devrait se sentir capable de les refaire et ainsi, mieux s'impliquer dans le travail attendu.

L'expression " la Force Aérodynamique" FA remplace définitivement "la Résultante des Forces Aérodynamique" RFA.

La recommandation faite par la Fédération, aux correcteurs :

« Rappels sur les critères de notation :

- clarté et justesse des schémas et commentaires,
- syntaxe, grammaire et orthographe ne sont pas à prendre en compte. »

Structure du document :

Table des Matières

Questions ouvertes :

- ❖ Mécanique du vol / aérodynamique
- ❖ Météorologie / aérologie
- ❖ Pilotage
- ❖ Réglementation aérienne / espace aérien

Rappels

Index

Table des Matières

Questions portant sur : MÉCANIQUE du VOL - AÉRODYNAMIQUE	11
1- Quelles vont être les conséquences, en termes de capacité de vol de votre aile, d'un gradient de vent à l'atterrissage (schéma et explications) ? Quels types de manœuvres éviterez-vous et mettez-vous en place et pourquoi ?	11
2- A l'aide d'un schéma, décrivez les forces en présence lors d'un virage équilibré	13
3- Quel est le terme définissant le rapport entre la Portance et la Trainée ? Illustrez à l'aide d'un schéma.	14
4- Dans un vol plané équilibré, quels sont les vecteurs, angles, et droites de référence qui permettent de visualiser et de déterminer la finesse. Schéma ?	15
5- La finesse d'une voile change-t-elle proportionnellement à la charge emportée ? A l'aide d'un schéma de polaire, illustrez les modifications principales	16
6- Quelles sont les deux droites qui définissent un angle de dérive ?	17
7- Si on diminue nettement la charge alaire d'une aile, quelles vont en être les conséquences en termes de qualité de vol et pourquoi ?	17
8- Si on augmente nettement la charge alaire, quelles vont en être les conséquences et pourquoi ?	18
9- Dans un vol turbulent vous venez de subir une fermeture asymétrique, liée à des variations de paramètres essentiels pour notre vol : Lesquels ? A l'aide d'un schéma simple, précisez ces paramètres.	19
10- Durant votre vol, vous entrez dans un thermique. Décrivez, par un schéma simple, l'effet sur votre voile.	20
11- Comment expliquez-vous une fermeture frontale et ce qui a pu l'engendrer ?	21
12- Le départ en vrille est lié à un problème mécanique simple. Lequel ?	22
13- A l'aide de schémas, illustrez une aile proche de la « sur-incidence » et de la « sous-incidence ». Quelles peuvent être les causes liées à ces 2 situations ?	23
14- Le décrochage est lié à un problème mécanique simple. Lequel ?	24
15- Expliquez les causes d'un départ en autorotation	26
16- En se lestant un maximum, vous influencez considérablement certains paramètres de vols. Lesquels ? En quoi certaines habitudes de pilotes peuvent-elles être dangereuses par cette forte augmentation de charge alaire ?	27
17- Le fait de se mettre « aux oreilles » fait-il varier l'angle d'incidence ? Précisez à l'aide d'un schéma.	28
18- Que pensez-vous de l'affirmation : « se lester diminue les risques de fermeture »?	30
Questions portant sur : MÉTÉOROLOGIE / AÉROLOGIE	31
1- Qu'est-ce qu'une confluence et quelles peuvent en être les origines ?	31
2- En montagne, vous observez des altocumulus en formation, quelle est votre analyse ? Quels éléments vous permettent d'anticiper l'évolution ?	33
3- Décrivez les caractéristiques spécifiques d'un Front froid (schéma et explications) et le type de masse d'air rencontrée généralement les 2 à 3 jours suivants.	34
4- Par un schéma, décrivez le passage d'une perturbation et citez les phénomènes associés (nuages, vents, précipitations...).	36
5- Quels sont les nuages associés à une masse d'air instable ? De quoi sont-ils annonciateurs et quelle est leur évolution possible ?	38
6- Décrivez à l'aide de schémas commentés, le phénomène d'effet de Föhn (causes et conséquences).	40
7- Décrivez les différents étages de la troposphère et les nuages associés.	42
8- Citez et décrivez les différentes situations où l'on peut rencontrer des cisaillements.	44
9- Expliquez à l'aide de schémas les raisons de la mise en place des différents régimes de brises. Quelles peuvent être leur évolution au cours de la journée ?	46
10- Décrivez une masse d'air favorable à la formation d'un cumulonimbus et les évolutions aérologiques associées	48
11- Décrivez, à l'aide d'un schéma, les raisons de la formation d'un cumulus humilis.	50
12- Décrivez et expliquez les causes de la formation des brouillards d'advection et de rayonnement	51
13- Décrivez à l'aide d'un schéma, le trajet d'une particule d'air en mouvement ascendant selon une adiabatique sèche, lors d'une situation aérologique instable sur 800m.	52

Questions portant sur : **PILOTAGE**..... 53

- 1- Vous subissez une fermeture latérale de 50% de l'aile à 300m sol sans relief proche. Comment gérez-vous cela ? Quelles sera votre attitude en cas de cravate ?53
- 2- Décrivez les différentes techniques de descentes rapides et les situations dans lesquelles vous pourriez être amené à les utiliser.54
- 3- Vous entrez dans une forte ascendance qui augmente franchement l'assiette de votre aile. Quelle est votre réaction en terme de pilotage afin d'exploiter cette ascendance ? Pourquoi ?56
- 4- Vous entamez votre finale d'atterrissage sur un terrain au gradient marqué. Quelle est votre attitude en termes de pilotage ? Quelles manœuvres éviterez-vous et pourquoi ?57
- 5- A l'aide d'un schéma simple, décrivez les éléments et le conditionnement d'un parachute de secours. Quelles précautions prenez-vous lors du pliage et du conditionnement afin qu'il fonctionne correctement ?58
- 6- Vous êtes plusieurs à la même altitude en approche. Décrivez à l'aide d'un schéma la ou les solution(s) que vous adopterez.59
- 7- Sur une aile équipée de trims (à relâcher et à tirer) et d'un accélérateur, dans quelles situations les utiliserez-vous ? décrivez les systèmes à l'aide de schémas simples.60
- 8- Vous décidez de faire les grandes oreilles. A quoi ferez-vous attention lors de la mise en œuvre, pendant la phase de vol, puis à la réouverture ?63
- 9- Sur un décollage pentu avec un vent soutenu, quelle sera la technique que vous adopterez ? Quels sont les risques en cas de gestuelle inappropriée ?64
- 10- Sur un décollage peu pentu et peu alimenté, quelle sera la technique que vous adopterez ? Quels sont les risques en cas de gestuelle inappropriée ?66
- 11- Vous êtes en soaring sur une crête où quelques thermiques déclenchent régulièrement. Comment vous y prendrez-vous pour les exploiter ?67
- 12- Quels sont les principes de fonctionnement d'un variomètre et d'un GPS ? Dans quelles situations sont-ils le plus utiles ?68
- 13- Vous venez de changer de sellette. Sur quoi portez-vous votre attention en termes de réglages ? En quoi la sellette peut-elle vous aider à optimiser le pilotage ?70
- 14- Comment expliquez-vous la mise en virage d'un parapente ?71

Questions portant sur : **RÈGLEMENTATION / ESPACE AÉRIEN** 73

- 1- Lors de vos prochaines vacances en France, vous vous rendez sur un site nouveau, avec pour objectif de faire du vol de distance. Comment prenez-vous connaissance de l'information aéronautique ?73
- 2- Quelles sont les cartes aéronautiques utiles à la pratique du Vol Libre en France? Quelles sont leurs caractéristiques ?73
- 3- Sur l'extrait de carte aéronautique ci-dessous, il y a des sites de Vol libre à droite des espaces aériens contrôlés décrits, proches du mont Nivolet. Quelle lecture faites-vous des éléments de cette carte datant de 2002 ? Quelle serait votre mise en application pratique lors d'un vol dans ce secteur ?74
- 4- Que représente la figure suivante ? Quelles informations pratiques un pilote de Vol Libre peut-il déduire ?76
- 5- Quelles sont les différentes références altimétriques utilisées sur les cartes aéronautiques? Comment les convertissez-vous pour votre utilisation pratique ?76
- 6- Que représente la figure suivante ? Comment un pilote de Vol Libre peut-il en déduire les informations pratiques ?77
- 7- Demain, les prévisions météorologiques sont favorables au vol de distance. Comment préparez-vous concrètement le vol pour respecter la réglementation aérienne ?78
- 8- Espaces de classe G et espaces de classe E, quelles sont les différences ? Quelles mesures concrètes prenez-vous dans votre pratique du Vol Libre ?79

Notations et quelques rappels pour la **MÉCAVOL**: 81

- 1- Symboles et sigles :81
- 2- Rappel de définitions82
- 3- Eléments sur vecteurs :83
- 4- Les Moments :84

5-	L'inertie:	84
6-	La force Centripète: F_{cp}	84
7-	La force Centrifuge: F_c	84
8-	Le centre de poussée: C_p	85
9-	Les axes fondamentaux de l'aéronef	85
10-	L'angle de plané :	85
11-	L'Assiette α :	86
12-	Les forces en présence lors d'un vol rectiligne équilibré :	86
	Index	88



L'Analyse



Faire une prévision de la journée aérologique

- Rechercher et confronter les données météorologiques
- Faire l'observation sur secteur
- Anticiper l'aérologie d'un secteur à partir d'une carte topographique

Poursuivre l'analyse des conditions et de leur évolution tout au long du vol

Savoir choisir une zone de décollage lors d'une pratique hors site

Anticiper le choix d'un atterrissage en campagne



le Cadre de pratique



- Préparer son vol à partir d'une carte aéronautique et agir en tant que commandant de bord
- S'inscrire dans une démarche de poursuite de progression (autres formes de pratique, accès aux qualifications fédérales)



-> Connaissances théoriques nécessaires :

- Météo / Aérologie : frontologie détaillée, notions de stabilité/instabilité appliquées à la pratique, phénomènes particuliers liés à une région, phénomènes de confluentes
- Mécanique : polaire des vitesses appliquée au vol (influence vent et rafales), incidents de vols, sortie du domaine de vol
- Pilotage : différents types de virages, descentes rapides, ⇒ procédure de l'atterrissage en contre pente
- Matériel : utilisation du parachute de secours, configuration aile/secours, contraintes liées aux incidents de vol et à la pratique de la voltige
- Réglementation : connaissance des différents cadres réglementaires (interlocuteurs, institutions)

le Mental



- Objectiver les situations (faire la part entre le ressenti et la réalité)
- Se concentrer sur les actions à venir tout en pilotant
- Etre capable d'endurance en vol (résistance au stress, maintien de l'attention, récupération)
- Rester à l'écoute de ses possibilités du jour et savoir renoncer
- Avoir conscience des exigences et des risques liés à la pratique du vol de performance, l'intégrer dans son comportement



objectif



Être capable d'analyser et d'exploiter les conditions afin de se déplacer.

niveau marron

Optimisation du pilotage



la Technique



Maîtriser différents types de décollages

- Adapter sa technique à la situation (alimentation, pente, aile)
- Neutraliser son aile dans le vent (empêcher l'aile de décoller le pilote)

Avoir un pilotage sensitif (disponibilité des capteurs, équilibre dans sa sellette, dosage précis des amplitudes aux commandes) **et dynamique** (utilisation et gestion des mouvements pendulaires) **pour :**

- Anticiper et gérer les incidents de vol (aile homologue)
- Exploiter les différents types de thermiques
- contrôler le vol en turbulences

Optimiser la technique de vol

- Prospecter le thermique (identifier les sources potentielles, repérer l'orientation et la force du flux, se positionner par rapport au relief, aux nuages)
- Adapter son mode de déplacement à la situation (transiter, cheminer, se mettre en attente)
- Savoir utiliser l'accélérateur pour améliorer les performances en vol
- Utiliser la technique de descente rapide adaptée à la situation (conditions, proximité relief)
- Utiliser les basses vitesses près du sol à bon escient
- Gérer la vitesse en fonction des conditions de vol

la Technique (suite)

- ➔ - Gérer un décrochage statique

Mettre en place la tactique de vol

- Créer un scénario de vol et savoir l'adapter
- Se repérer lors de son déplacement et se positionner par rapport au sol, aux autres pilotes
- Utiliser les données fournies par ses instruments de vol

Gérer son matériel

- ☞ - Suivre les signes de vieillissement (drisses de freins, état du tissu, des coutures, du suspentage)
- ☞ - Adapter le réglage de sa sellette à son pilotage
- Gérer son parachute de secours (simulation d'utilisation, aérer, replier et réinstaller)
- Connaître le fonctionnement et savoir utiliser les instruments de vol (alti-vario, GPS...)



à savoir

- > Accès qualifications fédérales : 18 ans + 1 an de brevet + BPC.
- > Accès compétition : 18 ans + brevet + BPC.

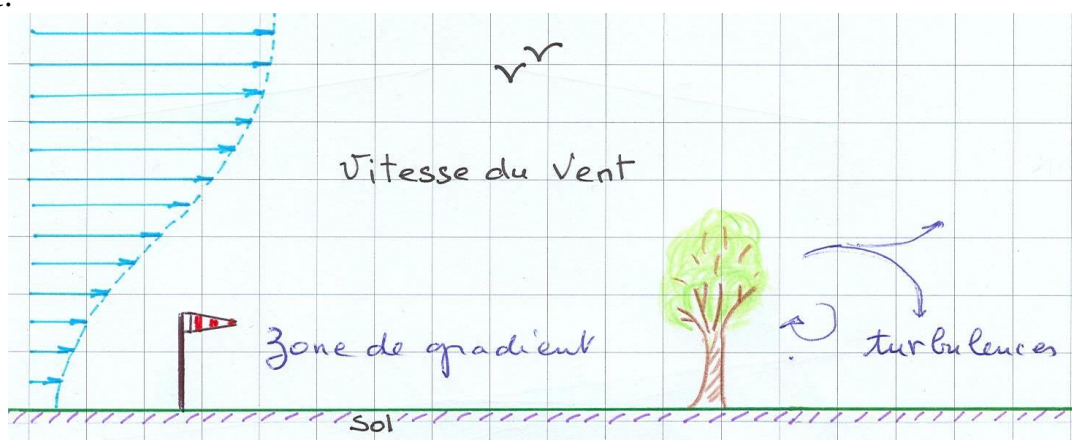
Questions portant sur : MÉCANIQUE du VOL - AÉRODYNAMIQUE

1- Quelles vont être les conséquences, en termes de capacité de vol de votre aile, d'un gradient de vent à l'atterrissage (schéma et explications) ? Quels types de manœuvres éviterez-vous et mettez-vous en place et pourquoi ?

- | | |
|---|---|
| a) Définition du gradient du vent,
b) Conséquence aérodynamique sur l'aile,
c) Cas possibles de trajectoires, | d) Manœuvres à éviter,
e) Précautions à prendre. |
|---|---|

a- Définition du gradient du vent :

Le vent décroît à l'approche du sol. Le gradient est plus ou moins marqué en fonction de la nature du sol, et sa configuration. Le gradient apparaît par vent fort et généralement sur un terrain dégagé.

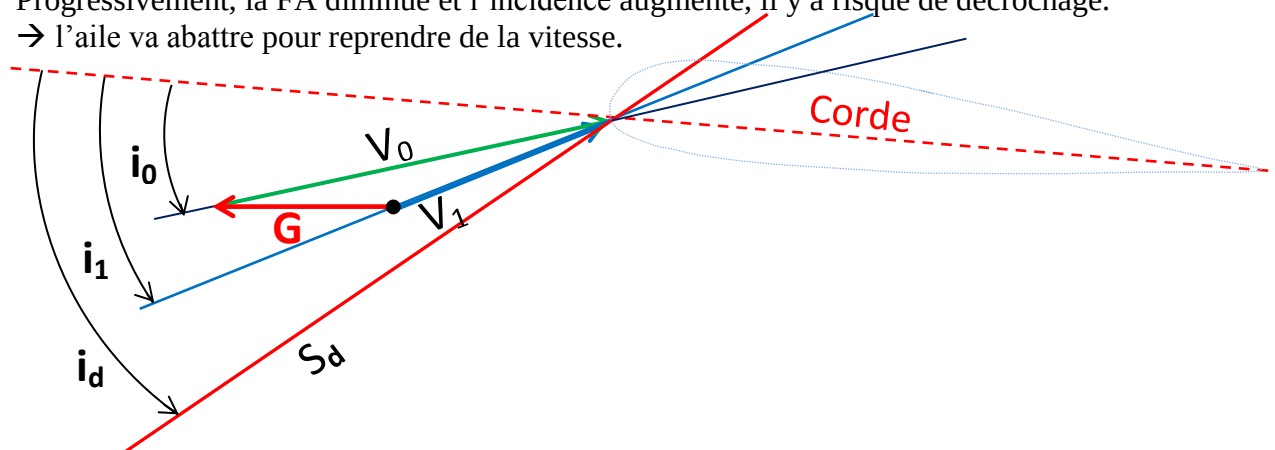


b- Conséquence aérodynamique sur l'aile :

En approche du sol vent de face, le vent relatif va décroître.

Progressivement, la FA diminue et l'incidence augmente, il y a risque de décrochage.

→ l'aile va abattre pour reprendre de la vitesse.



L'angle d'incidence $\hat{i}$ est l'angle d'attaque du vent relatif sur le plan de l'aile d'un aéronef. Sur une aile de parapente, il est déterminé par la corde de l'aile et la direction vent relatif.

Soit $\mathbf{v}_0$ le vent relatif et $\hat{\mathbf{i}}_0$ l'incidence de l'aile.

Si du gradient $\mathbf{G}$ apparaît : il en résulte un nouveau vent relatif $\vec{v}_1 = \vec{v}_0 + \vec{G}$, d'amplitude inférieure, et donnant une nouvelle incidence $\hat{\mathbf{i}}_1$ plus grande.

Avec un gradient encore plus fort, il y aura risque de décrochage si le vent relatif prend la direction $\mathbf{S}_d$ qui détermine le seuil de l'incidence de décrochage $\hat{\mathbf{i}}_d$...

c- Cas possibles de trajectoires : deux cas possibles,

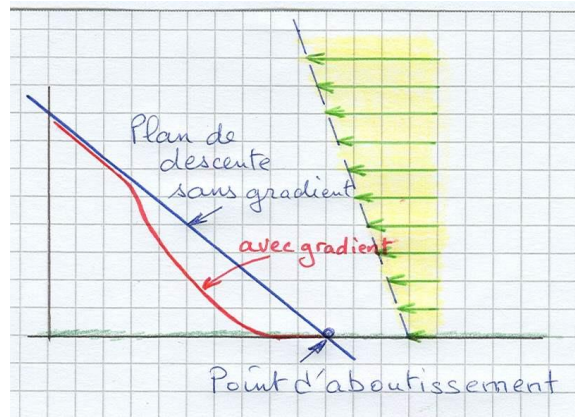
Gradient près du sol :

L'aile est toujours en recherche de vitesse, la finesse est dégradée.

Le posé se fait avant le point d'aboutissement sans gradient.

Le pilote devra anticiper le freinage final, ce dernier se confondant avec l'arrondi.

C'est aussi le cas si le pilote prend en compte tardivement le gradient.



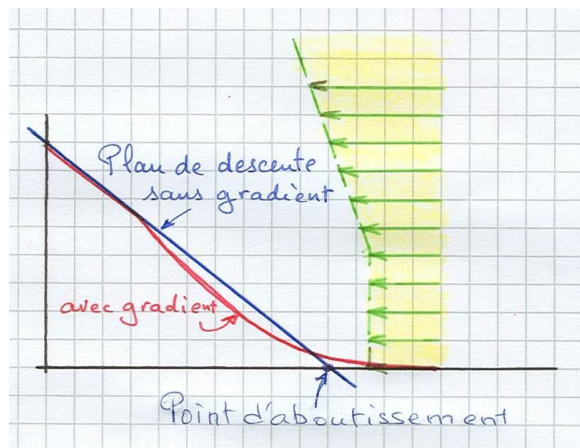
Gradient haut :

L'aile abat pour prendre de la vitesse, après ce passage transitoire, la finesse sol est plus grande qu'avant le gradient.

Le posé se fait après le point d'aboutissement.

Ici, la prise de vitesse a été maximale, l'aile accélère et, sur la fin, le gradient disparaissant pratiquement, l'aile a eu le temps de prendre de la vitesse sol...

On va être long.



d- Manœuvres à éviter :

- basse vitesse,
- oreilles,
- déclencher la prise de vitesse par un mouvement de tangage dans le gradient et non au-dessus,
- s'opposer à la prise de vitesse normale (il faut accepter l'accélération),
- virage près du sol (impliquant une demande de vitesse).

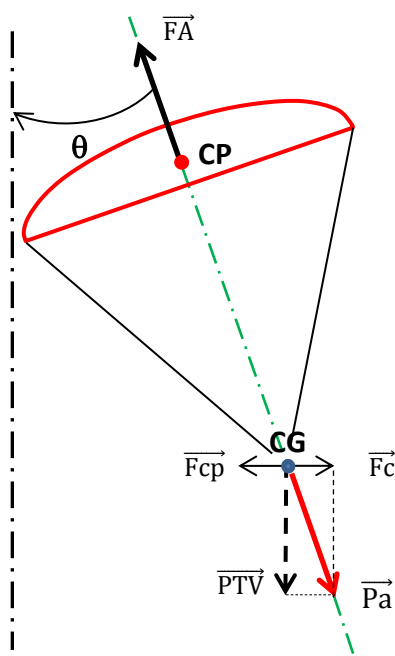
e- Précautions à prendre :

- anticiper l'arrivée dans la zone de gradient en prenant de la vitesse, garder 'le contact' bras hauts (entre finesse max et taux de chute mini) et maintenir cette attitude,
- si correction de cap à faire, privilégier les appuis sellette,
- Finale : se relever dans la sellette plus tôt que d'habitude,
- si turbulences, le pilote doit piloter son aile en ayant à l'esprit qu'il faut garder de la vitesse.

2- A l'aide d'un schéma, décrivez les forces en présence lors d'un virage équilibré

Sommaire des éléments de réponse :

- Schéma du virage équilibré,
- Action des forces en présence,
- Conséquence sur les vitesses.

a- Schéma de l'aile en virage équilibré :

$\hat{\theta}$: thêta angle d'inclinaison,
 $\vec{FA}$: la force aérodynamique,
 CG : le Centre de Gravité,
 CP : le Centre de Poussée,
 M : la masse du système,

$\vec{Pa}$: le poids apparent,
 $\vec{Fc}$: la force centrifuge,
 $\vec{Fcp}$: la force centripète,

$$Pa = \frac{PTV}{\cos \theta} = FA .$$

b- Action et bilan des forces en présence :

Au centre de poussée (CP), s'exerce la Force Aérodynamique FA, équilibrée par le Poids apparent Pa, force égale et opposée à FA.

Au centre de gravité (CG), s'applique la force centripète qui imprime la rotation: la force centripète Fcp est équilibrée par la force centrifuge Fc.

$$Pa = PTV / \cos \theta \quad Pa > PTV . \quad \vec{FA} \text{ s'équilibre avec } \vec{Pa}$$

c- Conséquence sur les Vitesses :

En virage, le poids apparent (Pa) est plus grand que le poids en vol rectiligne (PTV). Pour équilibrer, l'aile doit voler avec une force aérodynamique FA plus grande.

Bonus Q2 : Vitesse, rayon et poids apparent en fonction de l'inclinaison, dans virage équilibré. (Chapitre Suppléments)

3- Quel est le terme définissant le rapport entre la Portance et la Trainée ? Illustrez à l'aide d'un schéma.

Sommaire des éléments de réponse :

- a) Définition de la portance et de la trainée, c) Schéma des forces et angles en présence.
b) Définition de la finesse,

a- Définition de la portance et de la trainée:

La portance P est la composante de la Force Aérodynamique FA , qui s'exerce perpendiculairement au vent relatif.
La trainée T est la composante de la force aérodynamique Fa , qui s'exerce dans la direction du vent relatif.

b- Définition de la finesse :

Ici on considère la finesse air, qui est égale à la finesse sol en air calme (sans vent).

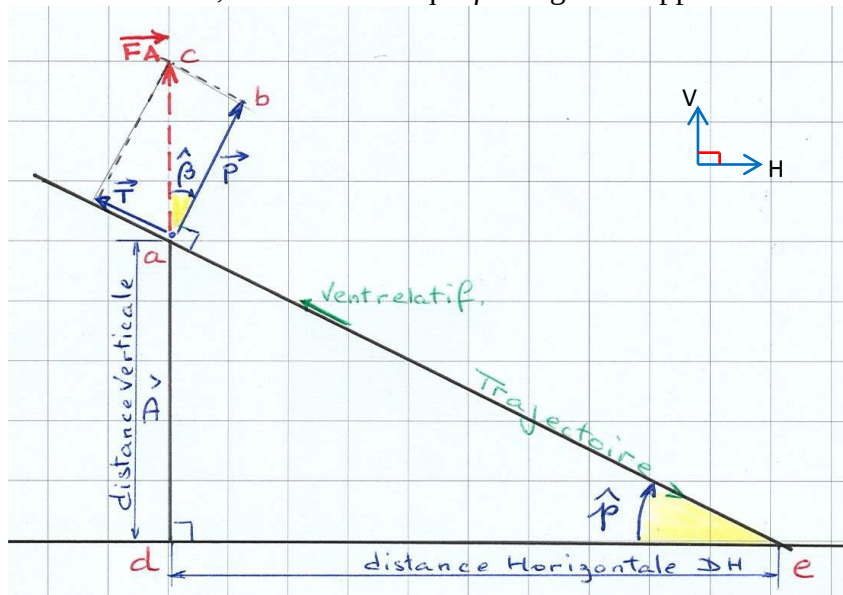
La finesse f est définie par le rapport de la distance parcourue sur la hauteur perdue.

La finesse est aussi le rapport entre la Portance P et la trainée T : $f = \frac{\text{Portance}}{\text{Trainée}}$

La finesse est une grandeur sans unité.

b- Schéma des forces et angles en présence

Avec le schéma suivant, on va montrer que f est égal au rapport Portance sur Trainée :



Par définition la finesse $f = \frac{\text{Distance parcourue}}{\text{hauteur perdue}} = \frac{DH}{DV}$.

Faisons un peu de géométrie :

Considérons les triangles rectangles abc et eda aux cotés perpendiculaires entre eux :

nous avons l'égalité des angles, $\widehat{bac} = \widehat{dea} \rightarrow \hat{\beta} = \hat{p}$.

Ces deux triangles sont semblables et les côtés correspondants proportionnels.

Donc : $\frac{ab}{ed} = \frac{bc}{da} \rightarrow \frac{ab}{bc} = \frac{ed}{da}$. En donnant aux côtés leurs valeurs respectives : $\frac{P}{T} = \frac{DH}{DV} = f$

f peut aussi s'exprimer en fonction des vitesses : $f = \frac{DH}{DV} = \frac{DH}{t} / \frac{DV}{t} = \frac{V_{\text{horizontale}}}{V_{\text{verticale}}}$

Par vent, on parlera de finesse sol, ce qui est plus réaliste.

4- Dans un vol plané équilibré, quels sont les vecteurs, angles, et droites de référence qui permettent de visualiser et de déterminer la finesse. Schéma ?

Sommaire des éléments de réponse :

- a) Définition de la portance et de la trainée , c) Représentation des forces et angles.
b) Définition de la finesse,

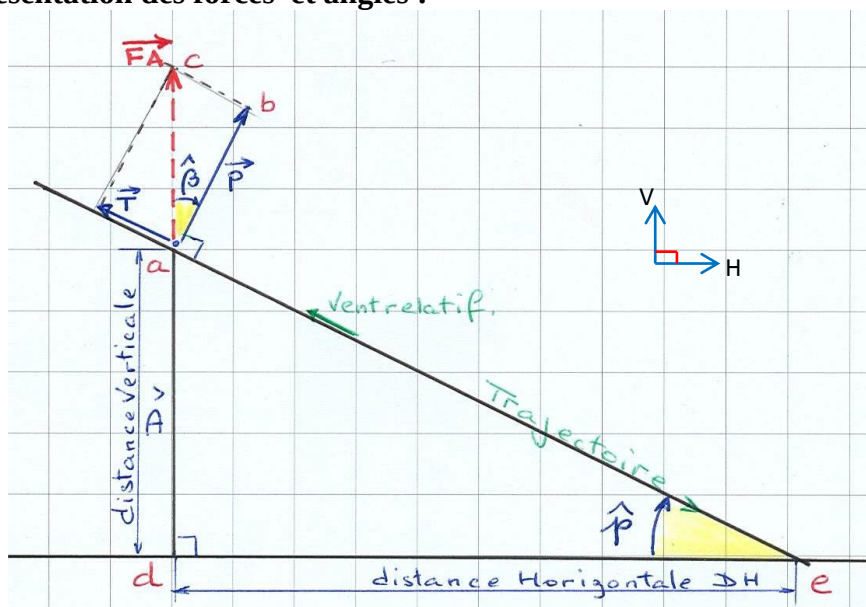
a- Définition de la portance et de la trainée:

La portance P est la composante de la Force Aérodynamique FA , qui s'exerce perpendiculairement au vent relatif.
La trainée T est la composante de la force aérodynamique Fa , qui s'exerce dans la direction du vent relatif.

b- Définition de la finesse :

Ici on considère la finesse air, qui est égale à la finesse sol en air calme (sans vent).
La finesse est le rapport entre distance horizontale parcourue et la hauteur perdue.

c- Représentation des forces et angles :



$$\text{par définition } f = \frac{\text{Distance parcourue}}{\text{hauteur perdue}} = \frac{DH}{DV}$$

Considérons les triangles rectangles semblables abc et eda .

$$\rightarrow \hat{\beta} = \hat{p} \text{ angle de plané.}$$

$$\vec{P} \text{ la Portance et } \vec{T} \text{ la Trainée. } ab = \vec{P} \text{ et } bc = \vec{T}$$

$$\text{Dans les triangles semblables : } \frac{ab}{bc} = \frac{de}{da} \rightarrow \frac{\text{Portance}}{\text{Trainée}} = \frac{DH}{DV} = f \text{ la finesse.}$$

$$\text{La finesse s'exprime aussi en fonction des vitesses : } f = \frac{DH}{DV} = \frac{DH}{t} / \frac{DV}{t} = \frac{V \text{ horizontale}}{V \text{ verticale}}$$

$$\text{Relation entre finesse et angle de plané } \hat{p} : \tan \hat{p} = \frac{DV}{DH} \rightarrow \tan \hat{p} = \frac{1}{f}.$$

Bonus Q4 : Finesse air et finesse sol. (chapitre suppléments)

5- La finesse d'une voile change-t-elle proportionnellement à la charge emportée ? A l'aide d'un schéma de polaire, illustrez les modifications principales

Sommaire des éléments de réponse :

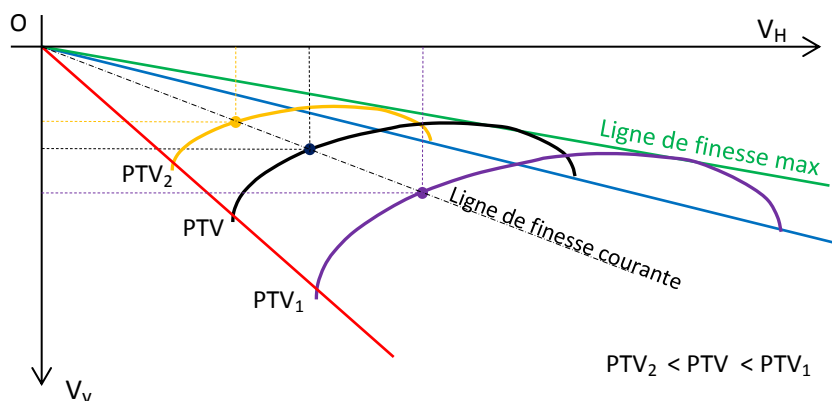
- a) Influence de la charge,
- b) Schéma de la transformation de la polaire,
- c) Influence d'une charge plus forte,
- d) Influence d'une charge moins forte.

a- Influence de la charge :

A incidence constante, la charge alaire n'influe pas sur la finesse. La finesse dépendra du régime de vol, mais pas de la Charge Alaire. Si la charge varie, la polaire des vitesses est transformée homothétiquement selon un cône de projection de sommet O.

La polaire se déplace à gauche pour un poids plus faible, et à droite pour un poids plus grand (en supposant qu'il n'y a pas de déformation due à la charge).

b- Schéma de la transformation de la polaire : aile +/- chargée



c- Incidence d'une charge plus forte :

- 1- Les vitesses augmentent :
 - Il faudra courir plus vite au décollage,
 - L'atterrissage sera réalisé à plus vive allure,
 - L'aile sera plus maniable et moins sensible aux turbulences, mais en cas de fermetures, celles-ci seront plus brutales.
- 2- La vitesse max augmente, ce qui peut être intéressant par vent fort.
- 3- La vitesse de décrochage augmente, le pilote doit en être averti.
- 4- Le taux de chute mini augmente : cela peut pénaliser, en petites conditions.

d- Incidence d'une charge moins forte :

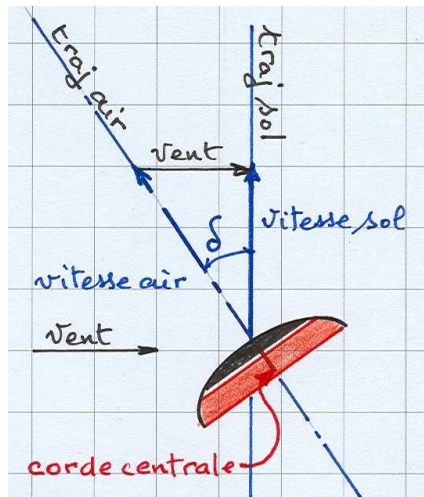
- 1- Les vitesses diminuent :
 - Il faudra courir moins vite au décollage,
 - L'atterrissage sera réalisé à allure modérée,
 - L'aile sera moins maniable et plus sensible aux turbulences ; mais en cas de fermetures, celles-ci seront moins brutales.
- 2- La vitesse max diminue, ce qui peut être intéressant par vent faible.
- 3- La vitesse de décrochage diminue.
- 4- Le taux de chute mini diminue : cela peut aider, en petites conditions.

Bonus Q5 : Règle et coefficient de proportionnalité. (chapitre Suppléments)

6- Quelles sont les deux droites qui définissent un angle de dérive ?

La dérive apparaît lorsque l'aile subit un vent latéral : l'aile avance alors en crabe.

L'angle de dérive δ est l'angle entre la trajectoire air et la trajectoire sol ou l'angle entre le vecteur-vitesse air et le vecteur-vitesse sol, portés respectivement sur ces trajectoires.



On peut aussi dire que l'angle de dérive est l'angle formé entre corde centrale et la trajectoire sol.

7- Si on diminue nettement la charge alaire d'une aile, quelles vont en être les conséquences en termes de qualité de vol et pourquoi ?

Sommaire des éléments de réponse :

- Définition de la charge alaire,
- Incidence d'une diminution de la charge alaire,
- Conséquences sur le vol.

a- Définition de la charge alaire :

La charge alaire est le rapport entre le PTV et la surface projetée de l'aile (en kg/m^2).

b- Incidence d'une diminution de la charge alaire :

Si on diminue la charge alaire, la polaire des vitesses subit une réduction homothétique : toutes les vitesses diminuent.

c- Conséquences sur le vol :

Si on diminue nettement la charge alaire,

1- Les vitesses diminuent :

- Il faudra courir moins vite au décollage,
- L'atterrissage sera réalisé à allure modérée,
- L'aile vole moins vite, les commandes sont plus molles,
- L'aile devient plus vulnérable aux variations d'incidence liées à des turbulences, on augmente le risque la fermeture.

2- La vitesse max diminue, ce qui peut être intéressant par vent faible.

3- La vitesse de décrochage diminue... !

4- Le taux de chute mini diminue : cela peut aider, en petites conditions.

8- Si on augmente nettement la charge alaire, quelles vont en être les conséquences et pourquoi ?

Sommaire des éléments de réponse :

- a) Définition de la charge alaire,
- b) Incidence d'une augmentation de la charge alaire,
- c) Conséquences sur le vol.

a- Définition de la charge alaire :

La charge alaire (kg/m^2) est le rapport entre le PTV et la surface projetée de l'aile.

b- Incidence d'une augmentation de la charge alaire :

Si on augmente la charge alaire, la polaire des vitesses subit un accroissement homothétique : toutes les vitesses augmentent.

c- Conséquences sur le vol :

Si on augmente nettement la charge alaire,

1- Les vitesses augmentent :

- Il faudra courir plus vite au décollage,
- L'atterrissage sera réalisé à allure vive, pour ne pas risquer un décrochage prématuré,
- Plus grands efforts aux commandes,
- L'aile sera plus réactive et moins sensible aux turbulences, ce qui est toujours intéressant, mais en cas de fermetures, celles-ci seront plus brutales.

2- La vitesse max augmente, ce qui peut être intéressant par vent fort.

3- La vitesse de décrochage augmente, le pilote doit en être averti.

4- Le taux de chute mini augmente : cela peut pénaliser, en petites conditions.

- 9- Dans un vol turbulent vous venez de subir une fermeture asymétrique, liée à des variations de paramètres essentiels pour notre vol : Lesquels ?
A l'aide d'un schéma simple, préciser ces paramètres.

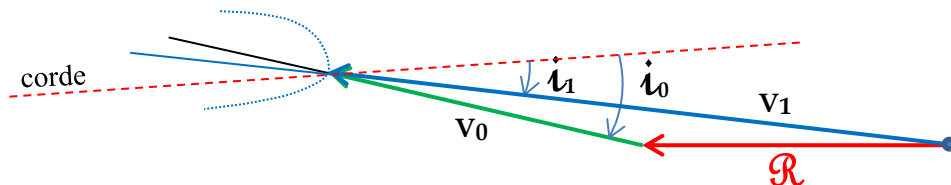
Définition de la fermeture asymétrique :

La fermeture asymétrique est due à une diminution non symétrique de l'incidence sur une partie de l'envergure de l'aile. Il suffira que la nouvelle incidence passe en sous-incidence pour déclencher la fermeture.

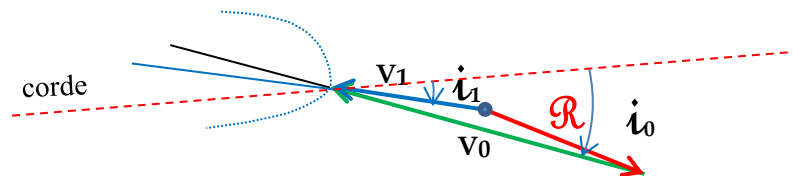
Cette diminution de l'incidence est due à la variation du vent relatif causée par :

Les rafales $\mathcal{R}$, de face, de dessus, arrière plongeante, toutes les rafales du demi-quadrant supérieur, composent avec le vent relatif V_0 pour présenter un nouveau vent relatif V_1 avec pour conséquence une incidence i_1 réduite.

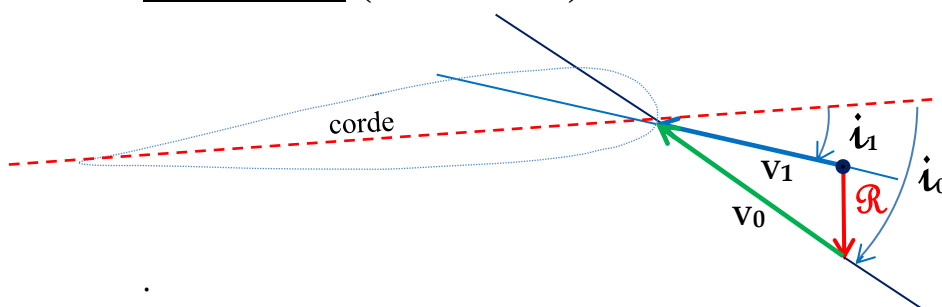
- rafale de face,



- rafale arrière plongeante



- rafale de dessus (ou descendante).



** NB : dans la rose des rafales 'chapitre suppléments', seules les rafales du ½ cadran supérieur sont capables des réductions d'angle d'incidence. Alors que dans le ½ cadran inférieur les rafales augmentent l'angle d'incidence

10- Durant votre vol, vous entrez dans un thermique. Décrivez, par un schéma simple, l'effet sur votre voile.

Sommaire des éléments de réponse :

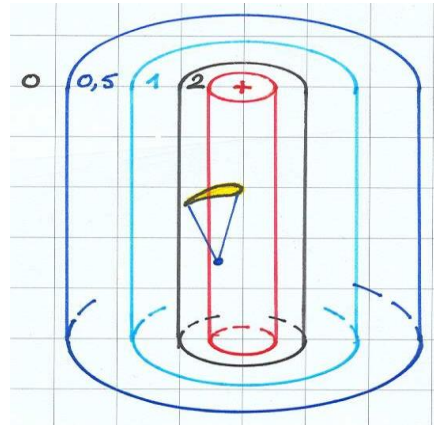
- a) Le gradient des forces ascendantes dans le thermique,
- b) Entrée dans le cœur, montant,

a- Le gradient des forces ascendantes dans le thermique :

Nous excluons les zones descendantes jouxtant extérieurement une ascendance thermique et présenterons le cœur montant.

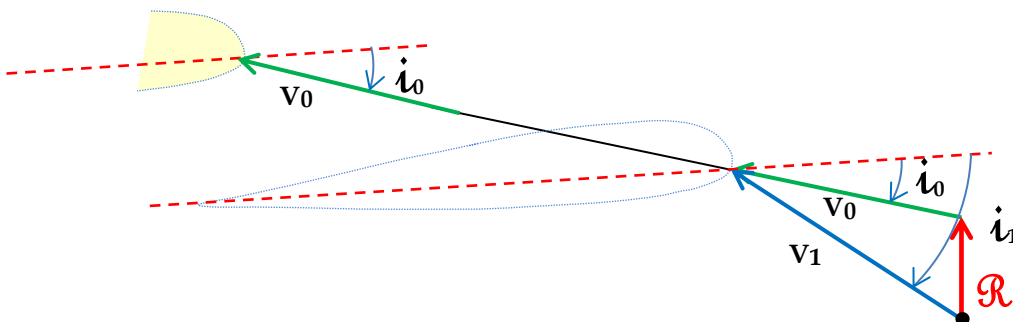
Dans la traversée du thermique, nous rencontrons un gradient de courant thermique croissant vers le centre (0., +0,5., +1., +2., ++).

On se trouve dans le cas de rafales verticales de dessous.



a- Entrée dans le cœur, montant :

En entrant dans le courant ascendant, je remonte les mains pour retrouver une incidence correcte!



En effet, la rafale montante va transitoirement induire une nouvelle vitesse $v1$: $v1 > v0$

L'incidence $\hat{i}$ augmente, la trainée augmente et freine l'aile ; le pilote continue à avancer par inertie, l'effet pendulaire cabre l'aile et nécessite une remontée des mains, qui réduira l'incidence. Plus je me rapproche du cœur, et plus le courant ascendant est fort. En entrée du thermique, j'adopte la correction mains hautes, tout en assurant le contact, d'autant que l'ascendance est brutale.

NB: "Un pilote de cross aura tendance à freiner en entrée de thermique pour en profiter, et pour engager le virage lève le bras extérieur (cadencement)."

Bonus Q10 : Entrée et sortie d'un courant thermique. (chapitre Suppléments)

11- Comment expliquez-vous une fermeture frontale et ce qui a pu l'engendrer ?

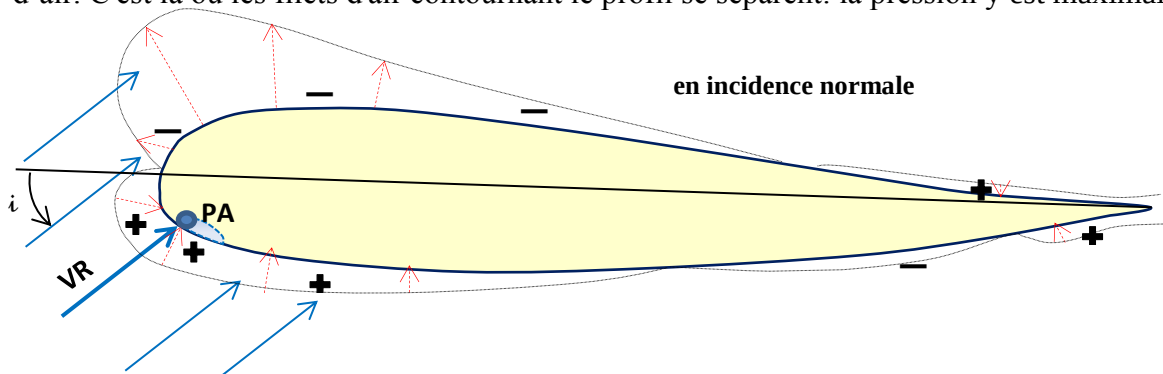
Sommaire des éléments de réponse :

- a) Définition et conditions de Fermeture frontale,
- b) Le point d'arrêt,
- c) Processus conduisant à cette fermeture.

a- Définition et conditions de Fermeture frontale :

Une fermeture frontale est un incident qui se passe au niveau du bord d'attaque de la voile sur toute l'envergure, ou dans son milieu.

- b- Point d'arrêt PA:** zone de la surface du profil qui est perpendiculaire à la trajectoire des particules d'air. C'est là où les filets d'air contournant le profil se séparent: la pression y est maximale.



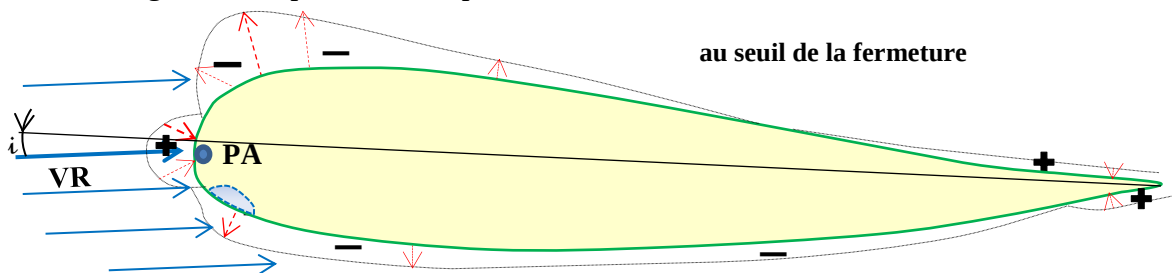
Quand l'incidence baisse: la dépression sur l'extrados diminue: la succion se réduit, PA, perpendiculaire au vent relatif, se déplace vers la partie haute du bord d'attaque.

Au franchissement du seuil de fermeture, la situation est la suivante:

succion réduite, pression accrue sur la partie haute du bord d'attaque, dissipation de la pression interne de l'alvéole.

Il y a perte de portance, le bord d'attaque ferme. L'aile ne portant plus, se chiffonne.

. Si la longueur est importante, nous parlerons de fermeture « massive ».



c- Processus conduisant à cette fermeture :

L'origine peut être la conjugaison de:

- abattée de forte amplitude, et non temporisée,
- vitesse à la limite préconisée pour l'aile,
- voile fortement détrimée (calée avec une incidence faible),
- rafale descendante : $\hat{1} \searrow$
- rafale de face : $\hat{1} \searrow$ (en théorie, mais c'est moins marqué)

Bonus Q11 : Attitude souhaitable du pilote sur une frontale. (chapitre Suppléments)

12- Le départ en vrille est lié à un problème mécanique simple. Lequel ?

Sommaire des éléments de réponse :

- a) Le décrochage asymétrique,
- b) justification aérodynamique.

a- définition du décrochage asymétrique :

Un décrochage se produit quand l'incidence du profil passe en sur-incidence.

Le décrochage est dit Asymétrique quand il se produit seulement sur une demi-aile, et que l'autre côté continue à voler.

- C'est donc en portant au décrochage un côté du parapente en le ralentissant par excès et en laissant l'autre côté voler, que l'on peut amorcer un décrochage asymétrique c'est-à-dire une vrille.

Un décrochage sur la demi-aile droite peut être obtenu:

- par ralentissement de l'aile, puis lever la commande gauche tout en enfonçant la commande droite,
- en entrant dans le thermique, on freine légèrement pour profiter, si on veut enrayer on lève le bras extérieur → pas de risque. Si par contre on abaisse la commande intérieure, on décroche la demi-aile et on se prend une vrille.

b- justification aérodynamique :

La demi-aile décrochée s'enfonce alors que la demi-aile portante va avancer et tourner autour de l'axe de lacet : c'est le départ en vrille. Notons que la vrille ne fait pas perdre beaucoup d'altitude, c'est sa sortie qui est délicate.

NB: sortie de vrille: manœuvrer jusqu'à la marche arrière, sans nécessité d'aller au décrochage; cela s'apprend en stage de pilotage (SIV)

13- A l'aide de schémas, illustrez une aile proche de la « sur-incidence » et de la « sous-incidence ». Quelles peuvent être les causes liées à ces 2 situations ?

Sommaire des éléments de la réponse :

- a) sous-incidence définition et cause,
- b) sur-incidence définition et cause
- c) Représentation sur un profil.

a- Sous-incidence définition et cause :

La sous-incidence est atteinte quand l'angle d'incidence égale ou passe sous le seuil de la fermeture.

La sous-incidence pourra se produire sur un évènement transitoire qui réduit brutalement l'incidence de l'aile par exemple :

- En zone de turbulence : une rafale forte descendante ou de face,
- Une abattée non temporisée,
- Une accélération qui produit un calage fortement modifié.

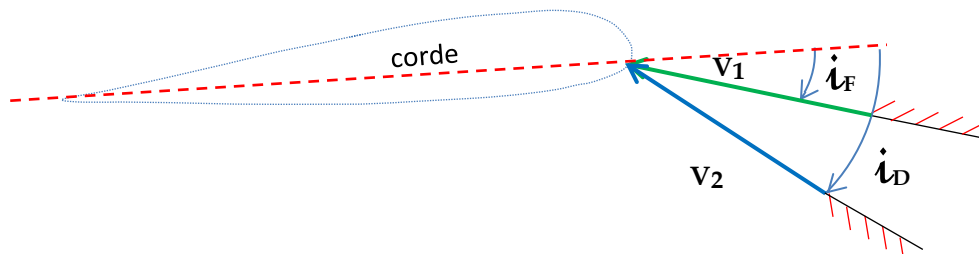
b- Sur-incidence définition et cause :

La sur-incidence est atteinte quand l'angle d'incidence égale ou dépasse le seuil de décrochage.

La sur-incidence pourra se produire sur un évènement transitoire qui accroît brutalement l'incidence de l'aile par exemple :

- En zone de turbulence, une rafale forte montante ou arrière,
- Surpilotage: pomper lors de l'atterrissage
-

c- Représentation sur un profil :



i_F = seuil de fermeture **sous-incidence.**

i_D = seuil de décrochage **sur-incidence.**

Bonus Q13 : Poids d'une rafale dans le risque de fermeture ou de décrochage. (chapitre Suppléments)

14- Le décrochage est lié à un problème mécanique simple. Lequel ?

Sommaire des éléments de réponse :

- Quand se produit le décrochage,
- Schéma des flux et forces appliqués sur un profil,
- Démonstration aérodynamique.

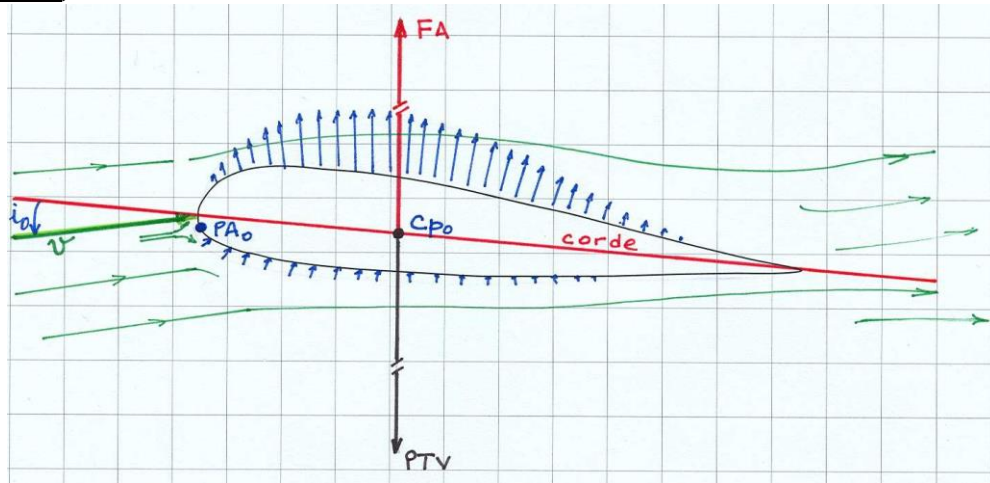
a- Quand se produit le décrochage :

Le décrochage se produit quand l'aile passe en sur-incidence.

b- Schéma des flux et forces appliqués sur un profil : En fait que se passe-t-il sur l'aile :

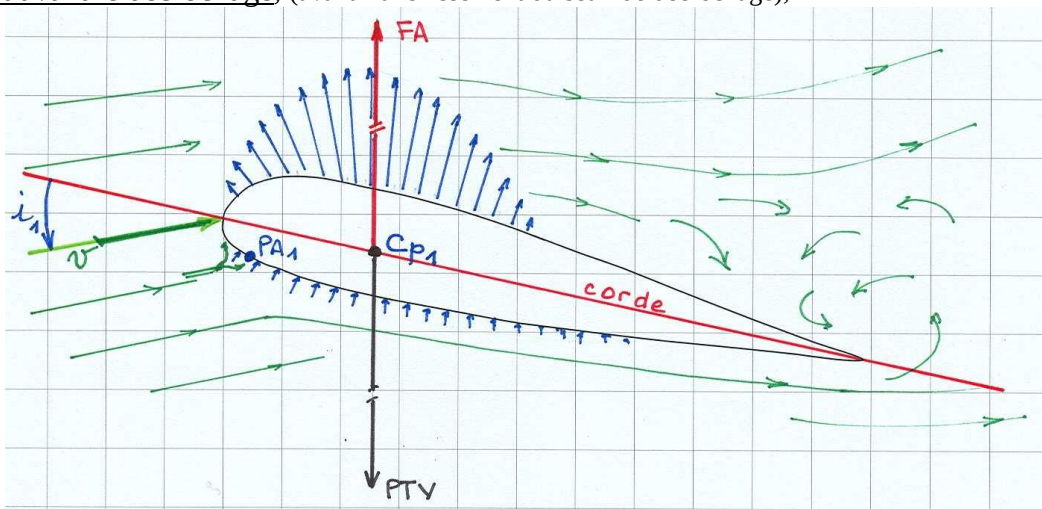
Pour la représentation, les échelles de FA et PTV sont volontairement réduites par rapport aux champs de forces.

En vol équilibré,



- $\vec{v}$ le vent relatif,
- $\vec{FA}$ est égale et opposée au $\vec{PTV}$,
- C_p le centre de poussée,
- FA résulte des forces d'intrados et des forces d'extrados,
- PA le point d'arrêt où le flux se subdivise pour parcours intrados et extrados.

Un instant avant le décrochage, (avant franchissement du seuil de décrochage),



- L'incidence est proche du seuil de décrochage, $\vec{v}$ diminue
- $\vec{PTV}$ reste encore équilibré par $\vec{FA}$,

- PA a migré plus bas sur le bord d'attaque, l' intrados plus ouvert au flux exerce une plus forte pression; coté extrados, l'air est plus fortement accéléré et se décolle rapidement.,
- L'éventuelle migration du Centre de poussée vers le bord d'attaque pourrait générer une modification d'assiette à cabrer (pour que le centre de gravité du système repasse sous le C_p).
- Le système devient très instable et va déclencher.

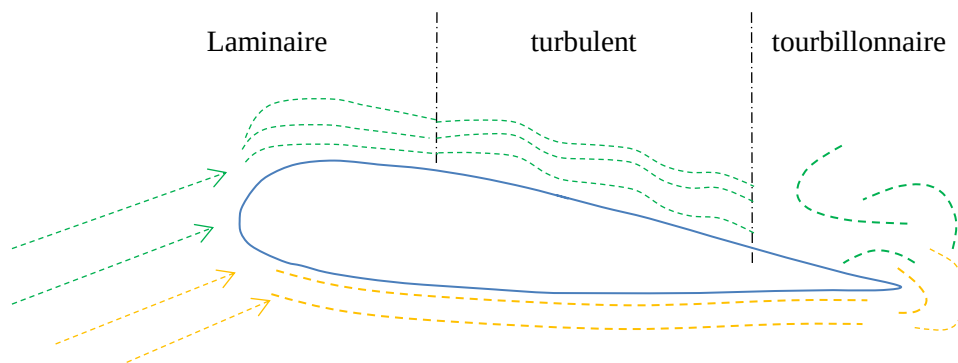
Déplacement du point de décollement de l'air sur l'extrados:

Dans le régime normal, la circulation d'air est pratiquement laminaire tout au long du profil, la viscosité de l'air assure le 'contact' avec la surface.

Alors que l'écoulement sur l'extrados était laminaire de bout en bout, apparaît quelques turbulences vers le bord de fuite. L'air se déplace encore dans le bon sens

A l'approche du seuil de décrochage:

L'espace laminaire se réduit vers le bord d'attaque, l'extrados est envahi par les turbulences en extrémité du profil en sous-pression, l'air de l'intrados, en partie, remonte vers l'extrados par le bord de fuite, des tourbillons apparaissent, l'air commence à perdre le contact.



Le flux turbulent remplace progressivement le flux laminaire, pendant que le flux tourbillonnaire gagne sur le flux turbulent.

Le décrochage est un évènement aérodynamique brutal qui ne prévient pas, représenter alors les vecteurs forces et vitesse n'a plus de sens, car le vent relatif est nul, c'est le chaos, la voile est en chiffon et tombe derrière le pilote.

c- **Démonstration aérodynamique :**

L'air se partage sur le bord d'attaque au Point d'Arrêt (PA). Si l'incidence augmente fortement (aile cabrée) le point d'arrêt migre vers le bas et se rapproche de l'intrados.

Sur l'intrados, la pression sera plus forte, car sa surface est plus ouverte au flux.

Sur l'extrados, le cabré du profil déclenche rapidement le décollement des filets qui s'évacuent en tourbillons. La dépression, donc la force de sustentation, disparaît brutalement de l'extrados. Cette succion contribuait en vol normal à l'essentiel de la force de portance.

15- Expliquez les causes d'un départ en autorotation

Sommaire des éléments de réponse :

- a) Facteurs favorisant,
- b) Causes,
- c) Manifestation d'une autorotation,
- d) Mécanisme aérodynamique.

a- Facteurs favorisants :

- vitesse,
- forte charge alaire,
- aile à grand allongement ,
- effet pendulaire.

b- Causes :

Incident de vol pouvant être une fermeture asymétrique ou une cravate.

Une fermeture asymétrique de type frontale peut en être la cause.

c- Manifestation d'une autorotation :

S'il n'y a pas correction, la $\frac{1}{2}$ aile restée ouverte va tourner de plus en plus vite, autour de la $\frac{1}{2}$ aile fermée qui freine, entraînant le pilote en marche arrière; l'accélération cessera lorsque l'axe de rotation sera entre le pilote et l'aile: c'est l'autorotation.

.

d- Mécanisme aérodynamique :

Une $\frac{1}{2}$ voile ferme, le Centre de Poussée s'éloigne du Centre de Gravité. La voile abat dynamiquement et plonge vers le bas, la trajectoire de l'aile puis et du pilote s'extériorisent.

Le poids apparent augmente et contribue à maintenir l'autorotation...

NB:

- L'abattée et la vitesse de rotation varient selon le modèle de voile
- Le SAT (Safety Acro Team) proche de l'autorot: voile avançant et pilote en vol arrière tournent autour d'un axe.
- En 360, le pilote tourne autour de la voile qui pivote sur l'axe de rotation

Q15 : rappel sur l'allongement. (chapitre Suppléments)

16- En se lissant un maximum, vous influencez considérablement certains paramètres de vols. Lesquels ? En quoi certaines habitudes de pilotes peuvent-elles être dangereuses par cette forte augmentation de charge alaire ?

Sommaire des éléments de la réponse :

- a) Définition de la charge alaire CA,
- b) Effet du lest sur la polaire des vitesses,
- c) Conséquences sur le pilotage,
- d) Incidence sur le comportement de l'aile.

a- Définition de la charge alaire CA :

La charge alaire CA est le rapport entre le PTV et la surface projetée de l'aile [kg / m²].

b- Effet du lest sur la polaire des vitesses :

Si on augmente la charge alaire (CA₁ → CA₂), la polaire des vitesses subit un accroissement homothétique : toutes les vitesses augmentent.

$$v_2 = \sqrt{\frac{CA_2}{CA_1}} * v_1 = \sqrt{\frac{PTV_2}{PTV_1}} * v_1$$

Pour une même incidence

la vitesse horizontale augmente,

le taux de chute (vitesse verticale) augmente : risque de fermeture amoindri.

c- Conséquences sur le pilotage :

Globalement, l'aile est plus physique à piloter, mais aussi plus vive à la sellette (au réglage de référence en rapport à l'homologation), permettant (ou demandant) un pilotage plus précis.

- déséquilibres pendulaires à plus fortes amplitudes,
- moins sensible aux turbulences; mais en cas de fermetures, celles-ci seront plus brutales.

En cas de mauvaise réception au sol, la capacité musculaire du pilote sera fortement sollicitée par une masse totale de son équipement, trop forte.

d- Incidence sur le comportement de l'aile :

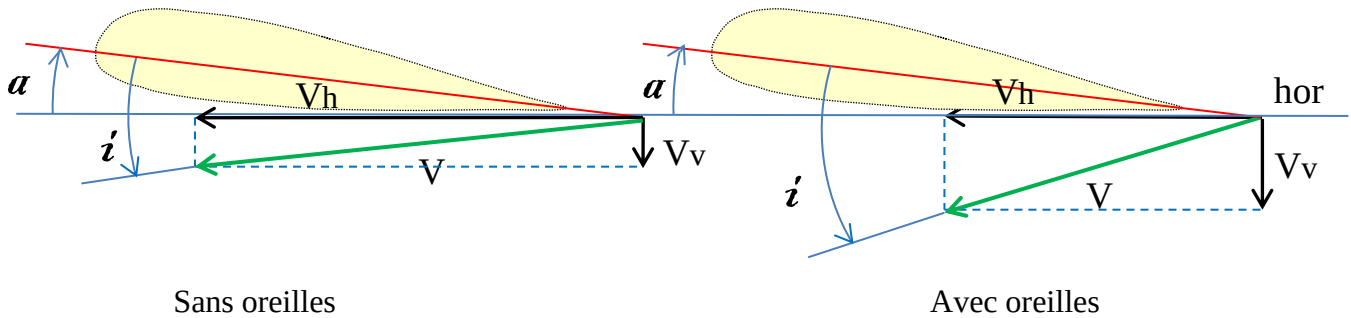
- déformation possible de la voute
- usure prématurée des suspentes et des tissus
- risque de rupture sous facteur de charge accru sur une aile en fin de vie,

17- Le fait de se mettre « aux oreilles » fait-il varier l'angle d'incidence ? Précisez à l'aide d'un schéma.

Nous proposons deux réponses possibles :

1°/ intuitive :

Représentons les vitesses V_h et V_v



Lorsqu'on se met aux oreilles, une grande partie de la surface portante diminue. La force aérodynamique F_A reste toujours égale au poids total en vol PTV; la traînée augmente à cause des oreilles et la portance va être réduite, maintenant ainsi l'amplitude de la F_A ...

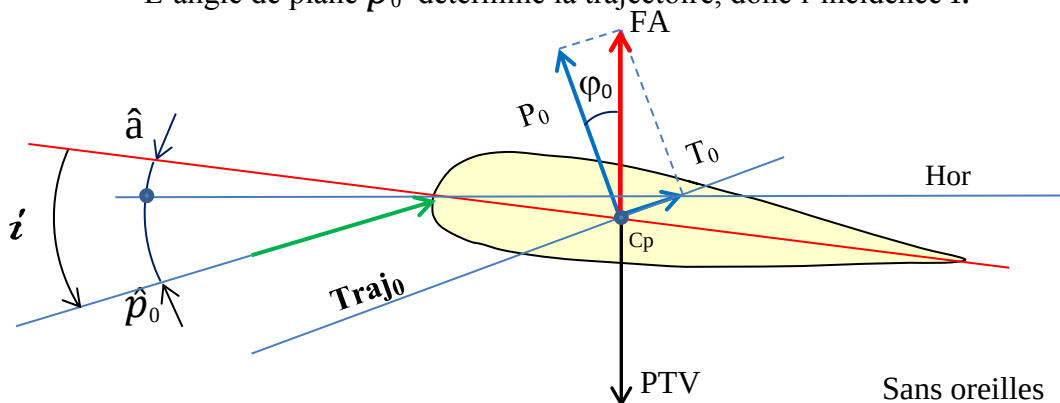
La vitesse horizontale va baisser et le taux de descente notablement augmenter, donnant une nouvelle trajectoire, plus plongeante : $\hat{i}$ augmente donc.

2°/ plus formelle :

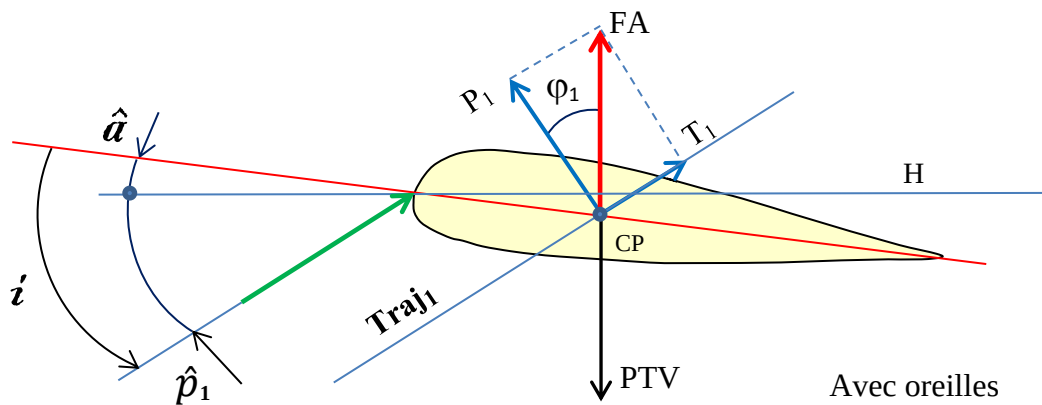
Toujours avoir en tête que le poids ne change pas quand on fait les oreilles.

Pour l'équilibre du vol, c'est-à-dire sans accélération :

- $PTV = F_{A \text{ sans oreilles}} = F_{A \text{ avec oreilles}} = \text{constante}$,
- $\vec{FA} = \vec{P0} + \vec{T0}$,
- Considérons que le calage de l'aile est sensiblement inchangé :
 $\rightarrow$ assiette $\hat{a}$ constante,
- L'angle de plané $\hat{p}_0$ détermine la trajectoire, donc l'incidence $\hat{i}$.



angle de plané : $\hat{p}_0 = \hat{\varphi}_0$ (angles dont les côtés homologues sont perpendiculaires entre eux)



angle de plané : $\hat{p}_1 = \hat{\varphi}_1$

A la mise aux oreilles, $\overrightarrow{FA}$ va avoir de nouvelles composantes :

La portance devient $\vec{P}_1$ et la trainée devient $\vec{T}_1$.

Or la portance $\vec{P}_1$ est moindre, pour maintenir la relation $\overrightarrow{FA} = \vec{P}_1 + \vec{T}_1$ il faut que $\vec{T}_1$ croisse.
conséquence : comme $\tan \varphi_1 = \frac{T_1}{P_1} \rightarrow \tan \varphi_1 > \tan \varphi_0$

$$\hat{\varphi}_1 > \hat{\varphi}_0 \text{ entraine } \hat{p}_1 > \hat{p}_0$$

Un nouvel équilibre de vol se crée avec une nouvelle trajectoire $Traj_1$ et un angle d'incidence $\hat{i}_1$ qui a augmenté.

18- Que pensez-vous de l'affirmation : « se lester diminue les risques de fermeture »?

Sommaire des éléments de réponse :

- a) Conséquences sur le pilotage,
- b) La vitesse préserve des fermetures faibles,
- c) Inconvénient si fermeture plus soutenues.

a- Conséquences sur le pilotage :

On pourrait réduire le risque de fermeture en adoptant un régime de vol lent, c'est-à-dire voler à incidence plus forte, mais ce n'est jamais recommandé de voler aux basses vitesses.

- « Les modèles de voiles actuelles ont un rendement meilleur avec une charge alaire élevée » (PTV proche du maximum préconisé pour l'aile): vitesses sur trajectoires : plus élevées.
Les tests de labellisation sont effectués aux PTV mini et maxi de la fourchette indiquée par le constructeur. La conséquence du choix d'une charge alaire est toujours un compromis.
- Pour débuter en cross, une charge alaire élevée pourrait ne pas convenir.
- La Charge Alaire plus élevée rend l'aile + réactive, + communicative.

b- La vitesse préserve des fermetures faibles :

Quand la charge alaire augmente, la polaire des vitesses subit un accroissement homothétique .
Pour la même incidence, les vitesses croissent ainsi que la pression de l'air dans la voile. La structure devient plus solide (aile plus tendue) et moins sensible aux fermetures, contrairement à une voile moins chargée, molle et plus sensible aux fermetures.

c- Inconvénient sur fermeture plus forte :

La fréquence des fermetures est plus faible, mais quand celles-ci se produisent, elles sont plus massives et surtout plus vives. La réouverture sera aussi assez vive*.

*NB: le pilote moins sollicité pour gérer ce risque pourrait plus facilement se laisser surprendre par ces fermetures fortes.

Questions portant sur : MÉTÉOROLOGIE / AÉROLOGIE

1- Qu'est-ce qu'une confluence et quelles peuvent en être les origines ?

Sommaire des éléments de réponse :

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> a) Définition de la confluence, b) Principe de la confluence, c) Où rencontre-t-on des confluences ? d) Brises de vallées, | <ul style="list-style-type: none"> e) Brise thermique et vent météo, f) Brise de mer et vent météo, g) Brise de mer et brise thermique. |
|---|--|

a- Définition de la confluence :

Une zone de confluence est l'espace où se rencontrent deux masses d'air, qui peuvent être du vent, des brises comme indiqué après.

La confluence génère une ascendance sur une largeur de quelques centaines de mètres à quelques kilomètres, parfois matérialisée par des cumulus.

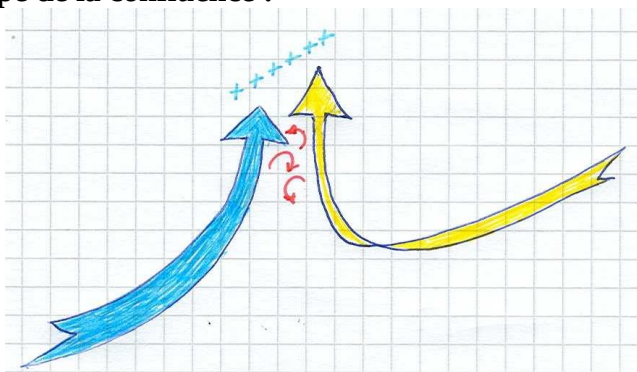
Des cisaillements peuvent être présents dans la zone d'affrontement. Cette confluence, parfois exploitable en vol libre, est souvent turbulente.

La confluence peut exister jusqu'à plusieurs dizaines de kilomètres à l'intérieur des terres.

Les deux masses d'air étant différentes, on obtient des plafonds de hauteurs différentes.

La masse d'air relativement plus humide engendre un plafond d'altitude inférieure

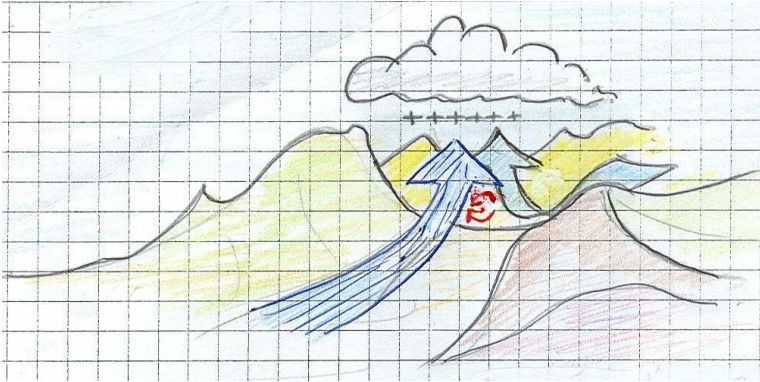
b- Principe de la confluence :



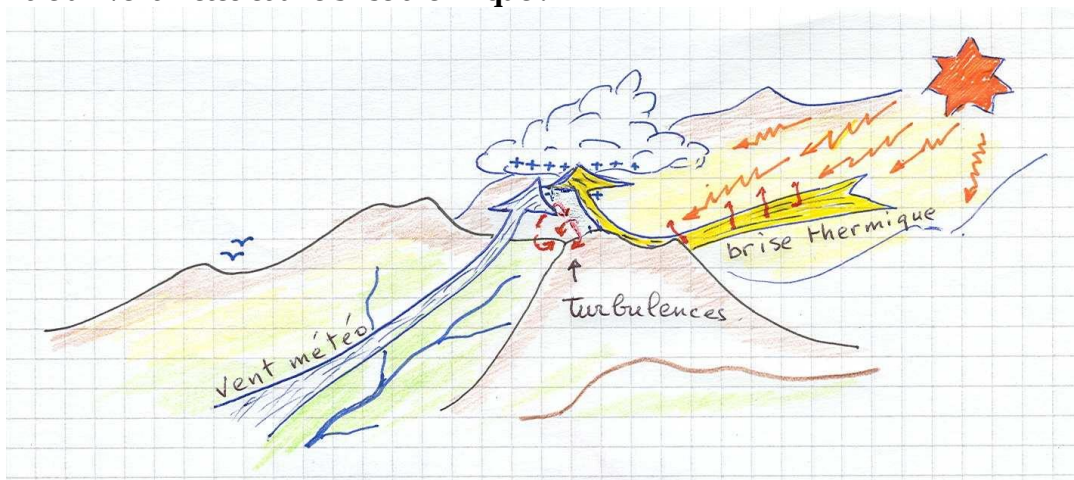
c- Où rencontre-t-on des confluences ? :

- Sur une crête,
- Au croisement de deux ou plusieurs vallées,
- A la croisée d'un col,
- En bordure de côte, entre brise de mer et vent météo
- A proximité des côtes, entre brise de mer et brise de vallée.

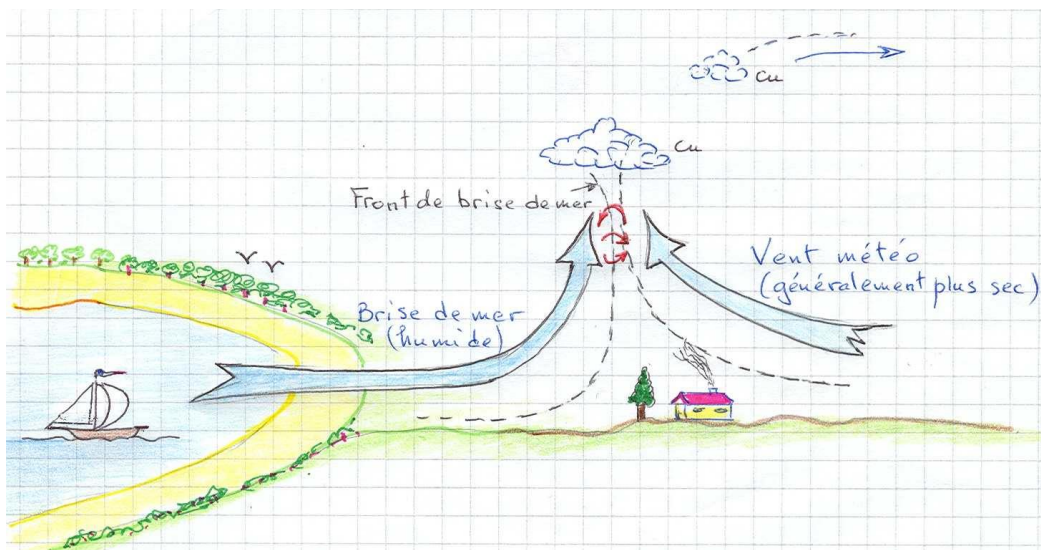
d- Brises de vallées : Entre deux brises de vallée au-dessus d'un col ou d'une crête



e- Entre un vent météo et une brise thermique :



f- Entre une brise de mer et un vent météo :



g- Entre brise de mer et brise thermique :

à Font-Romeu, à 100km des côtes, en Cerdagne on exploite la confluence de fin d'après-midi.

2- En montagne, vous observez des altocumulus en formation, quelle est votre analyse ? Quels éléments vous permettent d'anticiper l'évolution ?

Sommaire des éléments de réponse :

- a) Définition des Altocumulus,
- b) Evolution possible,
- c) Cas particuliers.

a- Définition des Altocumulus :

L'Altocumulus appartient à l'étage moyen. Sa base est rarement inférieure à 3000m et son sommet ne dépasse pas 5000m.

En général, c'est un nuage constitué d'un nappage de cumulus, soudés ou non, à faible développements verticaux.

L'Altocumulus comme tous les nuages cumuliformes prend la forme du courant qui l'engendre.

b- Evolution :

Les Altocumulus sont caractéristiques de l'arrivée d'un Front chaud et donc un changement de temps.

Selon la rapidité de l'évolution, on peut s'attendre à de la pluie dans les heures qui suivent, ou le lendemain.

c- Cas particuliers :

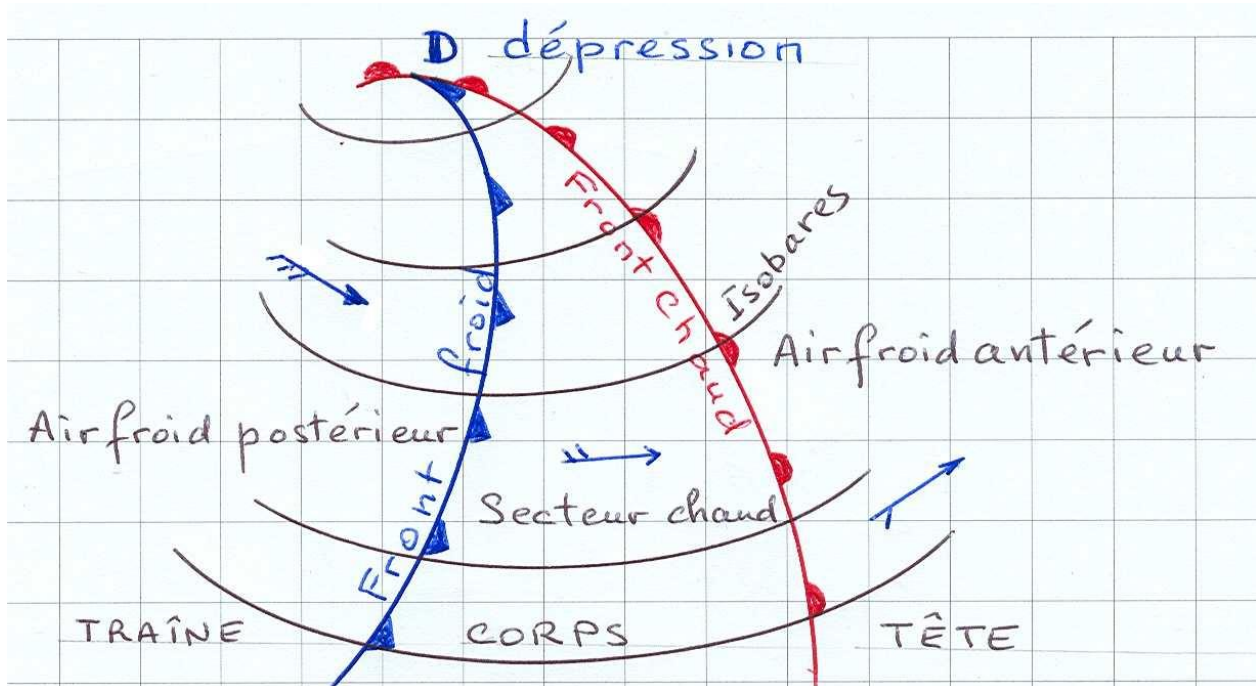
Le Castellanus, en forme de tour, est un signe de forte instabilité à l'étage moyen. Cela peut annoncer la formation de Cumulonimbus dans la journée.

3- Décrivez les caractéristiques spécifiques d'un Front froid (schéma et explications) et le type de masse d'air rencontrée généralement les 2 à 3 jours suivants.

Sommaire des éléments de la réponse :

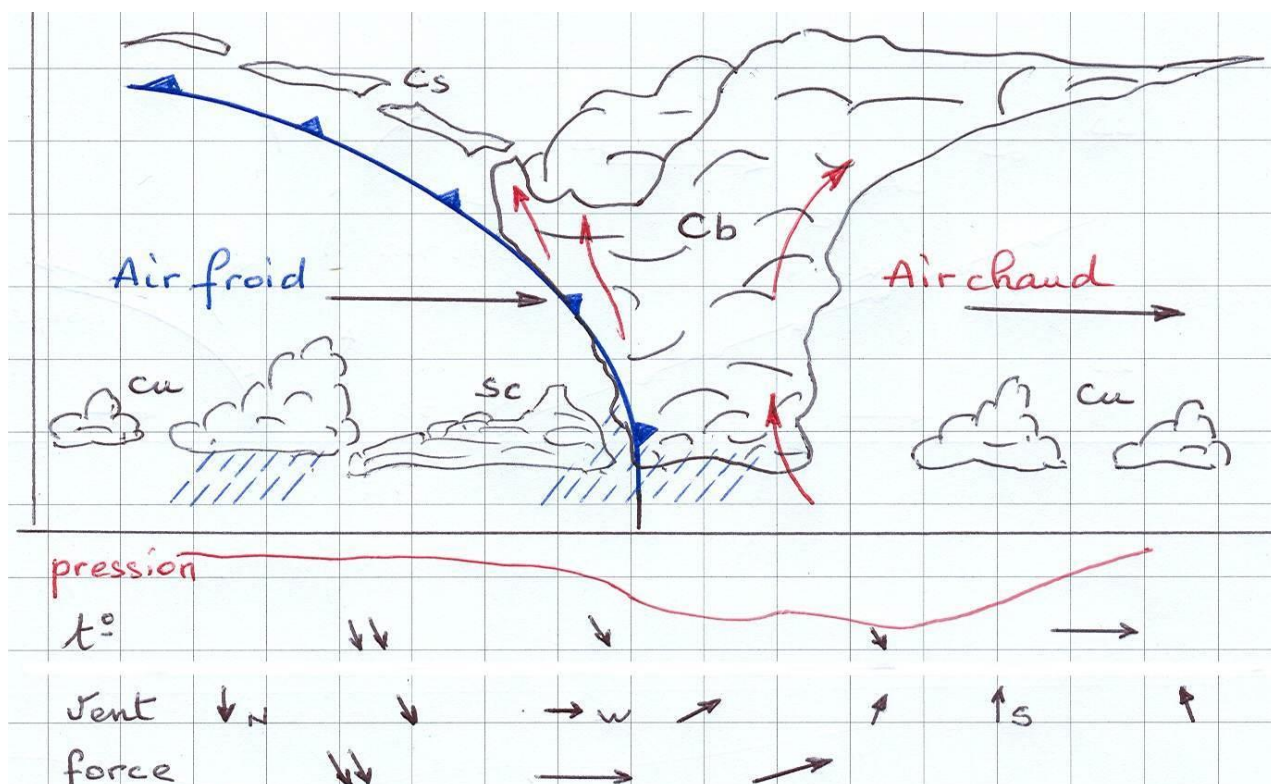
- a) Les Fronts,
- b) Le Front froid et ses nuages,
- c) Ciel de traîne.

a- Les fronts :



Le front est une limite entre deux masses d'air de nature différente. Le Front froid est la limite entre l'air chaud et l'air froid postérieur. Le Front froid est abrupt, avance vite et peut rattraper le Front chaud qui le précède, il y a alors occlusion. Le Front froid pousse devant lui l'air chaud en le soulevant vivement.

b- Le Front froid et ses nuages



- Le Front froid repousse en altitude l'air chaud, ce mécanisme génère des Congestus ou des Cumulonimbus, entraînant des averses orageuses avec rafales de vent, grêle....
- Aux prémices du Front froid, la pression atmosphérique amorce une baisse, le vent s'oriente Sud,
- A l'arrivée du Front froid, La pression atmosphérique baisse notablement, la température baisse, le vent forçit, s'orientant SSO,
- Sous le Front froid, La pression atmosphérique remonte, la température continue à descendre, le vent s'oriente SO,
- Derrière le Front froid, le ciel de traîne : la pression atmosphérique a retrouvé un niveau haut, la température a poursuivi sa baisse, le vent s'orientant O puis NO , décroît puis tombe au plus bas.

c- Ciel de Traîne : L'arrière du Front froid donne un ciel de traîne.

Après les pluies, le sol humide et l'arrivée du soleil entraînent de la convection et de la condensation : des cumulus se forment. Dans un premier temps les cumulus sont nombreux et importants, puis progressivement la masse d'air s'assèche, le ciel se dégage. Si la masse d'air est très instable et humide, la traîne peut être dite chaotique et générer des averses.

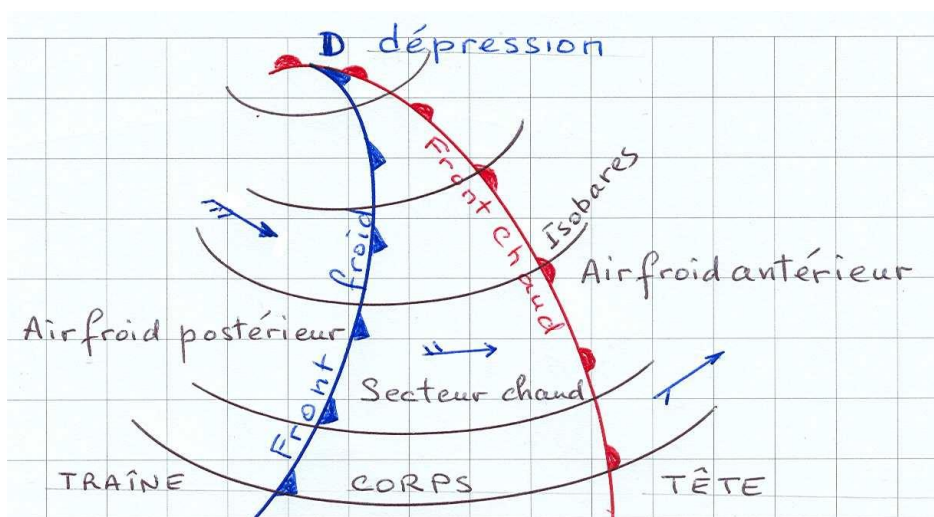
Pour le vol : le premier jour de traîne est souvent accompagné d'un vent du Nord-Ouest trop fort, les conditions sont difficilement volables. Le vent et l'instabilité deviennent ensuite exploitables pour le vol libre et donnent souvent les meilleures conditions pour le cross.

4- Par un schéma, décrivez le passage d'une perturbation et citez les phénomènes associés (nuages, vents, précipitations...).

Sommaire des éléments de réponse :

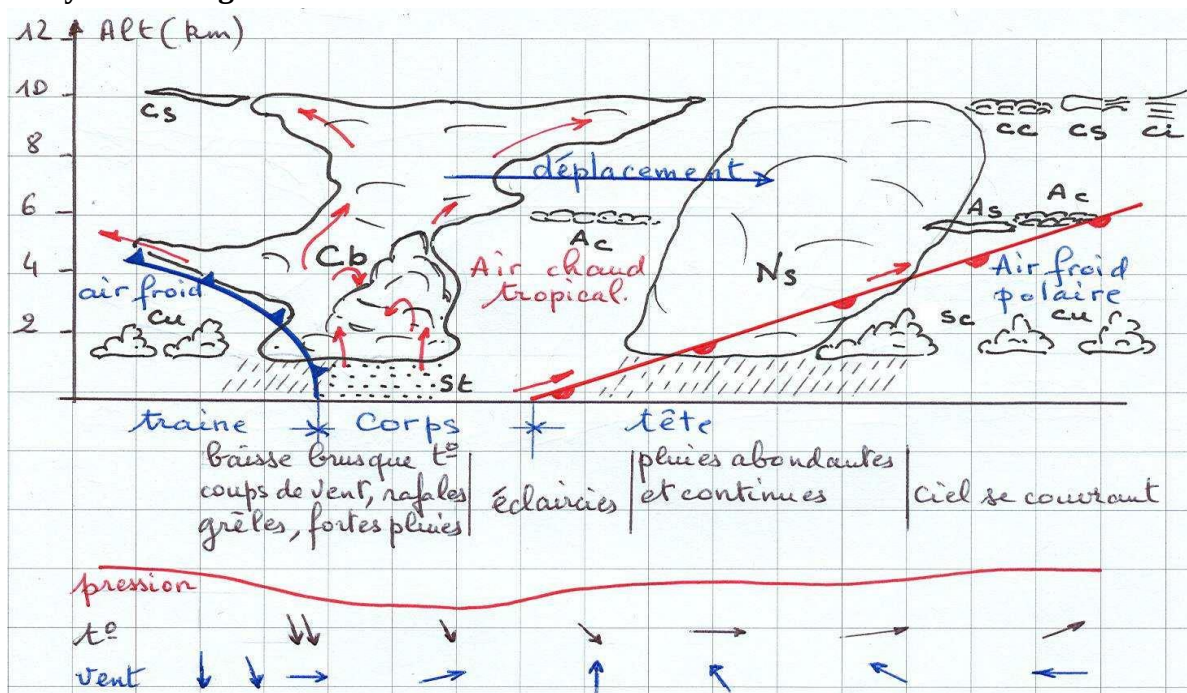
- a) Description d'une perturbation,
- b) Le système nuageux,
- c) Le Front chaud,
- d) Le Front froid,
- e) La traîne, derrière le Front Froid.

a- Description d'une perturbation :



Poussé par l'air froid et lourd, le Front froid rapide suit de près un Front chaud plus lent. Le Front froid apporte une masse d'air postérieure plus froide, alors que le Front chaud apporte un air postérieur plus chaud.

b- Le système nuageux :



Le Front froid se déplace plus vite que le Front chaud : s'il le rattrape, généralement dans le cœur de la dépression, ce sera l'occlusion.

c- Le Front chaud :

Tête de la perturbation, le Front chaud avance doucement et l'air chaud glisse au-dessus de l'air froid, plus dense, (pente d'environ 3‰). L'air chargé d'humidité, poussé sur le Front chaud, monte et condense :

- Apparition successive des nuages : Cirrus (Ci), cirrostratus(Cs), cirrocumulus(Cc), altostratus(As), altocumulus(Ac), puis Nimbostratus (Ns) qui donnent des pluies fines et abondantes.
- Vent : SE à SO.
- La pression atmosphérique :
devant le front, la pression baisse,
sur le front, la pression reste sensiblement constante,
après le front, la pression baisse encore un peu.

Le vol libre au-devant d'un Front chaud est possible, mais les conditions thermiques en place ne seront pas optimum à cause de la nébulosité : voile de cirrus et de cirro-cumulus. Le dynamique peut être très intéressant ou dangereux si on s'aventure sous le vent du massif.

- Au passage du front : Les Nimbostratus provoquent des pluies fines et abondantes.
- Entre les deux fronts : Si le corps de la perturbation est assez long, les nuages peuvent éventuellement se dissiper, laissant de belles éclaircies.

d- Le Front froid :

Le Front froid repousse l'air chaud vers le haut, d'autant plus violemment que les différences de températures sont fortes. Au niveau du Front froid, si l'instabilité est forte, il y a des Cumulonimbus (Cb) avec des vents forts, et des pluies importantes, grêle, foudre.

- Vents SO à NE.
- Pression atmosphérique :
devant le front, la pression reste basse et sensiblement constante,
sur le front, la pression augmente fortement,
après le front, la pression augmente encore légèrement.

Remarque : Une attention particulière doit être faite au front occlus, car les Cumulonimbus sont noyés dans la masse du Front chaud et cachés à l'observateur,

« un Nimbostratus peut cacher un Cumulonimbus ! »

e- La traîne derrière le Front froid :

Vient ensuite la traîne (coté air postérieur froid), les Cumulonimbus sont passés avec le front, alors apparaissent des cumulus. La traîne peut être accompagnée dans les premiers jours, d'un vent fort NO ou N et les conditions peuvent être difficilement volables. Le vent se calme ensuite puis est souvent favorable au vol libre, particulièrement en saison d'été.

5- Quels sont les nuages associés à une masse d'air instable ? De quoi sont-ils annonciateurs et quelle est leur évolution possible ?

Sommaire des éléments de réponse :

- a) Définition de l'air instable,
- b) Nuages associés à l'air instable,
- c) Les nuages annonciateurs et leur évolution possible,
- d) Dangers du Cumulonimbus et Congestus.

a- Définition de l'air instable :

Une particule d'air est dans un air ambiant instable quand sa température reste supérieure à celle de l'air ambiant. La particule va monter tant que sa température sera supérieure à l'air ambiant. La tropopause en sera alors la limite absolue.

b- Nuages associés à l'air instable :

Les nuages associés à un air instable sont les nuages à développement verticaux de type cumuliforme.

On trouve les Cumulus, Altocumulus-Castellanus, cumulus-Congestus et les Cumulonimbus.

c- Les nuages annonciateurs :

Les Altocumulus-Castellanus, nuages de l'étage moyen, en forme de tour sont révélateurs d'une instabilité à l'étage moyen.

Les nuages à développement plus important tels que, Congestus et Cumulonimbus indiquent que la couche d'inversion a craqué, et que la limite du développement vertical, peut monter jusqu'à la tropopause. Ce sont des nuages dangereux pour le vol libre, même à une distance de quelques dizaines de kilomètres.

Le cumulus Congestus est source d'ascendances trop violentes, générant de par son activité interne, une récupération des masses d'air à sa base augmentant les brises de vallées et les risques d'aspirations.

Et parfois si l'instabilité est plus forte encore :

le Congestus (Cg) évolue en Cumulonimbus(Cb) accompagné d'orages et de vents violents.

d- Dangers du Cumulonimbus et Congestus :

Le Cumulonimbus et le Congestus peuvent perturber l'air jusqu'à plus de 40 km, ce sont les nuages les plus dangereux.

6- Décrivez à l'aide de schémas commentés, le phénomène d'effet de Foehn (causes et conséquences).

Sommaire des éléments de réponse :

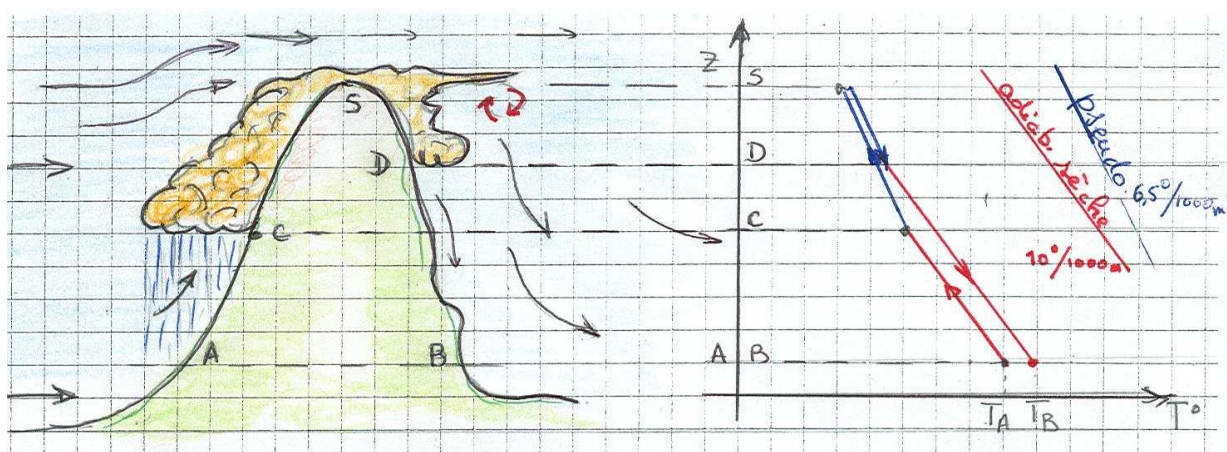
- a) Le Foehn,
- b) L'effet de Foehn,
- c) Le petit effet de Foehn,
- d) Système ondulatoire accompagnant le Foehn,
- e) La couche inférieure sous-ondulatoire.

a- Le Foehn : Le Foehn est un phénomène météorologique qui se produit sous le vent d'une crête ou d'une chaîne montagneuse.

Lorsque le vent souffle perpendiculairement à une ligne de crête, il doit s'élever pour franchir l'obstacle. En prenant de l'altitude, l'air se refroidit par détente adiabatique (sans échange de chaleur avec l'extérieur). De l'autre côté de l'obstacle l'air redescend en se réchauffant par compression adiabatique. Il se réchauffe d'autant plus qu'il a perdu de l'humidité en amont du relief.

Quand il y a Foehn, il y a toujours formation d'un nuage au vent de la crête.

b- L'effet de Foehn :



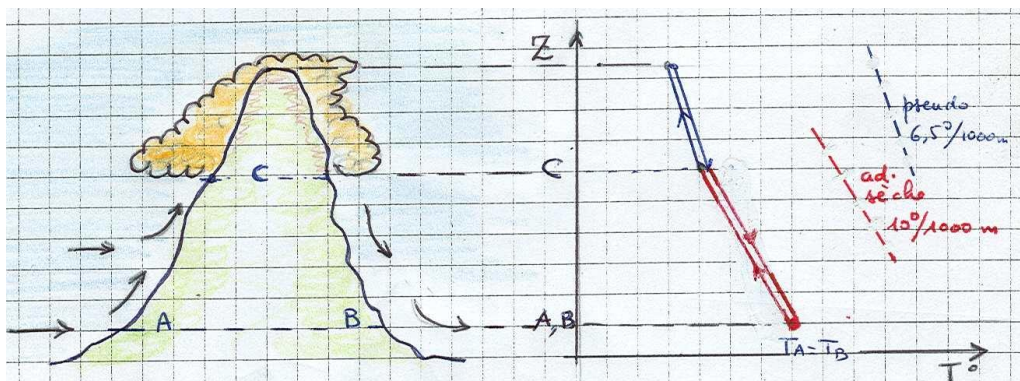
Lors de sa montée, l'air chargé de vapeur d'eau se refroidit selon l'adiabatique sèche (environ $1^{\circ}\text{C}/100\text{m}$) puis arrive la condensation (C) et la formation d'un nuage. L'air continue sa montée et sa détente selon une pseudo-adiabatique (perte de $0,65^{\circ}\text{C}/100\text{m}$).

L'air se sature et condense, formant un nuage orographique, et continue sa montée mais perd au fur et à mesure de son humidité sous forme de précipitation.

Au sommet, la masse d'air venant du bas s'est appauvrie en humidité et a une température qui aura décru selon, d'abord l'adiabatique sèche ($1^{\circ}\text{C}/100\text{m}$), puis moins rapidement selon la pseudo-adiabatique ($0,65^{\circ}\text{C}/100\text{m}$) ; l'air va redescendre de l'autre côté de la montagne.

Arrivée sous-le-vent, et tant que la masse d'air reste en condensation, elle va descendre selon la pseudo-adiabatique, avec formation de ce côté d'un nuage. Cette masse d'air s'étant asséchée par précipitation coté au-vent, et la température ré-augmentant, la condensation cessera à une altitude plus élevée (D) que coté au-vent. S'ensuit la compression adiabatique sèche ($1^{\circ}\text{C}/100\text{m}$). A une altitude identique la température sous le vent du relief est plus élevée que coté au-vent.

- c- **Le petit effet de Foehn** : C'est le cas où en s'élevant, au vent de la montagne, la masse d'air, qui se refroidit, selon le gradient de l'adiabatique sèche ($1^{\circ}\text{C}/100\text{m}$), atteint son point de condensation à l'altitude C, forme un nuage et poursuit sa montée en se refroidissant selon l'adiabatique humide ($0,65^{\circ}\text{C}/100\text{m}$), mais ... ne provoque pas de pluie.



La masse d'air et son nuage passent sous le vent de la montagne et descend la pente selon le même gradient humide, au niveau C la masse d'air a retrouvé la même température.

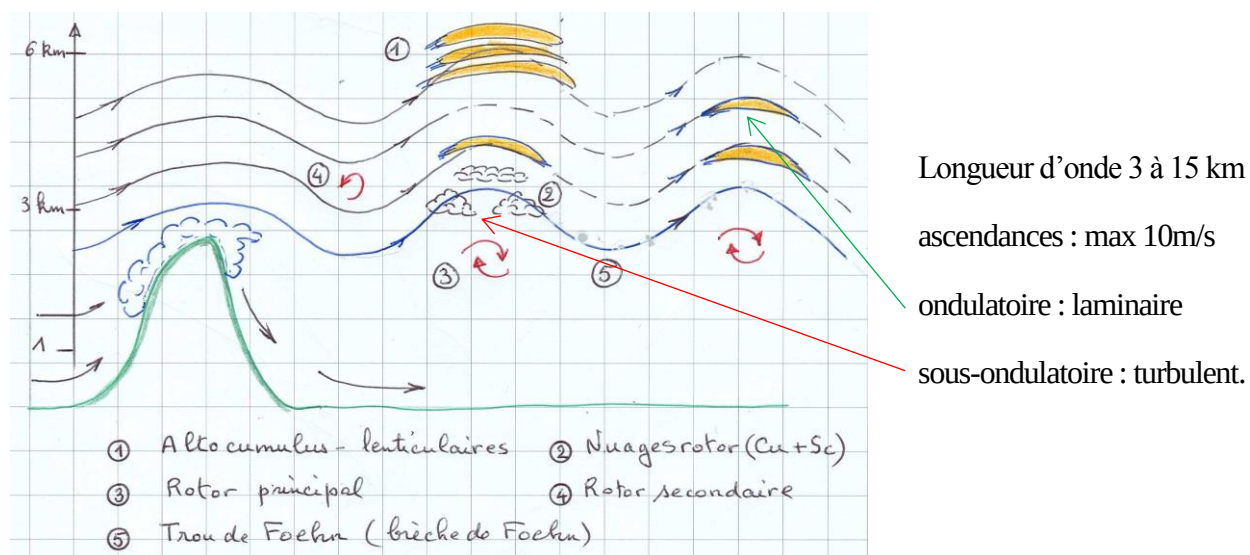
C'est la fin de la condensation, on passe à l'état de vaporisation, le nuage se dissipe, l'air poursuit sa descente avec une élévation de température, selon l'adiabatique sèche ($1^{\circ}\text{C} / 100\text{m}$).

De part et d'autre de la montagne, les températures qui ont suivi les adiabatiques sont les mêmes aux mêmes niveaux.

Conséquence pour le vol libre

- La masse sous le vent est turbulente.
- Présence d'un trou de Foehn ou 'brèche de Foehn' (trouée de bleu dans la couverture nuageuse) et de lenticulaires.

- d- **Système ondulatoire accompagnant le Foehn** : Les ondes se forment quand le vent fort est perpendiculaire au relief, que l'air est stable et que le vent se renforce en altitude.



On repère la couche ondulatoire à écoulement laminaire, par les lenticulaires lisses et réguliers ; en dessous de ces nuages, c'est la couche sous-ondulatoire, turbulente (rotors Cu + Sc). En règle générale, il ne faut pas voler sous le vent du massif qui génère le Foehn sur une distance au-delà de plusieurs dizaines de kilomètres.

e- La couche inférieure sous-ondulatoire :

Dans la couche inférieure sous-ondulatoire apparaissent des rotors à axe horizontal, assez stables, fournissant de fortes ascendances dans leur partie montante, parfois coiffés de nuages orographiques à l'aspect déchiqueté (nuages de rotors)

Le Foehn est particulièrement piégeux : peu de vent au déco et à l'atterro, ...lessiveuse en vol.

Bonus Q6 : Axes rotors et rouleaux. (chapitre Suppléments)**7- Décrivez les différents étages de la troposphère et les nuages associés.**

Sommaire des éléments de réponse :

- | | |
|---|---|
| a) La troposphère, ses limites,
b) Les limites standards de température,
c) Classes de nuages des étages de la troposphère, | d) Familles de nuages,
e) Les nuages par étages,
f) Les nuages particuliers Cb Ns, Lenticulaires. |
|---|---|

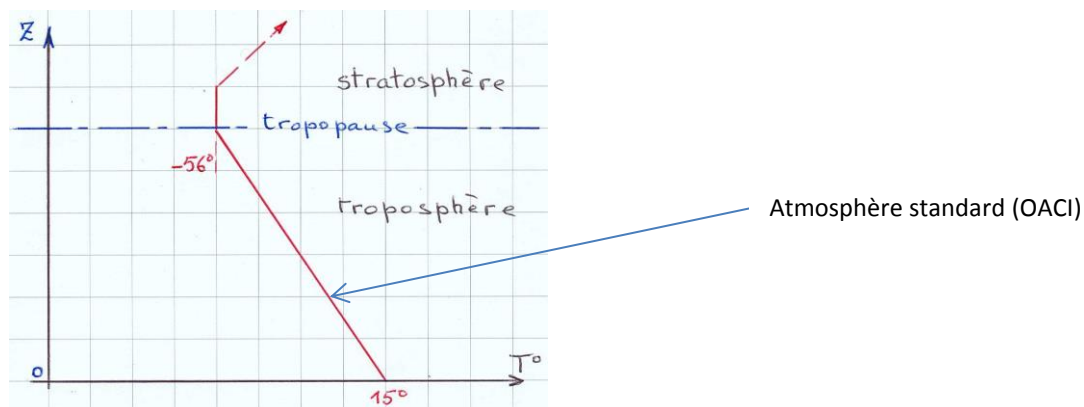
a- La troposphère, ses limites :

La troposphère est la première couche de l'atmosphère et s'étend de la mer niveau 0 à une hauteur moyenne de 12000m, cette hauteur varie (8 à 18 km) avec la saison et la latitude Elle est plus épaisse à l'équateur qu'aux pôles.

La tropopause est sa limite avec la stratosphère, la température y est de -56°C

La troposphère contient 80% de la masse d'air de l'atmosphère et la majorité de la vapeur d'eau.

La stratosphère qui la couvre voit d'abord sa température se maintenir puis croître, constituant ainsi un couvercle à tout développement nuageux de la troposphère.

b- Les limites standards de température :**Classes de nuages des étages de la troposphère :**

Etage	altitude	Préfixe	Stables : Stratiformes		Instables : Cumuliformes	
Supérieur	6000	Cirro	Cirrus	Nimbostratus	Cirro-cumulus	Cumulonimbus
			Cirro-stratus			
Moyen	3000m	Alto	Alto-stratus		Alto-cumulus*	
inférieur	0		Stratus		cumulus	

*Lorsque les altocumulus se soudent, l'insolation disparaît et fait baisser la température au sol de plusieurs degrés. La convection dans la basse atmosphère est alors annihilée.

c- Familles de nuages :

Les nuages **cumuliformes** se développant dans des masses d'air instable par convection (déplacement vertical), plats sur la base et cotonneux ou chou-fleur sur la partie supérieure.

Les nuages **stratiformes** se développant dans les masses d'air stable, par refroidissement de l'air, sont compacts et étendus. Les stratiformes, nuages d'advection (déplacement horizontal), proviennent généralement plutôt de l'arrivée d'une masse d'air plus humide glissant sur une masse d'air plus froide.

d- Les nuages par étages :

Les nuages de l'étage supérieur (de 6000m à 12000m, nuages cristaux de glace)

- Cirrus (Ci) : forme de plumes, de filaments très blancs. Ils sont souvent le signe avant-coureur de l'évolution du temps.
- Cirro-cumulus (Cc) : petits nuages blancs pommelés et groupés.
- Cirro-stratus (Cs) : voile nuageux élevé et peu épais, à structure souvent filamenteuse. Ce sont eux qui provoquent les halos.

Les nuages de l'étage moyen (de 3000m à 6000m, nuages mixtes)

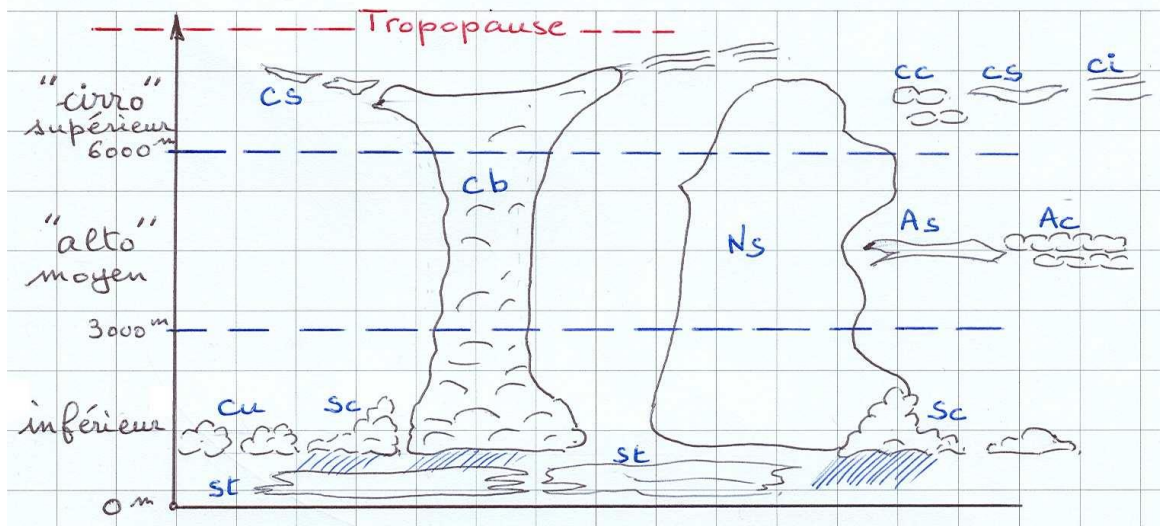
- Alto-cumulus (Ac) : souvent appelé mouton, de couleur plus ou moins grise aux contours nets, ne donne pas de pluie.
- Alto-stratus (As) : couche grise homogène assez épaisse qui peut donner quelques gouttes.
- Alto-castellanus : cumuliforme avec des excroissances verticales en forme de tour.
- Nimbostratus (Ns) : couche grise foncée et épaisse, nuage de pluie interminable.

Les nuages de l'étage inférieur (de 0 à 3000m, nuages d'eau)

- Cumulus (Cu) : nuage dit de beau temps, bourgeonnant, isolé, d'un blanc éblouissant dans sa partie ensoleillée. Peut se développer vers la couche moyenne (Congestus Cg) et donner un grain.
- Stratus (St) : couche grise très uniforme, appelé brouillard lorsqu'il touche le sol.
- Strato-cumulus (Sc) : contour typique du cumulus mais aplati comme un stratus.

e- Les nuages particuliers Cb, Ns, Lenticulaires :

- Le Cumulonimbus (Cb) : très développé verticalement sur les 3 étages, nuage d'orage violent redouté des parapentistes.
- Le Nimbostratus (Ns), nuage de pluie, qui se génère sur l'étage moyen, peut occuper en se développant, les trois étages.
- Les nuages lenticulaires sont des nuages stationnaires généralement d'origine orographique et ondulatoires (classés comme AltoCumulus-lenticulaires).



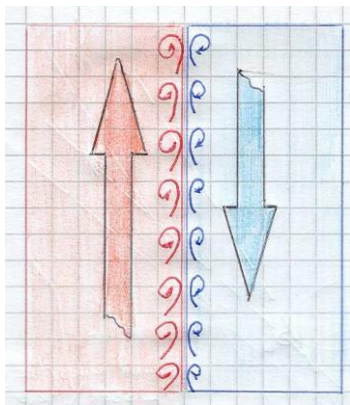
8- Citez et décrivez les différentes situations où l'on peut rencontrer des cisaillements.

Sommaire des éléments de réponse :

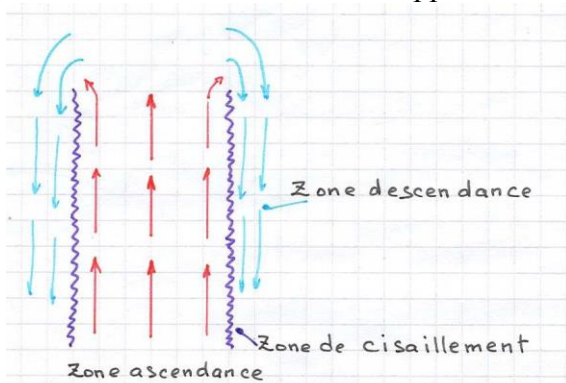
- a) Le cisaillement : principe,
- b) Le cisaillement Vertical,
- c) Le cisaillement Horizontal,
- d) Cisaillement à la couche d'Inversion,
- e) Les Convergences.

Le cisaillement : couche limite turbulente entre deux masses d'air ayant des vitesses et directions de déplacement très différentes. le cisaillement peut être horizontal ou vertical.

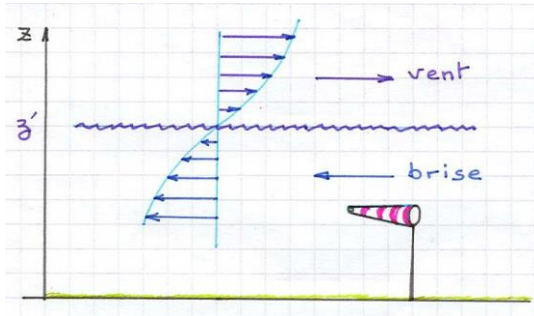
a- Principe:



b- Le cisaillement Vertical : sur l'enveloppe d'un thermique



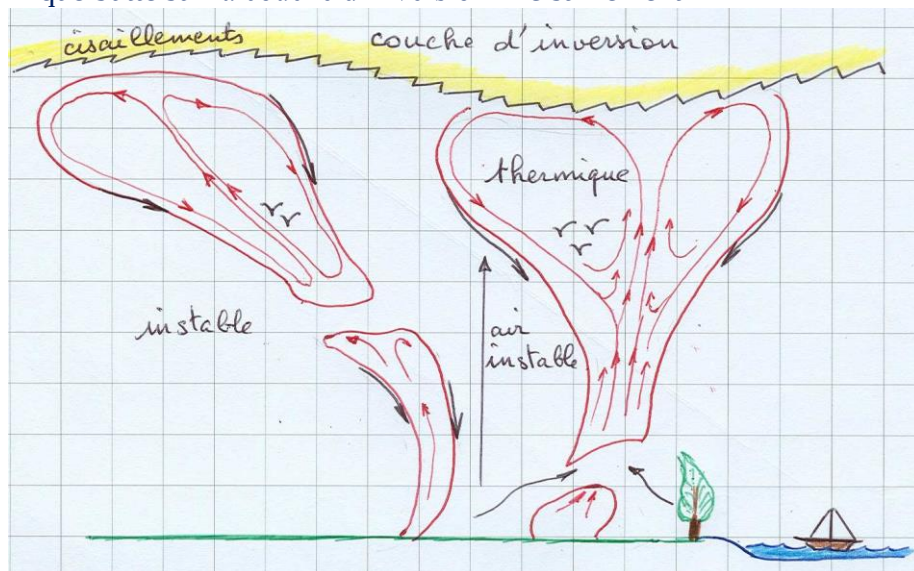
c- Le cisaillement Horizontal : croisement brise et vent d'altitude ou entre deux couches d'altitude se déplaçant dans des directions différentes.



La force du cisaillement dépendra du gradient de vent au croisement. Dans ce schéma, le cisaillement est à l'altitude z'

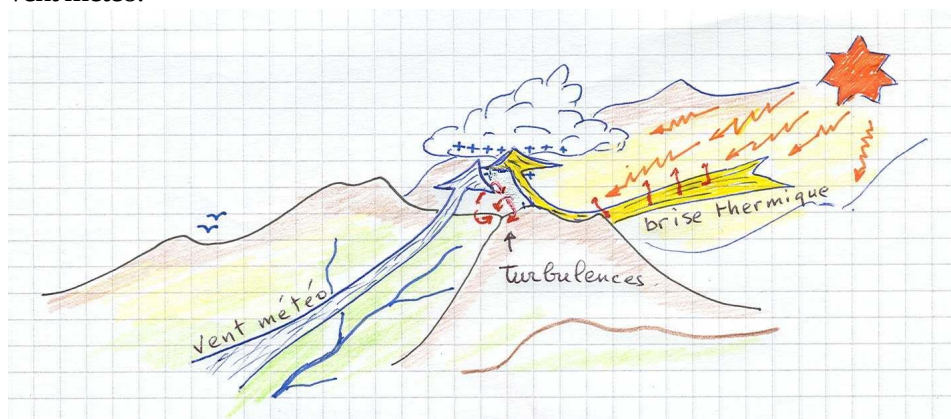
d- Cisaillement à la couche d'inversion :

Le thermique butte sur la couche d'inversion → cisaillement



e- Les Convergences : fort risque de cisaillement dans les zones d'affrontement :

- Entre 2 brises de vallée ou vents météo à la croisée d'un col.
- Un vent ascendant faisant office de relief aérologique sur lequel s'appuie une brise de vallée ou un vent météo.



9- Expliquez à l'aide de schémas les raisons de la mise en place des différents régimes de brises. Quelles peuvent être leur évolution au cours de la journée ?

Sommaire des éléments de réponse :

- a) Brise de mer (ou lac) et de terre,
- b) La brise de mer, le jour,
- c) La brise de terre, la nuit,

- d) Brise de pente,
- e) Brise de vallée,
- f) Brise de vallée en cirque.

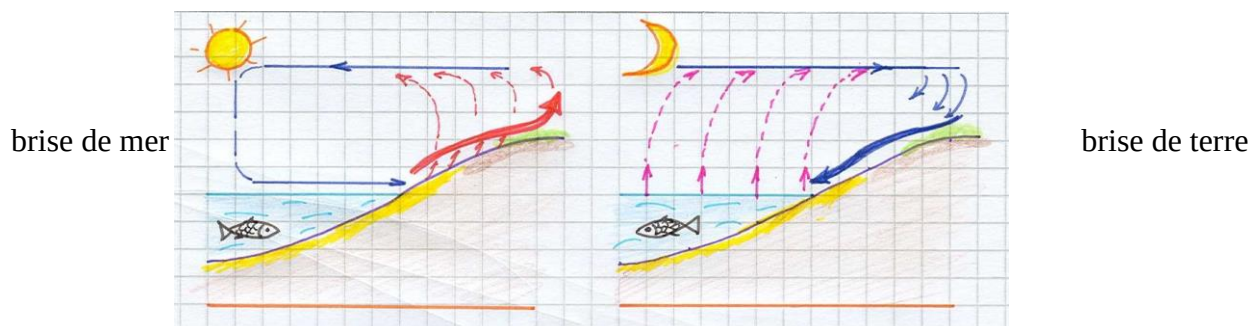
a- Brise de mer (ou lac) et de terre :

La mer a une grande inertie thermique.

L'été, le jour c'est le continent qui chauffera plus vite, la nuit, c'est le continent qui refroidira plus vite.

b- La brise de mer, le jour :

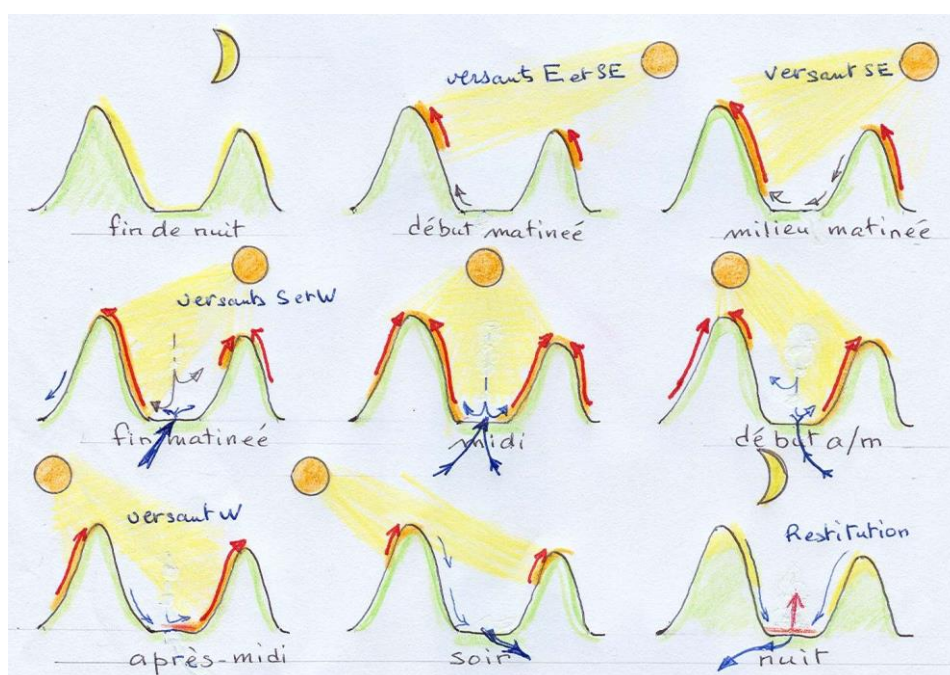
Nous avons deux surfaces qualitativement différentes : sous le soleil, le continent, plus chaud, appelle par dépression thermique de l'air frais et humide de la mer : c'est la brise de mer.



c- La brise de terre, la nuit :

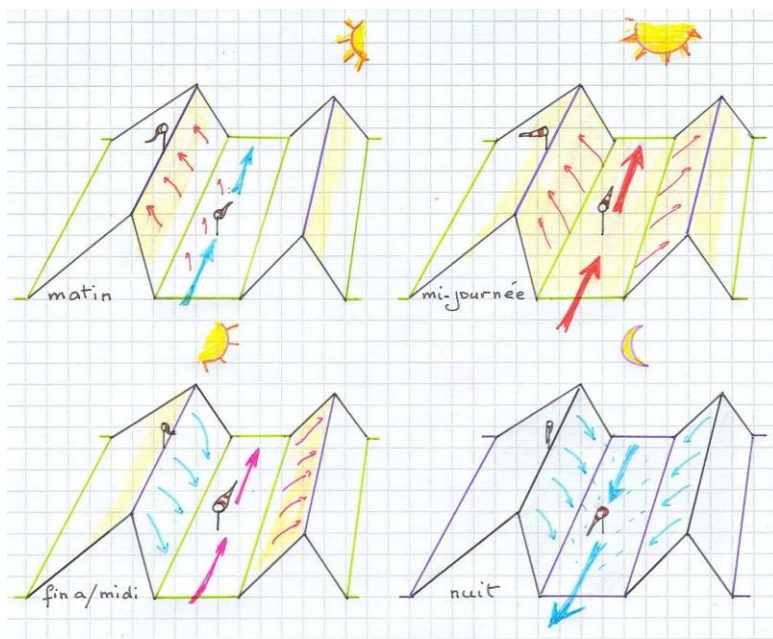
La nuit le sol se refroidit plus vite que la mer, l'air en contact se refroidit et coule vers la mer où l'air est plus chaud, donc moins dense : c'est la brise de terre.

d- Brise de pente :



Sous l'action du rayonnement solaire, le sol s'échauffe et communique par conduction cette chaleur à l'air qui se trouve de ce côté du relief. L'air chaud s'élève en un courant ascendant, qui suit la pente de la montagne : c'est la brise de pente montante ou vent anabatique. Cet air ascendant est remplacé par de l'air libre, plus froid, issu du milieu de la vallée ou d'un versant non exposé au soleil. Ces brises peuvent atteindre 15 à 30kmh sur une épaisseur de 100 à 200m.

e- Brise de vallée :



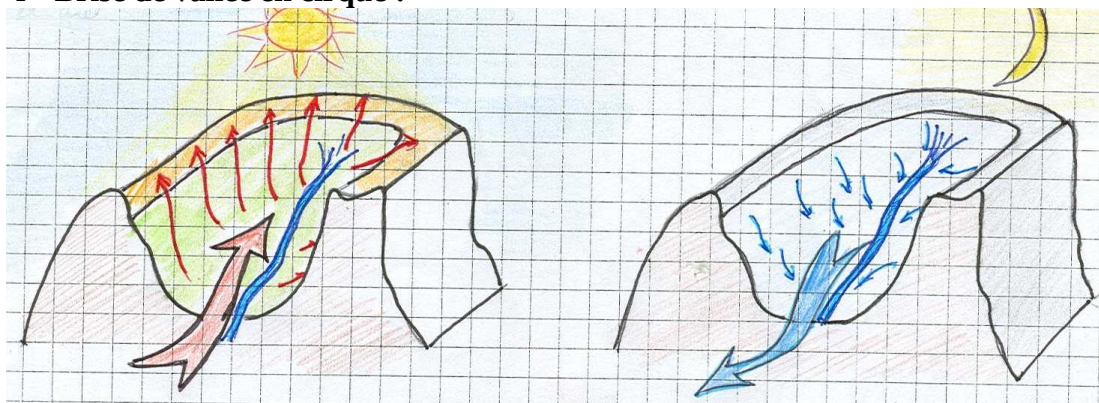
Le phénomène de brise de vallée est lié à l'accumulation de tous les phénomènes des brises de pentes à l'échelle du massif. La brise de vallée est montante le jour et descendante la nuit.

Le vent météo peut soit venir renforcer cette brise de vallée soit la contrarier.

Remarque : les brises de vallées interagissent également entre elles. Il existe même des petites vallées dont la configuration fait que leur brise, influencée par les brises voisines, est inversée à cause d'une possible « aspiration » de voisinage dont le flux d'air est plus important.

La brise de vallée suit le même rythme que la brise de pente. Elle atteint 15 à 45 km/h sur une épaisseur de quelques dizaines à plusieurs centaines de mètres. Sa puissance peut rendre, parfois, le vol impossible.

f- Brise de vallée en cirque :



10- Décrivez une masse d'air favorable à la formation d'un cumulonimbus et les évolutions aérologiques associées

Sommaire des éléments de réponse :

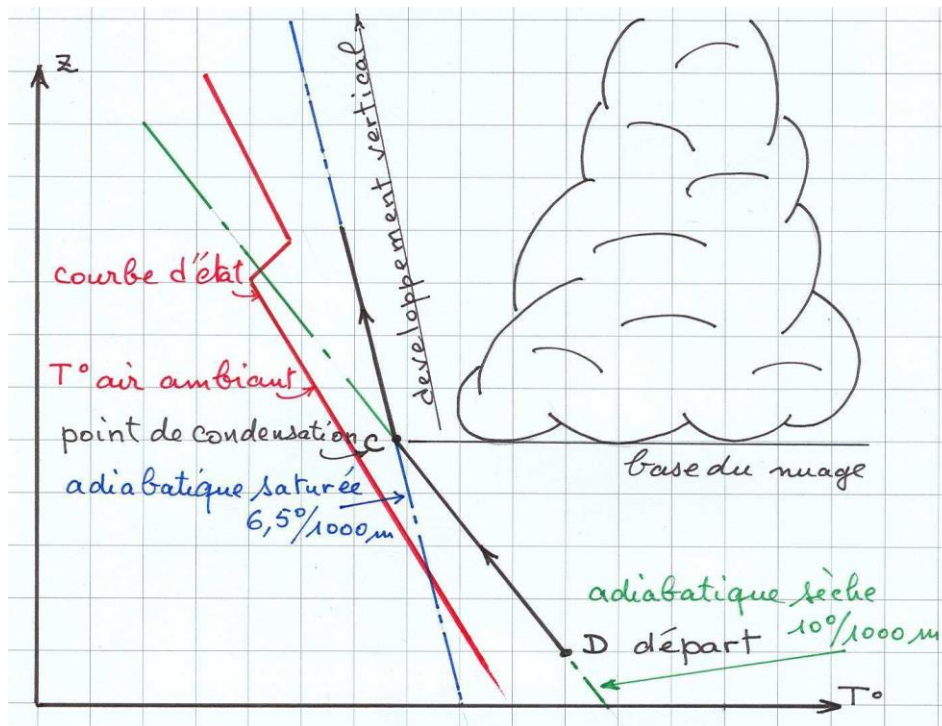
- | | |
|--------------------------|---------------------------------------|
| a) Instabilité de l'air, | d) Base de formation du nuage, |
| b) Le Cumulonimbus, | e) Développement vertical, |
| c) Tracé de l'épigramme, | f) Evolutions aérologiques associées. |

Les nuages cumuliformes se forment dans un air instable. Le Cumulonimbus se forme si l'humidité de cette masse d'air est suffisante et si elle ne présente pas de couche d'inversion bloquant la convection.

a- Instabilité de l'air : une particule d'air est dans un air ambiant instable quand sa température reste supérieure à celle de l'air ambiant. La particule va monter tant que sa température sera supérieure à l'air ambiant. La tropopause en sera alors la limite absolue.

b- Le Cumulonimbus : peut avoir pour départ, la dégénérescence du Congestus. Il commence généralement à se former dans l'étage moyen pour progresser et occuper les 3 étages.

c- Tracé de l'épigramme :



Sur l'épigramme, nous avons à gauche la courbe d'état fournie par un ballon sonde. Elle représente la température de l'air ambiant, à différentes altitudes.

d- Base de formation du nuage :

La particule d'air, part du niveau D avec une température supérieure à l'air ambiant, cet air est instable. La particule monte et subit une détente adiabatique sèche, elle se refroidit à raison de 1°C/100m.

Arrivée en C, qu'on suppose être son point de condensation, la vapeur d'eau contenue dans la particule, commence sa condensation et forme des gouttelettes. La montée se poursuit maintenant selon l'adiabatique saturée (pseudo adiabatique) : la température de la particule ne baisse désormais plus que $0,65^{\circ}/100\text{m}$ mais reste toujours plus chaude que l'air ambiant.

e- Développement vertical :

S'il n'y a pas de couche d'inversion notable, la courbe d'état indique toujours une température ambiante, inférieure, dans la progression... rien n'arrête la particule qui va monter très très haut. Cette montée cessera quand la particule aura la même température que l'air ambiant (courbe d'état), sinon la particule pourra grimper jusqu'à la tropopause.

Le processus de développement restera le même si nous devons raisonner à partir d'un Congestus déjà existant et qui retrouve de la ressource pour reprendre du développement et dégénérer en Cumulonimbus.

Comme le Congestus, le Cumulonimbus est un nuage extrêmement dangereux pour le vol

f- Evolutions aérologiques associées :

Des pluies puissantes, de la grêle, de la foudre, et du vent violent sont à redouter. Il y a souvent changement de direction du vent, avant les rafales. Des courants ascendants internes de plusieurs dizaines de m/s, le Cumulonimbus peut aspirer des ailes jusqu'à des altitudes très élevées. Les rafales d'orages peuvent se faire ressentir à plus de 20 km du nuage.

Dès que la présence et la proximité ($< 20\text{km}$) du Cumulonimbus est connue, on s'abstient de décoller ou, si on est en vol, il faut immédiatement se poser.

11- Décrivez, à l'aide d'un schéma, les raisons de la formation d'un cumulus humilis.

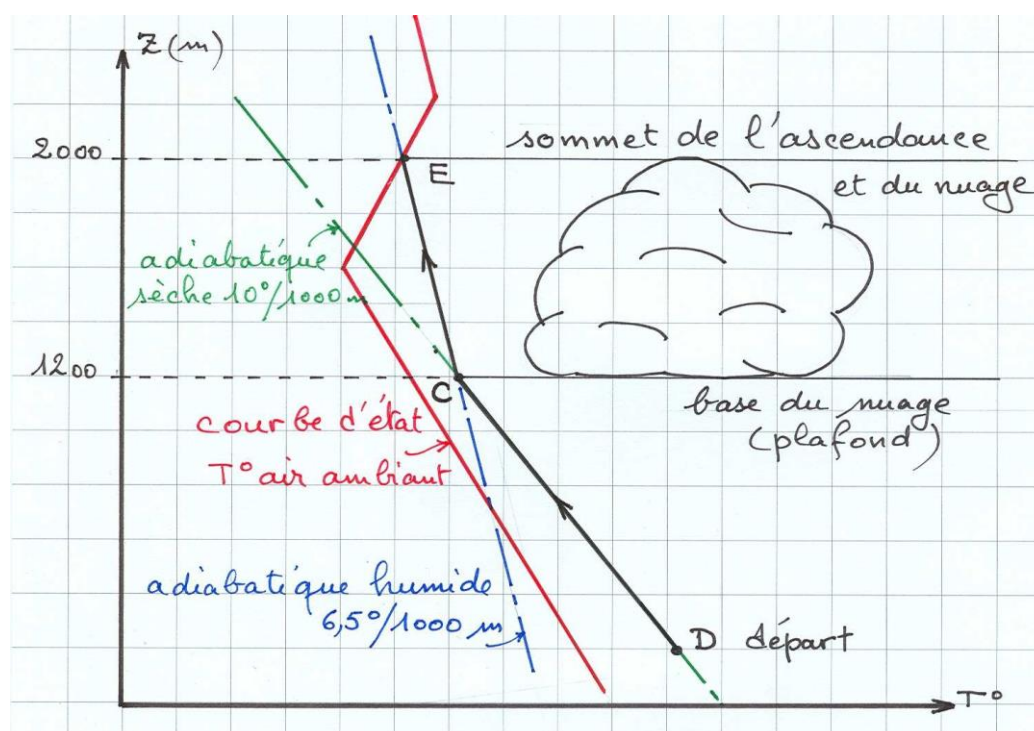
Sommaire des éléments de réponse :

- | | |
|---|-------------------------------|
| a) Le cumulus humilis, | e) Le début de condensation, |
| b) La nuelle, | f) base du nuage, |
| c) Tracé de l'égramme, | g) Le développement du nuage, |
| d) Conditions propices, l'instabilité de l'air, | h) Le sommet du nuage. |

a- Le cumulus humilis : est par excellence un nuage de beau temps qui se forme dans la première couche, selon le processus commun à tous ces nuages cumuliformes : instabilité de l'air et humidité.

b- La nuelle : La première trace de condensation est la nuelle, que parfois on appellera la barbule. La nuelle va constituer la base du cumulus qui va prendre de l'ampleur si l'instabilité en altitude se confirme, et surtout si la source thermique continue à l'alimenter.

c- Tracé de l'égramme :



d- Conditions propices, l'instabilité de l'air :

Sur l'égramme, on suppose une particule d'air chargée de vapeur d'eau et d'une température supérieure à l'air ambiant (indiquée par la courbe d'état). Soit D le point de départ. La particule monte et se refroidit à $1^\circ/100\text{m}$

e- Le début de condensation, base du nuage :

En C, la particule atteint son point de condensation, elle se sature. La vapeur d'eau va commencer à se transformer en gouttelettes, nous sommes à la base du nuage (1200m).

f- Le développement du nuage :

La particule se trouve toujours dans un air instable et continue sa montée, donc sa détente, mais elle le fait maintenant selon l'adiabatique saturée (pseudo adiabatique) où sa chute de température est ramenée à environ $0,65^{\circ}/100\text{m}$.

Le Cumulus s'autoalimente pour se développer verticalement.

g- Le sommet du nuage :

Dans le relevé météo du moment, la trajectoire représentant la montée de la particule va rejoindre la courbe d'état en E. La température de la particule est devenue égale à celle de l'air ambiant, l'ascension de la particule s'arrête là : ce sera le sommet du nuage (2000m).

12- Décrivez et expliquez les causes de la formation des brouillards d'advection et de rayonnement

Sommaire des éléments de réponse :

- a) Le brouillard,
- b) Le brouillard d'advection,
- c) Le brouillard de rayonnement.

a- Le brouillard :

Est le phénomène météorologique constitué comme les nuages, de fines gouttelettes d'eau ou de fins cristaux de glace proche du sol. Les noms associés indiquent les circonstances de leur formation.

b- Le brouillard d'advection :

Le brouillard d'advection se forme quand une masse d'air chaude et humide en mouvement horizontal rencontre une surface d'eau ou de terre capable de la refroidir, pour atteindre le point de rosée. Une telle surface peut être, par exemple, celle d'une mer froide ou bien celle d'une région côtière traversée par un vent venu de la mer, d'un lac, d'un marais.

c- Le brouillard de rayonnement :

Le brouillard de rayonnement, qui est la forme la plus fréquente de brouillard, se développe en fin de nuit, par ciel clair, lorsque le refroidissement du sol par rayonnement a pu se communiquer à un air suffisamment humide pour que sa température, en s'abaissant, atteigne le point de rosée. Un tel brouillard évolue souvent en stratus avec le réchauffement diurne du sol.

Bonus Q12 : Définition de l'Advection et du Rayonnement. (chapitre Suppléments)

13- Décrivez à l'aide d'un schéma, le trajet d'une particule d'air en mouvement ascendant selon une adiabatique sèche, lors d'une situation aérologique instable sur 800m.

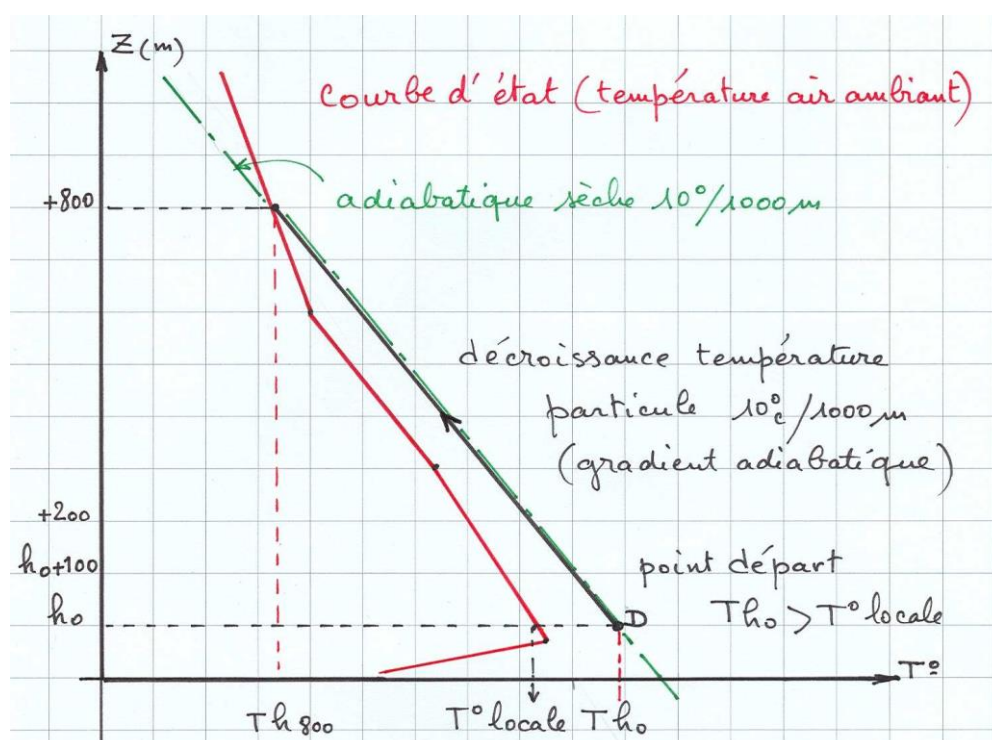
Sommaire des éléments de réponse :

- Tracé de l'émagramme,
- Conditions propices, l'instabilité de l'air.

a- Tracé d'un émagramme :

Avec une courbe d'état représentative de l'instabilité et une adiabatique sèche.

En abscisse : la température en °C, en ordonnée : l'élévation de la particule.



b- Conditions propices, l'instabilité de l'air :

L'air est instable : la température à un niveau donné est inférieure à la température de la particule présente. Tant qu'il y a instabilité, la particule va monter, selon l'adiabatique sèche, on admet qu'il n'y aura pas condensation dans ce parcours.

La particule démarre en D, au niveau H_{+0} .

Sa température est $T_{H_0} >$ Température de l'air ambiant. Cette particule va monter, et subir par détente adiabatique, un refroidissement, de $1^\circ\text{C} / 100\text{m}$.

Au dénivelé de 800m la température de la particule devient égale à la température ambiante qui est : $T_{H800} = T_{H_0} - 8^\circ\text{C}$.

Sur un émagramme, la courbe d'état, fournie par les services Météo, trace la température de l'air ambiant en fonction de l'altitude.

1- Vous subissez une fermeture latérale de 50% de l'aile à 300m sol sans relief proche. Comment gérez-vous cela ? Quelles sera votre attitude en cas de cravate ?

Sommaire des éléments de réponse :

- | | |
|-----------------------------|---------------|
| a) Evaluer le contexte, | c) Cravatage, |
| b) Gestion de la fermeture, | d) Sauvegarde |

a- Evaluer le contexte :

300m, j'ai encore un peu de temps mais pas trop. Immédiatement je contrôle le cap, à la sellette et à la commande coté ouvert si nécessaire pour **stopper net un départ éventuel en autorotation**.

b- Gestion de la fermeture :

- Je contre à la sellette coté ouvert, à l'aide de la commande** coté ouvert, si nécessaire, je m'aide au maintien du cap
- Généralement ça devrait s'ouvrir tout seul en levant le bras.

c- Cravatage :

S'il n'y a pas de cravate :

L'aile va rouvrir seule selon le modèle utilisé, une action ample et précise à la commande coté fermé pourra être nécessaire pour amorcer et/ou accélérer la réouverture.

En cas de cravate : même petite, elle est gênante.

- Essayer une petite oreille coté cravate.
- je repère et prends la suspente du Stabilo coté cravate, et la tire vers moi, si nécessaire en 2 ou 3 temps, sinon je prends une suspente voisine, plus molle...
- **200 à 300 m :** j'ai encore une réserve d'altitude suffisante et que je maîtrise la manœuvre avec l'aile utilisée, je provoque un décrochage pour défaire la cravate.
En effet, le décrochage induit lors de la reconstruction, une phase de marche arrière. Dans les faits, avec un certain dosage des freins, mains aux mousquetons, temporairement le bord de fuite devient bord d'attaque et réciproquement. Cela crée un vent relatif venant de l'arrière, les bouts d'aile trainent et sont orientées vers l'avant, provoquant la sortie éventuelle de la cravate.
- **< 200m** gestion de la cravate,
 - 1) Oreille côté opposé + accélérateur, pour équilibrer la cravate (je sais qu'il y a risque de décrochage!)
 - 2) selon les capacités de vol et de manœuvrabilité de l'aile, ainsi que la proximité d'une zone de poser adaptée (vaste, accessible avec une finesse très dégradée, peu turbulente, ...) je vais me poser avec la cravate en veillant à la précision de mon pilotage pour ne pas aggraver la situation.
 - 3) Si pas pilotable → secours !

d- Sauvegarde :

Si je n'arrive pas à contrôler la rotation, je fais 'secours', immédiatement, avant que la force centrifuge n'altère ma lucidité.

** La norme 926-2 définit, dans le cas d'un "essai de contrôle de trajectoire avec fermeture asymétrique maintenue", un débattement de 50% (pour entrer en catégorie A) de la commande coté ouverte.

2- Décrivez les différentes techniques de descentes rapides et les situations dans lesquelles vous pourriez être amené à les utiliser.

Sommaire des éléments de réponse :

- | | |
|---|-----------------------------------|
| a) Justificatifs d'une descente rapide, | d) Les 360 engagés (et spirales), |
| b) Les oreilles, | e) Descente aux B. |
| c) Les oreilles accélérées, | . |

a- Situation nécessitant l'utilisation d'une technique de descente rapide :

Il peut être urgent de se poser ou de perdre de l'altitude, dans les cas suivants :

- conditions aérologiques et météo se dégradant : nuages dangereux, vents, pluie imminente, turbulences,
- ressenti physiologique, besoin d'arrêter le vol et de se poser : froid, fatigue,
- étagement d'ailes arrivant en même temps en approche,
- en vol de pente, par vent fort, et que l'on ne souhaite pas trop monter,

Généralement, savoir anticiper.

b- Les oreilles :

Cette technique consiste à créer deux fermetures asymétriques de l'aile.

Pour cela il faut ramener les suspentes A extérieures, vers soi. On peut ensuite agrandir ces oreilles en « avalant » les suspentes. Pour ne pas risquer une fermeture frontale, il est préférable de réaliser les fermetures une par une. Cette technique permet de descendre entre **-2 et -4 m/s**.

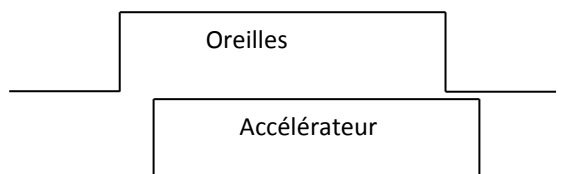
Même si le taux de chute reste assez faible, elle est intéressante, car on garde la possibilité de se diriger (échapper à un nuage, s'écarter d'un relief, se rapprocher de l'atterrissage...). Cependant il faut noter que les fermetures créées augmentent la traînée, ce qui a pour conséquence d'augmenter l'incidence : l'aile se rapproche du décrochage.

Aussi, il est important de veiller à ne pas freiner en même temps et il est déconseillé d'utiliser les oreilles en approche, car conjuguées au gradient, elles pourraient provoquer une parachutale.

Remarque : sur certaines ailes, le constructeur déconseille l'utilisation des oreilles et préconise de tirer sur les suspentes B extérieures (**B3**).

c- Les oreilles accélérées :

Les oreilles rapprochant l'aile de la parachutale, il est intéressant de les conjuguer à l'utilisation de l'accélérateur. A noter que, pour éviter une fermeture frontale, il faut effectuer les oreilles avant d'actionner l'accélérateur, et ne libérer l'accélérateur qu'après l'ouverture, aile stabilisée. Avec cette technique, on peut aller jusqu'à **-6 m/s**.



d- Les 360 engagés (et spirales):

Cette technique permet de descendre jusqu'à **-20 m/s**, mais son efficacité est à relativiser. En effet, plus les 360 sont engagés, plus le pilote doit être entraîné à subir l'accélération (risque de voile noire car le sang n'irrigue plus correctement le cerveau, et perte de connaissance). Lors de 360 très engagé, l'aile peut entrer en neutralité spirale : sans actions adéquates du pilote, l'aile accentue la spirale.

Le pilote doit s'entraîner progressivement à cette manœuvre.

Remarques :

Pour limiter la force centrifuge, il est possible de conjuguer cette technique de 360 avec l'utilisation des oreilles ou d'une oreille coté extérieur. Ces techniques sont plus ou moins intéressantes selon l'aile (voir le manuel de l'aile et les remarques constructeur) et selon la sensibilité du pilote.

Des constructeurs proposent maintenant un *drag-chute* que certains appellent 'anti-g'. En fait il s'agit d'un petit parachute de freinage que les ailes delta utilisent depuis longtemps, tel qu'on peut le voir à l'arrière de certains chasseurs à réaction, lors de l'atterrissage et au toucher du sol, pour un posé plus court.

Lors de 360, l'accélération prolongée peut physiologiquement déranger certains pilotes ; aussi le drag-chute, une fois ouvert, va rajouter une traînée supplémentaire pour un taux de chute accru ; en conséquence, plus besoin d'un engagement très fort dans des virages mieux supportés.

Le défaut du '360 + 1 oreille', est d'induire une instabilité spirale, selon certaines ailes. Il est nécessaire d'avoir appris les mouvements en stage de pilotage (SIV) avant de le faire.

e- Descente aux B :

Utilisation des B selon préconisations constructeur inscrites dans le manuel de l'aile.

Cette technique consiste à mettre son aile en parachutale, en tirant sur les B.

L'aile n'est plus en vol, la trajectoire est alors verticale, elle permet de descendre entre **-8 et -10 m/s**. Cette configuration est plus ou moins instable selon les ailes. Dans tous les cas, cette technique est à proscrire en turbulence, ce qui la rend peu intéressante.

NB: quelques cas ayant été appliqués: décro maintenu, décro + parachute en miroir se terminant par l'affalement de l'aile

**3- Vous entrez dans une forte ascendance qui augmente franchement l'assiette de votre aile.
Quelle est votre réaction en terme de pilotage afin d'exploiter cette ascendance ? Pourquoi ?**

Sommaire des éléments de réponse :

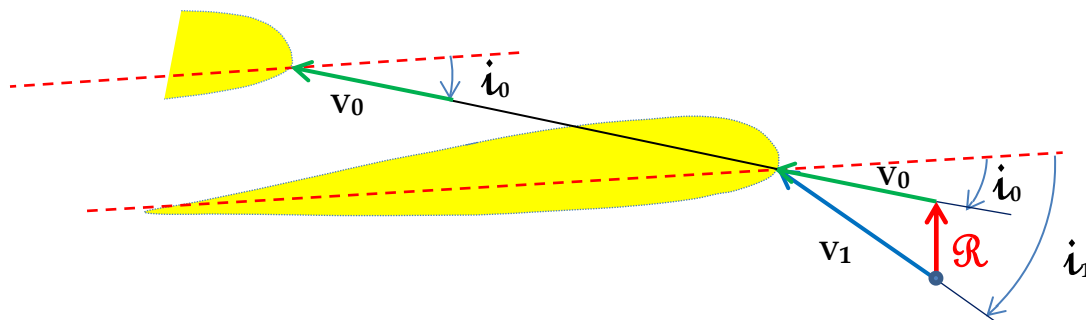
- a) Rafale montante,
- b) Pilotage du mouvement pendulaire,
- c) Piloter dans le thermique.

a- Rafale montante (ascendance) :

On entre dans le thermique, de face, les paramètres de vol sont alors :

Vitesse air : v_0

incidence : $\hat{i}_0$



Phénomène transitoire rafale montante $\mathcal{R}$:

- augmentation de l'angle d'incidence: $i_1 > i_0$
- augmentation de la vitesse air $V_1 > V_0$
- augmentation de la FA, l'aile cabre (l'assiette augmente)
- les commandes durcissent, le bruit du vent dans les oreilles augmente.

b- Pilotage du mouvement pendulaire : L'aile cabre, je lève les mains.

c- Pilotage dans le thermique : Etre vigilant sur le pilotage en thermique :

Freiner légèrement en entrée du thermique et engager un virage à plat (lever la commande du côté extérieur pour engager).

Cadencer pour centrer le thermique, afin de ne pas se faire éjecter et risquer ainsi de se trouver en limite du thermique où il y a de forts cisaillements (risque de fermer)

Travailler surtout à la perception (ressenti) et non regarder l'aile.

NB: Virage à plat au départ du thermique, freiner sur les deux commandes puis relever le bras extérieur pour engager le virage. Cadencer pour ne pas se faire éjecter.

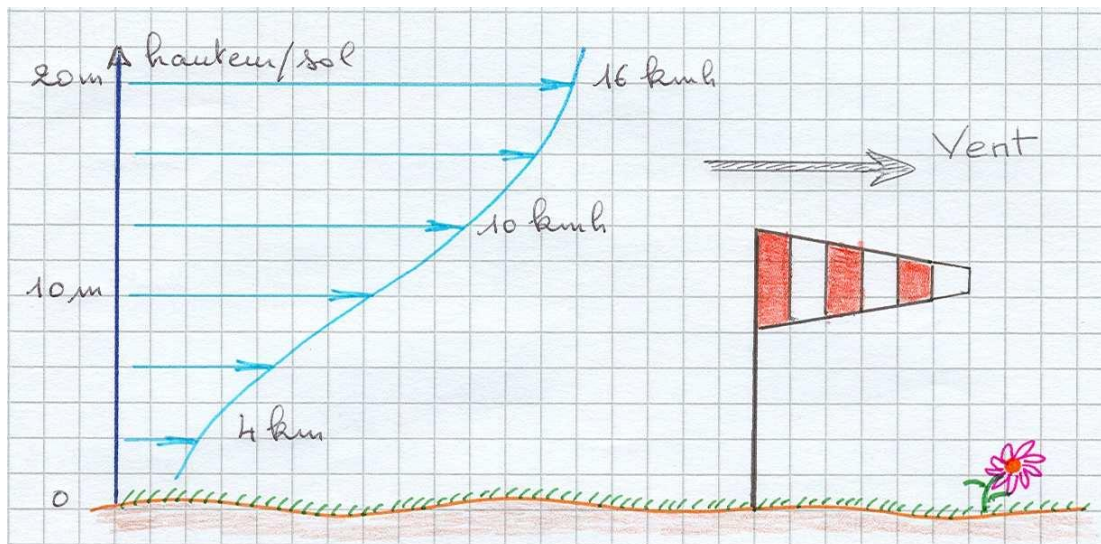
Bonus Q3 : Cas d'un petit thermique. (chapitre Suppléments)

4- Vous entamez votre finale d'atterrissage sur un terrain au gradient marqué. Quelle est votre attitude en termes de pilotage ? Quelles manœuvres éviterez-vous et pourquoi ?

Sommaire des éléments de réponse :

- | | |
|--|-----------------------------|
| a) Le gradient du vent à l'atterrissage, | d) Arrondi et atterrissage, |
| b) Approche, | e) Ce qu'il faut éviter. |
| c) Finale et prise de vitesse, | |

a- Le gradient du vent, à l'atterrissage :



b- Approche :

Il y a du vent en approche, je privilégie une PTU avec une longue finale et virage à plat.

Prise de terrain: s'il y a un gradient de vent marqué c'est qu'il y a du vent, je fais en sorte que le point d'aboutissement soit le plus éloigné possible des obstacles pour éviter leurs turbulences.

c- Finale et prise de vitesse :

Je commence ma finale plus haut que d'habitude.

Je sors de ma sellette suffisamment tôt, pour être prêt à amortir avec les jambes, une réception plus rapide que la normale, mains relevées pour une vitesse max. Au sol, l'herbe bouge à peine, il y a du gradient. Je contrôle mon aile en ayant à l'esprit qu'il faut garder un maximum de vitesse qui m'affranchira des effets du gradient.

d- Arrondi et atterrissage :

Je m'attends à faire éventuellement un arrondi plus court que d'habitude et à freiner plus amplement et plus tôt qu'à la normale.

1- Ce que je dois éviter :

Virage près du sol : un virage demande de la vitesse, or dans le gradient, souvent il y a perte de vitesse → risque de décrochage en sous-vitesse près du sol.

les virages à forte inclinaison pendulaire: (roulis, tangage)

Atterrissage aux oreilles : plan de descente rapide avec accélération près du sol.

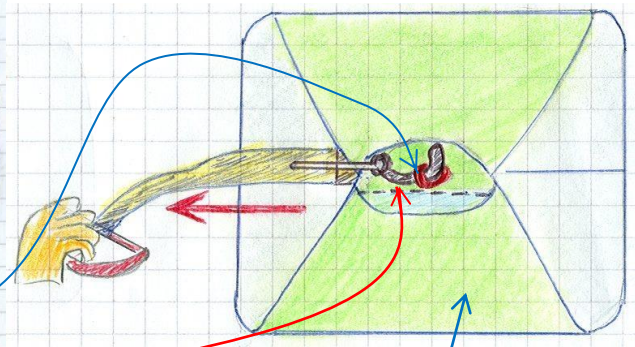
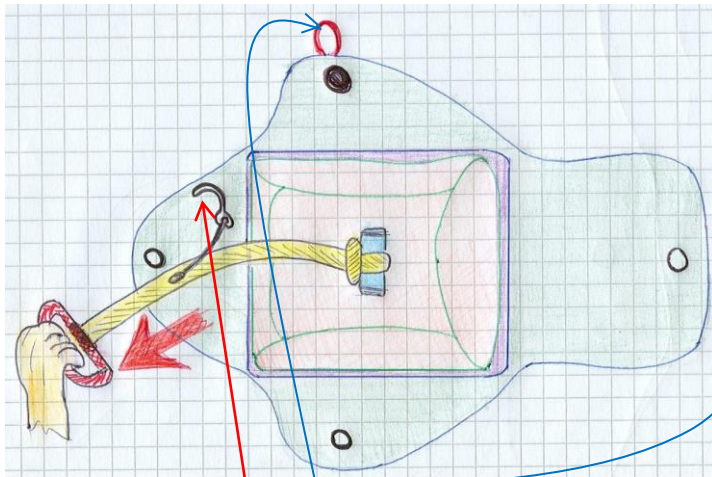
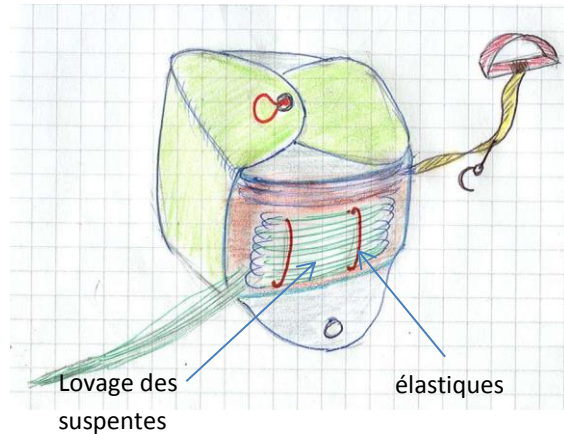
5- A l'aide d'un schéma simple, décrivez les éléments et le conditionnement d'un parachute de secours. Quelles précautions prenez-vous lors du pliage et du conditionnement afin qu'il fonctionne correctement ?

Sommaire des éléments de réponse :

- a) Conditionnement,
- b) Entretien.

a- Conditionnement : le POD qui contient et protège le parachute :

-Le POD en marguerite est le sac dans lequel est plié le parachute, ce pod est placé dans un container de la sellette, sous-cutal, latéral ou dorsal.. ou container ventral.



La boucle élastique passe dans chacun des oeilletons puis est retenue par un dernier love du tronçon externe du toron de suspentes, assurant ainsi la fermeture des volets de la marguerite du POD avant mise dans le container. La goupille solidaire de la poignée d'extraction, à utiliser pour fermer le container recevant le POD.

La poignée d'extraction, que le pilote aura à tirer pour sortir le secours.

Vérifier que lors de l'extraction, la goupille soit libérée avant que le Pod ne soit tiré par la poignée. s'assurer méthodiquement de ne pas avoir oublié lors du pliage, un objet pouvant obstruer le secours

b- Entretien : Aérer le parachute périodiquement

Pour que le parachute soit toujours opérationnel et pour qu'il s'ouvre à la bonne vitesse, il faut l'ouvrir au moins 2 fois par an: pour l'aérer, le décompacter et remplacer au passage les élastiques qui maintiennent les suspentes lovées. Le conditionnement doit être éprouvé sous portique ou tyrolienne pour vérifier que la méthode fonctionne.

Tous les éléments du parachute ainsi que son dispositif d'ouverture doivent être soigneusement vus et vérifiés. Les pièces non conforme remplacées. Lors de la Prévol, on s'assure du bon état de fermeture et goupillage. **Respecter les consignes qui se trouvent dans la notice du fabricant.**

Bonus Q5 : Le parachute de secours description. (chapitre Suppléments)

6- Vous êtes plusieurs à la même altitude en approche. Décrivez à l'aide d'un schéma la ou les solution(s) que vous adopterez.

Sommaire des éléments de réponse :

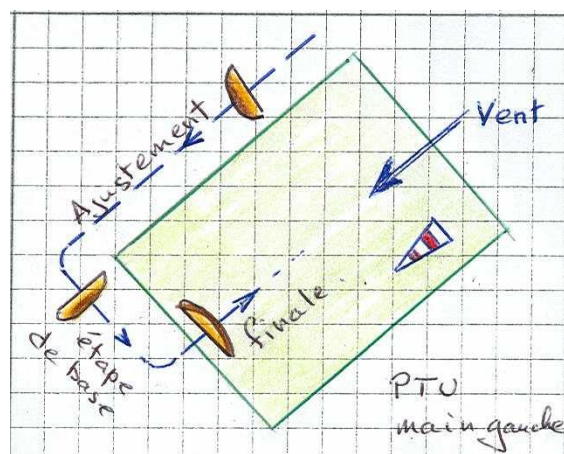
- La meilleure prise de terrain : la PTU,
- Alterner l'atterrissage long et court,
- Couper le terrain en deux.

Plusieurs solutions :

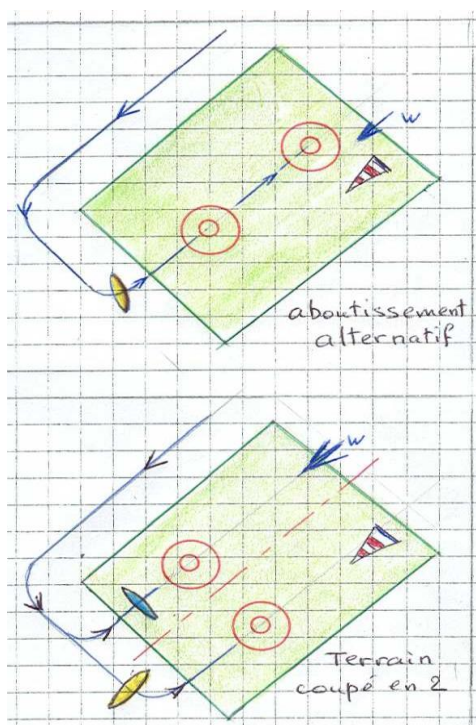
a- La meilleure prise de terrain :

est que tout le monde se suive et pose en PTU de même main. Certains sites très fréquentés, imposent ce type d'approche :

- Doussard / près d'Annecy,
- l'Aérotec / Felling, ,
- Samoens...



- J'envisage de me poser sur un terrain de secours, par exemple (Aérotec de Felling), voire un champ voisin.
- Si la synchro n'est pas établie entre pilotes, et dans la mesure où je ne gênerai pas un atterrissage en cours, je peux m'écarter du groupe, anticiper et descendre plus rapidement aux oreilles.



b- Alterner l'atterrissage long et court:

Si je suis le premier et que le terrain est assez grand, je me pose long et décalé pour laisser mes suivants arriver, je pose court si les autres sont longs

c- Couper le terrain en deux :

Je partage si possible le terrain en deux, l'un pose à droite, le suivant à gauche, et ainsi de suite.

7- Sur une aile équipée de trims (à relâcher et à tirer) et d'un accélérateur, dans quelles situations les utiliserez-vous ? décrivez les systèmes à l'aide de schémas simples.

Sommaire des éléments de réponse :

- | | |
|--|---|
| a) Le Trim,
b) Principe du Trim,
c) Utilisation des Trims, | d) L'accélérateur,
e) Utilisation de l'accélérateur. |
|--|---|

a- Le trim :

Le trim est une commande manuelle qui permet d'ajuster l'incidence ou le calage du profil. Le réglage peut évoluer de 'plus de piqué' à 'plus de cabré' en passant par une position neutre correspondant au calage constructeur de l'aile. Il existe un trim par groupe d'élévateurs.

Selon certains régimes de vol, plus ou moins durables, il est intéressant de donner à l'aile le piqué ou le cabré voulu, sans pour autant agir sur les commandes, libérant ainsi le pilote d'une action permanente :

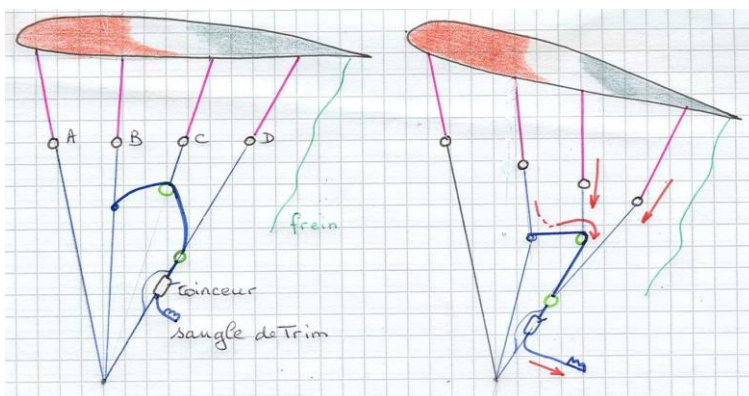
- On utilisera les trims à cabré dans "le petit" pour se mettre en attente ou voler un peu plus longtemps,
- On utilisera les trims à piqué, face au vent pour augmenter sa vitesse/finesse sol.

Cependant, pour une manœuvre d'ajustement d'incidence ou du calage de l'aile, on utilisera l'accélérateur, plutôt que les trims, dans les descentes ou lorsque l'on sera proche du relief. En effet, si l'on peut relâcher l'accélérateur quasi immédiatement, l'action sur les trims demande plus de temps, et on doit lâcher les commandes pendant les quelques secondes requises.

b- Principe du Trim (ou Afficheur):

Le trim agit sur les élévateurs, et par là même sur les suspentes arrières. Les élévateurs D, C et B sont sollicités : le réglage trim modifie le calage de l'aile, autour d'une valeur dite 'au neutre'.

Les A ne sont pas sollicités.



Le réglage se fait par un dispositif autobloquant, sur l'élévateur D, qui propage vers B et C avec les poulies de renvoi et sangles de distribution. Généralement nous avons un taquet coinceur ; il verrouille le Trim dans la position réglée...***l'action demande du temps durant lequel le pilote doit lâcher les commandes.***

Les différents réglages influent en première instance sur la vitesse mais jouent aussi sur la

fermeté et l'ergonomie de la commande de frein, le tempérament de l'aile au gonflage ou encore son comportement en turbulence et en cas de fermeture.

c- Utilisation des Trims :

Détrimer ("relâcher" "ouvrir les trims") c'est : allonger les arrières pour avoir une aile à piquer (aile + rapide).

Au neutre, tous les maillons rapides sont au même niveau, et nous retrouvons l'aile au calage dit 'au neutre'.

En tirant sur le trim, le pilote raccourcit l'élévateur arrière, l'aile cabre et ralentit, on dit que la voile est "trimée".

En relâchant au maximum le trim ou en appuyant sur l'accélérateur, le pilote donne aux élévateurs arrières leur longueur maximale et la voile est davantage "piqueuse" : cela dégrade le taux de chute, mais augmente la vitesse max (intéressant pour certaines transitions ou pour s'échapper d'une zone descendante ou d'un vent de face trop fort), on dit que la voile est "détrimée". Si la finesse-air est dégradée, la finesse-sol face au vent est améliorée.

Lorsque le pilote décide de trimmer ou de détrimmer sa voile, c'est a priori pour une phase de vol qui va durer un certain temps (montée en thermique ou transition ou *décollage, atterrissage*). Peut servir à corriger le calage de l'aile.

Au décollage ou à l'atterrissage:

Le trim peut être réglé pour mieux maîtriser la montée de l'aile en fonction du vent présent.

Trimée (l'incidence augmente), l'aile est moins vive au gonflage,

détrimée (l'incidence diminue), l'aile est plus vive (*intérêt pour les biplaces ou une aile qui monte difficilement*).

En vol :

En transition et loin du relief.

En biplace, pour modifier le calage pour décollage et atterrissage.

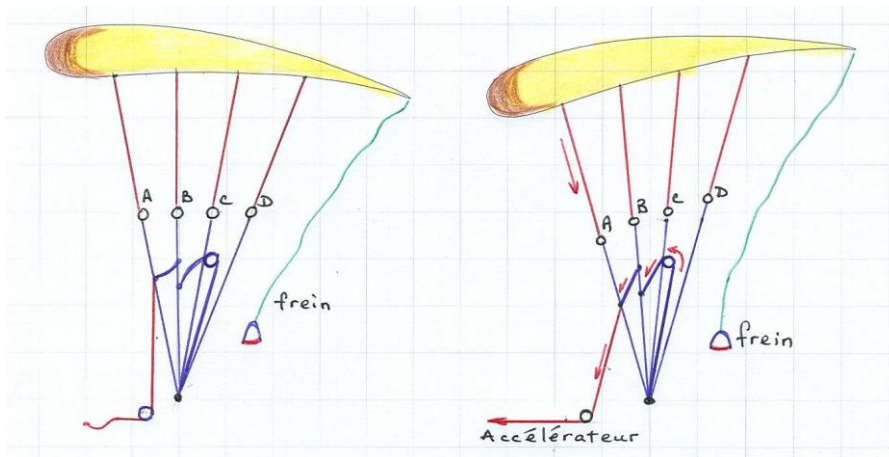
On trime pour s'adapter dans un vol en thermique, (attention au décrochage asymétrique car on agit sur un trim puis sur l'autre).

On détrime : réduit l'incidence pour accélérer (allongeant les arrières).

Utilisation asymétrique des trims dans le thermique régulier.

d- L'accélérateur :

L'accélérateur est une commande au pied, dont le but est de donner à l'aile un calage plus fermé (diminuer l'incidence) et accroître la vitesse de l'aile (ordre de 10 à 15km/h).



L'accélérateur est un dispositif constitué d'une barre actionnée par les pieds, reliée aux élévateurs par une drisse, permettant de modifier l'incidence de l'aile. Les D ne sont pas influencés par l'accélérateur.

Le calage se fait par les A, B et C, rendant l'aile *plus piqueuse*. Cette modification permet au parapente de gagner de la vitesse, mais elle rend l'aile plus sensible aux turbulences.

e- Utilisation de l'accélérateur :

L'usage de l'accélérateur améliore la finesse-sol, par exemple lorsque le pilote se retrouve dans la situation où il est contré par un fort vent de face; mais à contrario, dégrade la finesse air.

Le dispositif s'articule :

- Crochet d'accroche à la cordelette du barreau,
- Boucle d'attache à la sellette
- drisse,
- Poulies de renvoi,
- Sangles de redistribution de la traction,

Non accéléré, les boucles de suspentage doivent être alignées (pas de tension),
Accéléré à fond, les poulies se touchent (poulie contre poulie).

8- Vous décidez de faire les grandes oreilles. A quoi ferez-vous attention lors de la mise en œuvre, pendant la phase de vol, puis à la réouverture ?

Sommaire des éléments de réponse :

- a) Préalables,
- b) Mise en œuvre,
- c) Réouverture.

a- Préalables :

- On fait les grandes oreilles pour une descente rapide.
- On ne fait pas les oreilles avec une aile mouillée, donc pas d'oreilles si la voile a trainé dans la rosée ou s'il pleut.
- Faire les oreilles près du sol peut être délicat car dans la manœuvre on relâche la pression sur les commandes. Si à ce moment précis l'aile ferme ou décroche par fort gradient, on rentre dans un incident de vol et l'on pourrait être en retard sur l'action de pilotage.

Je décide de faire les grandes oreilles car je dois descendre assez rapidement (conditions aérologiques se dégradant, fatigue, ou approche saturée).

b- Mise en œuvre :

J'ai encore de la hauteur, si nécessaire, ventrale desserrée pour le pilotage sellette à venir, dos au relief, accélérateur au pied prêt.

Je fais d'abord les petites oreilles d'un côté puis de l'autre et j'accélère. Puis j'agrandis progressivement en prenant soin de ressentir en permanence le souffle du vent relatif (signe de parachutale sinon).

Avec les grandes oreilles l'incidence augmente notablement, je redonne la bonne incidence en accélérant à fond. Pendant la manœuvre je contrôle le cap à la sellette si nécessaire.

Pendant la phase de vol, je veille au cap et contrôle à la sellette les mouvements pendulaires de roulis.

c- Réouverture :

- Je contrôle le cap,
- Je réouvre les oreilles:
 - d'un côté puis de l'autre, tout en restant légèrement accéléré,
 - on peut aider à l'ouverture par des appuis brefs sur les commandes,
 - on peut éventuellement initier un virage opposé, à la sellette pour aider à la réouverture,
 - on peut également tirer les suspentes de stabilo pour aider à la réouverture,
- Après réouverture, l'aile totalement débridée, je vérifie la présence du vent relatif qui garantit d'aucune phase parachutale,
- Je relâche l'accélérateur.

NB: Que l'on ouvre symétrique ou pas, on garde un peu d'accélérateur afin d'éviter un passage à trop faible vitesse et incidence trop élevée lors du ralentissement associé à la réouverture.

Ensuite on relâche l'accélérateur quand on retrouve une pleine capacité de pénétration, aile stabilisée.

9- Sur un décollage pentu avec un vent soutenu, quelle sera la technique que vous adopterez ? Quels sont les risques en cas de gestuelle inappropriée ?

Sommaire des éléments de réponse :

- | | |
|--|---|
| a) Choix du gonflage face voile, | e) Choix du gonflage dos voile, |
| b) Prévol, | f) Prévol, |
| c) Description de la technique appliquée face voile, | g) Description de la technique appliquée dos voile, |
| d) Risques face voile, | h) Risques dos voile. |

Le candidat choisira de répondre soit face voile soit dos voile, ou les deux selon sa pratique

a- Choix du gonflage face voile :

Ma technique du face voile est bonne, je la préfère au dos voile. Si le déco est au sommet du relief, éventuellement, je descends dans la pente pour m'éloigner du venturi.

b- Prévol :

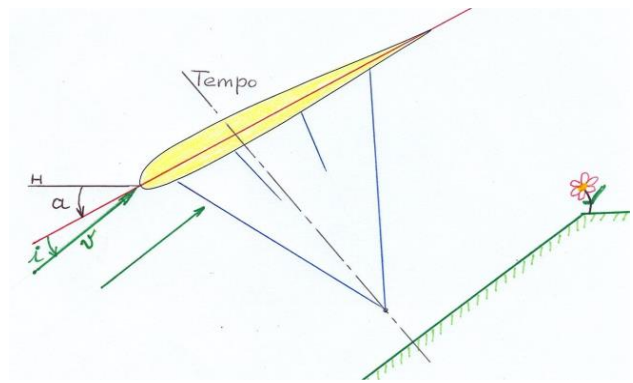
La prévol est d'autant plus nécessaire que le vent est fort. Eviter tout verrouillage en délestant l'ensemble aile/pilote, technique qui consiste à remonter la pente tout en gonflant l'aile pour éviter le verrouillage et cascades de problèmes associés), ou bien adopter une technique (cobra, position en chou-fleur au sol,...) permettant quoi qu'il arrive d'induire douceur et progressivité au gonflage et à la montée de l'aile.

c- Description de la technique appliquée :

- Le pilote doit être vigilant car la voile va avoir tendance à le dépasser facilement (elle est déjà haute car le sol est pentu),
- le pilote qui est face au relief, lève sa voile naturellement mais veille à ce que la tempo ne se fasse que lorsque la voile arrive sur sa tête, et non encore devant (risque d'effet spi). Effectue un retournement rapide pour éviter le twist,
- la temporisation sera ample et rapide, mais pas indispensable si la voile est proprement déployée.

Freiner dans le timing.

Les filets d'air sont parallèles à la pente, ce qui est équivalent à une trajectoire plongeante : il est normal que l'assiette en sortie de gonflage suive la pente, donc soit assez négative, alors que l'incidence est correcte.



d- Risques face voile :

- en cas de verrouillage (résistance du pilote), on assiste à une arrivée trop rapide de l'aile avec un risque de fermeture frontale associé (symétrique ou pas, avec chute verticale ou départ en rotation),
- si arrivée trop rapide de l'aile, risques associés à un freinage brutal et très appuyé, créant transitoirement ($\hat{I}$ augmentant) une forte portance et un décollage immédiat mais très basses.
- si arrivée trop rapide de l'aile, risque de se retourner trop tardivement et de subir les incidents décrits ci-dessus.

- si arrivée trop rapide de l'aile, risque de ne pas se retourner, d'effectuer un gros freinage en situation de panique, voile twistée et commandes croisées.

e- Choix du gonflage des voile :

Quand il y a du vent, le choix porterait naturellement sur le gonflage 'face voile', mais nous sommes sur un déco pentu et venté, le risque de départ twisté est cependant important.

C'est une journée de soaring, il y a du monde qui passe devant le déco, ma technique du dos voile est bonne, je choisis le dos voile. Si le déco est au sommet du relief, éventuellement, je descends dans la pente pour m'éloigner du venturi.

f- Prévol

La prévol est d'autant plus nécessaire que le vent est fort,

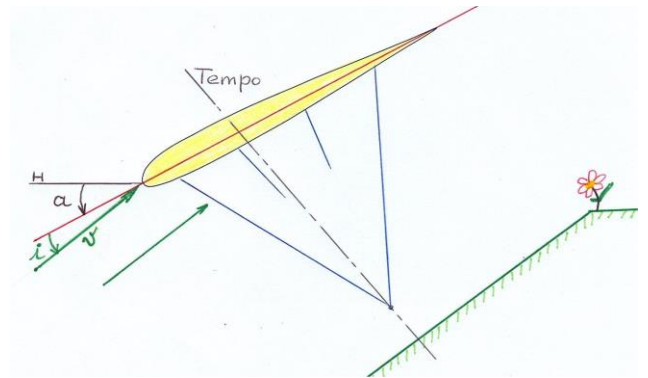
Eviter tout verrouillage en délestant l'ensemble aile/pilote, technique qui consiste à remonter la pente tout en gonflant l'aile pour éviter le verrouillage et cascades de problèmes associés), ou bien adopter une technique (cobra, position en chou-fleur au sol,...) permettant quoi qu'il arrive d'induire douceur et progressivité au gonflage et à la montée de l'aile.

f- Description de la technique appliquée dos voile :

- Le pilote doit être vigilant car la voile va avoir tendance à le dépasser facilement (elle est déjà haute car le sol est pentu),
- Se prépare à reculer,
- le pilote lève sa voile naturellement mais veille à ce que la tempo ne se fasse que lorsque la voile est bien sur sa tête, et non en arrière,
- la temporisation pourra être ample mais rapide si la voile 'shoote'.

Freiner dans le timing.

Les filets d'air sont parallèles à la pente, ce qui est équivalent à une trajectoire plongeante : il est normal que l'assiette en sortie de gonflage suive la pente, donc soit assez négative, alors que l'incidence est correcte.



h- Risques dos voile :

- Si l'impulsion est trop forte, la voile shoote alors très fort et peut dépasser le pilote → frontale,
- Si le pilote** temporise trop tôt ("voile au-dessus de sa tête au lieu d'être un peu avant") → départ en sous vitesse,
- Décoller avant d'avoir pu contrôler l'aile et départ en roulis,
- Ces risques sont accentués par :
 - l'impossibilité d'estimer la vitesse de montée de l'aile,
 - l'impossibilité de voir et contrôler,
 - l'obligation d'évoluer au seul ressenti.

NB: **sur un déco pentu, le pilote a naturellement tendance à se référer à la verticale vraie et non à la direction perpendiculaire au sol où il prend appui, cela peut induire une erreur d'appréciation du moment de la temporisation:

10- Sur un décollage peu pentu et peu alimenté, quelle sera la technique que vous adopterez ? Quels sont les risques en cas de gestuelle inappropriée ?

Sommaire des éléments de réponse :

- a) Choix de la technique de gonflage,
- b) Préparation et décollage,
- c) Risques dos voile,
- d) Risques face voile.

a- Choix de la technique de gonflage : Je choisis le décollage 'dos voile' car la voile montera plus facilement par l'impulsion de mon poids et ma mise en mouvement.

b- Préparation et décollage : Je me mets le plus haut possible sur le déco.

Je fais la Prévol de mon équipement, le prégonflage n'étant pas possible, le contrôle visuel de voile après le gonflage va certainement être très court, aussi je m'applique particulièrement au démêlage des suspentes.

Le vent étant faible j'installe l'aile face à la plus grande pente.

Je fais face à la pente, j'avance en accélérant progressivement, la voile gonfle et monte, je corrige à mesure mon centrage.

Une brève tempo, car il y a peu d'air, je fais ma course d'élan sans traîner car la voile pourrait s'affaler par manque de vitesse.

Risque en cas de gestuelle inappropriée :

c- risques dos voile :

- La voile monte lentement, lâcher les avants trop tôt :
→ départ en sous-vitesse avec une voile qui reste derrière pendant la course.
- Commencer la course trop tôt, la voile n'est pas encore montée :
→ idem, départ en sous-vitesse avec une voile qui reste derrière pendant la course.
- La voile ne gonfle pas symétriquement. Le ressenti n'est pas aisé car l'aile porte peu.

d- risques face voile :

- Se retourner la voile en roulis → départ en virage.
- Ralentir pendant le retournement → la voile retombe : sous vitesse.
- Voile inclinée sur le côté → départ en virage.
- Perte visuelle du cap.

11- Vous êtes en soaring sur une crête où quelques thermiques déclenchent régulièrement. Comment vous y prendrez-vous pour les exploiter ?

Sommaire des éléments de réponse :

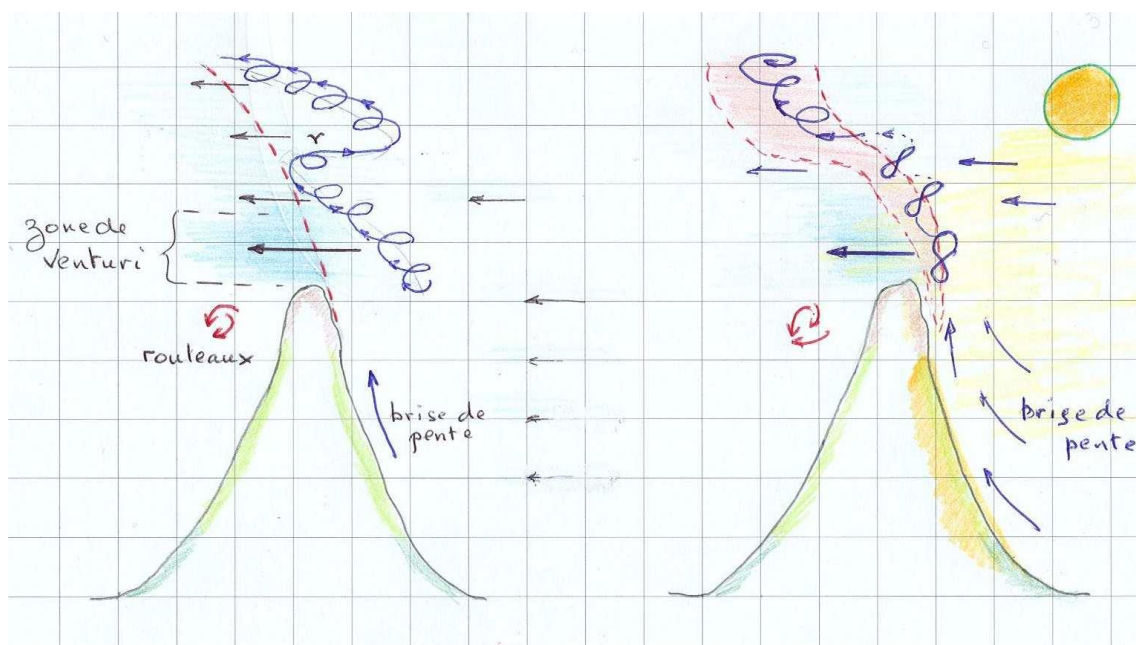
- a) Préambule,
- b) Devant et par paliers,
- c) Les huit.

a- Préambule :

Si on est en soaring, c'est qu'on est sur un relief et qu'il y a du vent. Quand on va enrouler un thermique on va décaler derrière le relief au fur et à mesure que l'on monte.

b- Devant et par paliers :

Une deuxième possibilité est de s'avancer devant le relief pour pouvoir enrouler sans être gêné par celui-ci. On recommence cela plusieurs fois et on monte ainsi par paliers.



c- Les huit ∞ :

La conduite à tenir est donc d'exploiter au mieux la zone de thermique en faisant des 8 jusqu'à avoir une hauteur suffisante au-dessus de la crête pour pouvoir enrouler sans risquer de se retrouver dans la compression. On préférera évoluer dans la partie du thermique côté au vent quitte à risquer d'en sortir de ce côté plutôt que de se retrouver sous son vent, à vouloir trop l'optimiser (effet bagnard).

Maintenant en admettant que je suis monté durant cette première phase, je négocie la suite en enroulant et en me positionnant de façon à toujours pouvoir revenir au vent de la crête avec suffisamment de marge pour éviter la zone de compression.

Bonus Q10 : Sous le vent du thermique: la Schlag ou l'effet Bagnard. (chapitre Suppléments)

12- Quels sont les principes de fonctionnement d'un variomètre et d'un GPS ? Dans quelles situations sont-ils le plus utiles ?

Sommaire des éléments de réponse :

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> a) Variomètre, b) Principe de fonctionnement, c) Utilité du variomètre | <ul style="list-style-type: none"> d) Le GPS, e) Importance du GPS. f) Fiabilité des mesures |
|--|---|

a- Le variomètre:

Le variomètre (le vario) est un instrument de mesure.

Il informe le pilote de la vitesse de variation d'altitude, c'est-à-dire son taux de montée ou son taux de chute. Mécanique à l'origine et désormais électronique, la mesure de pression est désormais assurée par un transducteur piézo (cristal ayant la propriété de délivrer une tension proportionnelle à la pression qui lui est appliquée).

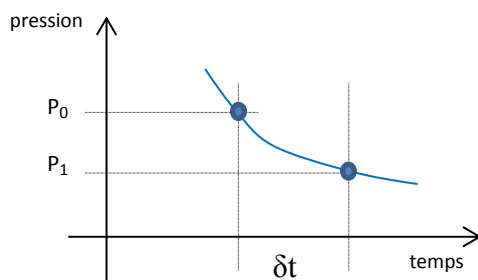
Le variomètre mesure la pression atmosphérique locale à deux moments très proches et en déduit par les variations de pression, la vitesse de montée ou de descente (vitesse verticale V_z).

Dans l'air ambiant, nous avons la pression statique locale, qui agit sur le capteur piézo. Le signal fourni donne la pression du moment. Les mesures se succèdent à intervalles réguliers δt selon une base de temps (1/10 à plusieurs sec).

La différence de pression entre deux mesures successives permet de déterminer le signe et le taux de variation d'altitude.

b- Principe de fonctionnement :

Sachant qu'un hPa correspond à une différence d'altitude de $28' = 8,3\text{m}$ (dans la tranche 0-3000m), et que l'échantillonnage se fait au rythme de δt :



$$V_z = (P_0 - P_1) * 8,3 / \delta t$$

L'instrument est étalonné pour prendre en compte la variation logarithmique de la pression avec l'altitude. Quelle que soit l'altitude, le zéro au vario indique un vol à niveau constant.

Les variomètres sont pour la plupart dotés d'un système sonore nous dispensant de regarder l'appareil. Une fréquence modulée pour un taux positif, une autre fréquence pour un taux négatif. Le vario, léger et compact, fait partie de l'instrumentation du parapentiste. Il nous aidera à profiter de la moindre ascendance, et à mieux nous positionner dans les thermiques, ou dynamiques. Il nous informera des ascendances plus ou moins marquées. C'est un véritable instrument de vol.

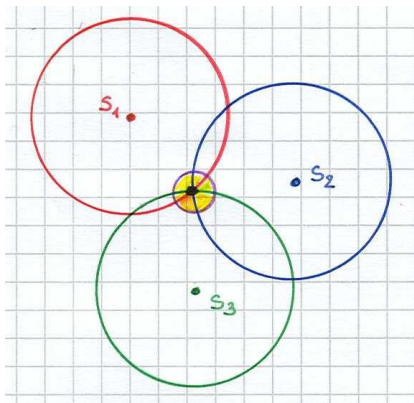
Le vario présente un temps de réponse réglable, il est cependant toujours en retard sur le ressenti par le pilote dans les thermiques francs. Des variomètres plus ou moins sophistiqués sont proposés dans le commerce.

c- Utilité du variomètre :

- Localiser les ascendances et les optimiser,
- Optimiser les transitions,
- Lever le doute dans le ressenti physiologique:
 - distinguer une descendance faiblissant d'une ascendance,
 - distinguer une ascendance faiblissant d'une descendance,
-

d- Le GPS (Global Positionning System) :

Système de positionnement Mondial permet de localiser avec une relative exactitude une cible terrestre au sol ou en vol. Les coordonnées sol sont données en latitude et longitude, et la hauteur (élévation) par rapport au niveau de la mer en mètres (ou en pied : configurable).



Le principe de localisation s'appuie sur un réseau de satellites télécom à environ 20.000 km de la Terre.

Il faudra au moins 3 satellites pour déterminer par triangulation sphérique, une coordonnée sol.

Plusieurs autres satellites seront nécessaires pour une mesure fiable de la hauteur (élévation).

e- Situations où le GPS a son importance :

- Vitesse sol à tout moment : c'est un élément de sécurité qui donne la force du vent ou de la brise,
- Indication du vent météo : déterminer le sens du vent par des 360 et en estimer sa vitesse,
- Eviter les espaces aériens : on programme les balises de passage, le pilote connaissant à tout moment le niveau de vol ,
- Crash : il permet de communiquer sa position aux 'Secours'...
- En compétition : Le GPS va nous permettre de programmer un parcours (cross) par des repères sol, dont les coordonnées sont entrées dans l'instrument : ce sont les balises-sol (Way-Points). Des cartes internes permettront de visualiser la position exacte et la route effectuée et à faire.

Application à l'instrumentation : Nous disposons de l'altitude vraie (réglage QNH) ou de notre hauteur par rapport à l'atterro (réglage QFE).

f- Fiabilité des mesures :

Un récepteur GPS voit entre 8 et 9 satellites dans les meilleures conditions. Cependant, la réception est altérée par les gouttelettes d'eau, le feuillage dans les bois, les gorges de montagnes, les bâtiments et murs qui occultent les signaux ou donnent par réflexion une localisation erronée. En condition de vol normal l'instrument est très fiable.

13- Vous venez de changer de sellette. Sur quoi portez-vous votre attention en termes de réglages ? En quoi la sellette peut-elle vous aider à optimiser le pilotage ?

Sommaire des éléments de réponse :

- a) Introduction
- b) Réglages, points à respecter,
- c) Réglages sur portique.

a- Introduction :

J'opte pour un réglage indiqué sur le sticker, qui me permet d'avoir la latitude du travail à la sellette, et d'être dans le réglage de la Norme. La sellette est non seulement un élément de confort, mais aussi de pilotage. Elle transmet au pilote des indications importantes sur le comportement de la voile.

b- Réglages, points à respecter :

- taille de la sellette,
- réglage des sangles dorsales : pilotage droit (dos droit) ou pilotage couché dos, voire intermédiaire,
- réglage des différentes sangles équivalentes pour :
 - ventrale serrée, j'augmente la sécurité passive, car le risque de tomber dans la sellette est moindre,
 - ventrale desserrée, j'augmente les possibilités du pilotage sellette pour m'habituer, ainsi, à agir à la sellette et augmenter mes automatismes de contre-sellette.

Ventrale : Si trop serrée, risque de twist.

Si trop lâche : sensation des infos données par la voile: atténuée.

Optimisation du pilotage : il faut éviter dans tous les cas une ventrale bloquée, qui inhiberait complètement le pilotage à la sellette et les corrections en cas d'incident de vol.

Respecter les points suivants :

- apprendre à sentir sa voile et savoir utiliser les réglages permettant d'affiner celle-ci,
- apprendre à la régler en vol si sa conception le permet,
- être parfaitement installé dans la sellette.

J'ajuste la largeur de la planchette pour être bien calé dans la sellette: au rabot: sellette en bois, à la meule: sellette en carbone.

b- Les réglages, utiliser un portique si possible :

- **Sangles d'épaule**, étant debout, régler de manière à avoir le bord du plateau juste au-dessus du niveau du genou (dépend de la longueur de la sellette).
- **Cuissardes**, sont fixées en premier, réglage tension en position debout, une main à plat sur la cuisse doit passer. Il est normal qu'en vol elles soient détendues.
- **Sangle ventrale** : réglage neutre, par exemple sellette M : 43cm entre maillons.
- **Sangle profondeur** : à ajuster selon morphologie.

En l'air, il arrive que les sensations changent complètement.

- si instable en roulis, resserrer la ventrale,
- si on se sent glisser vers l'avant, relâcher la sangle dorsale,
- si à l'inverse on fait travailler les 'abdos', resserrer la sangle dorsale.

Bonus Q13 : Eléments de choix de la sellette. (Chapitre Suppléments)

14- Comment expliquez-vous la mise en virage d'un parapente ?

Sommaire des éléments de réponse :

- a) Introduction :
- b) Augmentation de la portance du côté « freiné » qui crée un moment de roulis,
- c) Augmentation de la trainée qui crée le moment de lacet,
- d) Tangage créé par l'action de la commande, voire la commande opposée lors de fortes inclinaisons.

a- Introduction :

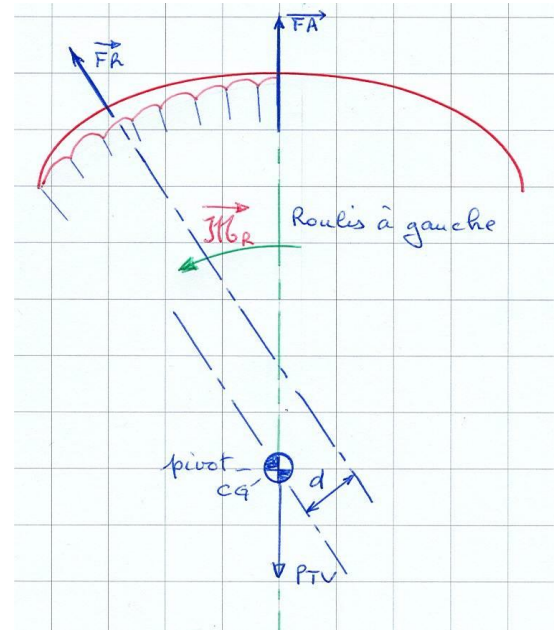
Pour que le parapente tourne, il faut engager trois mouvements autour des 3 axes : roulis, tangage et lacet.

b) Augmentation de la portance du côté « freiné » qui crée un moment de roulis,

Supposons une mise en virage à gauche.

Engageons le roulis par action sur la commande gauche. L'abaissement du bord de fuite génère une portance $\vec{F}_r$ supplémentaire sur la moitié gauche de l'aile. Un moment $\vec{M}_R (= \vec{F}_r * d)$ s'applique au centre de gravité (CG) sur l'axe des roulis, inclinant l'aile à gauche. Le cintrage et suspentage de l'aile représentée admet un roulis en phase avec la commande, car la ligne d'action de $\vec{F}_r$ est au-dessus du pivot.

NB: ce n'était pas le cas avec les ailes moins cintrées ou plates.



c) Augmentation de la trainée qui crée le moment de lacet.

Sous l'action de la commande, l'aile gauche présente une trainée supérieure à l'aile droite. Le parapente soumis à un nouveau moment $\vec{M}_L$ va engager autour de l'axe de lacet.

d) Tangage créé par l'action de la commande, voire même de la commande opposée lors de fortes inclinaisons.

L'aile étant inclinée, une légère action sur la commande intérieure provoque aussi le tangage essentiel au bon déroulement du virage. Parfois une légère action sur la commande extérieure sera utile lors de fortes inclinaisons (le cadencement).

En effet, le fait de donner de la commande crée un freinage, et le pilote se trouve devant la voile qui a ralenti (inertie due à son poids) ; un moment de cabré est appliqué à l'aile sur l'axe de tangage.

Notes personnelles :

Questions portant sur : **RÈGLEMENTATION / ESPACE AÉRIEN**

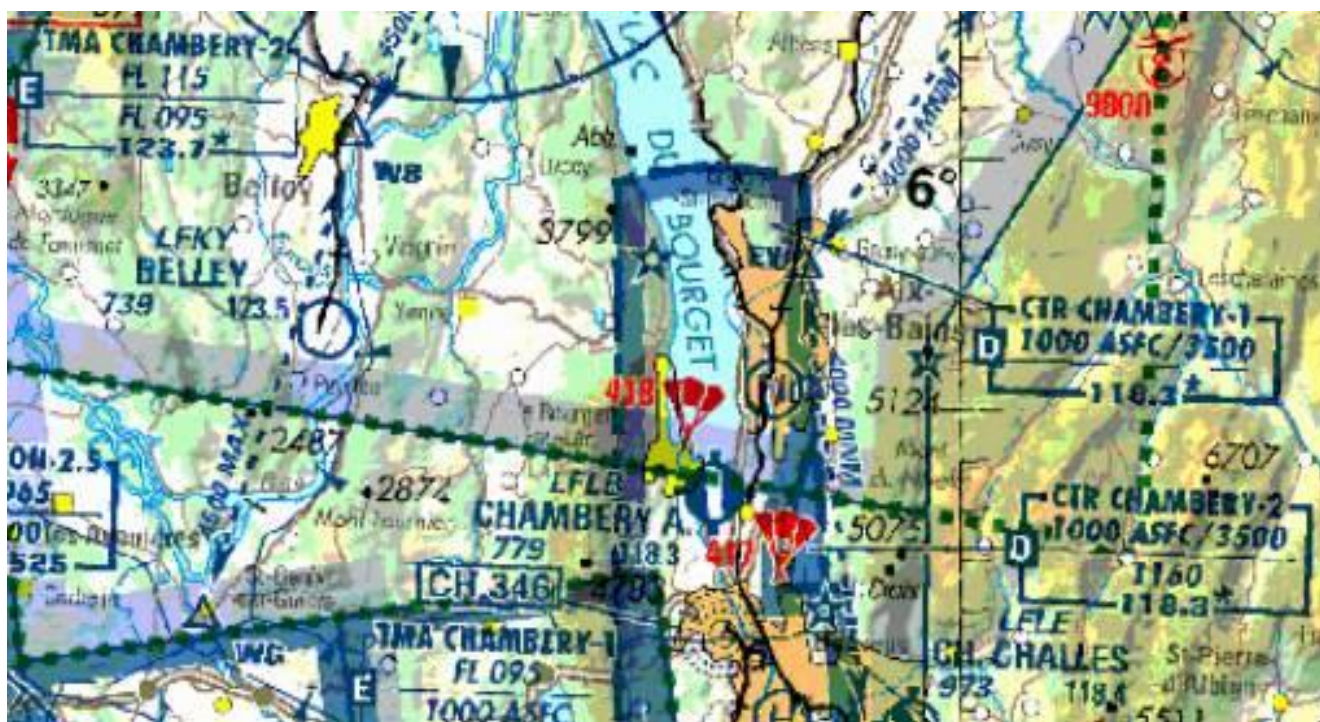
1- Lors de vos prochaines vacances en France, vous vous rendez sur un site nouveau, avec pour objectif de faire du vol de distance. Comment prenez-vous connaissance de l'information aéronautique ?

- Consultation des informations sur les panneaux de site.
- Consultation des cartes aéronautiques à jour.
- Prise de connaissance de l'état d'activation de zones réglementées s'il y en a.
- Prise de connaissance d'éventuels NOTAMs signalant une activité particulière.
- Je rends éventuellement visite au Bureau d'Information Aéronautique (BIA) ou au Bureau de Piste (BDP) de l'aérodrome le plus proche pour m'informer sur les NOTAMs, protocoles et procédures particulières.
- Je peux également consulter les informations 'SUP AIP' disponibles sur le site Internet du Service de l'Information Aéronautique (SIA) où se trouve toute l'information réglementaire.
- Je m'informe auprès d'un pilote local ou d'un moniteur connaissant bien le site et ses environs.
- Je peux téléphoner aussi à l'aérodrome proche du site pour demander l'autorisation de vol aux abords ou dans la CTR et aussi les limitations, **par exemple : Octeville-Le Havre.**
- Si le parcours traverse des espaces aériens autorisés ou autres zones particulières, je procède à la lecture des contraintes, retrace les volumes pour déterminer les passages « possibles » et aussi les entrer dans mon alti-vario GPS.

2- Quelles sont les cartes aéronautiques utiles à la pratique du Vol Libre en France? Quelles sont leurs caractéristiques ?

- Carte IGN OACI 1/500.000 pour le quart concerné (SE, SO, NO, NE) conçue pour le vol à vue, couvrant l'espace du sol à 5.000ft AMSL ou 2.000ft ASFC.
- Un nouveau format plus européen et harmonisant les cartes au 500.000ème est en création couvrant l'espace jusqu'au niveau **FL 115**.
- Cartes SIA VFR (Visual Flight Rule) France 1/1.000.000, couvrant l'espace aérien inférieur de 0 à FL195 soit de 0 à 5.850m :
On y trouve le RTBA, un guide complémentaire à la carte est fourni.
SIA : Service Information Aéronautique.
- Cartes VAC (Visual Approach Chart) pour les environs d'un aérodrome donné :
Ex : LFLU Valence Chabeuil descriptif 10km autour de l'aérodrome + renseignements détaillés.
- Cartes produites par d'autres éditeurs : Aviasport, carte papier ou numérisée (smartphone), ou carte spécifique Vol à Voile au 1/250.000^{ème} (disponible uniquement pour les Alpes).
- Toutes ces cartes ont une date d'édition et une période de validité de six mois au maximum.

- 3- Sur l'extrait de carte aéronautique ci-dessous, il y a des sites de Vol libre à droite des espaces aériens contrôlés décrits, proches du mont Nivolet. Quelle lecture faites-vous des éléments de cette carte datant de 2002 ? Quelle serait votre mise en application pratique lors d'un vol dans ce secteur ?



Sommaire des éléments de réponse :

- Identification des espaces et zones,
- Elaboration du Plan de Vol,
- sigles et unités.

a- Identification des espaces et zones :

- Il s'agit des espaces aériens contrôlés associés à l'aérodrome de Chambéry, au sud du Lac du Bourget, c'est un aérodrome contrôlé. Pendant les horaires du service de contrôle, il est exclu de s'approcher de la piste et des trajectoires associées (circuit de piste).

- Les CTR CHAMBERY 1 et CTR CHAMBERY 2 sont des espaces classés D, leur pénétration est strictement interdite.

Le volume de la CTR1 part du sol jusqu'au plus haut entre 300m (1000') au-dessus du sol et 1050m (3500') d'altitude.

Le volume de la CTR2 part de l'altitude 350m (1160') jusqu'au plus haut entre 300m (1000') au-dessus du sol et 1050m (3500') d'altitude.

- La TMA CHAMBERY 2 part de FL95 à FL115. Elle est classée E, elle est donc utilisable sous réserve d'y respecter les minimas applicables au vol à vue :

Visibilité = 5km mini ; distance mini nuages = 300m en vertical et 1500m en horizontal
Cette TMA couvre l'espace concerné.

- La carte signale la possibilité d'une activité parachutisme.

Dans la pratique, le SIA propose 2 mises à jour annuelles des cartes et guide complémentaire.

b- Elaboration du Plan de Vol :

On peut voler dans le secteur à l'Est des CTR ; théoriquement on pourrait même passer au-dessus, dans la TMA classée E, mais on s'en abstiendra, car le risque de descendre dans cette zone ne peut pas être pris. Faire attention au Sud car il semble y avoir un lieu de largage planeurs et au Sud-Est un axe de vol.

Le Mont Nivolet est un site d'altitude 1547 m (~5075') qui est en bordure des CTR , on y vole en restant au-dessus du relief, sans s'avancer en plaine, pour ne pas entrer dans l'espace D, interdit.

c- Sigles et unités :

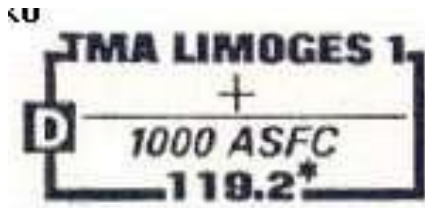
CTR : ConTRol area, c'est l'espace environnant l'aérodrome, où se trouve la tour du contrôle local d'aérodrome (CLA).

TMA : TerMinal control Area, secteur protégé, d'approche, voire d'attente des avions (orbit-radius, hippodromes). C'est un espace intermédiaire entre les Airways AWY qui sont des couloirs du trafic aérien et les CTR.

Rappel : les cartes aéronautiques sont destinées pour un usage international, les hauteurs sont en pied. Le pied (feet) est noté ft ou ' .

La valeur du pied : 1ft ~ 0,30m → 1000' = 300m.

4- Que représente la figure suivante ? Quelles informations pratiques un pilote de Vol Libre peut-il déduire ?



- Il s'agit d'une étiquette de zone telle que l'on peut en trouver sur une carte aéronautique.
- La zone décrite est une TMA (TerMinal control Area) zone d'approche terminale qui s'interpose entre les voies de navigation AWY (AirWaY) et la zone aéroportuaire CTR ; cet espace contiendra les orbites d'attente, l'approche et les accès aux voies aériennes.
- Le nom de la zone décrite est LIMOGES 1
- La classe de l'Espace associée est D, la zone n'est donc pas accessible au Vol Libre.
- La zone a sa limite basse à 1.000 pieds au-dessus de la surface, ce qui correspond à 300m sol .
- La zone a sa limite haute, supérieure ou égale à la limite haute de l'espace décrit par la carte aéronautique (à voir sur la carte)
- 119.2 MHz est la fréquence radio de l'organisme de contrôle associé, cette information est inutile aux libéristes.

* : signifie horaires non permanents

la valeur du pied 1' ~ 0,30m → 1000' = 300m

5- Quelles sont les différentes références altimétriques utilisées sur les cartes aéronautiques? Comment les convertissez-vous pour votre utilisation pratique ?

Les cartes aéronautiques ont une vocation internationale, elles utilisent les notations anglaises : les hauteurs s'expriment en pieds, c'est un héritage historique.

- Les pieds (feet) 1 foot = 12 pouces , 1 pied = 12 * 25,4mm = 0,3048m ~0,30m
1.000ft = 300m
- niveaux de vol FL (Flight Level) FL : unité en centaine de pieds
FL65 par exemple = 6.500ft = 1.950m au-dessus de la surface isobare 1 013,25 hPa.

Références sol : AGL, ASFC, indiquent des hauteurs,

- AGL : Above Ground Level au-dessus du sol survolé.
- ASFC : Above SurFaCe au-dessus de la surface (eau ou sol) .

- Références FL, AMSL indiquent des altitudes

- AMSL : Above Mean Sea Level au-dessus du niveau moyen de la mer.
- FL : Flight Level exprimé en centaines de pieds, avec calage de l'altimétrie à Zéro, pour 1013,25 hPa .

6- Que représente la figure suivante ?

Comment un pilote de Vol Libre peut-il en déduire les informations pratiques ?



Le cadre tireté de la zone est rouge, il s'agit d'un espace militaire réglementé..

- L'identificateur de la zone est R46 Sud.

- C'est un zone (R) réglementée, dont la pénétration est soumise à certaines conditions (contact radio, clairance) spécifiées dans le livret "Complément aux cartes aéronautiques".

Pour avoir la description précise de la zone, connaître le plafond et les conditions d'activation :

- il faut se reporter au guide complémentaire, associé à la carte, et connaître les contraintes liées à cette zone, que l'on a dans la pochette du SIA ou directement sur la carte RTBA récente,
- ou appeler un quelconque centre d'aéronautique, comme la tour d'un aéroport proche,
- consulter les Notams, ou autres points pouvant contenir le renseignement que l'on peut aussi trouver par internet.
- ou se renseigner sur l'activité prévue dans ces zones en consultant le site du **S.I.A.** qui tient à jour toutes les informations dont nous avons besoin

Pour savoir si la zone est active aujourd'hui ou demain, il existe un répondeur téléphonique disponible en permanence qui énumère, à chaque jour, les heures d'activation des zones.
" Actuellement tel vert 0800.24.54.66 "

- Si la zone est active, les libéristes ne peuvent pas y pénétrer.

- Si la zone est inactive, c'est comme si elle n'existait pas (on retrouve un espace G). Parfois les zones peuvent être inactives mais restrictives quant à leur pénétration.

D'autres fois elles peuvent rester actives mais autorisées si le contrôle aérien nous en donne l'autorisation.

Ces zones militaires du RTBA sont généralement désactivées le week-end et les jours fériés

NB: Ceci n'est pas à écrire, car pas demandé dans la question, sauf si vous avez sous la main une carte aéronautique et le livret "complément aux cartes aéronautiques", associé.

En l'occurrence, il s'agit d'un couloir de vol tactique du RTBA, Réseau Très Basse Altitude [entre Toulouse et Carcassonne]. Ce couloir est emprunté par des engins militaires évoluant à très grande vitesse et à très basse altitude sans assurer la prévention des abordages.

7- Demain, les prévisions météorologiques sont favorables au vol de distance. Comment préparez-vous concrètement le vol pour respecter la réglementation aérienne ?

Tracer sa route dans le respect des règles aéronautiques :

Il est nécessaire de préparer au mieux les vols possibles et de se donner les moyens de naviguer hors des zones interdites.

Concrètement, l'analyse de la carte doit permettre d'identifier les zones d'interdiction, les points de passage possibles, les limitations d'altitude et de survol sur tout le secteur.

La préparation d'une carte simplifiée embarquée en vol et la programmation de points-balises sur le GPS sont les moyens concrets qui permettront une navigation correcte. La reconnaissance visuelle de points caractéristiques préalablement repérés sur une carte sera aussi une aide précieuse à la navigation.

- Aller sur le site « FFVL / CFD / préparer un vol »,
- Prendre connaissance de l'information aéronautique : cartes aériennes, Guide complémentaire. NOTAM, état d'activation des éventuelles zones réglementées (Rxx)

NB : L'utilisation de la radio ne doit être envisagée qu'en ultime moyen à la disposition d'un pilote égaré, et non pas pour aller aux renseignements...alors que les diverses informations sont à disposition !

8- Espaces de classe G et espaces de classe E, quelles sont les différences ? Quelles mesures concrètes prenez-vous dans votre pratique du Vol Libre ?

Sommaire des éléments de réponse :

- a) Classes autorisées,
- b) L'espace G,
- c) L'espace E, et ses réserves.

a- Classes autorisées : Les espaces E et G, sont deux classes d'espace autorisées à la pratique du Vol Libre.

b- L'espace de classe G : est appelé « espace libre », le service de contrôle du trafic aérien n'y est pas rendu, les règles du Vol à Vue doivent être suivies par tous les usagers.

Il faut respecter des règles de visibilité et de distance qui sont différentes selon que l'on est au-dessus ou en dessous de (plus haut entre 3.000' AMSL ou 1.000' ASFC) :

- En dessous : visibilité = 1,5km mini ; hors nuages ; en vue du sol
- Au-dessus : visibilité = 5km mini si alt < 3.000m et 8km mini si alt > 3.000m ;
- distance-mini nuages = 300m en vertical et 1.500m en horizontal.

c- L'espace de classe E : est non contrôlé pour le vol en VFR et contrôlé pour le vol en IFR, on peut donc y rencontrer du trafic aérien IFR qui traverse les nuages. Les règles de vol à vue applicables pour les libéristes évoluant en classe E sont :

- visibilité = 5km mini si alt < 3.000m, et 8km mini si alt > 3.000m,
- distance mini nuages = 300m en vertical et 1.500m en horizontal.

La classe E est utilisée principalement pour protéger les routes aériennes (Airways ou AWY) et les espaces d'approche terminales (TMA).

La pratique du Vol Libre en espace de classe E doit donc faire l'objet d'une vigilance accrue pour prévenir le risque d'abordage, de plus, on essaiera dans la mesure du possible de ne faire que des transitions dans cet espace, afin d'y séjourner le moins longtemps possible.

L'exemple typique est le respect des 300m sol à respecter au-dessus du Sapey : (TMA - Chambéry1 E : $\frac{+}{1000 ASFC}$) en vol local, on évite d'y rentrer.

Notes personnelles :

.....

.....

Notations et quelques rappels pour la MÉCAVOL:

Sommaire :

- | | | |
|---------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| 1. Symboles utilisés, | 5. Inertie, | 9. Axes fondamentaux, |
| 2. Forces et vecteurs, | 6. Force centripète, | 10. Angle de plané, |
| 3. Rappel de définitions, | 7. Force centrifuge, | 11. Assiette, |
| 4. Moments, | 8. Centre de poussée, | 12. Forces de vol en présence, |

Tout au long du document, nous emploierons une symbolique reconnue dans la littérature technique. Souvent le contexte sera suffisamment explicite pour ne pas prêter à confusion.

1- Symboles et sigles :

$\hat{i}$	i	angle d'incidence	FA	Force Aérodynamique
$\hat{a}$	a	assiette	PTV	Poids Total Volant
$\hat{p}$	p	angle de plané	CA	Charge Alaire
K	k	rapport d'homothétie	Cp	Centre de Poussée
n		facteur de charge	CG ou G	Centre de Gravité
i_F		incidence de fermeture	f	Foyer Aérodynamique
i_D		incidence de décrochage	C	point de Calage

2- Rappel de définitions

Corde : la corde est la droite passant par le bord d'attaque et allant jusqu'au bord de fuite.

Incidence : angle formé par la corde de référence du profil et la direction du vent relatif attaquant le profil.

Pour un parapente "typique", il varie de la manière suivante :

3° en vitesse maximale accélérée, 7° à vitesse "bras hauts", 15° ou plus au décrochage.

De nouveaux modèles de bord d'attaque voient le jour, repoussant les limites angulaires, par un meilleur agencement des entrées d'air, surpression interne améliorée donnant un profil plus solide.

angle de plané ($\hat{p}$): angle compris entre l'horizontale et la direction du vent relatif.

assiette ($\hat{a}$): angle compris entre l'horizontale et la corde de l'aile.

Sous-incidence ($\hat{\alpha}_F$): seuil de l'incidence en deçà de laquelle se produit la fermeture.

Sur-incidence ($\hat{\alpha}_D$): seuil de l'incidence au-delà de laquelle se produit le décrochage.

Point d'arrêt : zone de la surface du profil qui est perpendiculaire à la trajectoire des particules d'air. C'est là où les filets d'air contournant le profil se séparent: la pression y est maximale.

Surface projetée : surface de l'aile projetée au sol :
Charge alaire = PTV / surface projetée.

Envergure projetée : envergure de l'aile projetée au sol:
Allongement = (Envergure_projetée)² / corde centrale.

Historique: les premiers parapentes étaient des voiles peu galbées, pratiquement plates, la surface projetée pouvait alors être considérée comme la surface à plat.

De nos jours, "seul le concepteur de la voile connaît sa valeur ! et si il ne la communique pas..." on peut, par défaut et à titre comparatif, utiliser les paramètres 'à plat'.

Cône de projection: (méca-vol Q5) enveloppe de la modification homothétique de la polaire, lors des variations de PTV. Le sommet du cône de projection se trouve sur l'origine des coordonnées.

Force aérodynamique: ensemble des forces qui contribuent à la sustentation du PUL, force égale et opposée au poids. FA suit la verticale vraie ou apparente en cas de virage ou autres figures. La FA pourrait être transitoirement orientée vers le bas, lors de figures comme le looping ($g > 0$) ou le tumbling ($g < 0$), où l'on tourne autour d'un axe horizontal.

Portance: composante de la Force aérodynamique, qui s'exerce perpendiculairement au vent relatif.

Trainée: composante de la force aérodynamique qui s'exerce dans le sens du vent relatif.

3- Eléments sur vecteurs :

Dans notre propos, les vecteurs représentent les forces, ils sont dans un même plan.

L'addition vectorielle est un outil simple pour raisonner sur les forces en présence.

Leurs conséquences sur le vent relatif, changement d'incidence que l'on rencontre en mécanique du vol.

Un vecteur $\vec{a}$ est défini par son point d'application, son amplitude, sa direction et son sens

Par exemple le vecteur $\vec{FA}$ la Force Aérodynamique en vol équilibré rectiligne.

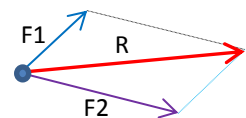
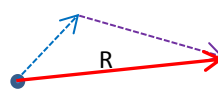
- Point d'application : C_p le Centre de Poussée,
- amplitude (ou module): grandeur de la force égale au PTV,
- direction : la verticale,
- sens : vers le haut.



Somme de vecteurs

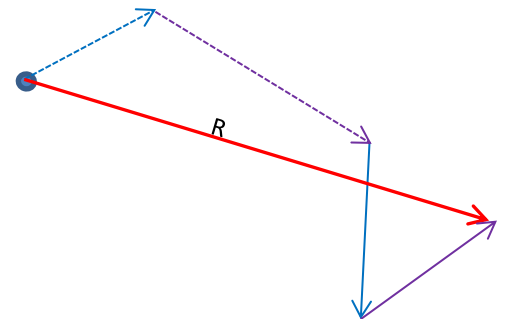
L'addition de vecteurs se fait très simplement. On translate le vecteur à additionner, de sorte que son origine touche l'extrémité du précédent etc... s'il y en a plusieurs (méthode du polygone de Varignon).

Le vecteur résultant est le vecteur ayant pour origine celle du premier et extrémité celle du dernier.



Somme de vecteurs-force : $\vec{R} = \vec{F1} + \vec{F2}$

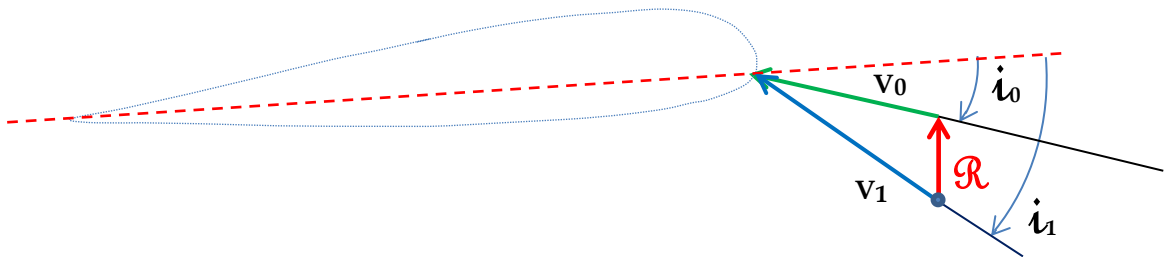
Somme de 2 vecteurs $\vec{FA} = \vec{P} + \vec{T}$



Exemple d'application sur une rafale montante $\mathcal{R}$

Le vent relatif V_0 devient V_1 , avec une nouvelle incidence i_1 :

$$\vec{V1} = \vec{V0} + \vec{R}$$



4- Les Moments :

Le Moment ($\vec{M} = \vec{F} * \vec{d}$) est une grandeur vectorielle qui exprime l'aptitude d'une force ou d'un ensemble de forces à faire tourner un système autour d'un point, ou d'un axe.

5- L'inertie:

Ainsi définie par la 1^{ère} loi de Newton: « Tout corps persévère dans l'état de repos ou de mouvement uniforme en ligne droite dans lequel il se trouve, à moins que quelque force n'agisse sur lui, et ne le contraigne à changer d'état. »

L'inertie est la propriété qu'a un corps de s'opposer au changement d'état de mouvement. A moins d'une force extérieure, le corps en repos reste en repos, le corps en mouvement rectiligne uniforme reste dans ce mouvement. L'inertie est fonction de la masse du corps.

- Un gyroscope (conservateur de cap) conserve son axe de rotation fixe dans l'espace.
- Effet centrifuge,
- Un parapente ne virerait pas sans les forces centripète et centrifuges.
- Fondement de la pseudo-force de Coriolis.

6- La force Centripète: F_{cp}

C'est la force qui tend à rapprocher l'objet en rotation du centre du cercle.

Son expression est: $\vec{F}_{cp} = m * \text{accélération centripète}$; $\vec{F}_{cp} = m \frac{v^2}{R}$.

La force centripète est une force réelle: en vol libre elle est d'origine aérodynamique.

7- La force Centrifuge: F_c

C'est le nom donné à l'effet centrifuge. C'est une force fictive qui est décrite pour les corps en mouvement curviligne.

La force centrifuge est une force d'inertie, comme l'est la pseudo-force de Coriolis.

Son expression est: $\vec{F}_c = \frac{m v^2}{R}$

Remarque: pour la compréhension, dans les schémas on oppose $\vec{F}_{cp}$ et $\vec{F}_c$, bien qu'ils s'expriment dans des repères différents.

8- Le centre de poussée: C_p

Le centre de poussée C_p est le point d'application la force aérodynamique $\vec{FA}$. C_p est sur la corde.

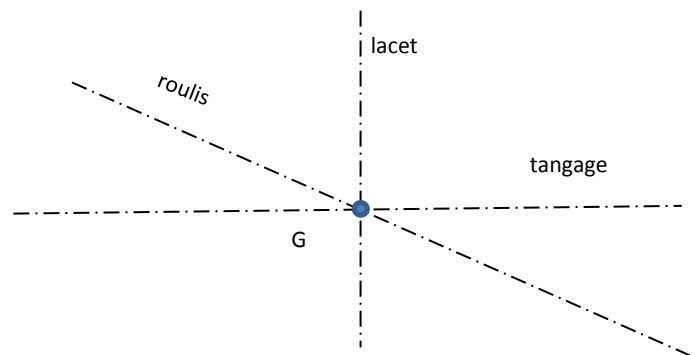
« Le centre de poussée à la particularité de migrer, lors des variations de l'angle d'incidence, vers l'avant ou vers l'arrière suivant le profil considéré, tendant à réduire cette variation d'incidence ou à l'amplifier selon le cas (principe de la stabilité d'un profil). C'est ce qui fait tout l'intérêt du choix d'un profil ! ».

Le centre de poussée ne migre que très peu entre $\hat{i} = 5^\circ$ et 10° .

On néglige la migration de C_p quand ce n'est pas nécessaire

9- Les axes fondamentaux de l'aéronef

Le centre de gravité G du système, pilote + matériel est le pivot des 3 axes.

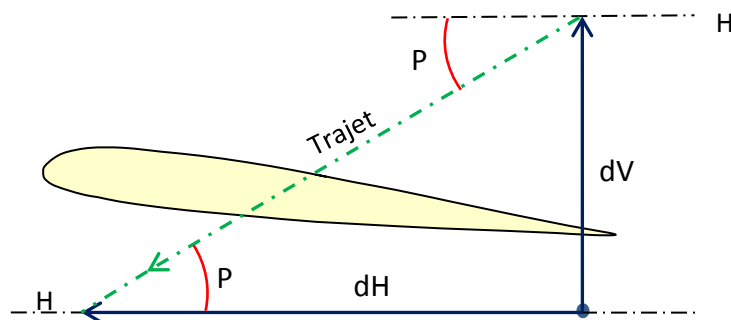


10- L'angle de plané :

L'angle de plané $\hat{p}$ est l'angle compris entre le plan horizontal et la trajectoire.

f est la finesse sol ; en air calme f sera la finesse propre de l'aile.

la finesse $f = dh/dv$ ainsi : $\tan \hat{p} = dv/dh = 1/f$



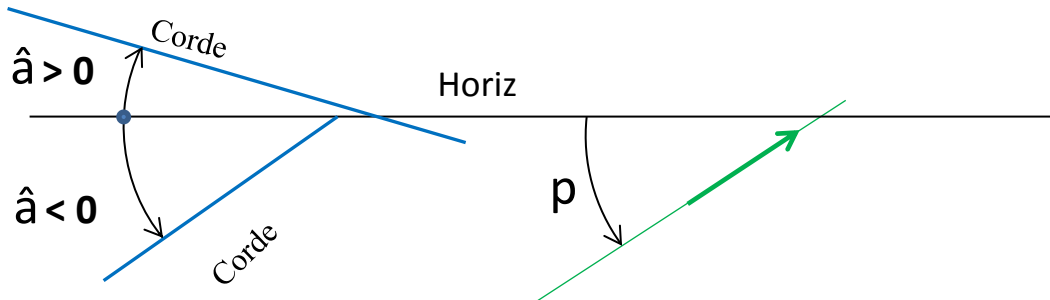
11- L'Assiette $\hat{a}$:

L'assiette : terme hérité de l'aviation, est l'attitude de la voile ou du delta.

C'est l'angle $\hat{a}$ entre l'horizontale et le plan de l'aile (corde pour le parapente).

$\hat{a}$ est >0 si la corde est au-dessus de l'horizontale,

$\hat{a}$ est <0 si la corde est sous l'horizontale.

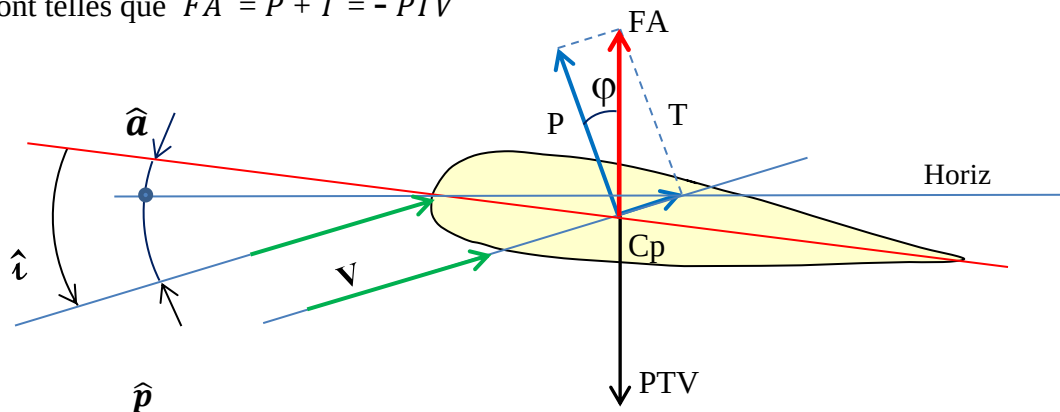


12- Les forces en présence lors d'un vol rectiligne équilibré :

Traçons :

- le profil de l'aile,
- Les droites et point de référence :
 - la corde, tirée du bord d'attaque au bord de fuite,
 - plaçons le centre de poussée C_p au 1^{er} tiers sur la corde,
 - le vent relatif V , l'horizontale.
- Les angles incidence $\hat{i}$ assiette $\hat{a}$ et plané $\hat{p}$.
- Les vecteurs forces en présence :
 - le Poids Total Volant $\overrightarrow{PTV}$,
 - la $\overrightarrow{FA}$ opposée et d'amplitude égale au $\overrightarrow{PTV}$,
 - la trainée $\vec{T}$ de même direction et sens que le vent relatif,
 - la portance $\vec{P}$ perpendiculaire en C_p au vent relatif (et à $\vec{T}$) orientée vers le haut.
 -

Ces forces sont telles que $\overrightarrow{FA} = \vec{P} + \vec{T} = -\overrightarrow{PTV}$



Repérons les angles de vol : $\hat{p}$ angle de plané, $\hat{i}$ incidence et l' assiette $\hat{a}$:

Notes personnelles:.....

Index

- 360 engagés, 54
abattée, 11, 21
accélérateur, 54, 60, 62
adiabatique sèche, 52
AGL, 76
air instable, 38, 43
Allongement (grand), 26
altocumulus, 33, 43
AMSL, 76
angle de plané, 15, 28, 85, 86
anti-g, 55
approche, 59
Arrondi, 57
ascendance, 56
ASFC, 76
assiette, 56, 86
atterrissage, 57
autorotation, 26
AWY, 76
axe de lacet, 85
axe de roulis, 85
axe de tangage, 85
axes fondamentaux, 85
base du nuage, 48, 50
Brise, 46
Brise de mer, 31, 46
Brise de pente, 47
Brise de terre, 46
Brise de vallée, 32, 46
Brise thermique, 31
brouillards d'advection, 51
brouillards de rayonnement, 51
cabré, 56, 60, 61, 63
cadencement, 71
Cadencer, 56
calage, 62
cap à la sellette, 63
Carte aéronautique, 73, 74, 75
Carte IGN OACI, 73
Carte SIA, 73
Carte VAC, 73
castellanus, 33
centre de gravité, 13, 85
centre de poussée, 13, 85
charge alaire, 16, 17, 18, 27
ciel de traîne, 34, 35
cisaillement, 44
cisaillement Horizontal, 44
cisaillement Vertical, 44
classe D, 76
classe E, 79
classe G, 79
compression adiabatique, 40
condensation, 50
cône de projection, 16, 82
confluence, 31
Congestus, 38
Convergences, 44
corde centrale, 17
couche d'inversion, 44
cravate, 53
crête, 31, 67
croisement, 31
CTR, 73, 74
CumuloNimbus, 33, 37, 38, 43, 48, 49
Cumulus humilis, 50
déco pentu, 64
déco peu alimenté, 66
déco peu pentu, 66
décrochage, 17, 18, 22, 24
décrochage asymétrique, 22
dérive (la), 17
descente aux B, 54
descentes rapides, 54
détente, 51
détente adiabatique, 40, 48
Développement vertical, 48
drag-chute, 55
écoulement laminaire, 25
écoulement tourbillonnaire, 25
écoulement turbulent, 25
effet bagnard (la schlag), 67
Emagramme, 48, 50, 52
espace militaire, 77
espaces aériens, 69, 74
extrados, 25
fermeture, 30
fermeture asymétrique, 19

fermeture frontale, 21
fermeture latérale, 53
fermeture massive, 21
Finale, 13
Finesse, 14, 15, 16
finesse air, 14, 15, 62
finesse sol, 12, 14, 15
FL, 76
Foehn, 40, 41, 42
Foehn (brèche de), 41
Foehn (trou de), 41
force aérodynamique, 13
force centrifuge, 13, 55, 84
force centripète, 84
Front chaud, 33, 36, 37
Front froid, 34, 36, 37
goupille (secours), 58
GPS, 68
gradient, 57
gradient dans thermique, 20
gradient de vent à l'atterrissage, 11
gradient du vent, 11
grandes oreilles, 63
huits, 67
IFR, 79
incidence, 20, 86
inertie, 84
information aéronautique, 73
instabilité de l'air, 33, 35, 37, 48, 50, 52
instable (aérologie), 52
intrados, 25
lenticulaires, 41, 43
lester, 27, 30
maniable (l'aile sera moins), 17
maniable (l'aile sera plus), 16
masse d'air, 48
masses d'air (Front), 34
[MECAVOL \(rappels\)](#), 81
moment, 71, 84
montagne, 33
mouvement pendulaire, 56
neutralité spirale, 55
NimboStratus, 37, 43
niveaux de vol, 76
NOTAM, 73
nuages, 42
nuages particuliers, 42
nuelle, 50
oreilles, 28, 54

oreilles accélérées, 54
parachutale, 54
parachute de secours, 58
particule d'air, 52
perte de connaissance, 55
perturbation, 36
Phénomène transitoire, 56
pieds (ft), 76
piqué, 60
pivot, 85
plané équilibré, 15
POD (secours), 58
Poids apparent, 13
poignée d'extraction, 58
Polaire, 16
Polaire des vitesses, 16
Portance (la), 14
préparation vol, 78
prévol, 66
prise de vitesse, 12, 57
PTU, 59
Rafale de face, 19
Rafale descendante, 21
Rafale montante, 20, 56
références altimétriques, 76
réglementation aérienne, 78
RTBA, 77
sellette (choisir), 70
sellette (instabilité), 70
sellette (réglage), 70
seuil de décrochage, 25
SIA, 73
sous-incidence, 23
sous-ondulatoire, 42
stabilo, 53
SUP AIP, 73
sur-incidence, 22, 23
système nuageux, 36
Système ondulatoire, 41
taux de chute mini, 16, 17, 18
temporisation, 64, 65
thermique, 20, 56, 60, 67
TMA, 74, 76
Traîne (ciel de), 36
traîne chaotique, 35
Trainée (la), 14
trajectoire sol, 17
transitions, 60
Trim, 60, 61

tropopause, 38, 42
troposphère, 42
turbulences, 13, 17, 25, 41
variomètre, 68
vecteurs (éléments sur les), 83
vecteurs (représentation des), 86
vent relatif, 19
vent soutenu, 64
Venturi, 25
VFR, 79
virage à plat, 56
virage équilibré, 13
viscosité, 25
vitesse max, 17, 18
Vitesse sol, 69
voile noir, 55
vol équilibré rectiligne, 86
vol de distance, 73
vol turbulent, 19
volumes (aériens), 73, 74
vrille, 22
zone active, 77
zone inactive, 77

Remerciements pour leur aide

Lecture et suivi, commission Formation de la FFVL

Laurent	VAN-HILLE	Responsable Régional de Formation Rhône-Alpes
Philippe	MARCK	Responsable Régional de Formation Alsace
Philippe	LÈBRE-PAGET	Responsable Régional de Formation PACA
Jean Pierre	GOGOL	Responsable Régional de Formation Normandie
Emmanuel	FÉLIX-FAURE	Conseiller Technique National / Delta
Emmanuel	DENECKER	Responsable Régional de Formation Bretagne
Laurent	CHAMERAT	Conseiller Technique Formation / Ecoles parapente

Version 2 :

Dominique	LESTANT	moniteur fédéral parapente
Jean Pierre	LAURENT	moniteur fédéral parapente
Guillaume	TAVENNE	compétiteur émérite
Patrice	QUILLET	crosseur, Entraîneur ligue PIDF
J.	P.	BPJEPS formateur Méca-vol
N.	B.	Concepteur de voiles

Version 1:

Sarah	CASTELLARNAU	monitrice fédérale parapente
Didier	DOMERGUE	moniteur fédéral deltaplane et parapente
Didier	KALAMA	accompagnateur, pilote privé

démarrage du projet:

définition du produit:

Jean Marc GALAN: moniteur fédéral parapente, commission technique et sécurité FFVL

Relecture version premium :

Nadir AMIRAT, Frédéric DELBOS, Emmanuel MOREAU