



Sensibilisation au vol en région montagneuse

Scénario

« Après avoir décollé de l'aérodrome, le pilote a débuté la montée en direction du massif. Il a survolé la ville puis s'est engagé dans un cirque en direction d'un col à proximité du fort. **Il s'est aperçu tardivement à l'approche du col, alors qu'il était toujours en montée, que l'altitude de l'avion ne serait pas suffisante pour le franchir.** Jugeant qu'il ne pourrait pas faire demi-tour compte tenu du relief, **le pilote a tenté de gagner de l'altitude en augmentant davantage l'assiette de l'avion.** Ceci a eu pour conséquences de faire diminuer la vitesse et **de se rapprocher de la vitesse de décrochage.** Il a ensuite débuté **un virage par la gauche** pour voler parallèlement à la ligne de crête, **diminuant ainsi la marge par rapport au décrochage.** Il s'est alors retrouvé face au versant ouest de la seconde ligne de crête. **L'avion est entré en collision avec les sapins et a fini sa course dans la neige.**

Ont pu contribuer à aborder un col avec une altitude insuffisante :

- **Une connaissance insuffisante des techniques de vol en montagne.**
- **Une prise en compte insuffisante par le pilote des performances de l'avion dans le choix de la trajectoire »**

https://www.bea.aero/fileadmin/user_upload/BEA2021-0120.pdf

Objectif de la formation

*« Même si la réglementation n'impose pas de formation particulière, **le vol en montagne comporte des particularités propres à l'environnement** : repères visuels inhabituels par la perte d'horizon naturel, diminution des performances opérationnelles, aérologie complexe et changeante, espace restreint notamment.*

Des connaissances et des techniques spécifiques sont nécessaires pour voler en sécurité dans cet environnement hostile et exigeant. Des vols de sensibilisation, réalisés avec des instructeurs ayant les compétences nécessaires pour ce type de vol, permettraient aux pilotes de mieux appréhender les risques du vol en zone montagneuse. »

https://www.bea.aero/fileadmin/user_upload/BEA2020-0405.pdf

Sensibilisation au vol en région montagneuse

1. Performances de l'avion
2. Physiologie et facteurs humains
3. Pilotage de base
4. Météo et aérologie
5. Documentation pertinente
6. Cheminement dans les vallées – franchissement de cols et de crêtes
7. Organisation de la formation en vol



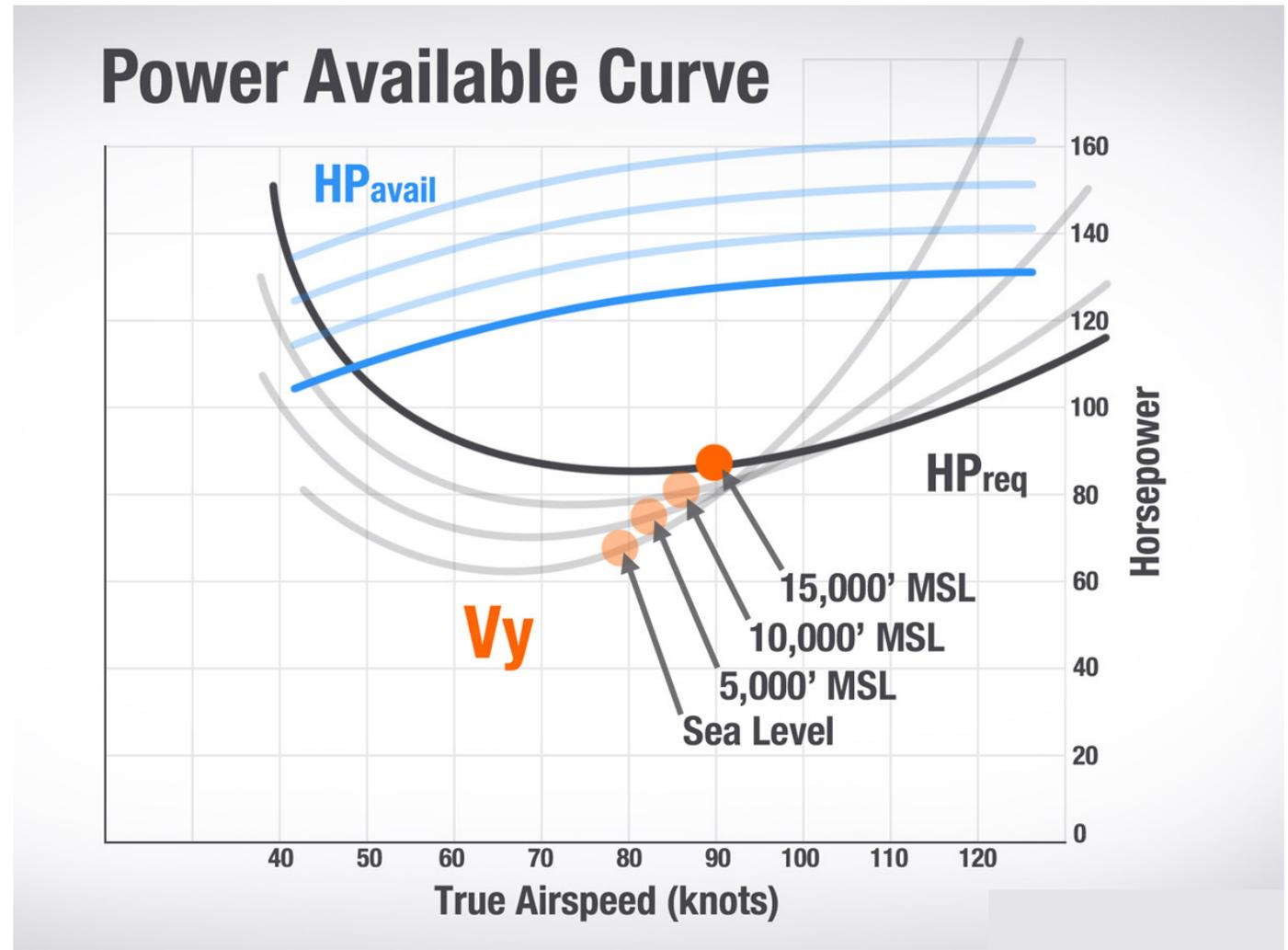
1. Performances de l'avion

1. Performances de l'avion

Puissance diminue de 10% par tranche de 3000ft d'élévation

A 6000ft, la puissance moteur est réduite de 18 % et la puissance mini nécessaire augmente 10%

Vous serez surpris par les performances de l'avion à haute altitude, car vous y êtes peu habitués.....



1. Performances de l'avion

Puissance diminue de 10% par tranche de 3000ft d'élévation

Une pente de montée de 6% correspond à:

➤ **Vz diminue avec l'altitude**

N'importe quel avion a, au mieux, une pente de montée de 6%.

1. Performances de l'avion

Puissance diminue de 10% par tranche de 3000ft d'élévation

➤ **Vz diminue avec l'altitude**

N'importe quel avion a, au mieux, une pente de montée de 6%.

Une pente de montée de 6% correspond à:

- 6m (18ft) d'élévation pour 100m parcourus
- 60m (180ft) d'élévation pour 1000m parcourus (0,5 NM)
- 600m (1800ft) d'élévation pour 10000m parcourus (5NM)

1. Performances de l'avion

Puissance diminue de 10% par tranche de 3000ft d'élévation

➤ **Vz diminue avec l'altitude**

N'importe quel avion a, au mieux, une pente de montée de 6%.

Ce qui représente environ 350ft par NM

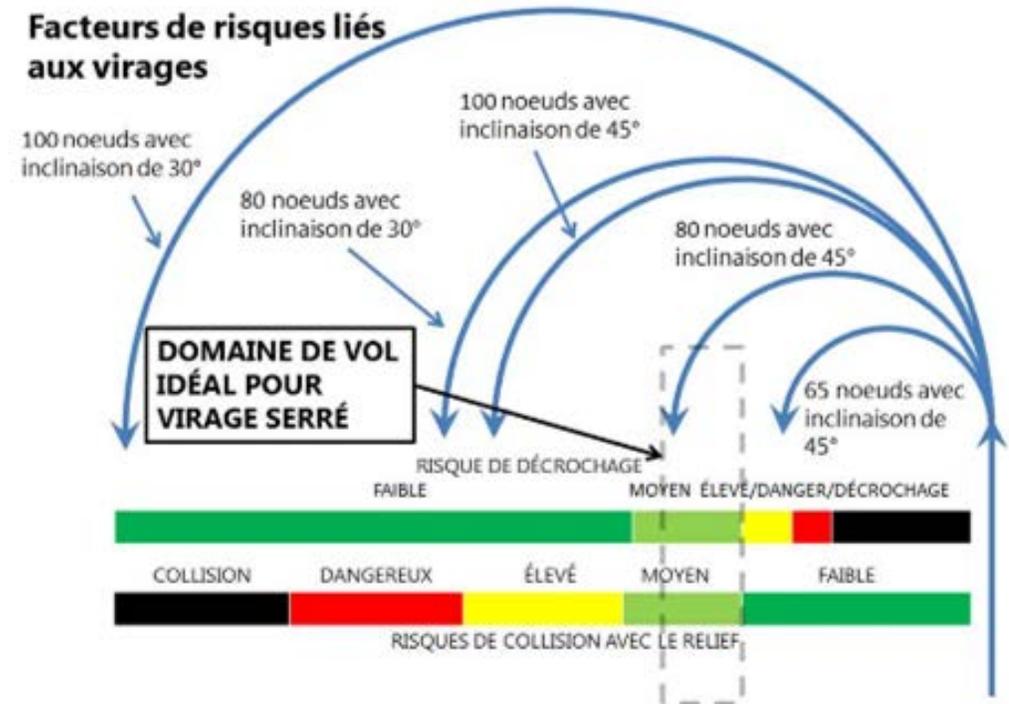
Une pente de montée de 6% correspond à:



1. Performances de l'avion

- Vitesse (TAS) augmente de 1% par tranche de 600ft de Zp et de +5°C par rapport à ISA
- Le rayon de virage augmente de 20% tous les 6000ft

$$R = \frac{V_p^2}{g \cdot \tan(\varphi)}$$





2. Physiologie et facteurs humains

2. Physiologie du vol en montagne

- **Hypoxie:** altitude élevée (O₂ si vol de plus de 30 min > 10 000ft), insidieux
- **Deshydratation:** à 6000ft, moitié moins d'humidité dans l'air qu'au niveau de la mer
-> déshydratation plus importante par évaporation à la surface de l'épiderme
- **Luminosité très élevée:** 40%-90% de lumière réfléchiée par la neige, moindre filtration de l'atmosphère
- **UV élevés:** +10% d'indice UV par 1000m. Indice UV pouvant être de 12 en été à 9000ft !
- **Contraste très important** entre ombre et soleil
- **Illusions d'optique:** difficultés d'estimer les distances, les pentes, l'horizon
- **Turbulences:** manque d'horizon, phénomènes plus soudains
- **Fatigue** liée aux conditions ci-dessus.

2. Physiologie du vol en montagne - Hypoxie

- Il est couramment admis qu'à partir de 9000 ft le corps humain ne peut plus compenser toutes les contraintes extérieures liées à l'hypoxie, **mais l'altitude d'apparition des symptômes dépend de chacun**. L'alcool, le tabagisme et les médicaments augmentent les symptômes et diminuent l'altitude de leur apparition.

- Plus on avance dans le phénomène de l'hypoxie, plus le système nerveux central sera altéré avec son cortège d'effets secondaires :

- Euphorie
- Difficultés de concentration
- Raisonnement illogique
- Difficultés neuro-musculaires
- L'appareil visuel sera touché: champ visuel réduit, accommodation difficile, audition touchée vers 15000 ft

- En cas d'apparition des symptômes, une seule solution: DESCENDRE à une altitude inférieure

2. Physiologie du vol en montagne – O₂

NCO.OP.190 Utilisation d'oxygène supplémentaire

Règlement (UE) 2016/1119

- (a) **Le pilote commandant de bord s'assure** que tous les membres de l'équipage de conduite effectuant des tâches essentielles à la sécurité de l'exploitation d'un aéronef en vol **utilisent en permanence de l'oxygène d'appoint chaque fois qu'il détermine** qu'à l'altitude du vol prévu, le manque d'oxygène pourrait entraîner une altération des facultés des membres de l'équipage, et s'assure que de l'oxygène d'appoint est mis à la disposition des passagers lorsque le manque d'oxygène pourrait nuire à ces derniers.
- (b) **Dans tous les autres cas** où le pilote commandant de bord ne peut pas déterminer comment le manque d'oxygène peut affecter tous les occupants à bord, il doit s'assurer que:
- (1) **tous les membres d'équipage** effectuant des tâches essentielles à la sécurité de l'exploitation d'un aéronef en vol **utilisent de l'oxygène d'appoint pendant toute période supérieure à 30 minutes** lorsque l'altitude-pression dans l'habitacle se situe **entre 10 000 et 13 000 ft** ; et
 - (2) **tous les occupants utilisent de l'oxygène d'appoint pendant toute la période où l'altitude-pression dans l'habitacle est supérieure à 13 000 ft.**

2. Physiologie du vol en montagne – O₂

AMC1 NCO.OP.190(a) Utilisation d'oxygène supplémentaire - DETERMINATION DU BESOIN D'OXYGENE SUPPLEMENTAIRE

Lorsqu'il détermine la nécessité de transporter et d'utiliser de l'oxygène supplémentaire, le pilote commandant de bord doit :

(a) dans la phase pré-vol :

(1) être conscient des conditions d'hypoxie et des risques associés ;

(2) prendre en compte les conditions objectives suivantes pour le vol prévu : (i) l'altitude ; (ii) la durée du vol ; et (iii) toute autre condition opérationnelle pertinente.

(3) prendre en compte les conditions individuelles des membres de l'équipage de conduite et des passagers en ce qui concerne : (i) l'altitude du lieu de résidence ; (ii) le tabagisme ; (iii) l'expérience des vols à haute altitude ; (iv) l'état de santé actuel et les médicaments ; (v) l'âge ; (vi) les handicaps ; et (vii) tout autre facteur pertinent qui peut être détecté ou signalé par la personne ; et (viii) l'âge de la personne.

(4) le cas échéant, veiller à ce que tous les membres de l'équipage de conduite et les passagers soient informés des conditions et des symptômes de l'hypoxie, ainsi que de l'utilisation de l'équipement d'oxygène d'appoint.

(b) pendant le vol :

(1) surveiller les premiers symptômes d'hypoxie ; et

(2) en cas de détection de symptômes précoces d'hypoxie : (i) envisager de revenir à une altitude de sécurité, et (ii) s'assurer que de l'oxygène supplémentaire est utilisé, s'il est disponible.

2. Physiologie du vol en montagne – O₂

GM1 NCO.OP.190 Utilisation d'oxygène supplémentaire

GENERAL

(a) La responsabilité du pilote commandant de bord en matière de sécurité de toutes les personnes à bord, conformément à l'article [NCO.GEN.105\(a\)\(1\)](#), comprend la détermination de la nécessité d'utiliser de l'oxygène d'appoint.

(b) Les altitudes au-dessus desquelles le [NCO.OP.190\(b\)](#) exige que l'oxygène soit disponible et utilisé s'appliquent aux cas où le commandant de bord ne peut pas déterminer le besoin d'oxygène supplémentaire. **Toutefois, si le commandant de bord est en mesure de faire cette détermination, il peut choisir, dans l'intérêt de la sécurité, d'exiger de l'oxygène également pour les opérations effectuées à ces altitudes ou à des altitudes inférieures.**

(c) **Le commandant de bord doit être conscient que le fait de voler à des altitudes inférieures à celles mentionnées dans le [NCO.OP.190\(b\)](#) n'offre pas une protection absolue contre les symptômes de l'hypoxie, si les conditions et les aptitudes individuelles sont prévalentes.**

GM2 NCO.OP.190 utilisation d'oxygène supplémentaire

DETERMINATION DU BESOIN D'OXYGENE — AVANT LE VOL

Des informations et des conseils détaillés sur les conditions et les symptômes de l'hypoxie, le contenu du briefing sur l'hypoxie et l'évaluation des conditions individuelles figurent dans le dépliant EASA "Hypoxia".

DETERMINATION OF OXYGEN NEED — EN VOL

Plusieurs méthodes de surveillance des symptômes précoces de l'hypoxie peuvent être utilisées et certaines méthodes peuvent être facilitées par un équipement personnel, tel qu'un oxymètre de pouls monté sur le doigt. Des informations et des conseils détaillés sur l'entrée dans des conditions d'hypoxie, sur la détection précoce des symptômes de l'hypoxie et sur l'utilisation d'équipements personnels tels que les oxymètres de pouls montés sur le doigt ou l'équivalent figurent dans le dépliant de l'EASA intitulé "Hypoxie".



3. Pilotage de base

3. Pilotage de base

En montagne, l'horizon n'est pas exploitable, ce qui perturbe la perception de l'assiette:

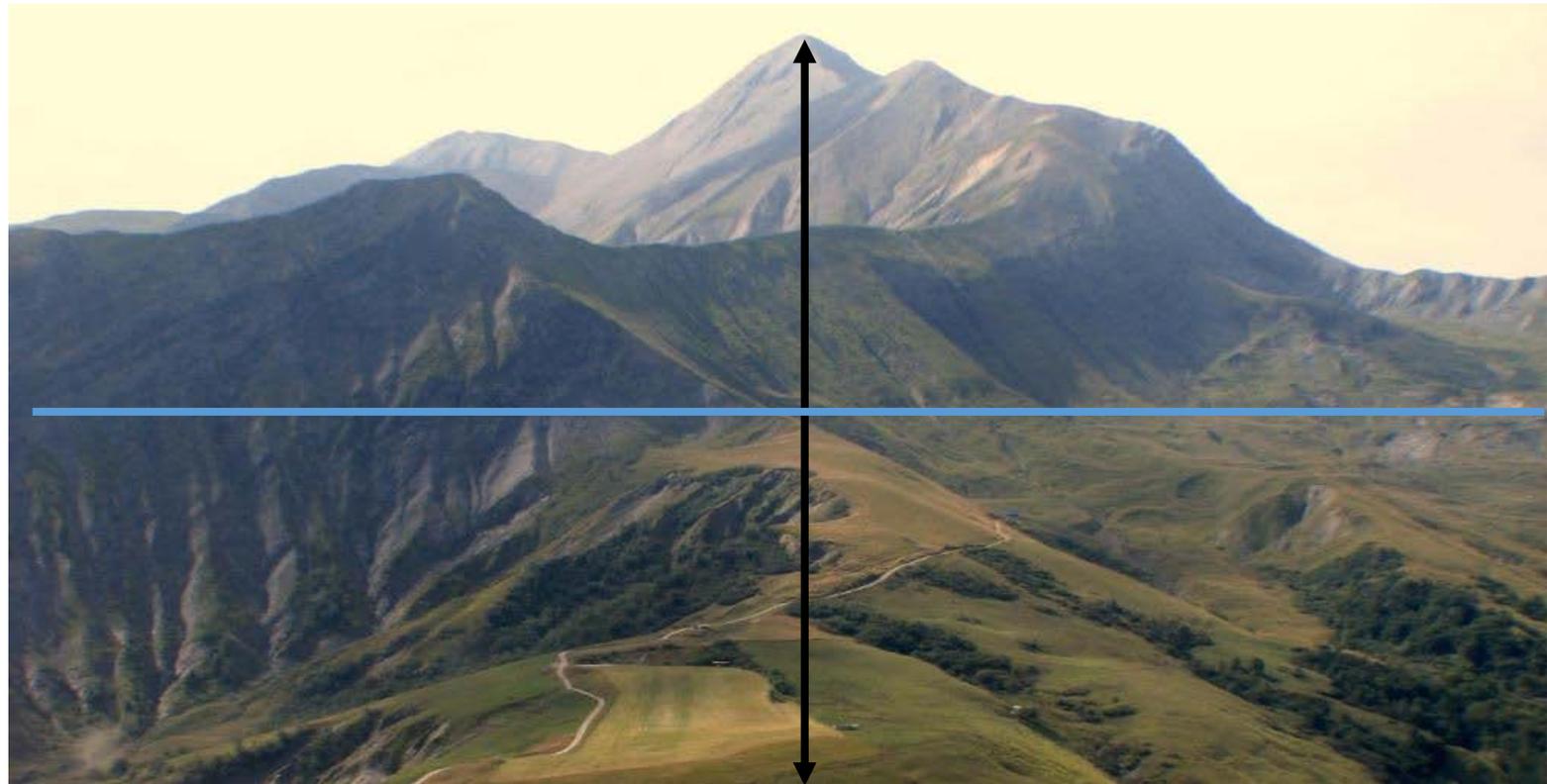
- Difficultés à tenir le vol rectiligne en palier
- Difficulté à effectuer des virages en palier



3. Pilotage de base

Comment trouver une référence d'horizon en montagne?

Prendre la hauteur de la plus haute montagne et diviser par 2 pour avoir une référence d'horizon



3. Pilotage de base - **Attention aux faux horizons**



Ce qui semble « horizontal » ne l'est pas nécessairement:

possibilité d'une inclinaison insidieuse de l'avion liée à celle du relief

3. Pilotage de base - **Attention aux faux horizons**

En plaine, le pilote a été habitué à contrôler le vol en palier par le maintien d'une distance constante entre l'horizon et le capot moteur



3. Pilotage de base - **Attention aux faux horizons**

En montagne, maintenir une telle distance constante entre l'horizon (relief) et le capot, conduit à:

- **Diminuer l'assiette face au relief descendant**
- **Augmenter l'assiette face au relief montant**



3. Pilotage de base - **Attention aux faux horizons**

Face au relief montant, le pilote a tendance à augmenter l'assiette de manière progressive et insidieuse.

Ce phénomène conduit souvent au passage progressif au second régime, à proximité du relief.



Retour d'Expérience

« [Le pilote] prend la direction du col de Vars et stabilise le vol à une altitude de 6 000 ft. En arrivant à proximité du col, il se rend compte que son altitude ne lui permet pas de franchir le relief. Il se remet en montée.

L'avion entre en collision avec des arbres puis le relief à l'ouest du col, passe en pylône et prend feu. (..)

Lors d'un vol en montagne, l'horizon représenté par une ligne de crêtes ou par un relief accidenté peut conduire le pilote à poursuivre son vol avec une assiette de plus en plus cabrée et à une vitesse de plus en plus faible conduisant progressivement à un vol au second régime allant jusqu'au décrochage. »

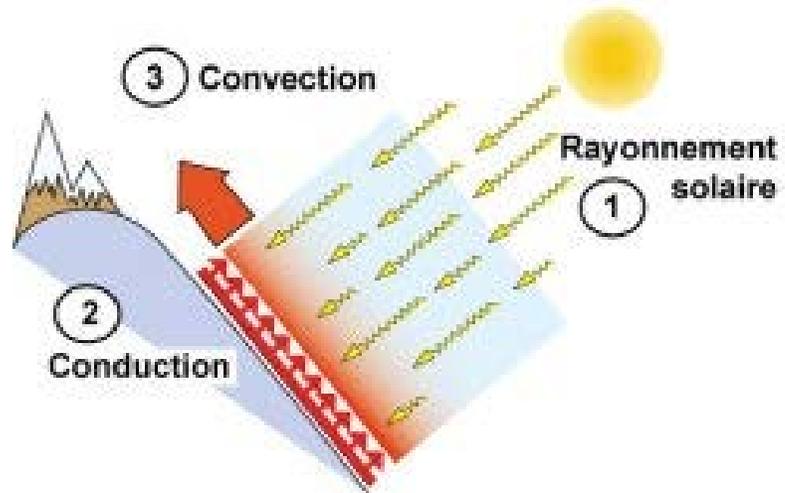
https://www.bea.aero/fileadmin/documents/docspa/2014/f-sq140609/pdf/f-sq140609_05.pdf



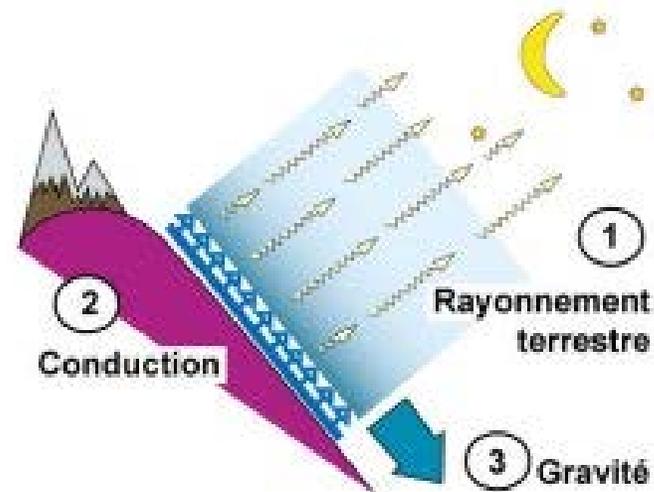
4. Météo et aérologie

4. Météo et aérologie

CREATION DE LA BRISE DE PENTE MONTANTE

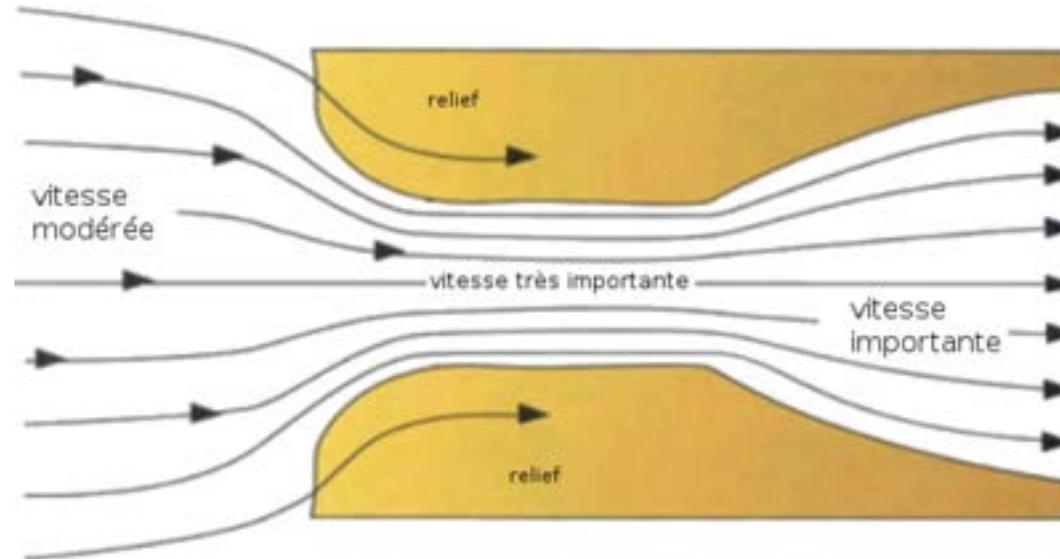


CREATION DE LA BRISE DE PENTE DESCENDANTE



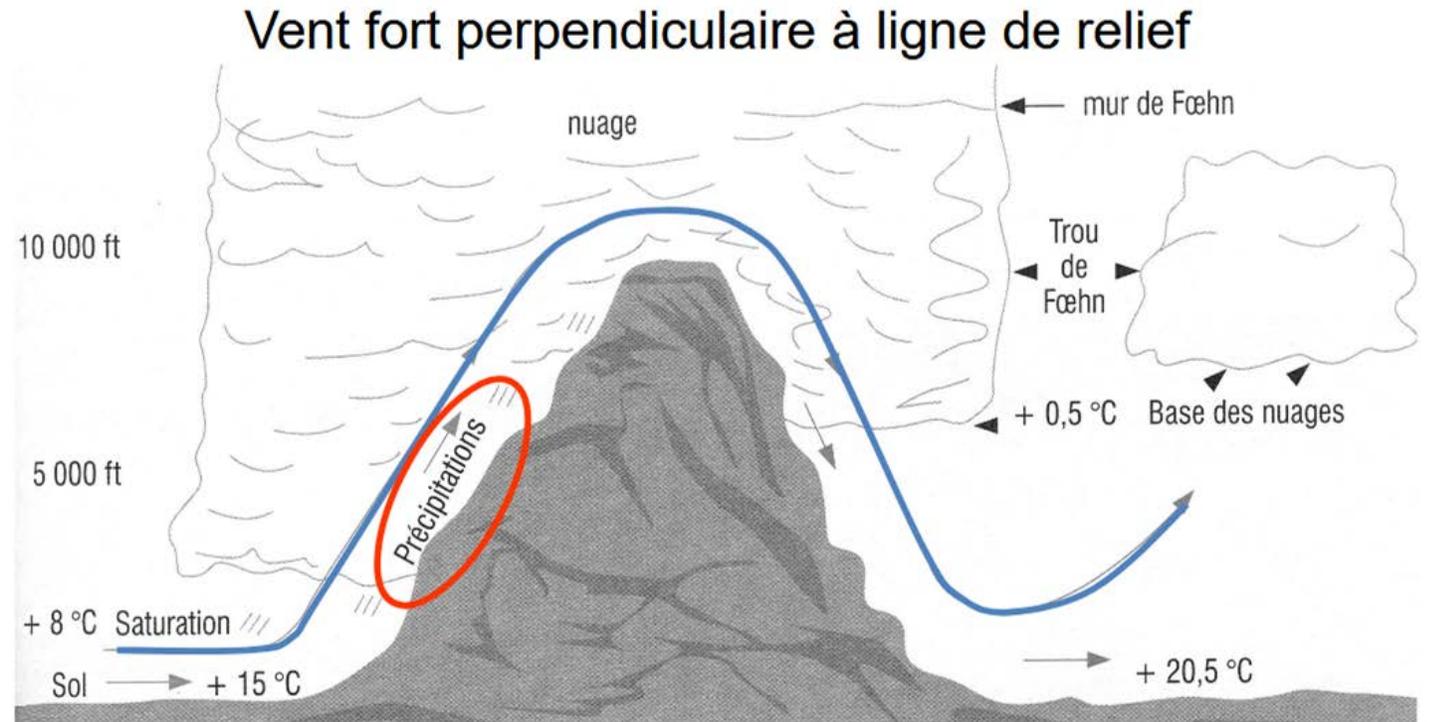
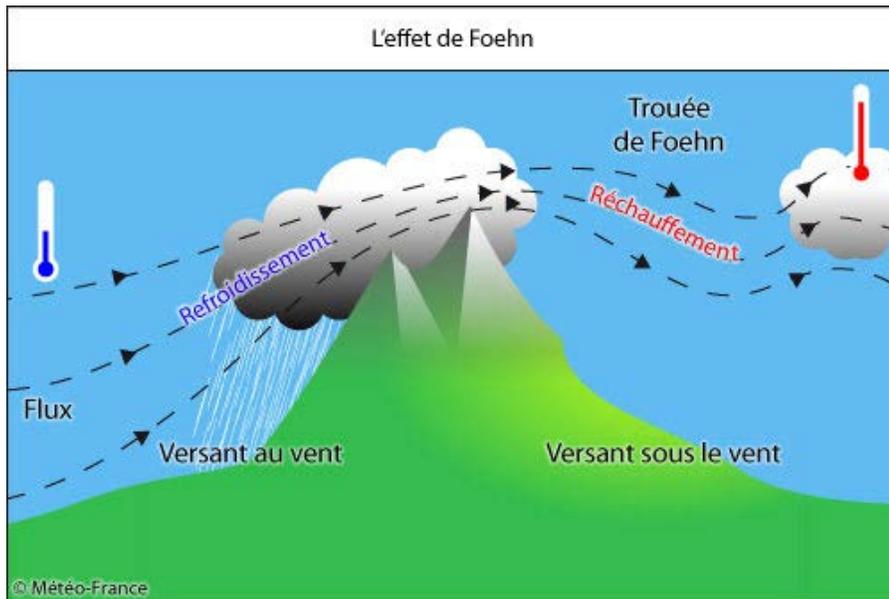
4. Météo et aérologie

Effet venturi (fond de vallée, proximité de crêtes par vent fort...)



4. Météo et aérologie

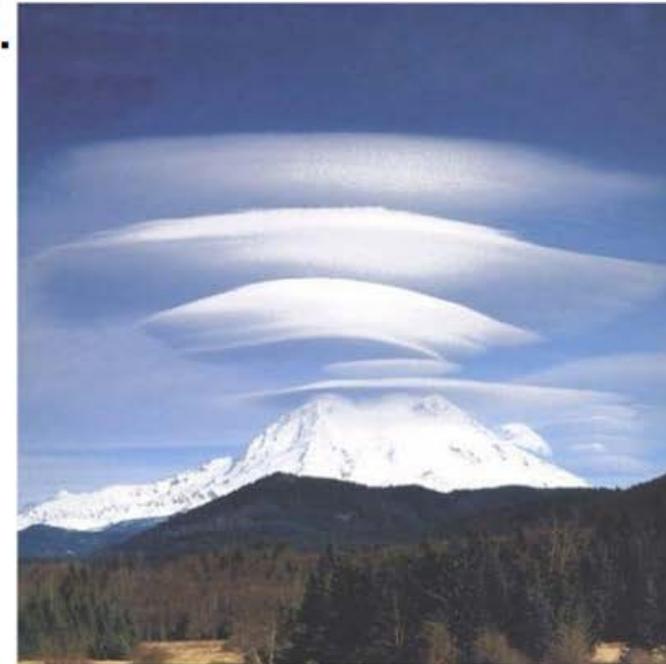
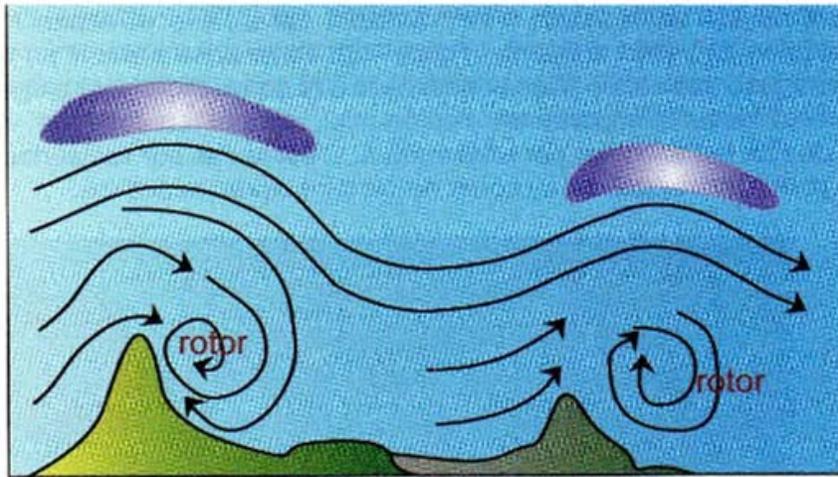
Effet de Foehn



4. Météo et aérologie

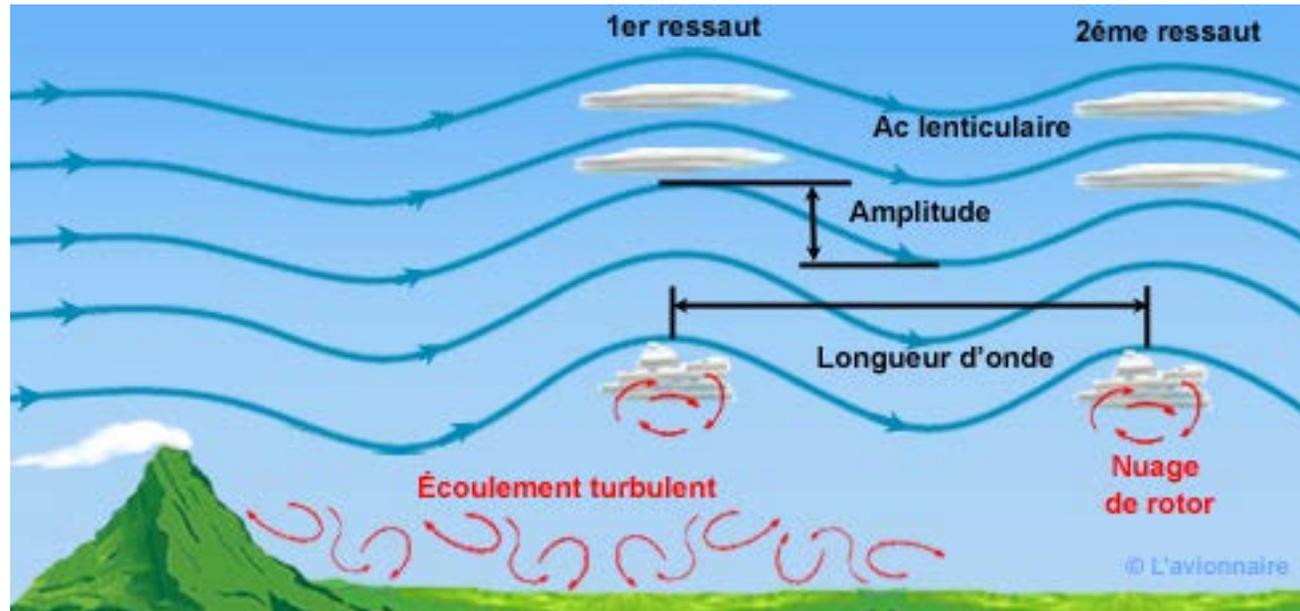
Vent en altitude / onde / lenticulaires

Oscillation du flux d'altitude en aval.
Rotors en basses couches.



4. Météo et aérologie

Rotors



4. Météo et aérologie

En montagne, les phénomènes météorologiques convectifs sont amplifiés par le relief: la météo peut donc évoluer **très rapidement**

Dans le cas où des phénomènes convectifs sont prévus, il faut éviter de se trouver 'enfermé' dans une vallée:

- **Bloqué d'un côté par les nuages collés au relief**
- **Bloqué de l'autre par un phénomène convectif très développé**



4. Météo et aérologie



L'absence d'horizon exploitable, couplé à l'intensité du rayonnement solaire, à la faible humidité dans l'air et à l'altitude, rend le vol en condition convectives **très inconfortable**.

Il convient donc d'éviter les périodes de vent fort et de forte instabilité de l'atmosphère

Privilégier un vol le matin lorsque l'amplitude et des phénomènes thermique et dynamique est moins développée.



5. Documentation pertinente

Retour d'Expérience

« Lorsque les pilotes ont rencontré des nuages aux environs de la ville de Susa, ils ont pris la décision de **descendre pour rester sous la base des nuages et de poursuivre le vol.** (...) Néanmoins, bien qu'ignorant l'étendue de la masse nuageuse, ils avaient toujours le projet de reprendre de l'altitude une fois les nuages passés. **À ce moment, le demi-tour n'avait été envisagé par aucun des deux pilotes.** (...)

Lorsqu'ils ont pris la décision de virer à droite vers le nord et de s'engager dans la vallée en direction du col du Mont Cenis, **ils sont entrés dans une zone qui n'avait fait l'objet d'aucune préparation. Ils ignoraient le profil altimétrique de la vallée, les obstacles susceptibles d'être rencontrés, la distance qui les séparait de ces derniers ainsi que les performances de montée nécessaires au franchissement des obstacles.** (...)

Lorsqu'ils sont arrivés en vue du barrage, son franchissement n'était plus possible au vu de l'altitude de vol et des performances de montée. À l'approche du barrage, le demi-tour a semblé la seule option. »

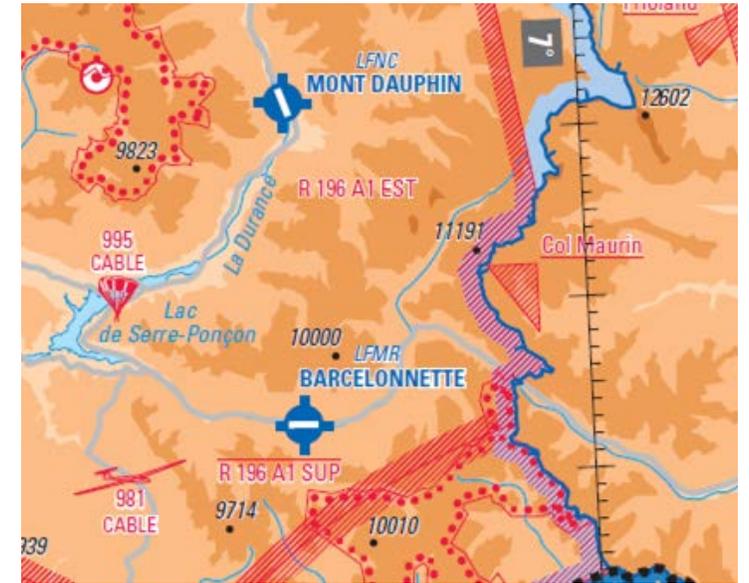
« À l'approche du barrage, le pilote laisse les commandes au pilote en place droite qui est plus expérimenté. Ce dernier débute un virage par la gauche pour faire demi-tour. Au cours de ce virage, **l'avertisseur de décrochage se déclenche**, l'avion décroche, heurte des arbres et entre en collision avec le sol. »

https://www.bea.aero/fileadmin/uploads/tx_elydbrapports/BEA2017-0451_septembre_2019.pdf

5. Documentation pertinente

Il y a peu d'aides pertinentes en montagne:

Portée réduite des moyens radio (VHF, VOR, NDB), due au relief

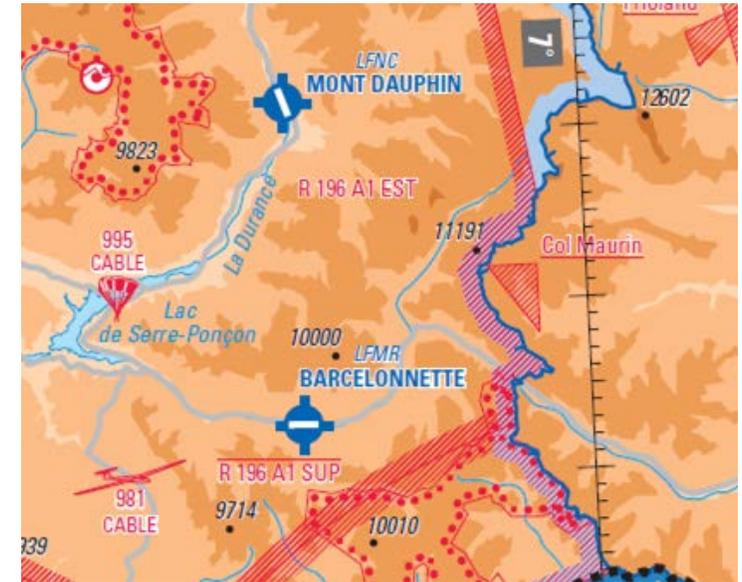


5. Documentation pertinente

Il y a peu d'aides pertinentes en montagne:

Portée réduite des moyens radio (VHF, VOR, NDB), due au relief

Par contre informer de sa position et de sa direction régulièrement sur 130.000 MHz



5. Documentation pertinente

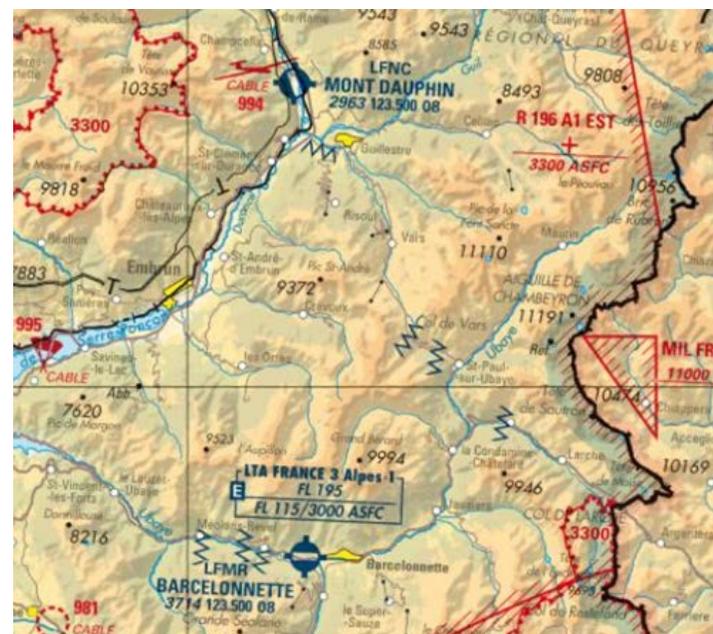
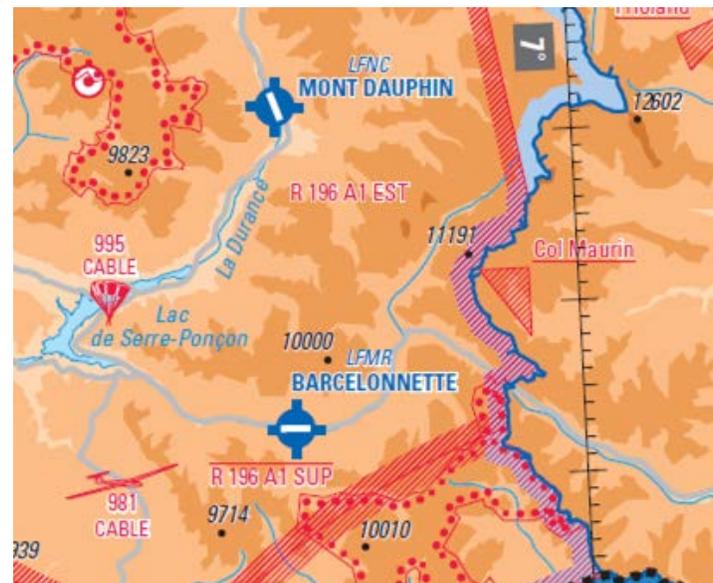
Il y a peu d'aides pertinentes en montagne:

Portée réduite des moyens radio (VHF, VOR, NDB), due au relief

Par contre informer de sa position et de sa direction régulièrement sur 130.000 MHz

Attention aux routes dans les GPS (fond de carte utilisé, points choisis masque des satellites par le relief)

Le pilote aura donc principalement recours à des cartes pour préparer et réaliser son vol.

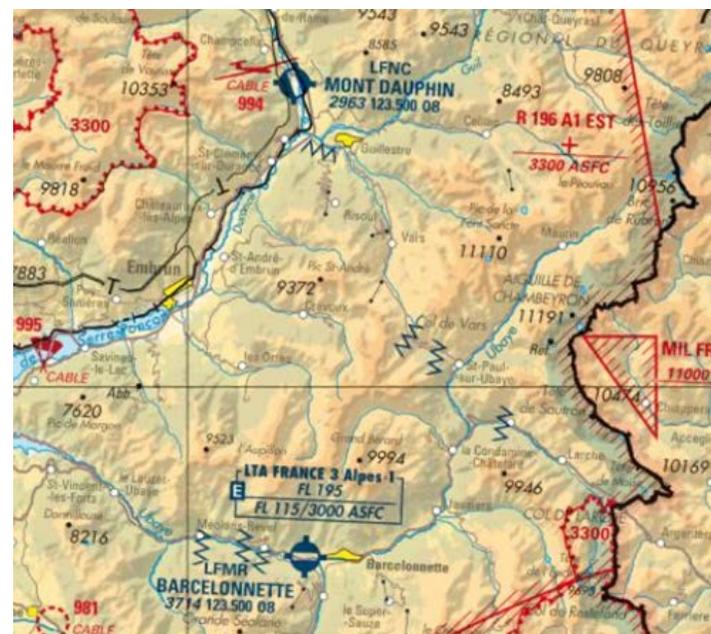
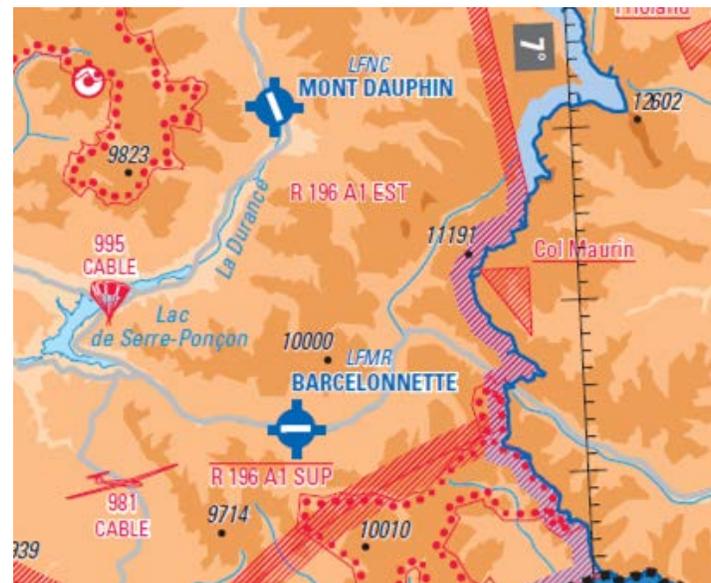


5. Documentation pertinente

Le pilote est habitué à utiliser les cartes aéronautiques. Cependant, ces cartes ne sont pas assez précises pour évoluer dans le relief car le détail des vallées, des sommets et des cols n'y figure pas.

Ces cartes sont néanmoins utiles pour:

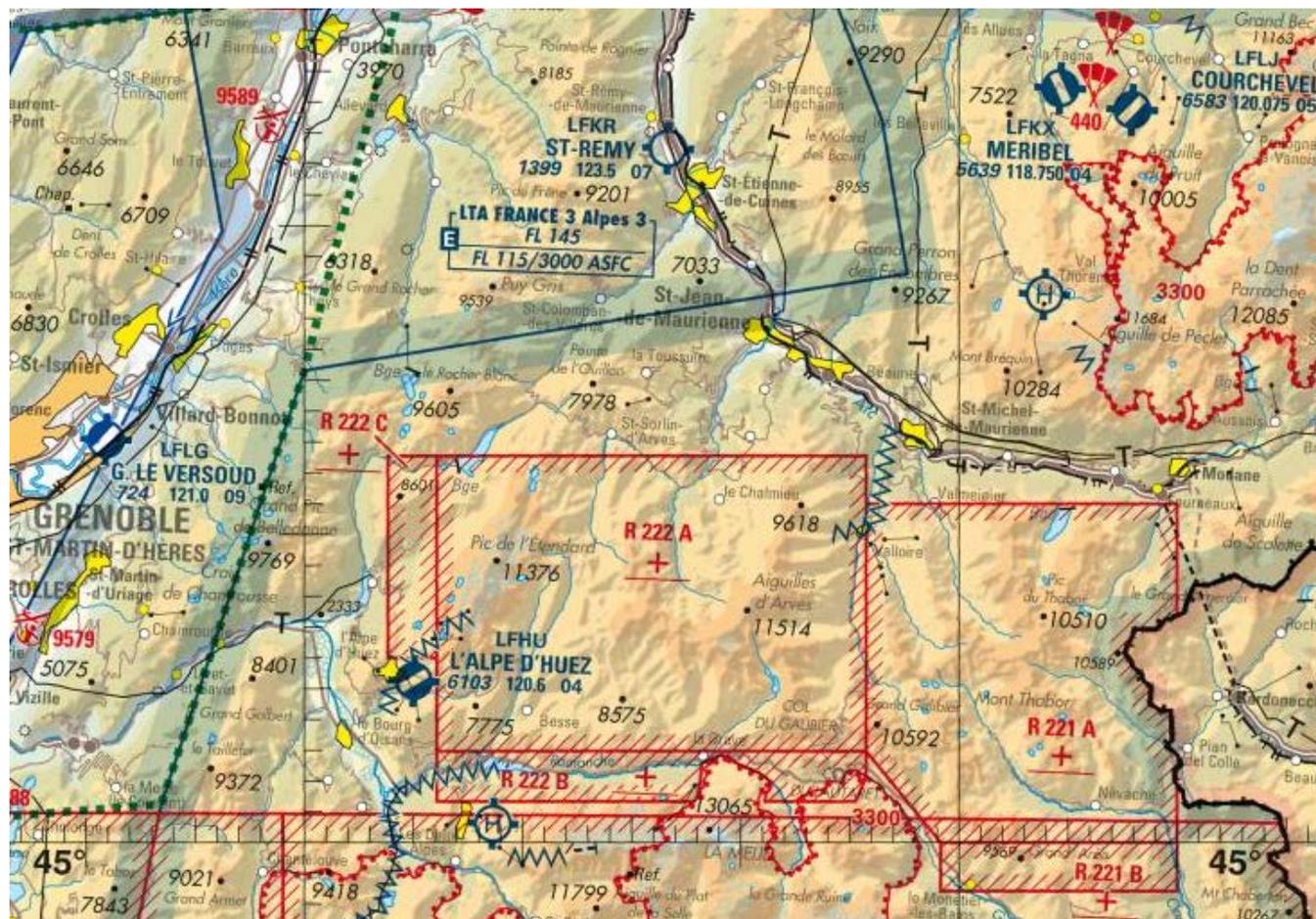
- Prendre connaissance des espaces aériens
- Localiser les parc naturels nationaux
- Localiser les lignes électriques principales



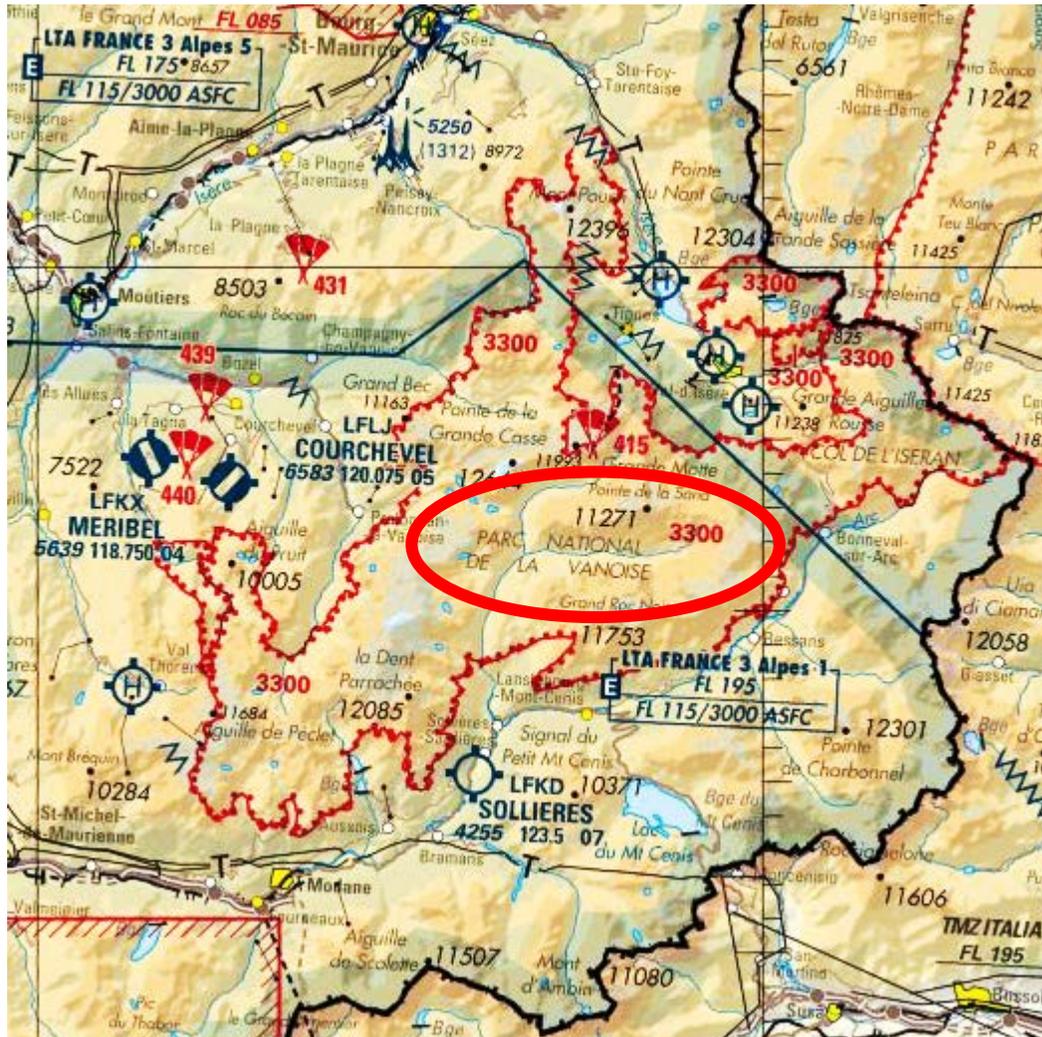
5. Documentation pertinente

Peu d'espaces aériens
en comparaison à la plaine

**Attention aux zones militaires
(champs de tir)**



5. Documentation pertinente



Attention aux parc naturels nationaux (3300ft AGL!!)

5. Documentation pertinente

Attention aux lignes électriques dans les vallées



Ligne électrique de 225 kV et plus (hauteur pouvant dépasser 150 pieds)
Power lines at least 225 kV (sometimes more than 150 ft high)



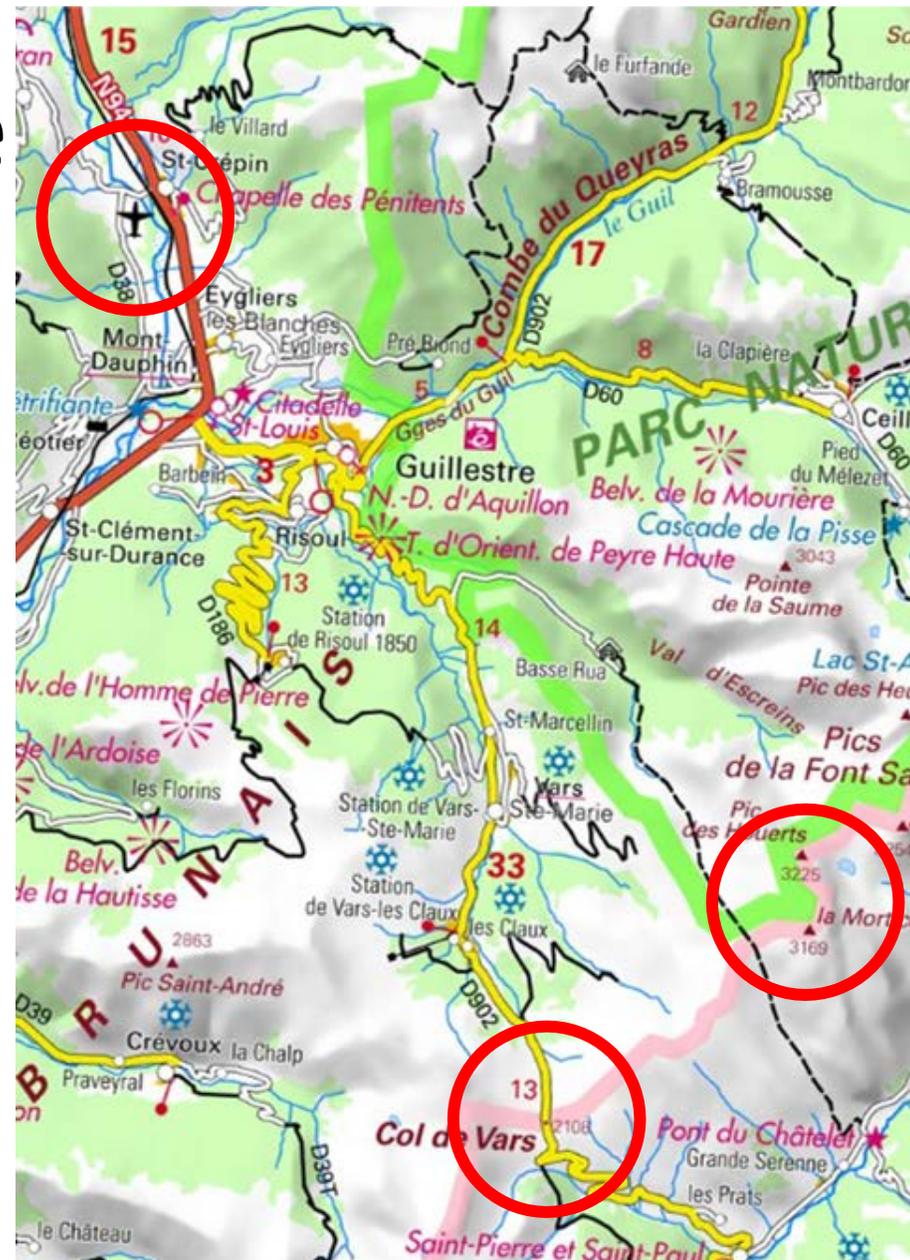
Câble suspendu, traversée de vallée (à 330 pieds AGL et plus)
Suspended cable crossing valley (at least 330 ft AGL high)



5. Documentation pertinente

Pour déterminer une trajectoire dans les montagnes, les cartes routières 1/200 000° ou 1/100 000° sont plus adaptées. **ATTENTION:**

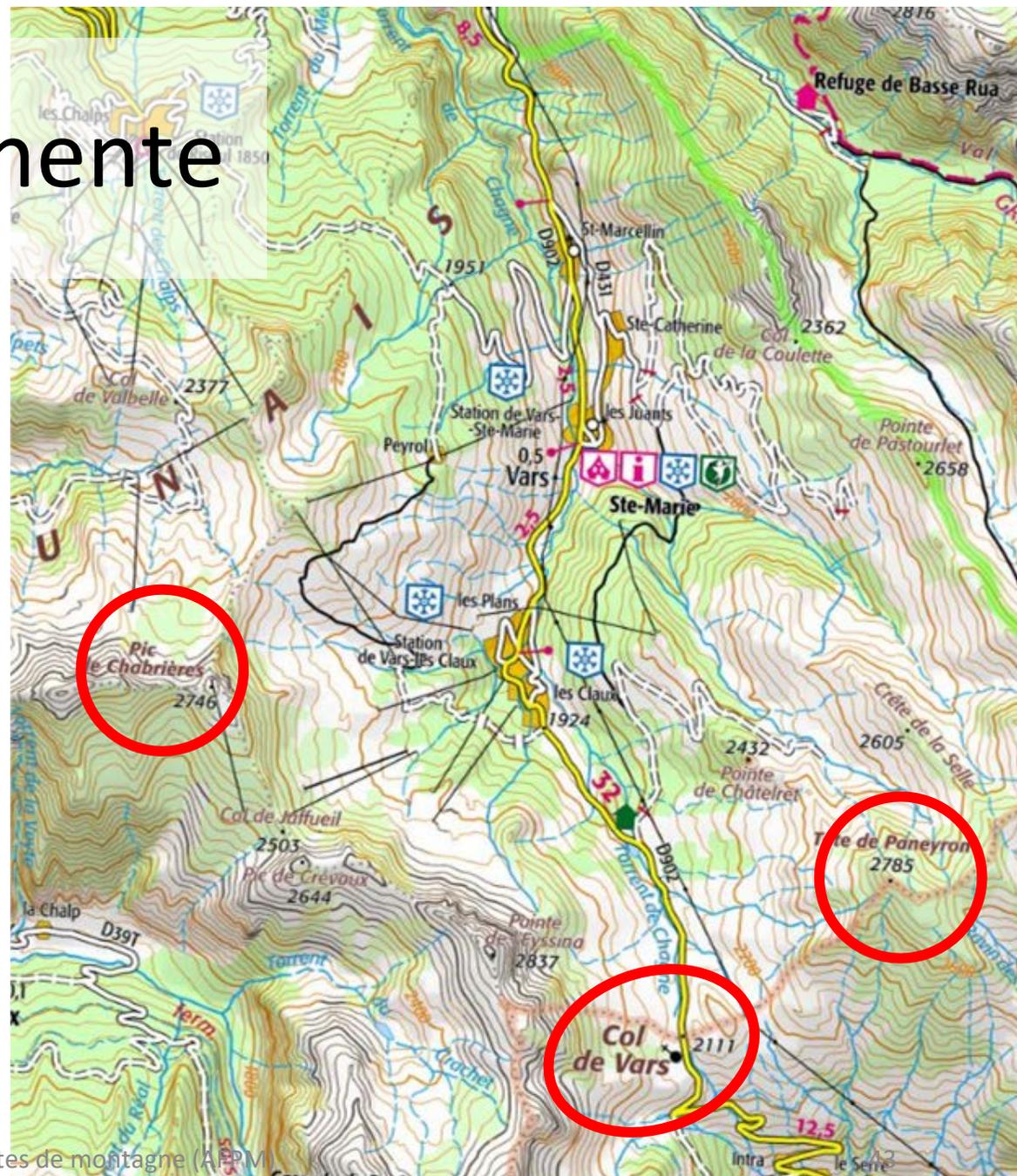
- Pas de mention des espaces aériens ni des spécificités aéronautiques (obstacles, aérodromes, parcs nationaux...)
- Altitude mentionnée en **mètres 'm'**
- Projection *Mercator* non conforme pour la mesure de routes vraies.



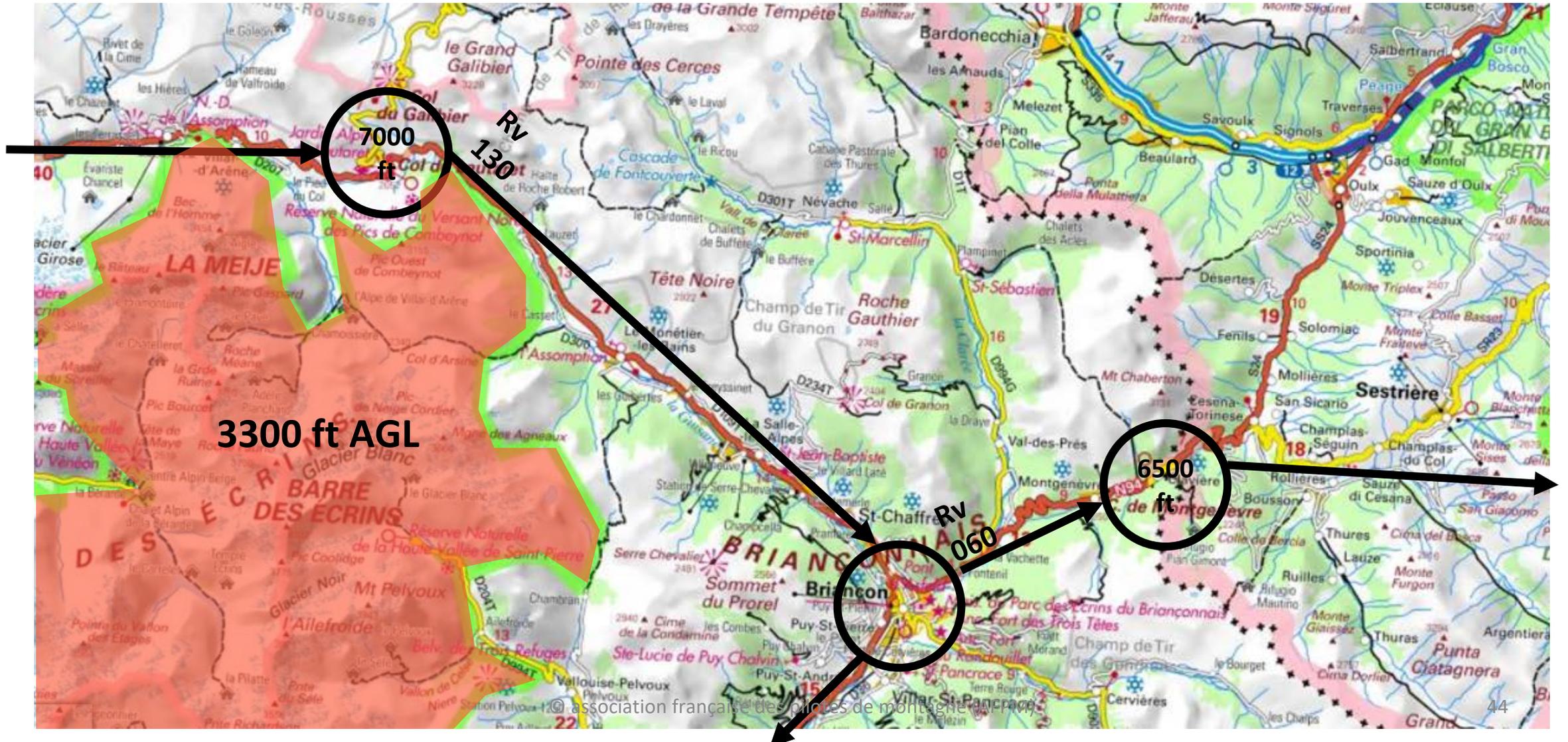
5. Documentation pertinente

Pour déterminer une trajectoire dans les montagnes, les cartes routières 1/200 000° ou 1/100 000° sont plus adaptées. **ATTENTION:**

- Pas de mention des espaces aériens ni des spécificités aéronautiques (obstacles, aérodromes, parcs nationaux...)
- Altitude mentionnée en **mètres 'm'**
- Projection *Mercator* non conforme pour la mesure de routes vraies.



Exemple de préparation



5. Documentation pertinente

- Avoir à bord les cartes nécessaires pour suivre la route:
 - ✓ Carte aéronautique
 - ✓ Carte routière / topographique adaptée

NB: L'utilisation de Google Maps en 3D peut permettre de se faire une idée de l'itinéraire, mais cet outil n'est pas précis pour se faire une idée exacte de la situation (morphologie erronée des sommets, saisonnalité des photos, pas de représentation 3D des obstacles...)

- Vérifier les NOTAM et les Sup AIP
 - ✓ Pour les aérodromes éventuels sur la route prévue
 - ✓ Pour l'activation des zones militaires

5. Documentation pertinente

- Météo:
 - ✓ briefing classique (TEM SI, Wintem)
 - ✓ penser à vérifier les SIGMET
 - ✓ en cas de doute sur la nébulosité, possibilité d'utiliser les webcam de Windy (nébulosité webcam). Cette 'aide' ne garantit en rien la réussite du vol, car la situation évoluera entre la consultation et le moment où l'avion sera à cette position.



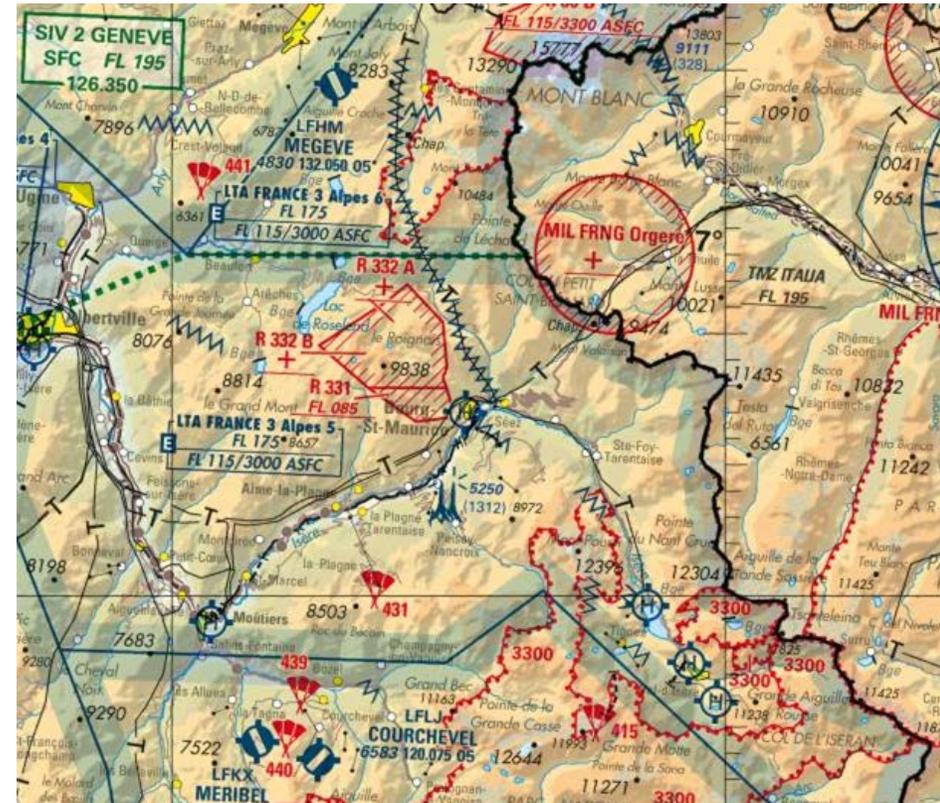
6. Cheminement dans les vallées Franchissement de cols et de crêtes

6. Cheminement dans les vallées

Franchissement de cols et de crêtes

Relief très élevé:

- Impossible de tracer des routes directes comme en plaine
- Nécessité d'évoluer dans les vallées

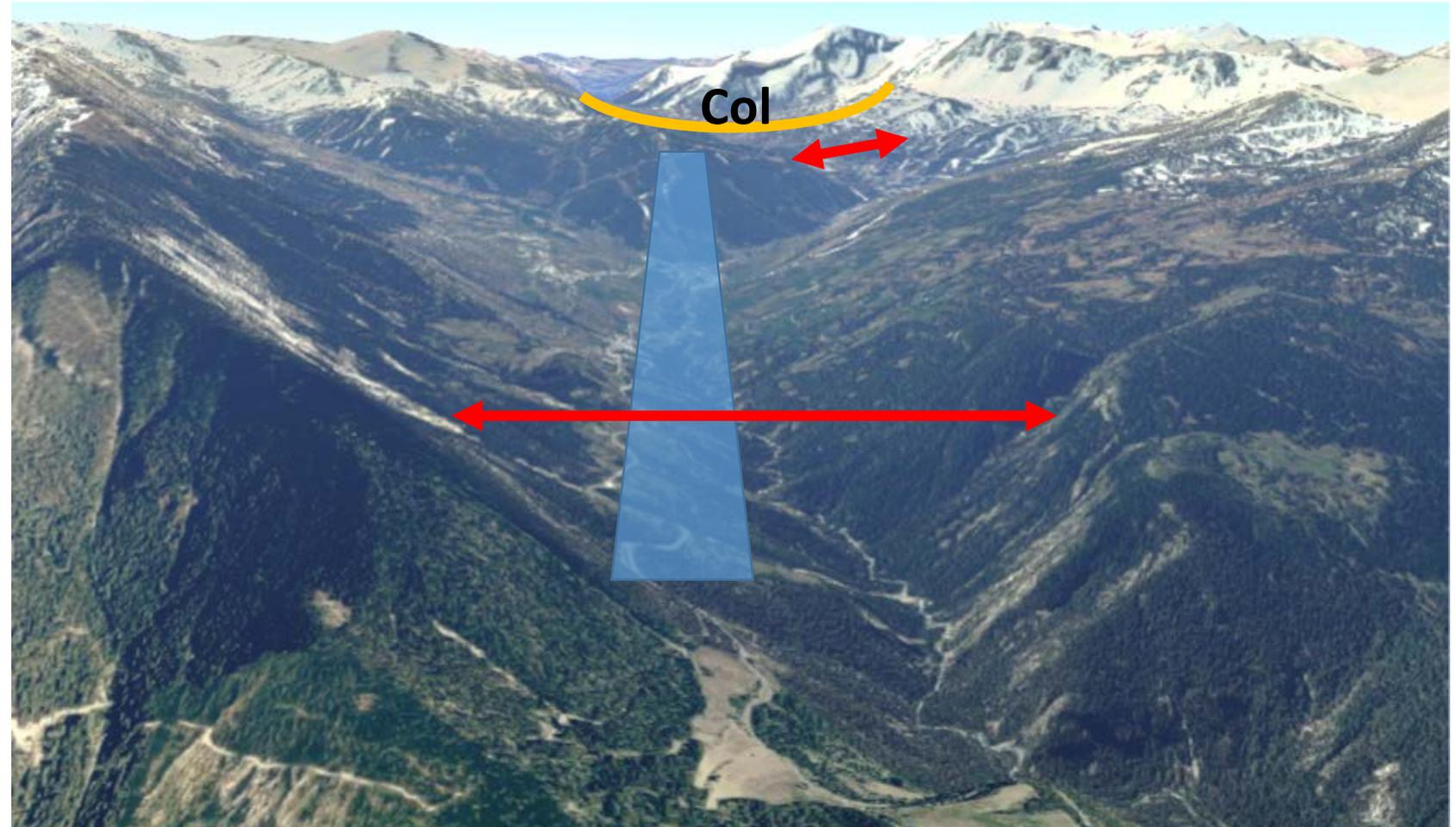


6. Cheminement dans les vallées

Franchissement de cols et de crêtes

Morphologie
d'une vallée:

- **Fond de vallée montant** vers le col (plus on est proche du col, plus la pente est importante)
- **Largeur de la vallée se rétrécissant** au fur et à mesure de la proximité du col



6. Cheminement dans les vallées

Franchissement de cols et de crêtes

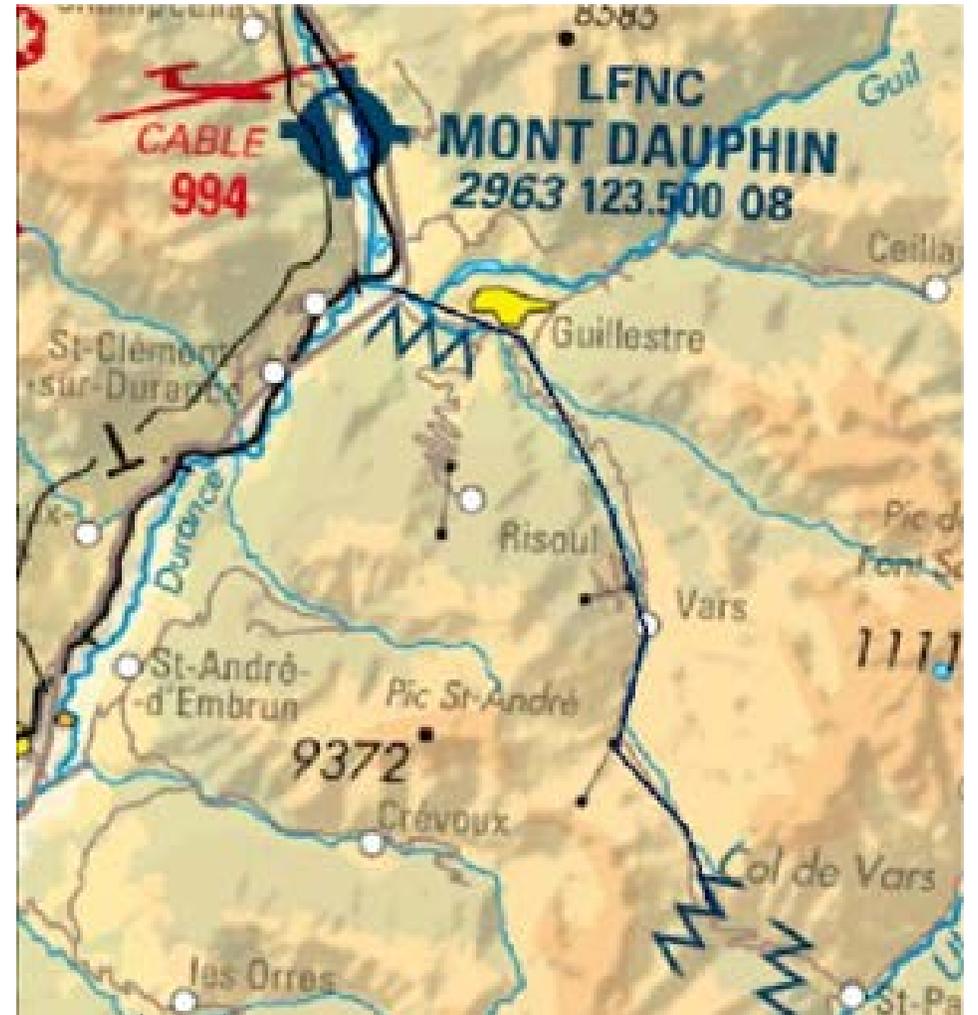
Exemple:

Décollage de Mont-Dauphin pour rejoindre Barcelonnette en passant par le Col de Vars.

De LFNC au Col de Vars:

- 16,5 km
- 1100m de dénivelé

Soit 6,6% de pente de montée



6. Cheminement dans les vallées

Franchissement de cols et de crêtes

Exemple:

Décollage de Mont-Dauphin pour rejoindre Barcelonnette en passant par le Col de Vars.

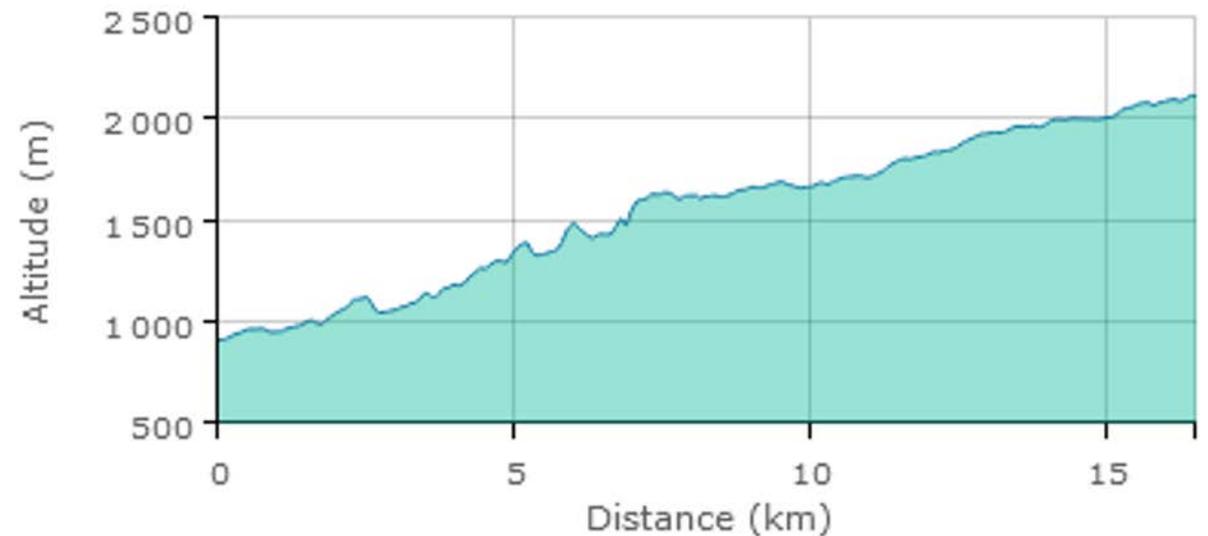
De LFNC au Col de Vars:

- 16,5 km
- 1100m de dénivelé

Soit 6,6% de pente de montée



PROFIL ALTIMÉTRIQUE



6. Cheminement dans les vallées

Franchissement de cols et de crêtes

Exemple:

Vol dans la Maurienne pour rejoindre l'Italie par le Col du Mont Cenis

De Lanslebourg au col:

- 3,2 km
- 700m de dénivelé

Soit 21% de pente de montée



6. Cheminement dans les vallées

Franchissement de cols et de crêtes

Exemple:

Vol dans la Maurienne pour rejoindre l'Italie par le Col du Mont Cenis

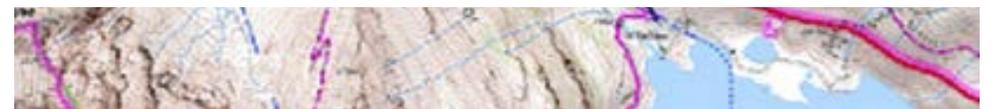
De Lanslebourg au col:

- 3,2 km
- 700m de dénivelé

Soit **21%** de pente de montée



PROFIL ALTIMÉTRIQUE



6. Cheminement dans les vallées

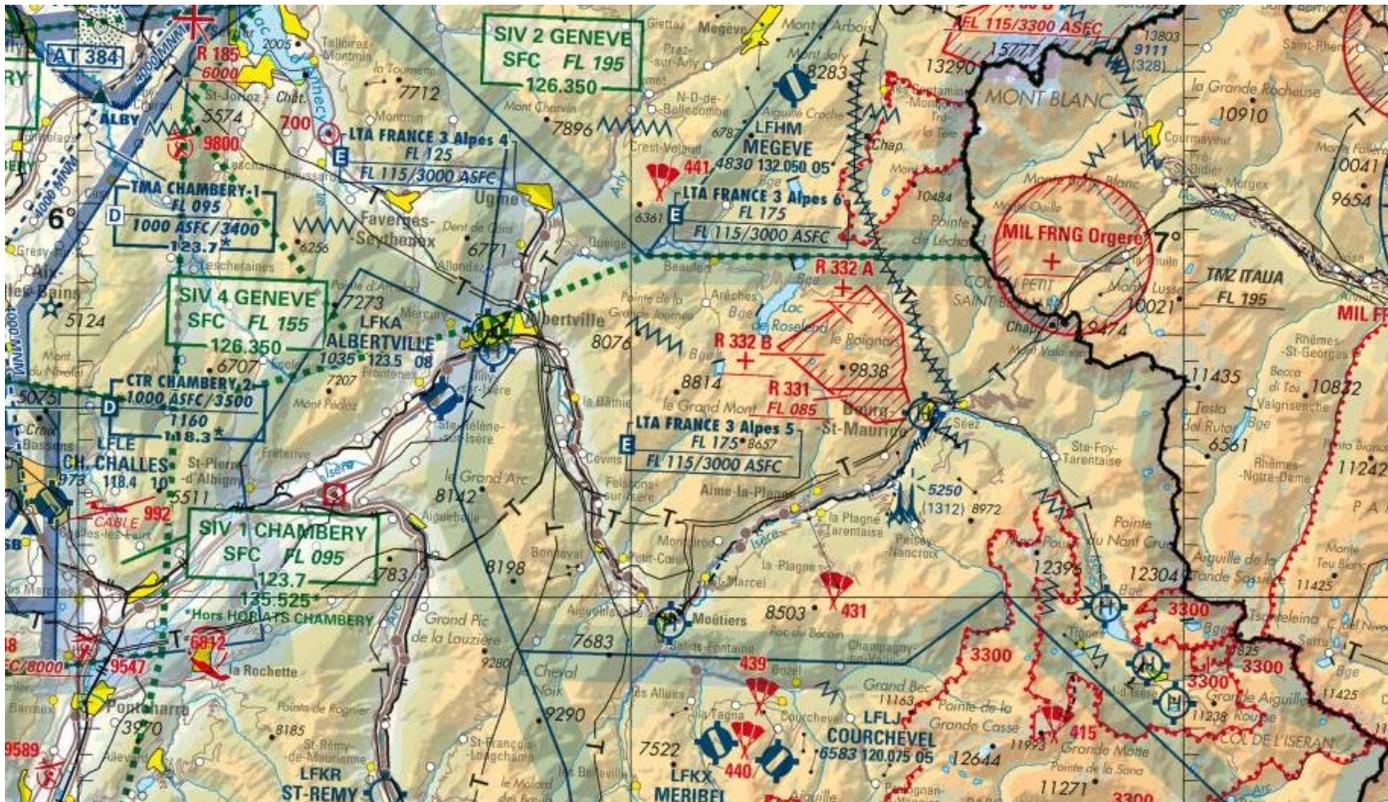
Franchissement de cols et de crêtes

Il faut être méfiant à l'entrée des vallées, par le faux sentiment de sécurité offert à la fois par:

- La largeur de la vallée
- La hauteur de l'avion par rapport au fond de la vallée.

Au fur et à mesure que l'avion 'remonte' la vallée vers un col ou une crête, celle-ci **se rétrécit** en même temps que **le fond de vallée suit une pente montante raide**. Il faut donc détecter très tôt s'il est **nécessaire de faire demi-tour** (erreur de vallée, ou pour se remettre en montée), afin de pouvoir effectuer la manœuvre en toute sécurité.

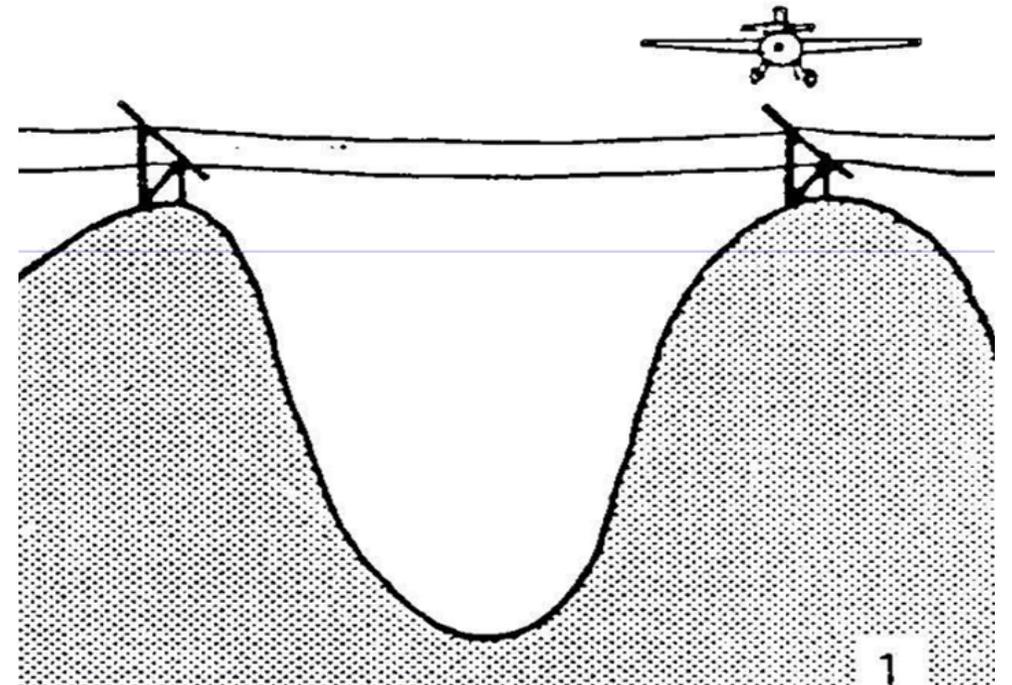
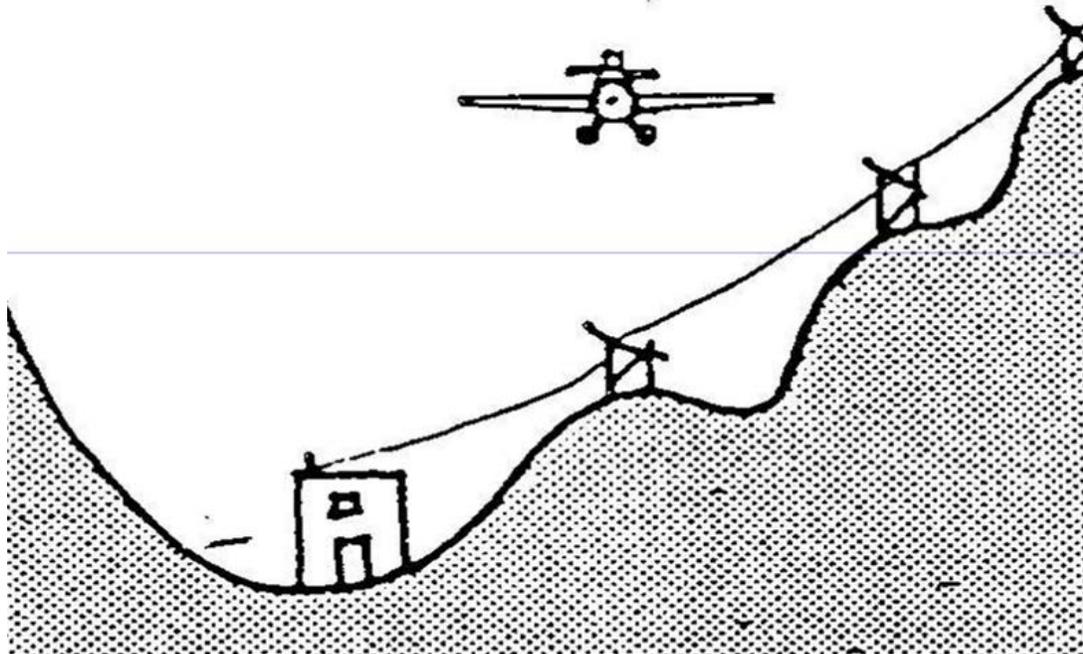
6. Cheminement dans les vallées Franchissement de cols et de crêtes



**Attention aux lignes
électriques
dans les vallées**

6. Cheminement dans les vallées Franchissement de cols et de crêtes

Franchir une ligne électrique en toute sécurité, en passant à la verticale d'un pylône



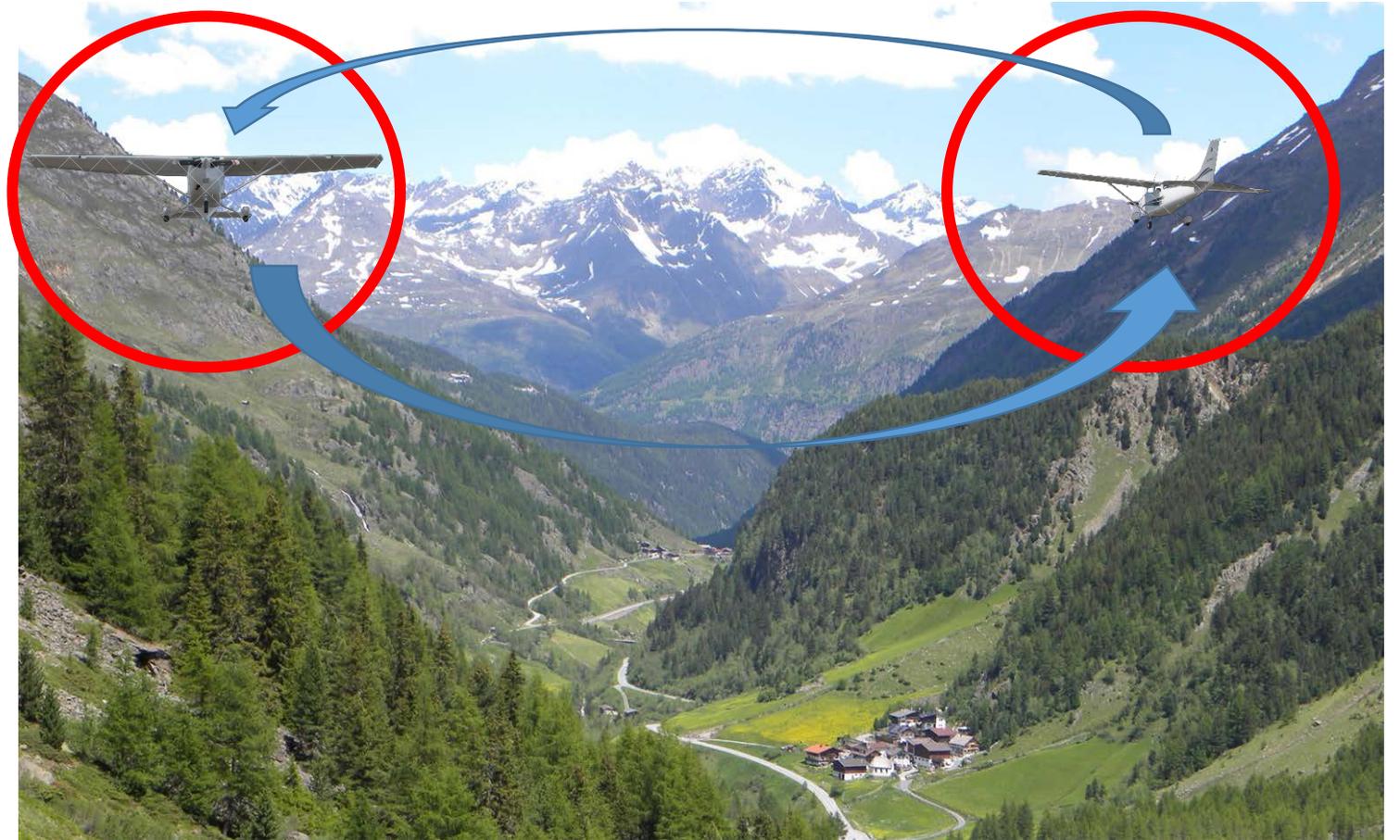
6. Cheminement dans les vallées Franchissement de cols et de crêtes

Circulation dans les vallées en **serrant le relief à droite de l'avion**: possibilité de faire demi-tour par la gauche à chaque instant.



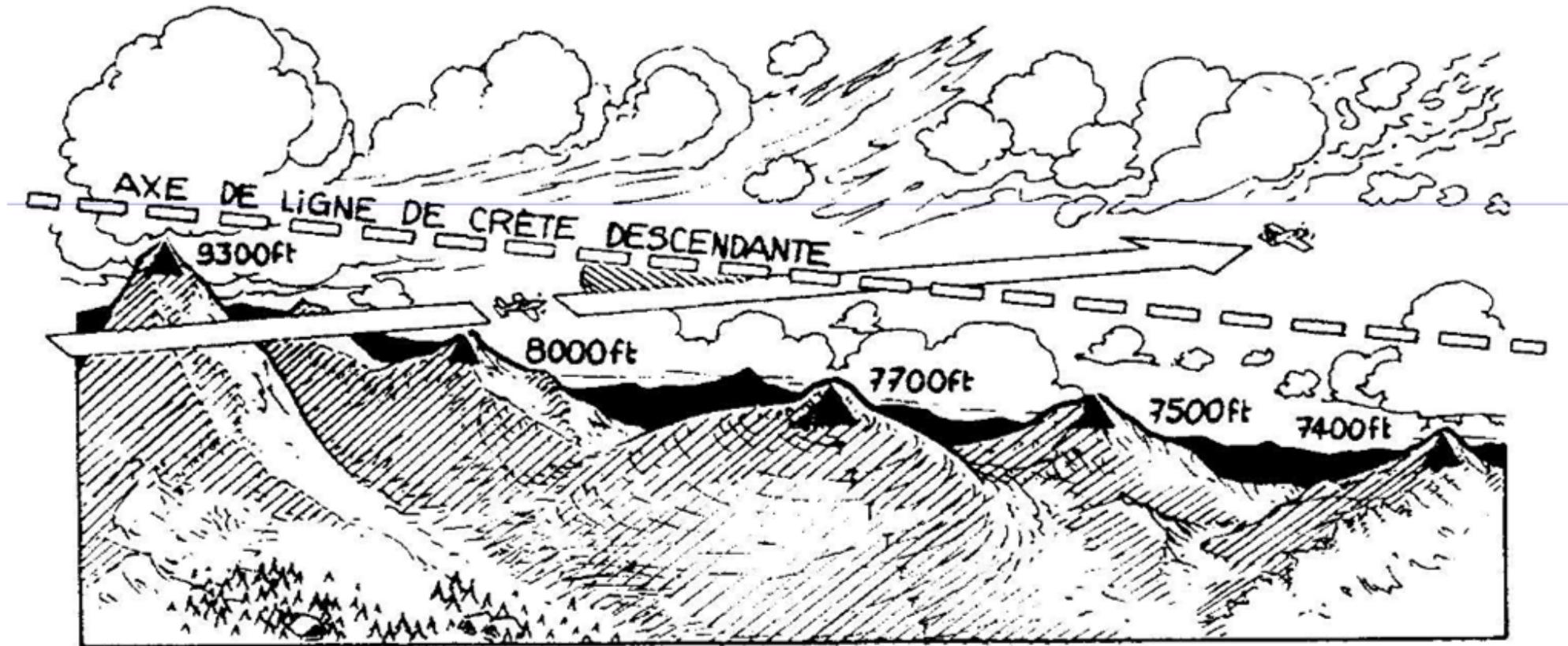
6. Cheminement dans les vallées Franchissement de cols et de crêtes

Circulation dans les vallées en **serrant le relief à droite de l'avion**: possibilité de faire demi-tour par la gauche à chaque instant.



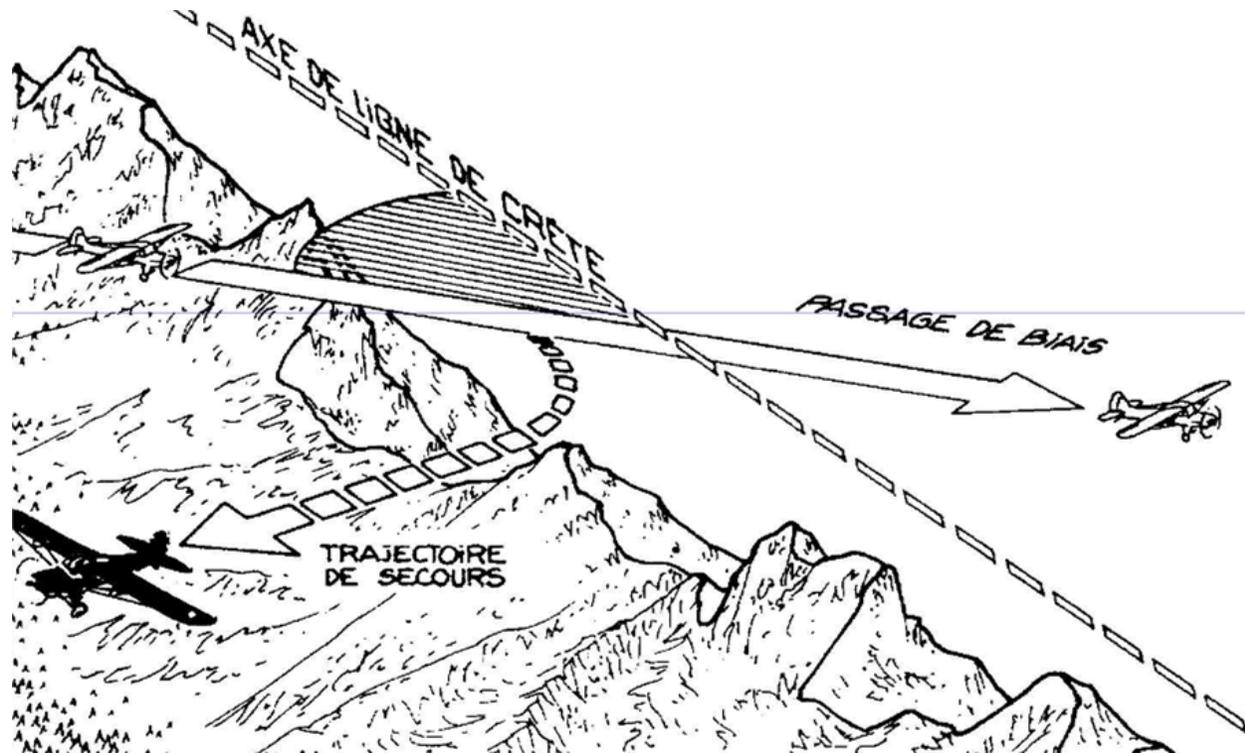
6. Cheminement dans les vallées Franchissement de cols et de crêtes

Passage de crête : **JAMAIS DE FACE**, dans le sens des crêtes descendantes



6. Cheminement dans les vallées Franchissement de cols et de crêtes

Passage de crête : **JAMAIS DE FACE, toujours à 45°**



Retour d'Expérience

*« Le pilote avait effectué la préparation du vol avec d'autres pilotes. L'altitude du col de Vars n'apparaissant pas sur les cartes aéronautiques, un autre pilote avait regardé sur une carte IGN et avait indiqué une altitude de 2 100 m⁽²⁾. Le pilote avait converti cette altitude en pieds et **avait retenu 6 000 ft** comme altitude de sécurité en tenant compte des marges.*

Le pilote indique qu'il a remis la puissance sur plein gaz en s'apercevant que son altitude ne lui permettait pas de franchir le col de Vars mais que le taux de montée était trop faible pour gagner l'altitude désirée. Il a alors entamé un demi-tour par la gauche. »

⁽²⁾**6 900ft**

https://www.bea.aero/fileadmin/documents/docspa/2014/f-sq140609/pdf/f-sq140609_05.pdf

6. Cheminement dans les vallées

Franchissement de cols et de crêtes

Altimétrie:

- **Les altimètres sont calibrés pour une atmosphère standard**, donc présentent des écarts dans l'utilisation en atmosphère réelle
- Lors d'un vol en région montagneuse avec un terrain 'en plaine', **le QNH du terrain de départ est souvent différent de celui en montagne** et l'absence de services ATS ne permet pas d'effectuer de recalage
- Les cartes aéronautiques ne sont pas assez précises pour établir des navigations en montagne. Le recours à d'autres cartes, sur lesquelles les cotes sont portées en *mètres*, impliquent très souvent des **erreurs de conversion de 'm' vers 'ft'**.
- Toute documentation est utile pour préparer le vol, mais lors d'un vol en région montagneuse **il faut absolument suivre une méthode bien établie pour franchir tout col ou crête en toute sécurité.**

6. Cheminement dans les vallées

Franchissement de cols et de crêtes

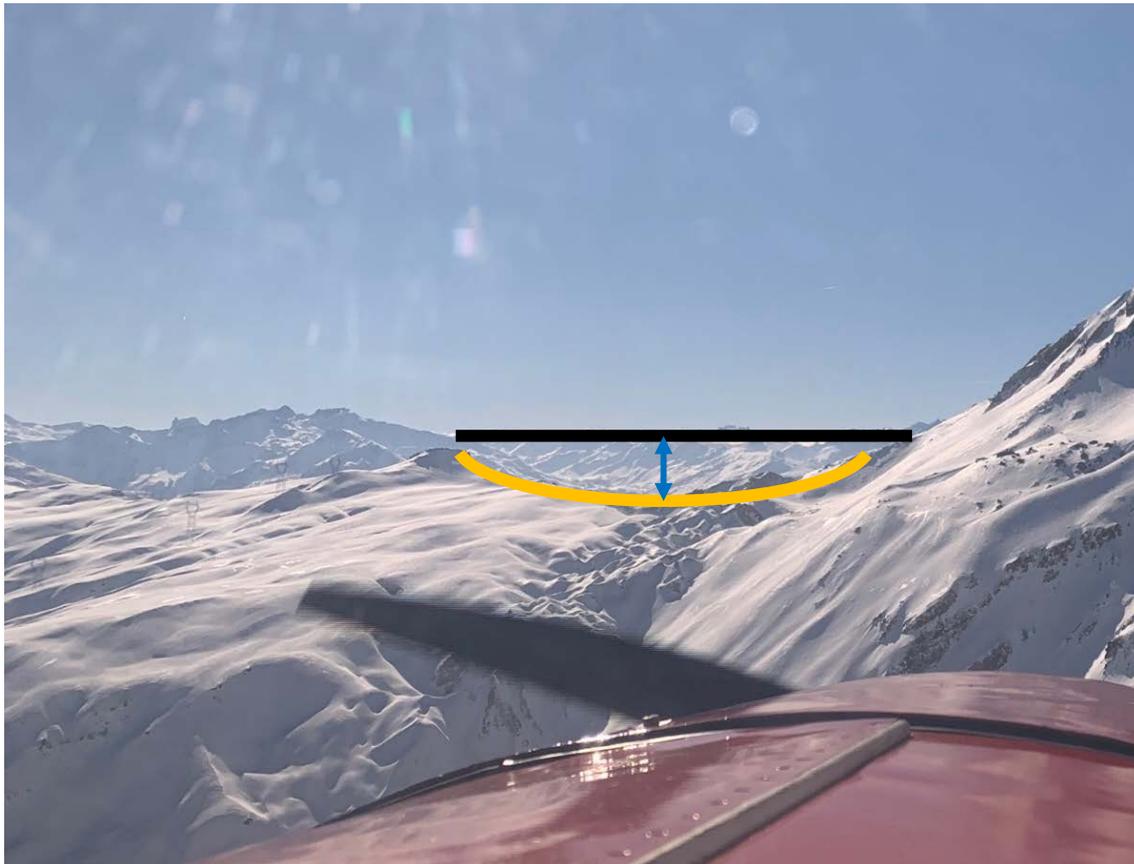
Sur toute trajectoire en montagne, il est nécessaire de s'assurer d'avoir:

- Un espace suffisant pour faire demi-tour
- Une hauteur suffisante par rapport au fond de la vallée

Exemple concret de passage de col ou de crête en 3 étapes

6. Cheminement dans les vallées

Franchissement de cols et de crêtes

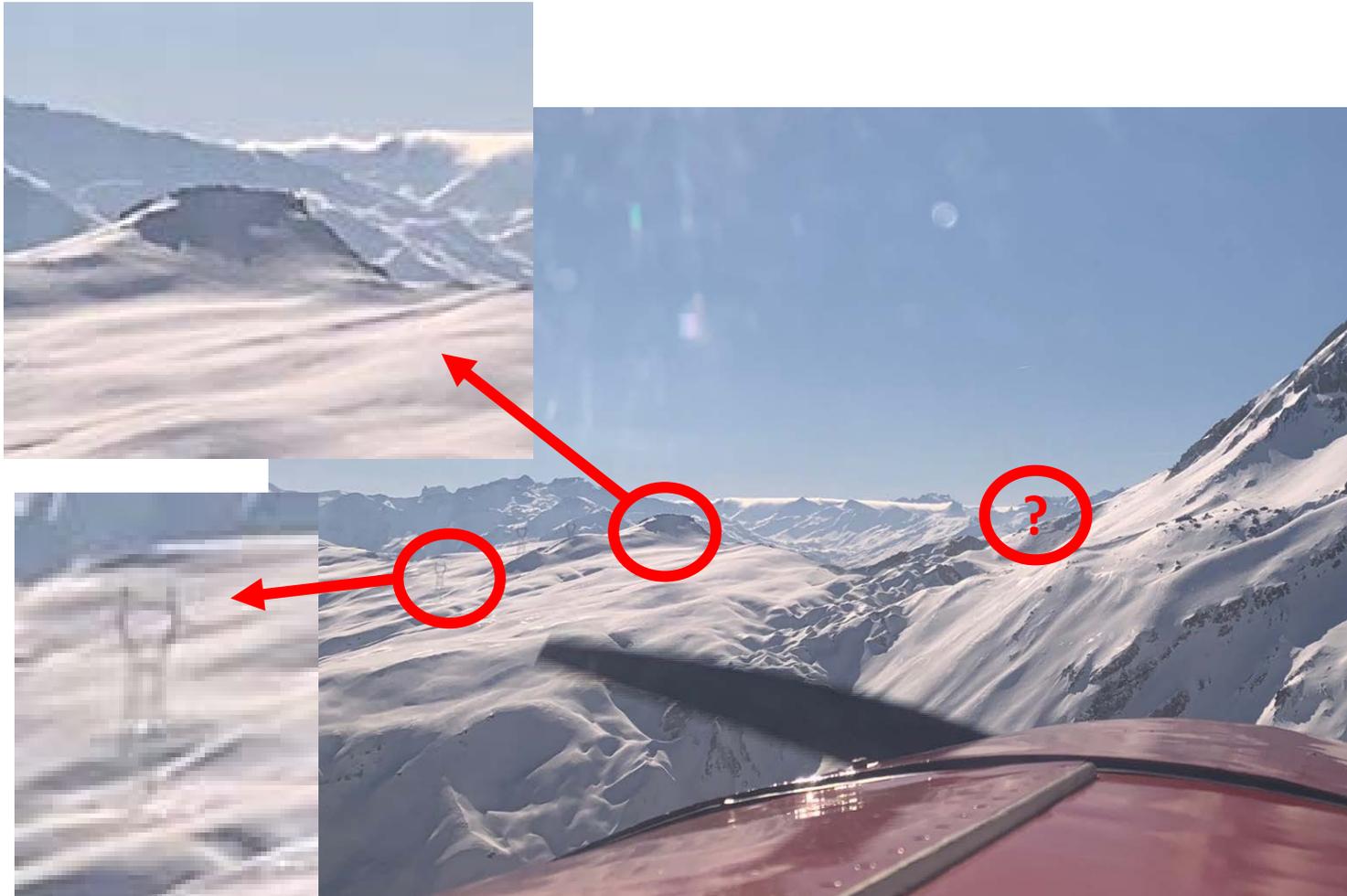


En approche d'une crête ou d'un col:

- 1. Voir le relief au second plan derrière la crête ou le col. Si, en s'approchant de cette crête ou de ce col, le relief au second plan:**
 - **Diminue ou disparaît:** faire demi-tour, l'avion est plus bas que le col ou la crête
 - **Ne diminue pas et n'augmente pas:** faire demi-tour, l'avion est exactement à l'altitude de la crête ou du col
 - **Augmente ou grandit:** l'avion est plus haut que la crête ou le col

6. Cheminement dans les vallées

Franchissement de cols et de crêtes



En approche d'une crête ou d'un col:

2. En serrant le relief sur la droite de l'avion, identifier les obstacles près du col (stratégie d'évitement) et confirmer que le relief au second plan 'grandit'

6. Cheminement dans les vallées

Franchissement de cols et de crêtes



En approche d'une crête ou d'un col:

3. Assurer la trajectoire de passage du col, en amenant l'avion au-dessus de la crête, parallèle à cette crête, et décider alors:

- de continuer le demi-tour

-

6. Cheminement dans les vallées

Franchissement de cols et de crêtes



En approche d'une crête ou d'un col:

3. Assurer la trajectoire de passage du col, en amenant l'avion au-dessus de la crête, parallèle à cette crête, et décider alors:

- de continuer le demi-tour
- de faire un virage opposé pour passer la crête ou le col

Retour d'Expérience

Ont pu contribuer à l'accident :

- **une analyse inadéquate lors de la préparation du vol**, des prévisions météorologiques disponibles cohérentes avec celles observées et estimées lors du vol de l'accident ainsi que des déroutements possibles en fonction des conditions météorologiques rencontrées en vol ;
- **la poursuite du vol vers les massifs les plus élevés des Alpes dans des conditions météorologiques défavorables/incompatibles** avec le vol en VFR.

La prise de décision est un processus complexe, qui dépend du diagnostic de la situation et de l'évaluation des solutions possibles, et doit respecter la contrainte de temps. **Au sol, la préparation du vol devrait se faire en utilisant les informations météorologiques et aéronautiques, avec le moins de pression temporelle possible.**

En vol, à l'approche de conditions météorologiques défavorables, le déroutement est une alternative essentielle à prendre en compte.

https://www.bea.aero/fileadmin/uploads/tx_elydbrapports/BEA2018-0641.pdf

EN PRATIQUE

Préparation du vol à long terme:

- Choix de l'itinéraire, documentation adaptée, espaces aériens, aérodromes utilisables à proximité de la route
- Prévision de l'horaire du vol, en fonction des conditions d'éclairement et d'aérologie anticipées en fonction de la saison
- Altitude du transit en prenant en compte le franchissement des cols et des crêtes
- Emport d'oxygène
- Devis carburant prévisionnel (sans vent), devis de masse et de centrage, performances de l'avion (décollage, atterrissage et **également performances en montée**)

Préparation du vol à court terme

- Conditions météo
 - méfiance en cas de couverture nuageuse, même few, à une altitude proche de celle du transit prévu
 - vent
 - Instabilité de la masse d'air (convection)
- NOTAM, Sup AIP, espaces aériens
- Actualisation de l'itinéraire si nécessaire
- Actualisation du bilan carburant, bilan de masse et de centrage
- Actualisation des performances en fonction des conditions du jour
- Oxygène

EN PRATIQUE

S'annoncer régulièrement (position et direction) sur la fréquence d'auto-information montagne 130,000MHz

Vigilance:

- **Éclairage lors du vol** (soleil bas sur l'horizon est une gêne s'il est de face, mais aussi s'il est de côté par des versants de vallées totalement dans l'ombre)
- **Vent & aérologie:** plus l'atmosphère est turbulente ou les vents sont forts, plus la hauteur par rapport au col ou à la crête à franchir doit être importante.
- **Couverture nuageuse:**
 - la route prévue permet-elle de rester en conditions VMC tout en ayant une hauteur suffisante par rapport au fond de vallée et au col à franchir?
 - Une route alternative (obstacles plus bas) est-elle prête en cas de couverture nuageuse plus basse que prévue?
 - Les points caractéristiques sont-ils clairement identifiés en l'absence de repères par les sommets environnants masqués par les nuages?
- **Si décision d'un passage on top:**
 - Certitude de pouvoir repasser sous la couche en cas de nécessité?
 - Veiller à l'extension verticale des nuages, qui peut évoluer très rapidement avec le soulèvement orographique.

DANS TOUS LES CAS:

- 1. Veillez à vous laisser TOUTES les possibilités de faire demi-tour à tout moment**
- 2. En cas de doute, il n'y a pas de doute: FAITES DEMI-TOUR!**



7. Organisation de la formation en vol

Nécessité d'une formation en vol

*« L'année précédente, [le pilote] avait suivi une présentation sur le vol en région montagneuse effectuée par le chef pilote du club (...) et avait effectué plusieurs vols **en tant que passager**. Il s'agissait de son premier vol en région montagneuse en tant que commandant de bord.*

(...)

*En arrivant à proximité du col, il se rend compte que son altitude ne lui permet pas de franchir le relief. Il se remet en montée. **L'avion entre en collision avec des arbres** puis le relief à l'ouest du col, passe en pylône et prend feu. »*

https://www.bea.aero/fileadmin/documents/docspa/2014/f-sq140609/pdf/f-sq140609_05.pdf

7. Organisation de la formation en vol

- Vol n°1: pilotage de base en montagne
 - ✓ 360° en palier à 30° d'inclinaison avec un horizon montagneux
 - ✓ 360° en palier à 45° d'inclinaison avec un horizon montagneux
 - ✓ Voir l'approche du décrochage en montée, plein gaz

 - ✓ Voir l'importance d'évoluer d'un côté de la vallée et effectuer un demi-tour à inclinaison moyenne, en palier
 - ✓ Effectuer le passage du col suivant la méthode en 3 étapes
 - ✓ Une fois le col franchi, continuer le cheminement avec différents passages de crêtes et de cols, en appliquant toujours la même méthode en 3 étapes.

7. Organisation de la formation en vol

- Vol n°2: navigation en région montagneuse
 - ✓ Préparer une navigation, aller-retour, vers un aérodrome en région montagneuse qui ne soit ni un altiport, ni une altisurface. Préparer un itinéraire de retour différent de celui prévu pour l'aller.
 - ✓ Briefing sur l'itinéraire, les TEM et réalisation du vol.
 - ✓ Un atterrissage complet sera effectué sur l'AD de destination, pour permettre un court débriefing de cette première branche et préparer le vol retour.



**Merci pour votre attention
Questions?**

Bibliographie – Ouvrages techniques

Le vol en montagne, Kossa, 1971

I Monti da Cielo, Balbis, Ferrero, 1975

L'essentiel sur le pilotage en montagne, Chappel et Merloz, Aviasport, 1979

Le pilotage en montagne, Chappel, Aviasport, 1993

Les portes du ciel, Balbis, Ferrero, 1999

Le vol en montagne eXpliqué au pilote, Agnoux, Cepadues, 2007

Technique du vol et de l'atterrissage en montagne, Ebrard, Cepadues, 2018

Flying and landing in a mountainous environment, Rezzonico, 2021