

# Ondes de Ressaut

Terminologie et présentation à l'usage des pilotes de vol à voile

Par JULES LANDI, Chef-pilote adjoint au Centre National de Vol à Voile de Saint-Auban-sur-Durance (B.A.), France

D'après les travaux de la Section Etudes et Expérimentation (Novembre 1959)

Conférence au 8<sup>e</sup> Congrès de l'OSTIV, Cologne (Allemagne), juin 1961

Ce travail présente un grand intérêt, vu qu'il manquait jusqu'ici une description détaillée des situations-type du vol d'onde, accompagnée d'une normalisation de la terminologie. Il est en effet utile, lorsqu'on parle des ondes et des phénomènes connexes, de savoir exactement de quoi il s'agit, ceci spécialement lorsqu'on introduit des pilotes de vol à voile dans la technique particulière du vol d'onde. C'est pourquoi le travail publié ci-dessous par l'OSTIV constitue en fait la première partie d'une suite de leçons sur l'introduction aux vols d'ondes, écrite par Jules Landi, dont l'expérience en cette matière est remarquable. Dans une deuxième partie, que nous ne pouvons publier pour l'instant, l'auteur décrit sous forme d'un aide-mémoire minutieux, les leçons en double-commande au cours desquelles les néophytes sont introduits dans la technique du vol d'ondes au célèbre centre de St-Auban. Ces leçons ne comportent pas seulement le vol, mais chacune d'elles est précédée d'une préparation théorique et d'analyses consciencieuses et suivie d'une évaluation. (Ei.)

## Avant-propos

L'instruction du pilote aux vols d'ondes de ressaut, dans son double aspect technique et pratique, a placé et place encore les cadres responsables devant de nombreux problèmes. L'un d'eux, non des moindres, se situait dans l'absence d'une Normalisation des termes désignant tout ou partie du phénomène lui-même.

Dans le lot des problèmes restant il faut signaler celui-ci: Certaines des conclusions pratiques, élaborées par des pilotes expérimentés, ne trouvent pas d'explication dans les théories connues. Une de ces conclusions par exemple, et concernant le rôle et l'importance de l'écoulement de l'air dans la couche sous-ondulatoire, souffre de cette absence momentanée d'explication. Le travail pédagogique de l'Instructeur s'en trouve quelque peu compliqué; il le ressent quelquefois à l'issue des premières démonstrations d'analyse (\*) lorsque l'élève, sollicité pour conclure, ne révèle que d'illogiques décisions et d'inadéquates tactiques de vol.

La normalisation des termes et les problèmes pédagogiques ont momentanément imposé l'élaboration d'une Terminologie avec Présentation à l'usage des Pilotes de Vol à Voile. Dans l'exposé qui va en être fait il a été volontairement écarté toute présence et action de surface frontologique. Un but est poursuivi, il est recherché dans une vulgarisation et meilleure visualisation de la mécanique élémentaire d'un phénomène de Ressaut isolé. -

## Ondes de Ressaut

On désigne par *Ondes de Ressaut* un phénomène en général stationnaire qui naît en aval d'un accident orographique, en relief ou en creux, lorsque soufflent des vents d'intensité et de direction appropriées. Ce phénomène présente une certaine analogie avec les phénomènes qui naissent à la surface d'un ruisseau lorsque le fluide est obligé de franchir les obstacles, en bosses ou en creux, qui encombrant le lit.

\*) Analyses d'indices nuageux, de nature, de forme et emplacement des courants verticaux, des conditions de vol etc. ...

Anciennement désignées par les expressions « Ondes stationnaires » et « Ondes d'obstacles » les ondes de ressaut ont déjà fait l'objet d'une schématisation très représentative de J. Kuettner.

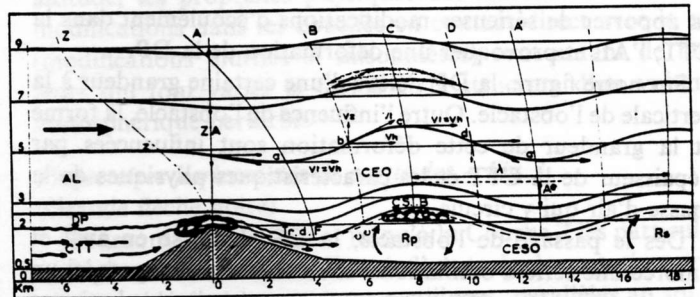


Fig. 1

Fig. 1 - Cette figure représente le schéma de base d'un système d'onde de ressaut. Dans son ensemble, elle est déjà très connue; un grand nombre d'auteurs et de chercheurs l'ont déjà montrée dans ses grandes lignes et le temps nous manquerait pour les désigner nommément et leur rendre hommage.

Nous y voyons un très grand nombre de lettres sans légendes; la signification en sera donnée par la suite. On y voit également la coupe d'un obstacle idéal et isolé. Les échelles: distances horizontales et altitudes, sont identiques afin de permettre une visualisation, non déformée, de l'image des trajectoires et des volumes atmosphériques perturbés.

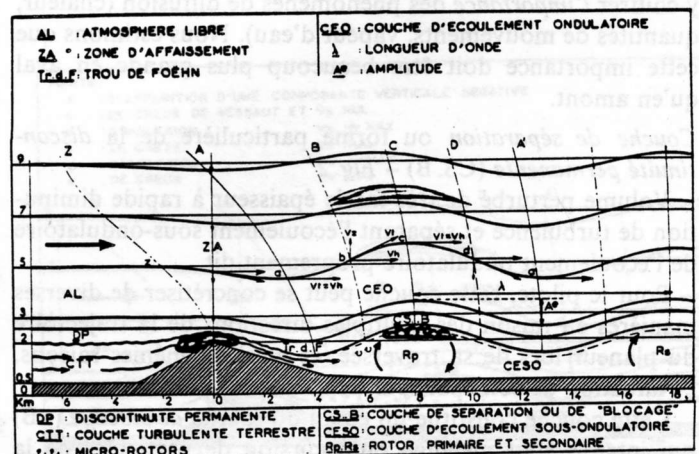


Fig. 2

Fig. 2 - A l'extrême gauche de la figure sur une tranche d'atmosphère limitée à droite par la courbe Z, il est représenté une masse d'air originellement stable et circulant dans le sens indiqué par les flèches. Le profil des vitesses, entre les altitudes 0,5 et 9 Km, sera admis comme étant favorable à un futur déclenchement de mouvements ondulatoires.

Nous voyons, entre les niveaux 0,5 et 2 Km, la CTT dont le principal rôle consiste à absorber les réactions du sol sur le mouvement de l'air. La turbulence qui y règne accroît

énormément l'importance des phénomènes de diffusion (chaleur, quantité de mouvements, vapeur d'eau). En conséquence, cette couche possède un régime d'écoulement de l'air qui lui est propre et son épaisseur, fixée à un millier de mètres par la Météorologie, doit évoluer entre des limites extrêmes.

La limite supérieure de la CTT est marquée par la DP et le terme *discontinuité* est ici employé pour désigner toute différence de température, humidité, turbulence, vitesse et direction du vent.

Au-dessus de la DP entre les niveaux 2 et 9, se situe l'AL, région de l'atmosphère dégagée de l'influence *directe du sol*. Le vent y est parallèle aux isobares.

Notre masse d'air aborde maintenant l'obstacle et celui-ci va apporter de sérieuses modifications d'écoulement dans la CTT, l'AL et provoquer une déformation de la DP.

Sur notre figure, la DP s'élève d'une certaine grandeur à la verticale de l'obstacle. Outre l'influence de l'obstacle, la forme et la grandeur de cette déformation sont influencées par l'épaisseur de la CTT et les caractéristiques physiques de la masse d'air qui y circule.

Dès le passage de l'obstacle, la DP s'affaisse en aval et amorce une série d'oscillations. Il est utile de souligner ici un important cas de modifications des caractéristiques physiques de CTT lorsqu'un effet de foehn se manifeste.

*Couche de l'écoulement sous-ondulatoire* ou forme particulière de la *couche turbulente terrestre* (CESO) – Fig. 2

Volume inférieur perturbé à forte turbulence particulièrement dans le sillage du relief, compris entre le sol et l'écoulement ondulatoire proprement dit.

D'épaisseur variable dans le temps et dans l'espace, ce volume a été exploré par les planeurs dans le sillage du relief en utilisant, d'une façon systématique, des zones ascendantes localisées que l'on trouvera définies par la suite.

Dès le franchissement de l'obstacle, l'accroissement de la turbulence dans cette couche a de très grandes conséquences en aval du relief; nous ne pouvons, en ce lieu et actuellement, y chiffrer l'importance des phénomènes de diffusion (chaleur, quantités de mouvements, vapeur d'eau). Nous estimons que cette importance doit être beaucoup plus grande en aval qu'en amont.

*Couche de séparation* ou forme particulière de la *discontinuité permanente* (CS..B) – Fig. 2

Volume perturbé de très faible épaisseur à rapide diminution de turbulence et séparant l'écoulement sous-ondulatoire de l'écoulement ondulatoire proprement dit.

Pour le pilote, cette couche peut se concrétiser de diverses manières en raison des multiples directions de la trajectoire du planeur lors de sa traversée, et pour les mêmes raisons, l'évaluation de son épaisseur peut être très subjective.

Cette couche constitue un écran ou *couche de blocage* (...B) qui interdit tout mélange ou incursion de particules de la couche sous-ondulatoire à la couche ondulatoire. A l'appui de cette affirmation viennent les résultats d'innombrables constatations en vol, tant visuelles que sensorielles que sur enregistreur de bord type A. 20.

De part et d'autre de la couche de séparation, outre la limite nette de turbulence, chaque écoulement véhicule ses calories et son humidité sans s'interpénétrer; l'œil le moins averti est frappé par le spectacle de l'ordonnement nuageux, conséquence de la vie propre de chaque couche.

*Couche de l'écoulement ondulatoire* (CEO) ou forme particulière de l'écoulement d'atmosphère libre – Fig. 2

Volume supérieur perturbé n'ayant pratiquement aucun contact avec le sol. Soumis au mouvement ondulatoire qui intéresse d'importantes tranches d'atmosphère, l'écoulement y est pratiquement laminaire et caractérisé par l'absence quasi totale de turbulence.

Son accès en vol libre, à la suite d'un largage en CTT ou en CESO, ne présente pas de difficulté pour des pilotes entraînés. Le développement d'une des tactiques d'accès sera fait à la fin de cet exposé.

Avant de poursuivre plus loin il est utile de formuler quelques remarques sur l'influence, en CEO, de variations de régime d'écoulement survenant dans la CESO:

– Il est très souvent observé des variations d'épaisseur moyenne de la CESO associées à des variations d'amplitude des ondulations de la CS..B; ces phénomènes, obéissant d'ailleurs à un cycle journalier et saisonnier, peuvent expliquer à notre avis:

Les variations d'amplitude des particules en mouvement dans la CEO et dans laquelle les propriétés physiques, vitesse et direction du vent sont restées constantes.

Les remarques et avis que nous venons de formuler nous ont donné les possibilités:

1° d'établir et exploiter des plans de vol de jours en ondes de ressaut portants sur deux périodes favorables aux «accrochages» bas et sûrs à partir de la CESO:

- a) *le matin* avant l'établissement de la convexion
- b) *le soir* dès la fin de la convexion.

2° d'expérimenter, avec succès, ces deux périodes au cours de vols de distance.

Nous sommes persuadés que l'étude des importantes ondulations de la limite supérieure de la CESO serait très instructive, compte tenu:

1° des propriétés physiques originelles de la masse d'air circulant dans la CESO.

2° des modifications, dans le temps et dans l'espace des dites propriétés.

Nous pensons que la cause des mouvements ondulatoires de ressaut, en AL stable, pourrait trouver une explication dans les ondulations de la CS..B.

*Les «Rotors»* – Fig. 2

Dans la CESO, se situent les rotors, sortes de rouleaux stationnaires de grandes dimensions, turbulents, à axe horizontal dans l'ensemble.

On les trouve toujours sous le vent de l'obstacle, à l'aplomb des successives crêtes d'ondulations de la CS..B.

Autour de l'axe d'un rotor une proportion, encore pas définie, de trajectoires concentriques de ses particules peut être schématisée par une sorte d'ovale (l'analogie mécanique d'un rouleau déformable entraîné par un tapis roulant en donnerait la meilleure représentation).

La partie supérieure des trajectoires d'un rotor s'inscrit dans la CS..B.

La partie inférieure, lors d'un dimensionnement approprié, peut tangenter le sol et concrétiser, par les indications de manches à air fumées ou poussières, les *courants de retour* dirigés alors en sens contraire du courant général de la CESO (maintes et maintes fois observés simultanément du sol et en vol).

Lorsque les conditions d'humidité le permettent on peut observer en vol, dans la CS..B, l'inscription de tout ou partie du dôme arrondi du nuage de rotor.

Le côté ascendant du rotor se trouve au *bord du vent*; au côté *sous le vent* se trouve la descendance.

L'axe horizontal du *rotor primaire* (situé sous la première crête d'onde en aval de l'obstacle) peut s'écarter de la droite parallèle à l'ensemble de la ligne de crêtes (relief en bosse). Même constatation pour les rotors suivants.

L'écart angulaire n'a pu, jusqu'à ce jour, faire l'objet de recherches systématiques.

De très nombreuses constatations permettraient de formuler une hypothèse attribuant une des causes de l'écart angulaire, aux effets marginaux du relief.

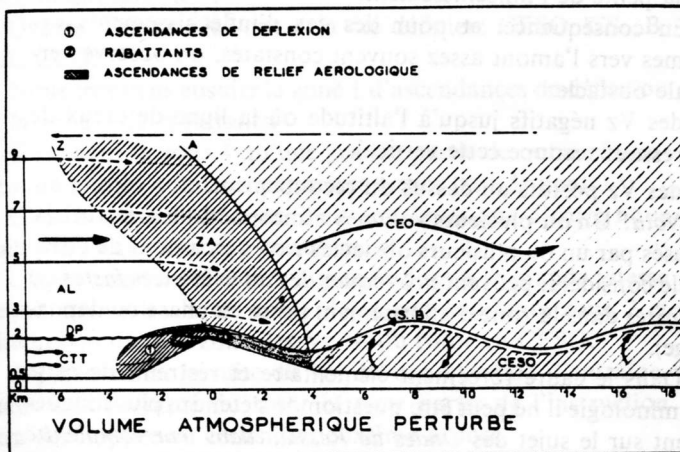


Fig. 3

« Micro-Rotors » – Fig. 2

Tourbillons de petites dimensions sévissant dans la CESA.

A notre connaissance aucune recherche systématique, jusqu'à ce jour, n'a pu être accomplie sur ces phénomènes.

Ces micro-rotors sont quelquefois matérialisés par d'éphémères fracto-cumulus ténus. Ils s'observent, assez souvent, dans la zone bord au vent du rotor en amont et très près du bord d'attaque de l'ensemble du nuage de rotor.

Animés de deux mouvements (rotatif et translationnel) ils sont absorbés et engloutis par la masse stationnaire du nuage de rotor.

« Bord » au vent du rotor –

Bord au vent du phénomène (côté obstacle).

Zone des Vz positifs dans laquelle se situe le *bord d'attaque* de l'ensemble du *nuage de rotor*.

« Bord » sous le vent du rotor

Bord opposé au vent.

Zone des Vz négatifs dans laquelle se situe le *bord de fuite* de l'ensemble du *nuage de rotor*.

Envergure – Fig. 8

Désigne l'axe du rotor en extension parallèle à l'obstacle.

Bords marginaux – Fig. 8

Les deux extrémités de l'axe du rotor.

Quelquefois les deux extrémités du *nuage de rotor* lors d'une matérialisation complète.

Longueur d'onde – Fig. 2

Distance horizontale comprise entre deux creux ou deux

crêtes successives de la trajectoire d'une particule en mouvement ondulatoire.

Des ordres de grandeur compris entre 2 et 40 Km peuvent être indiqués.

Amplitude de l'onde – Fig. 2

Distance verticale comprise entre une crête et un creux de la trajectoire d'une particule en mouvement ondulatoire.

Elle peut atteindre de 600 à 1200 m et s'exprime par le symbole Ae.

Volume atmosphérique perturbé – Fig. 3

L'importance et la disposition d'un accident de l'orographie, la vitesse et la direction des vents ainsi que leur rotation en altitude, les propriétés physiques des masses d'air et leurs modifications dans les couches en contact direct avec le sol (modifications diurnes et saisonnières) sont autant de facteurs qui font varier la forme et la structure d'un volume atmosphérique perturbé.

Trajectoires horizontales de particules – Fig. 3

(Grande flèche noire)

En amont de l'obstacle et jusqu'à la Courbe Z les particules se déplacent dans la direction de l'obstacle, leurs trajectoires sont considérées comme étant rectilignes, parallèles au sol et entre elles.

Pour la facilité de l'exposé nous négligerons la faible épaisseur de la sorte d'ascendance de « relief aérologique » que l'on peut trouver, selon l'épaisseur et les propriétés physiques de la CTT, au-dessus de la DP et du volume d'ascendance de déflexion (zone quadrillée surmontant la zone).

Composantes verticales et horizontales – Fig. 4 – Vz et Vh

Issues de la décomposition, selon ces deux directions, du vecteur vitesse sur trajectoire de la particule:  $V_t$ .

Nous entendons par vecteur vitesse sur trajectoire, le vecteur ( $V_t$ ) tangent ou confondu à la trajectoire d'une particule, qui donne, pour celle-ci, la vitesse et la direction de son déplacement dans l'espace.

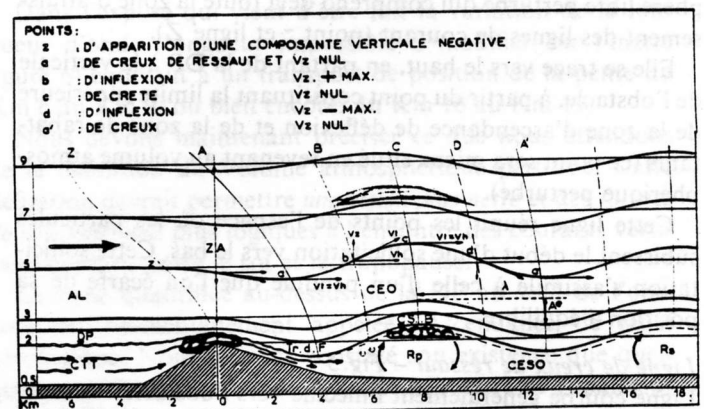


Fig. 4

Point d'apparition d'une composante verticale négative – Fig. 4

Point remarquable d'une trajectoire de particule à son entrée dans le volume d'atmosphère libre perturbé. On y constate l'apparition d'une composante verticale négative (Point z).

Point de creux de ressaut – Fig. 4

Point remarquable d'une trajectoire de particule après son entrée dans le volume d'atmosphère libre perturbé. On y cons-

tate un changement de signe de la composante verticale (de négatif à positif). (Point *a*.)

**Autres points remarquables – Fig. 4**

A partir du point *a* et en comptant celui-ci nous figurons cinq points situés maintenant sur une trajectoire de particule correspondant à une longueur d'onde.

- 1° Point *a*: point de creux de ressaut, d'inversion de signe et de  $V_z$  nul.
- 2° Point *b*: point d'inflexion et de  $V_z$  positif maximum.  $V_h$  est ici la composante horizontale du vent.
- 3° Point *c*: point de crête, d'inversion de signe et de  $V_z$  nul.
- 4° Point *d*: point d'inflexion et de  $V_z$  négatif maximum.  $V_h$  est ici la composante horizontale du vent.
- 5° Point *a'*: point de creux, d'inversion de signe et de  $V_z$  nul.

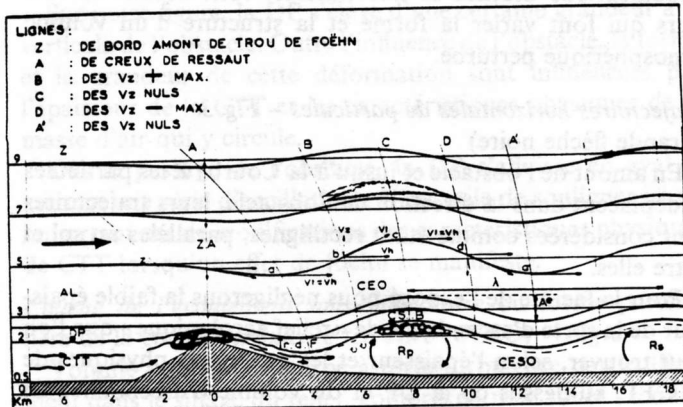


Fig. 5

**Ligne de bord amont de «trou de foehn» – Fig. 5**

Ligne généralement courbe, notablement infléchié vers l'amont.

Elle réunit entre eux les points d'apparition d'une composante verticale négative de deux ou plusieurs trajectoires superposées.

Cette ligne constitue le *bord amont de trou de foehn*. Elle constitue également la frontière amont du volume d'atmosphère libre perturbé qui comprend déjà toute la zone d'affaissement des lignes de courant (point *z* et ligne *Z*).

Elle se trace vers le haut, en partant de la DP à la verticale de l'obstacle, à partir du point constituant la limite supérieure de la zone d'ascendance de déflexion et de la zone de rabatants (ce point sera mieux situé en revenant au volume atmosphérique perturbé).

Cette ligne réunit les points de l'espace où les particules subissent le début d'une sollicitation vers le bas. Cette sollicitation s'assimile à celle d'un pendule que l'on écarte de sa position d'équilibre.

**Ligne de creux de ressaut – Fig. 5**

Ligne courbe généralement infléchié vers l'obstacle.

Elle réunit entre eux les points de creux de ressaut ou points de changements de signes de deux ou plusieurs trajectoires superposées.

Elle se trace vers le haut, partant de la surface de Discontinuité à partir du point supposé de la formation de la couche de séparation ou de «blocage».

Elle constitue la première ligne de *composante verticale nulle* au sein du volume atmosphérique perturbé.

C'est sur cette ligne que cesse la sollicitation vers le bas que subissent les particules depuis la ligne de bord amont de trou de foehn.

C'est également à partir de cette ligne que la particule oscille comme un pendule et que sa trajectoire ensuite, est considérée en *mouvement ondulatoire* (point *a* et ligne *A*).

**Zone d'affaissement des lignes de courant – ZA – Fig. 5**

Comprise entre la ligne de bord amont du trou de foehn et la ligne de creux de ressaut.

Elle constitue dans l'espace un volume infléchi vers l'amont et dans lequel les particules subissent la sollicitation initiale vers le bas (mise en mouvement d'un pendule).

Pour le pilote ce volume constitue surtout, de l'aval vers l'amont en passant par la verticale de l'obstacle, un volume de  $V_z$  négatifs dont les valeurs avec l'altitude ne sont pas constantes. Selon la *verticale de l'obstacle* (verticale caractéristique) la loi de variation des  $V_z$  négatifs avec l'altitude est fonction de la pente de l'infléchissement.

En conséquence, et pour des cas d'infléchissements extrêmes vers l'amont assez souvent constatés, on observe verticale obstacle:

- a) des  $V_z$  négatifs jusqu'à l'altitude où la ligne de creux de ressaut recoupe cette verticale.
- b) des  $V_z$  positifs au-dessus du recouplement.

*Nota:* Un ou plusieurs volumes atmosphériques perturbés, causés par un ou plusieurs obstacles situés en amont de l'obstacle considéré, peuvent provoquer des interférences *fastes* ou *néfastes* dans la zone d'affaissement (mise en phase ou déphasage).

Dans le cadre forcément élémentaire et restreint de cette terminologie il ne peut être question de s'étendre plus longuement sur le sujet des *Ondes de Ressaut dans leur complexité réelle* (autrement dit: Interférences dues à l'interpénétration de plusieurs volumes atmosphériques perturbés).

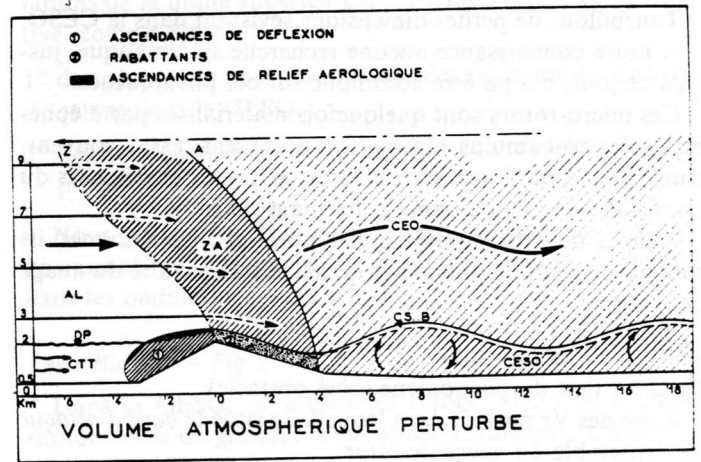


Fig. 6

**Lignes de composantes verticales nulles –  $V_z$  Nuls – Fig. 5**

Lignes, droites ou courbes, réunissant entre eux les points d'inversion de signes de deux ou plusieurs trajectoires superposées.

A noter que les pilotes risquent de trouver sur ces points et le long de ces lignes, les lieux de maximum de composante vent horizontal pour toute la partie d'une trajectoire de particule comprise entre deux points d'inflexion.

**Lignes de composantes verticales maxima – Fig. 5  $V_z +$  et – max.**

Lignes, droites ou courbes, réunissant entre eux les points d'inflexion de deux ou plusieurs trajectoires superposées.

Pour les pilotes, ces points ou ces lignes constituent les lieux de Vz positifs et négatifs maxima.

A noter qu'ils risquent de trouver sur ces points et le long de ces lignes, les lieux de minima de composantes vent horizontal pour toute la partie d'une trajectoire de particule comprise entre deux points d'inversion de signes.

#### Volume atmosphérique perturbé - Fig. 6

Revenons sur cette figure que nous n'avons mentionné qu'un court instant précédemment.

Elle est tracée à l'aide de la fig. 1 du début de notre exposé, cette dernière constituant, en quelque sorte, un spectre de l'écoulement entre les niveaux 0,5 et 9 Km.

Actuellement ce spectre est visible en sousimpression.

Nous trouvons un ensemble de surfaces hachurées quadrillées, pointillées etc...

Quatre d'entre elles ont déjà été définies: CESO, CS..B, ZA, CEO.

Nous trouvons ensuite la zone 1 d'ascendances de déflexion et la zone 2 de rabattants.

C'est dans la zone 1 qu'une grande partie de notre génération de pilotes a fait ses premières armes (vol de pente).

C'est à cause de la zone 2 que quelques-uns d'entre nous sont allés «aux vaches» piteusement.

L'apparition de planeurs à grande finesse et grande vitesse devait permettre la traversée de la peu souriante zone 2 et l'incursion dans la zone des Vz + du rotor en CESO.

A partir de là, la suite du vol est une question d'entraînement à la pratique du rotor et cette partie de l'instruction sera développée au cours du deuxième exposé.

La ZA qui se situe de part et d'autre de la verticale de l'obstacle au-dessus des zones 1 et 2, autorise quelques commentaires: par sa seule existence elle interdit toutes possibilités d'incursion en Ondes à la verticale de l'obstacle.

Au risque de nous contredire, nous pouvons signaler des incursions en Ondes à la verticale d'un obstacle après utilisation de son ascendance de pente (ou de déflexion). L'explication en est très simple:

- l'ascendance de déflexion se trouve alors dans la CESO d'un important Volume atmosphérique perturbé d'amont. La pente utilisée pourrait être figurée, ici, au Km 6 ou 16. Important: l'exemple ci-dessus comporte un spectaculaire et fâcheux cas inverse:

- Neutralisation et Destruction de la zone d'ascendance de déflexion, ascendance que l'on escompte toujours trouver au vent d'une pente.

Sur notre fig. 6, la longueur d'onde au niveau de la CS..B ne pouvant être modifiée, nous placerons, par la pensée une pente de 800 à 1000 m (niveau mer) au Km 9 ou bien 19.

Nous y voyons que la circulation du rotor amène au vent de la pente, sa zone des Vz négatifs.

Dans ce cas, l'ascendance de déflexion locale est perturbée au point de voir neutraliser ses Vz positifs de déflexion et, quelquefois même, totalement les inverser.

On dit, en langage Vol à Voile, que la pente est «soufflée par le dessus».

La pente des Mées (ou pente des Pénitents) à Saint-Auban, permet d'illustrer les deux cas cités ci-dessus, à savoir:

- 1° Incursion en CEO à la verticale d'une pente.
- 2° Neutralisation et Destruction d'ascendances de déflexion.

La pente des Mées a toujours été un sujet d'étonnement pour les Pilotes, quelquefois même pour les Météorologistes.

Il nous a été donné de lire, sur une ancienne rédaction d'Aérométéorologie il est vrai, que la pente des Mées avait présenté une hauteur d'ascendance égale à 4,5 fois sa hauteur niveau mer par vent de Nord. En l'état de la recherche de l'époque il n'y a rien d'anormal; ardu se présentait le travail des chercheurs et pilotes pour l'analyse d'un cas d'ascendance dû à une interférence complexe de phénomènes à peine connus.

Actuellement, il faut néanmoins constater que trop de pilotes, pour qui l'ascendance de pente revêt un caractère dogmatique, conçoivent et admettent difficilement que cette pente puisse voir sa hauteur d'ascendance réduite à néant. Grande est alors leur surprise lorsque la Neutralisation et Destruction rapide les surprend en plein vol.

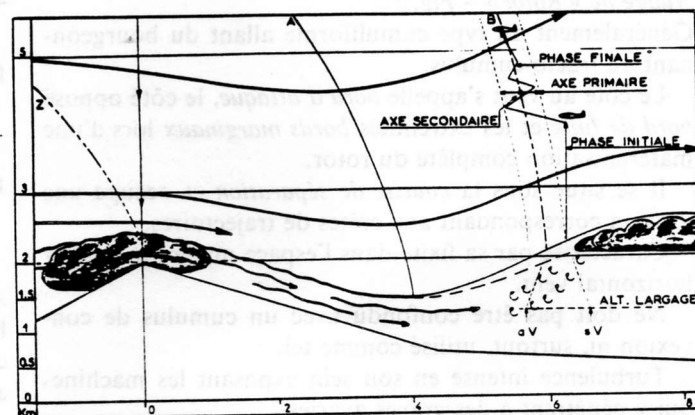


Fig. 7

Dans le passé d'inexplicables atterrissages «aux vaches» immédiatement au vent de cette pente furent enregistrés; un paradoxe corsait l'affaire car rien ne venait modifier, apparemment, les indications du vent de surface.

Après de multiples constatations de cet ordre à Saint-Auban et en d'autres lieux également, nous attribuons ce phénomène de Neutralisation et Destruction rapide à une rapide variation de la longueur d'onde au niveau de la CS..B.

Dans l'exposé qui vient d'être fait la variation de la longueur d'onde (longueur impossible à modifier sur l'inerte figure 6) équivaut à un transport de position de la pente du Km 6 au Km 9, ou bien encore, du Km 16 au Km 19.

Nous devons maintenant préciser ce que nous attendons de la définition du Volume atmosphérique perturbé. Cette définition devrait permettre une vision plus nette et des formes de raisonnement plus logiques à l'encontre des courants verticaux compris entre le sol et la tropopause.

La zone quadrillée au-dessus de la DP au vent de l'obstacle est momentanément appelée: Ascendance de relief aérologique. Nous n'avons constaté son existence que quelques rares fois. Sa présence doit être tributaire de l'épaisseur de la CTT elle-même fonction des caractéristiques physiques et dynamiques de la masse d'air y circulant.

Le tracé de la ligne Z débute au sommet de la démarcation séparant la zone 1 de la zone 2.

#### Nuages de la CESO -

##### 1° Nuage de Chapeau - Fig. 2

Nuage orographique, stationnaire, recouvrant le sommet d'un obstacle. Dû à la déflexion du vent sur la pente, en amont, son aspect est en général cumuliforme.

Lorsque ce nuage perd de l'eau sous forme de pluie ou de neige orographique, nous nous trouvons en présence d'un effet de foehn local sous le vent de l'obstacle.

Des mesures systématiques permettraient de préciser l'influence d'un effet de foehn local en tant que facteur de modification des propriétés physiques de la masse d'air circulant en couche sous-ondulatoire. Par extension, la somme des successifs effets de foehn sur une succession de reliefs doit expliquer la décroissance progressive de la nébulosité à tous les niveaux (et surtout en couche sous-ondulatoire) lors du survol, vent arrière, d'une importante zone montagneuse (Alpes par vent synoptique de Nord ou de Sud). Des effets de foehn très marqués sont très souvent constatés par phénomènes d'ondes de ressaut.

## 2° Nuage de «Rotor» – Fig. 2

Généralement du type cumuliforme allant du bourgeonnant au fracto-cumulus.

Le côté au vent s'appelle *bord d'attaque*, le côté opposé *bord de fuite* et les extrémités *bords marginaux* lors d'une matérialisation complète du rotor.

Il se situe sous la *couche de séparation* et occupe une position correspondant aux crêtes de trajectoires.

Caractérisé par sa fixité dans l'espace malgré le vecteur horizontal vent.

Ne doit pas être confondu avec un cumulus de convection ni, surtout, utilisé comme tel.

Turbulence intense en son sein exposant les machines qui y pénètrent à des graves avaries.

## Nuages de CEO – Fig. 2

### 1° Nuages d'onde stationnaire

Liés à un système d'onde de ressaut, occupent une position correspondant aux crêtes de trajectoires de particules.

La variété *lenticulaire* n'est pas l'unique forme de nuages d'onde.

Se situent au-dessus de la surface de séparation et peuvent s'étagier dans le ciel jusqu'à de très grandes altitudes.

L'identification des bords d'attaque, bords de fuite, bords marginaux, ne peut en aucun cas être effectuée à vue et du sol sans la connaissance parfaite de la direction du vent au niveau du nuage à l'instant de l'observation.

## «Trou de Foehn» – Fig. 2

Espace clair compris entre la ligne de crêtes de l'obstacle, le bord au vent du rotor et les bords marginaux. Cet espace est beaucoup mieux concrétisé et délimité en présence du nuage de chapeau et du nuage de rotor. (Très important pour le pilote en raison de la balise que cela constitue).

### Planeur en «station fixe»

Position dans l'espace, fixe en longitude et latitude et mobile selon la verticale d'un point.

### Planeur en «dérive arrière»

Appareil se déplaçant en marche arrière par rapport au sol (vitesse sol négative par opposition à VS positive prise dans la direction de l'avant de l'appareil).

*Echelle des vents* – (A l'usage uniquement des Pilotes de Vol à Voile et variable selon le type de planeur utilisé).

*Vent moyen* – Vecteur horizontal du vent de force inférieure à la vitesse indiquée correspondant à la chute minimum de l'appareil.

*Vent fort* – Vecteur horizontal du vent de force supérieure à la vitesse indiquée correspondant à la chute minimum de l'appareil.

### Axe primaire – Fig. 7 et 8

Pour le pilote en vol dans la CEO, cet axe désigne un segment de droite parallèle au vent horizontal. Cet axe est à explorer au vent et sous le vent d'un point d'inflexion malheureusement invisible.

Cette exploration conduit à une sorte de «fourchettage» dans une coupe verticale permettant de situer, après quelques manœuvres, la position approximative de la ligne B.

### Axe secondaire – Fig. 7 et 8

Perpendiculaire au précédent. Bien souvent parallèle :

- au bord d'attaque de nuages de rotor et d'onde.
- à la ligne de crête de l'obstacle.

## Bibliographie

- Etude d'EXTERBRINK et K. DREISBACH «Luftwissen» N° de Février 1939.
- Manuel de Météorologie du Vol à Voile – J. BESSEMOULIN et A. VIAUT.
- Cours de Météorologie descriptive – M. TROCHON.
- La Physique des Nuages – J. COULOMB et J. LOISEL.
- Conférence de A. BALDIT – 1935.
- Les Bases Météorologiques du Vol à Voile – W. GEORGII.
- L'Océan Aérien – VERMOT GAUCHY.
- Les Mouvements Ondulatoires à Saint-Auban-sur-Durance (Campagnes de Mesures 1956 et 1957) – GERBIER et BERANGER.
- Ondes de Ressaut dans les Alpes Françaises – (Campagne de Mesures à Saint-Auban-sur-Durance 1958) – GERBIER et BERANGER.
- Etudes Expérimentales des Ondes dues au relief – Rapport final – GERBIER et BERANGER.

Fig. 8

