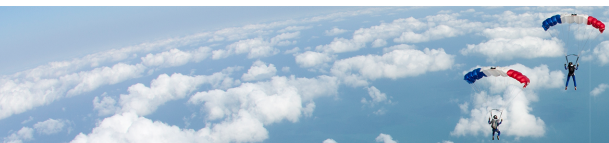


Manuel Général du Parachutisme

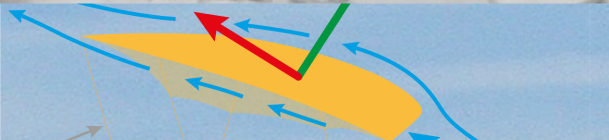
Edition 2026



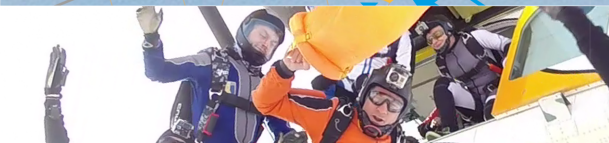
Météorologie et aérologie



Altimétrie



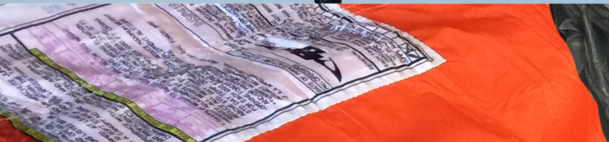
Aérodynamique



Largage



Avion



Matériel de sauts



Physiologie



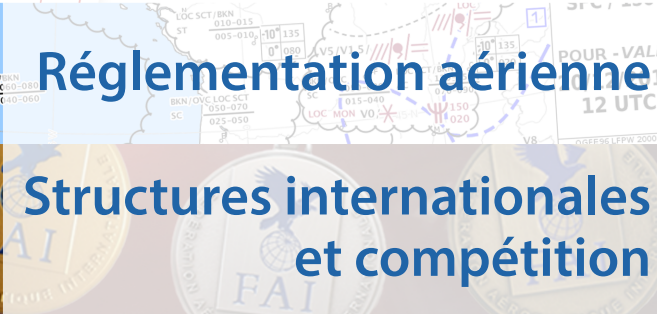
Réglementation générale



Réglementation aérienne



Structures internationales
et compétition



Sommaire

Introduction.....	9	Altimétrie.....	85
Météorologie et aérologie.....	11	L'atmosphère standard.....	86
Introduction.....	14	Les calages altimétriques.....	87
Climatologie, météorologie & aérologie	15	Utilisation des calages altimétriques.....	91
L'atmosphère	16	Les erreurs altimétriques.....	93
La pression atmosphérique	18	Unités et conversions.....	95
La température	21	Aérodynamique.....	99
L'humidité	27	Le principe de vol de l'aile.....	101
Le vent	32	Le vol en ligne droite.....	102
Les vents régionaux en France.....	40	Les virages.....	111
Quels sont les dangers liés au vent ?.....	42	La navigation.....	115
Les turbulences.....	43	Le décrochage.....	116
Le cycle de l'eau.....	49	Se poser.....	119
Stabilité et instabilité d'une masse d'air.....	51	Effet pendulaire et balancement	121
Les nuages.....	53	La chute	122
La brume et le brouillard.....	59		
Le plafond et la visibilité.....	62		
L'orage et le cumulonimbus.....	66		
La circulation générale.....	71		
Le passage d'une perturbation	73		
Les outils de la prévision.....	78		
Les indicateurs d'aérodromes OACI	84		

Largage	133	Avion	199
Introduction.....	136	Introduction.....	200
Généralités	138	Généralités	201
Les acteurs.....	139	Description	202
Les paramètres.....	141	La cellule.....	203
Les axes	142	L'équilibre de l'avion	207
La zone de sauts.....	144	Les gouvernes de vol.....	209
Terrains particuliers, largages particuliers.....	145	Les moteurs	211
Les aéronefs.....	149	Les équipements de l'aéronef.....	213
La météo	150	Les instruments permettant de diriger l'avion... 214	
La dérive	151	Les instruments de conduite du moteur	217
Influence de la voilure	153	Les instruments radio et de navigation	218
Les passages.....	154	L'hélice	220
L'ordre des départs.....	155	Masse et centrage.....	221
L'espacement entre les départs	157	Le carburant.....	223
Déterminer la verticale	166	Les documents de l'avion.....	226
Le temps de mise en place et la projection	167	Entretien des aéronefs.....	227
Le temps de chute et la perte de hauteur.....	169		
L'embarquement.....	171	Matériel de sauts	231
En vol	175	Le harnais.....	234
Utilisation de la radio.....	182	Les systèmes d'ouverture manuelle.....	239
Le GPS.....	185	Les systèmes de rétraction de l'extracteur.....	242
Largages particuliers	186	Les déclencheurs de sécurité	245
Consignes de sécurité	188	La FXC 12000	247
Atterrissage hors zone	193	Les déclencheurs pyrotechniques	253
L'évacuation d'urgence	196	Le Cypres 2	258
		Le Vigil	262
		Les systèmes de sécurité « passifs »	266
		Le système trois anneaux	270
		L'ouverture de la voilure principale.....	275
		La voilure principale.....	276
		Caractéristiques d'une voile.....	279
		La voilure de secours	284
		Les connexions voilure - élévateurs	286
		Les suspentes.....	290

Physiologie	297	Structures internationales et compétition	355
Les effets de l'altitude	298	La Fédération Aéronautique Internationale (FAI)	356
Les effets des accélérations	304	356
Le stress	305	Licences et brevets internationaux	357
Santé et parachutisme.....	308	Brevets étrangers.....	358
Traumatologie	310	Les compétitions et les records.....	359
Réglementation Générale.....	313	Les disciplines de compétition	362
Introduction.....	314	Les disciplines de compétition en soufflerie	369
Les textes qui organisent le parachutisme sportif	315	Remerciements.....	374
.....	315		
Les fédérations sportives agréées et délégataires.	317		
La FFP : une fédération délégataire.....	319		
Les acteurs de la vie fédérale	320		
Les principes fondamentaux en matière juridique	324		
.....	324		
La hiérarchie des textes	328		
La responsabilité.....	329		
Les règles techniques et d'encadrement du	332		
parachutisme sportif.....	332		
Les directives techniques.....	334		
La réglementation sur ffp.asso.fr.....	336		
Réglementation Aérienne.....	339		
Organisation générale de l'aviation civile	341		
Les règles de l'air	342		
Les services de la navigation aérienne.....	348		
L'aérodrome	349		
L'exploitation des aéronefs	353		
Les pilotes	354		

INTRODUCTION

La pratique du parachutisme, comme tous sports de pleine nature, ne se limite pas à la réalisation de gestes techniques. Au-delà de la chute libre et du pilotage de la voile, il y a la découverte d'un milieu et de son environnement. Comme un alpiniste, un spéléologue, un marin ou encore et surtout un aviateur, le parachutiste trouvera, dans la théorie, manière à renforcer ses compétences et sa sécurité. Il ne suffit pas de savoir chuter et piloter son parachute pour être un pratiquant autonome et responsable. Il est nécessaire d'avoir des connaissances variées qui s'acquièrent petit à petit, dès les premiers sauts et tout au long d'une carrière, que l'on se destine à une pratique de loisir, de compétition ou d'enseignement. Pratiquer le parachutisme, c'est passer une partie de sa vie sur les aérodromes et dans les avions. Un peu de curiosité pour les choses de l'air permet aussi de partager notre passion avec les pilotes, les vélivoles, les libéristes, et tous les autres passionnés de ce monde.

À l'heure d'internet, la demande d'ouvrages sur support papier reste encore forte, c'est pourquoi nous avons choisi d'opter pour ce format.

Chacun aura le temps, un jour de pluie ou de grand vent, de consulter ce manuel. Que ce soit pour préparer un brevet ou par simple curiosité ou encore soit d'apprendre, il vous sera utile, je l'espère.

Tous les chapitres n'ont pas la même importance. Certains ont des applications quotidiennes pour le parachutisme, d'autres donnent un peu de culture aéronautique et parachutiste. Dans les chapitres importants, des paragraphes sont à retenir pour qui prépare un brevet et d'autres à lire simplement afin de mieux comprendre le sujet traité ou juste pour information.

Ne vous attendez pas à connaître parfaitement la météo, l'aérodynamique, le matériel, la réglementation, etc. à la seule lecture de ce livre. Il ne fait que survoler ces thèmes. Chacun d'entre eux mériterait un ouvrage entier. J'espère, cependant, qu'il aura le mérite de vous inciter à consulter des publications plus complètes : livres ou sites internet. Il n'en manque pas.

Les technologies, les règlements, les techniques évoluent constamment. S'il est probable que les principes qui régissent la météorologie reste les mêmes pendant longtemps, la réglementation, elle, évolue très vite. À l'heure où nous mettons sous presse, des choses ont déjà changé. C'est pour cela que certains thèmes, comme la réglementation, n'ont été traités que d'une manière générale sans entrer dans les détails et risquer ainsi de voir l'ouvrage devenir rapidement obsolète peu de temps après sa parution. Même si inévitablement cela se produira, la recherche et la connaissance des dispositions d'aujourd'hui vous permettront de suivre les évolutions de demain.

Ce livre évoluera au fil des nouvelles éditions. Des chapitres seront complétés ; certains seront mis à jour ; d'autre, absents pour l'instant, verront leur apparition.

La connaissance et l'apprentissage ne peuvent se restreindre à la seule lecture d'un ouvrage. Si vous ne comprenez pas certains points, adressez-vous à des moniteurs, à des pilotes ou encore à des plieurs de parachutes de secours : ils ne vous refuseront pas quelques explications.



MÉTÉOROLOGIE ET AÉROLOGIE

Introduction	14	L'humidité.....	27
Climatologie, météorologie & aérologie	15	Les différents états de l'eau	27
La climatologie.....	15	Quelques valeurs	27
La météorologie.....	15	L'eau dans l'atmosphère	27
L'aérologie	15	Définitions	28
Les échelles d'observation	15	L'humidité d'une masse d'air	29
L'atmosphère.....	16	La saturation	29
Définition	16	Le point de condensation (C).....	30
Composition de l'air atmosphérique.....	16	La température du point de rosée (Td).....	30
Les couches de l'atmosphère	17	Les noyaux de condensation et la sursaturation.....	31
La pression atmosphérique	18	Le vent	32
Définition	18	Définition	32
Unités	18	Caractéristiques.....	32
Valeurs	18	Quelle est l'origine du vent ?	33
Les variations de pression en fonction de l'altitude	19	Le vent "météorologique".....	33
Les variations de pression en fonction du lieu.....	19	Vent au sol et vent en altitude.....	35
Les variations de pression au cours de la journée.....	20	La loi de Buys-Ballot	35
L'atmosphère standard.....	20	Les vents "locaux" : les brises.....	36
La température.....	21	L'action du relief sur le vent.....	38
Définition	21	Comment observer le vent ?	39
Unités et correspondances	21	Les vents régionaux en France.....	40
Mesure	21	Quels sont les dangers liés au vent ?	42
Valeurs record.....	22		
Variations de température.....	22		
Échauffement de l'air atmosphérique.....	23		
Paramètres influençant l'échauffement de l'air	23		
Le refroidissement de l'air avec l'altitude.....	25		
Inversions de température.....	26		

Les turbulences	43	L'orage et le cumulonimbus	66
Définition	43	Qu'est-ce qu'un orage ?.....	66
Généralités	43	Le cumulonimbus	66
Les turbulences d'origine mécanique (ou dynamique) ..	44	La formation du cumulonimbus - l'évolution du nuage d'orage	66
Les turbulences d'origine thermique (ou convective) ...	46	Quels sont les indices qui permettent de reconnaître un cumulonimbus ?.....	68
Association des phénomènes d'origines thermique et dynamique	47	Où et quand risque-t-on de rencontrer des orages ?	68
Que faire dans une zone de turbulences ?	47	Phénomènes dangereux associés à l'orage.....	68
Observation et analyse pour détecter les turbulences....	48	L'orage présente les pires dangers	69
Le cycle de l'eau	49	Quand faut-il interrompre la séance de sauts ?.....	69
Les précipitations	49	La circulation générale.....	71
Évolution des précipitations	50	Les causes de la circulation générale.....	71
Stabilité et instabilité d'une masse d'air	51	Les mécanismes de la circulation atmosphérique	71
Définition	51	Le passage d'une perturbation	73
Stabilité et instabilité de l'atmosphère	51	Les masses d'air et les fronts.....	73
Instabilité et évolution du temps	52	Les fronts	74
Les nuages.....	53	Naissance et évolution d'une perturbation et des fronts associés	75
Définition	53	Fronts et nuages associés.....	76
Classification des nuages par genre	53	Perturbations et mauvais temps	77
La formation des nuages.....	56	Les outils de la prévision.....	78
Les mécanismes de refroidissement.....	56	La carte TEMSI.....	78
La brume et le brouillard	59	Exemple de carte TEMSI	79
Définition	59	La carte WINTeM	80
Les différents types de brouillards	59	Exemple de carte WINTeM	81
Visibilité et danger	61	Les messages météorologiques	82
Le plafond et la visibilité.....	62	Les indicateurs d'aérodromes OACI.....	84
Le plafond.....	62		
La visibilité.....	63		
Situations de mauvaise visibilité.....	64		
Les dangers dus au manque de plafond et de visibilité .	64		
Pourquoi observer le plafond ?.....	65		



INTRODUCTION

La météorologie est une matière fondamentale pour les activités aéronautiques car c'est notre environnement. En nous rendant sur un aéroport afin d'exercer notre activité, la première chose que nous faisons est d'observer le ciel. Nous faisons tous cela, simplement les uns trouvent des réponses et les autres des questions.

Coups de vent, turbulences, mauvaise visibilité sont des facteurs de risque importants pour les sports aériens. Il faut être capable d'observer et d'analyser une situation météo pour décider si l'on peut sauter en parachute. Cela demande des connaissances. Il existe des phénomènes peu connus comme le givrage sur les avions, d'autres sont invisibles comme les turbulences ou peuvent survenir brusquement comme les orages.

Celui qui s'intéresse à la météorologie apprend à assurer sa sécurité et à interpréter un bulletin de prévision pour programmer ses activités en fonction du temps prévu.

Dans la première partie de ce chapitre, nous allons donner une définition de la météorologie et étudier trois paramètres fondamentaux :

- ✗ la pression ;
- ✗ la température ;
- ✗ l'humidité.

Dans la deuxième partie, nous étudierons les facteurs à prendre en compte pour décider si l'on peut sauter en toute sécurité :

- ✗ le vent ;
- ✗ le plafond et la visibilité ;
- ✗ les turbulences ;
- ✗ la température et l'humidité ;
- ✗ le risque orageux.

Nous donnerons pour chacun :

- ✗ une définition ;
- ✗ des éléments d'observation ;
- ✗ l'origine du phénomène et de ses variations ;
- ✗ les dangers et les règles à observer.

Dans la troisième partie, nous aborderons des aspects généraux permettant de comprendre l'évolution du temps et les bulletins de prévision.

Il existe de nombreux manuels de météorologie. L'objectif n'est pas ici d'en faire un de plus, mais d'aborder cette matière en se préoccupant essentiellement de ce qui intéresse le parachutiste sportif.

CLIMATOLOGIE, MÉTÉOROLOGIE & AÉROLOGIE

LA CLIMATOLOGIE

La climatologie est l'étude du climat, c'est-à-dire l'étude de la succession des conditions météorologiques sur de longues périodes (mois, années, etc.) dans une région donnée.

L'étude du temps à court terme est du ressort de la météorologie.

LA MÉTÉOROLOGIE

La météorologie est l'étude des phénomènes atmosphériques (nuages, précipitations, vents, etc.) afin de comprendre comment ils se forment et évoluent dans le but notamment d'établir des prévisions sur une courte période (quelques jours).

Les phénomènes météorologiques ont lieu dans la couche basse de l'atmosphère, la troposphère (de 0 à 8000 m aux pôles, 17000 m à l'équateur).

Les changements de temps résultent des variations de pression, de température, d'humidité et des échanges d'énergie qui les accompagnent.

L'AÉROLOGIE

L'aérologie est l'étude de la composition et des propriétés physiques et chimiques de la troposphère du point de vue de leur extension verticale.

C'est un outil qui fait appel aux radiosondes ou aux satellites et qui permet d'obtenir des données qui seront utilisées en météorologie. L'aérologie est donc une des branches de la météorologie.

LES ÉCHELLES D'OBSERVATION

Échelle	Étendue	Durée de vie	Exemples de phénomènes météorologiques
Planétaire	> à 1000 km	Mois - Année	Circulation générale - Saisons - Circulation de Hadley - Mousson
Synoptique	De 100 à 1000 km	Quelques jours	Perturbations (anticyclones, dépressions) - Cyclones
Méso-échelle	De 10 à 100 km	Une journée	Brises - Vents locaux
Aérologique	De 100 m à 10 km	Quelques heures	Orages - Tornades - Formation des cumulus
Micro-échelle	Quelques mètres	Secondes - Minutes	Rafales de vent - Tourbillons

L'ATMOSPHÈRE

DÉFINITION

L'atmosphère terrestre est une fine enveloppe gazeuse qui entoure la terre.

Elle n'a pas de limite précise. Le passage au vide (à l'espace) est progressif. Il est donc difficile de déterminer son épaisseur qui peut aussi varier en fonction de la latitude (des pôles à l'équateur). Elle peut donc être délimitée selon différents critères. À titre d'exemples :

- ✗ **100 km** (ligne de Karman) est l'altitude définie par la Fédération Aéronautique Internationale (FAI). Les surfaces aérodynamiques ne fonctionnent plus à cette altitude ;
- ✗ **120 km** est approximativement l'altitude où l'effet d'échauffement d'un corps solide (météore, capsule, navette spatiale, etc.), lors de sa rentrée atmosphérique, n'est plus négligeable. Cet échauffement, qui peut aller jusqu'à l'incandescence et la destruction, est dû à la vitesse de l'objet, à la compression des particules d'air devant celui-ci et à leur frottement ;
- ✗ **de 600 km à 10 000 km** se trouve l'exosphère. Elle est considérée comme la dernière couche de l'atmosphère. La densité des particules présentes est extrêmement faible et progressivement proche du milieu interplanétaire.

COMPOSITION DE L'AIR ATMOSPHÉRIQUE

Nous pouvons considérer l'air atmosphérique comme le mélange de deux gaz : l'air sec et la vapeur d'eau.

L'**air sec** est constitué de :

- ✗ 78 % d'azote ;
- ✗ 21 % d'oxygène ;
- ✗ 1 % de gaz divers (gaz carbonique, méthane, hydrogène, néon, ozone, etc.).

Le **vapeur d'eau** est de l'eau qui se trouve, non plus à l'état liquide, mais à l'état de gaz. Elle est invisible mais présente en proportion variée dans toute l'atmosphère (de 0,1 à 5 % de l'air qui nous entoure). On perçoit nettement la différence entre un air sec et un air humide. Une atmosphère complètement sèche serait irrespirable.

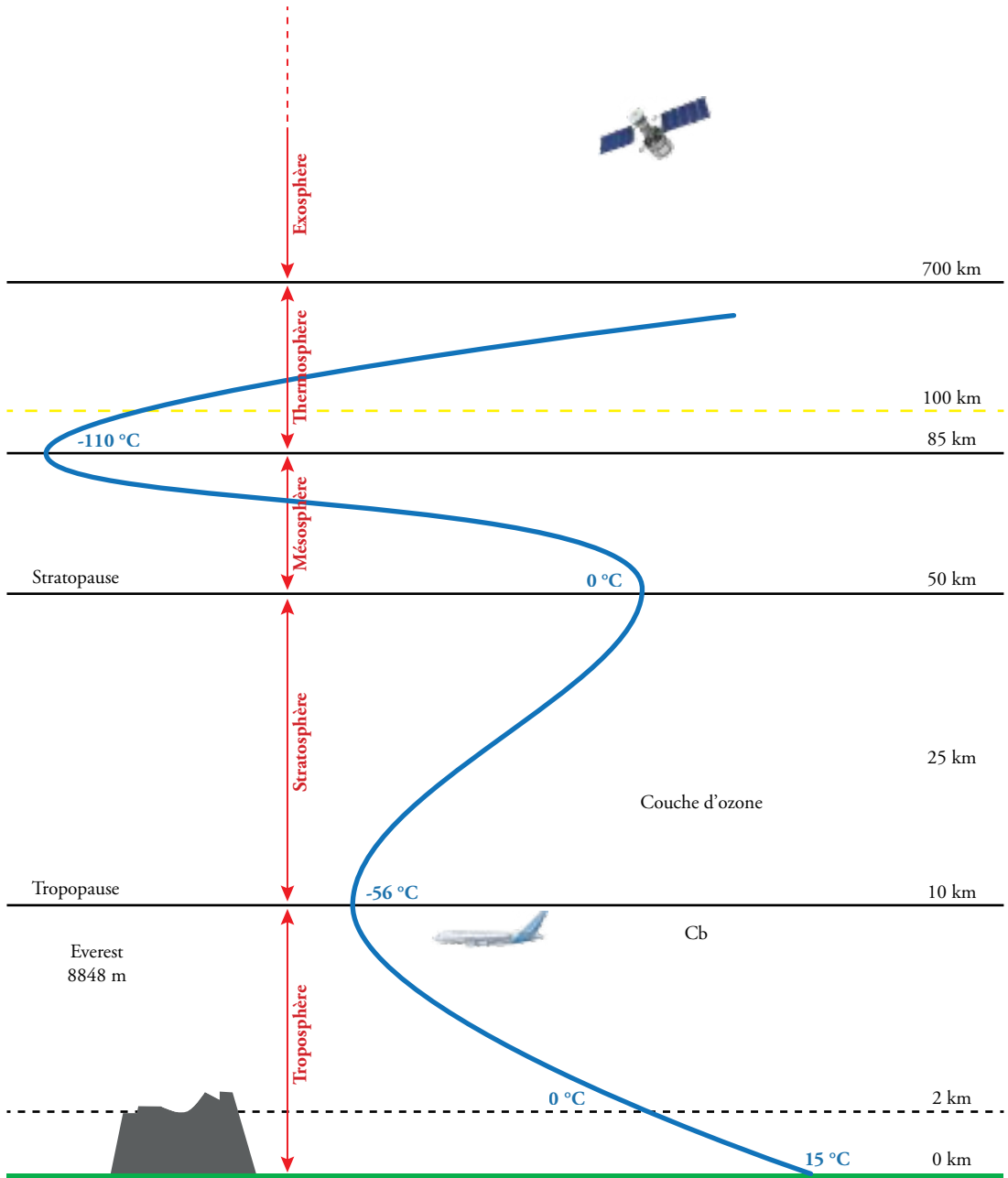
La vapeur d'eau joue un rôle très important en météorologie. Elle provient de l'évaporation dont l'essentiel s'effectue au-dessus des océans. Elle se raréfie avec l'altitude.

Des particules solides d'origines naturelles (débris végétaux et minéraux, poussières, pollen, bactéries, sels marins, etc.) ou artificielles (fumées, particules industrielles, etc.) sont aussi présentes dans l'air atmosphérique.

Elles servent de support à la condensation. On en trouve de grandes quantités dans les basses couches de l'atmosphère.

LES COUCHES DE L'ATMOSPHÈRE

L'atmosphère est divisée en plusieurs couches d'épaisseurs variables délimitées en fonction des discontinuités de variation de température avec l'altitude.



LA PRESSION ATMOSPHÉRIQUE

DÉFINITION

La pression atmosphérique est le poids exercé par une colonne d'air verticale d'une section d'un mètre carré s'étendant d'un point de mesure jusqu'à la limite de l'atmosphère.

C'est le rapport : poids d'une colonne d'air par m^2 .

UNITÉS

Unité de poids et de masse : on exprime souvent le poids en kilogramme (kg) mais c'est une erreur. Le kilogramme est une unité de masse (proportionnelle à la quantité de matière). Le poids, lui, est une force. C'est la force qu'exerce l'attraction terrestre sur la matière. Masse et poids sont des grandeurs différentes. L'unité pour exprimer le poids est le Newton (N).

Au niveau de la mer, un objet dont la masse est de 100 g a un poids d'environ 1 N. En apesanteur, sa masse reste la même mais son poids est nul. La masse reste constante alors que le poids diminue avec l'altitude.

Unité de pression : l'unité utilisée dans le système international d'unités (SI) est le pascal (Pa).

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

En météorologie, on utilise l'hectopascal (hPa).

$$1 \text{ hPa} = 100 \text{ Pa} = 100 \text{ N/m}^2 (\approx 10 \text{ kg/m}^2).$$

La valeur de la pression en atmosphère dite standard est de 1013,25 hPa pour une température de 15 °C, au niveau de la mer.

Cette pression moyenne équivaut à environ 10 tonnes par mètre carré ! Nous supportons cette pression car nous l'équilibrons avec notre pression interne.

Il existe d'autres unités de pression. Parmi les plus courantes, nous pouvons citer :

Le millimètre de mercure (mmHg) : $760 \text{ mmHg} = 1013,25 \text{ hPa}$;

Le bar : $1 \text{ millibar (mb)} = 1 \text{ hPa}$;

L'atmosphère normale (atm) : $1 \text{ atm} = 1013,25 \text{ hPa}$;

La livre par pouce carré (psi).

VALEURS

Les valeurs de pression au niveau de la mer, aux latitudes moyennes, peuvent osciller entre 950 et 1050 hPa. 980 hPa et 1030 hPa correspondent respectivement à une dépression et à un anticyclone très marqués.

On considère qu'au-dessus de 1015 hPa, on va vers une zone de haute pression (anticyclone) et qu'au-dessous de 1015 hPa, on va vers une zone de basse pression (dépression).

Les valeurs extrêmes mesurées officiellement dans le monde sont :

- ✘ 867 hPa dans un cyclone du Pacifique ;
- ✘ 1084,8 hPa en Mongolie.

LES VARIATIONS DE PRESSION EN FONCTION DE L'ALTITUDE

La pression atmosphérique sur une surface est donnée par le poids de la colonne d'air qui la surmonte. Lorsqu'on élève cette surface, la hauteur de cette colonne diminue tout comme son poids. Par conséquent, la pression atmosphérique diminue lorsque que l'on gagne de l'altitude.

Valeur de la pression atmosphérique en fonction de l'altitude (en atmosphère standard)						
ALTITUDE (en m)	0	1000	2000	4000	5500	10000
PRESSION (en hPa)	1013,25	900	795	617	505	265

Nous constatons dans le tableau ci-dessus qu'à 5500 mètres d'altitude, la pression a diminué de moitié. Nous pouvons donc en déduire que la moitié de la masse totale de l'atmosphère se situe en-dessous de 5500 mètres.

La diminution de pression avec l'altitude n'est pas linéaire. Elle est plus importante dans les basses couches qu'en haute altitude.

Pour une même variation de pression, la variation d'altitude augmente à mesure que l'on s'élève. Ainsi, une baisse de 1 hPa correspond à une élévation de :

- × **8,5 m** au niveau de la mer ;
- × **10 m** à 2000 m d'altitude ;
- × **17 m** à 5500 m d'altitude ;
- × **25 m** à 10 000 m d'altitude.

LES VARIATIONS DE PRESSION EN FONCTION DU LIEU

La pression atmosphérique ne varie pas seulement en fonction de l'altitude mais aussi selon le lieu car le réchauffement dû au soleil est inégalement réparti à la surface de la planète. Ainsi, en fonction de la nature du sol et de divers autres paramètres, la température n'est pas uniforme à la surface du globe. La densité de l'air étant directement liée à la température (l'air froid est plus dense que l'air chaud), le poids des colonnes d'air, donc leur pression, diffère en fonction des lieux.

Il y a des zones de hautes pressions associées au beau temps : **les anticyclones** (notés «**A**») et les zones de basses pressions associées au mauvais temps, **les dépressions** (notées «**D**»).

Ces différences de pression entre deux lieux sont aussi à l'origine des vents.

Sur des cartes, on trace des lignes isobares en reliant les points d'égale pression. Ces lignes montrent les anticyclones, les dépressions et leurs évolutions sur plusieurs jours.

L'anticyclone des Açores, situé au large et au sud de l'Espagne, et la dépression d'Islande sont des centres d'actions déterminants pour le temps qu'il fait en Europe et en France métropolitaine.

LES VARIATIONS DE PRESSION AU COURS DE LA JOURNÉE

Au cours d'une journée (24 heures), en un même lieu, on peut observer des variations régulières de la pression atmosphérique dues à l'échauffement du sol.

On peut remarquer une double oscillation de la pression :

- ✗ Elle augmente entre 4 et 10 heures du matin ;
- ✗ Elle diminue entre 10 et 16 heures ;
- ✗ Elle augmente de nouveau entre 16 et 22 heures ;
- ✗ Elle diminue de nouveau entre 22 et 4 heures.

L'amplitude de ces oscillations varie avec la latitude : elle est négligeable aux pôles, de l'ordre de 1 hPa dans les régions tempérées, et peut atteindre 4 hPa dans les régions équatoriales.

Sur la même durée, les écarts liés à la situation générale (perturbations) sont beaucoup plus importants. Ils peuvent atteindre plusieurs dizaines d'hPa et masquent souvent les oscillations diurnes.

L'ATMOSPHERE STANDARD

L'atmosphère standard (ou normale) est un modèle théorique de référence. Il correspond aux conditions moyennes de pression et de température que l'on rencontre dans l'atmosphère sous nos latitudes.

Ses principales caractéristiques sont :

- ✗ Pression au niveau de la mer : 1013,25 hPa ;
- ✗ Température au niveau de la mer : 15 °C ;
- ✗ Humidité : 0% ;
- ✗ La température baisse linéairement de 6,5 °C tous les 1000 mètres jusqu'à 11000 m.

Ce modèle qui définit des valeurs de référence permet, entre autre, de baser les altimètres et les calculs altimétriques sur une même loi de variation de pression en fonction de l'altitude.

LA TEMPÉRATURE

DÉFINITION

La température est la mesure de la chaleur d'un corps.

En physique, c'est la mesure indirecte de l'agitation moléculaire d'un corps. L'amplitude de cette agitation augmente avec la température. C'est ce qui explique, qu'à pression constante, un corps augmente de volume quand sa température augmente (et inversement). Cette dilatation est fonction d'un coefficient propre à chaque matériau.

Il existe cependant quelques éléments qui font exception à ce phénomène. C'est le cas de l'eau qui augmente de volume quand sa température descend sous les 4 °C, y compris au cours de la solidification (formation de glace).

UNITÉS ET CORRESPONDANCES

Le kelvin (K) : c'est l'unité légale dans le système international (SI).

0 K (zéro kelvin) correspond au zéro absolu, c'est-à-dire à la température à laquelle les particules qui forment la matière (atomes et molécules) ont une agitation nulle. Cette température est impossible à atteindre (0 K = - 273,15 °C).

Le degré Celsius (°C) (aussi appelé degré centigrade) : c'est l'unité la plus couramment utilisée.

Elle prend comme référence au niveau de la mer et en atmosphère standard (1013,25 hPa):

- ✖ 0 °C : température de fusion (ou de solidification) de l'eau ;
- ✖ 100 °C : température d'ébullition de l'eau.

Le degré Fahrenheit (°F) : cette unité est principalement utilisée dans les pays anglo-saxons.

Ses références sont :

- ✖ 32 °F : point de solidification de l'eau ;
- ✖ 212 °F : point d'ébullition de l'eau.

La formule est : $T(^{\circ}\text{F}) = 9/5 \times T(^{\circ}\text{C}) + 32$

Quelques valeurs remarquables

	° CELSIUS	KELVIN	° FAHRENHEIT
Zéro absolu :	- 273,15 °C	0 K	- 459,67 °F
Température de solidification de l'eau* :	0 °C	273,15 K	32 °F
Température d'ébullition de l'eau* :	100 °C	373,15 K	212 °F

* À la pression standard 1013,25 hPa.

MESURE

On mesure la température à l'aide d'un thermomètre, sous abri.

La mesure sous abri protège ainsi le thermomètre des influences extérieures (vent, rayonnement, etc.). Si le thermomètre est exposé directement au rayonnement solaire, il chauffe et indique sa propre température qui est alors supérieure à celle de l'air.

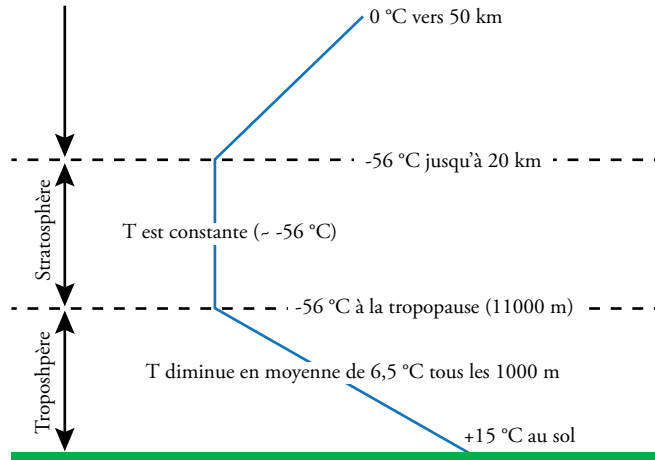
VALEURS RECORD

Les valeurs «record» officielles enregistrées dans le monde sont :

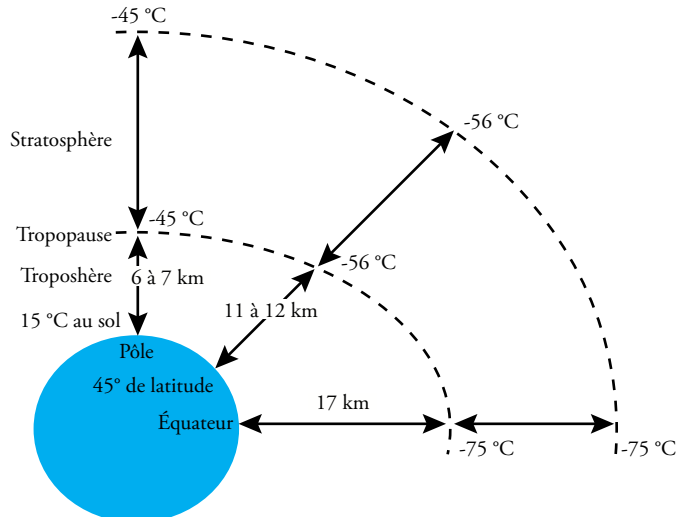
- ✘ - 89,2 °C à Vostoc (Antarctique) en 1983 ;
- ✘ + 56,7 °C aux États-Unis en 1913.

VARIATIONS DE TEMPÉRATURE

Avec l'altitude



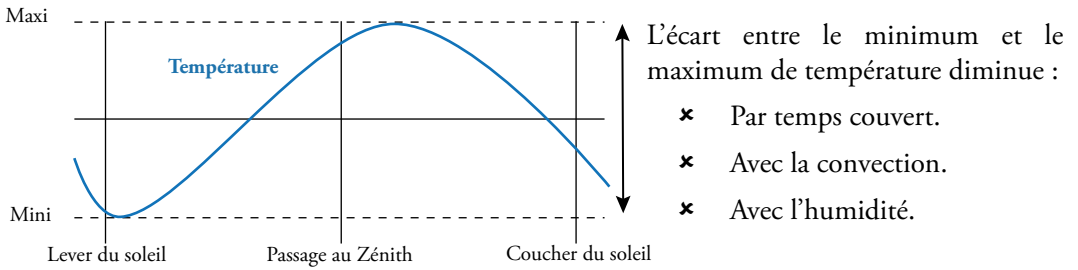
Avec la latitude



Près du sol

Le matin, suite au refroidissement nocturne, la température diminue près du sol. C'est l'une des causes de formation du brouillard. La journée, par temps ensoleillé, la température augmente près du sol.

Au cours de la journée



Par ciel clair et sans vent, on mesure :

- ✗ Le minimum de température une demie-heure après le lever du soleil ;
- ✗ Le maximum deux heures après le passage du soleil au zénith.

ÉCHAUFFEMENT DE L'AIR ATMOSPHÉRIQUE

La source de chaleur est le rayonnement solaire. En traversant l'atmosphère :

- ✗ Une partie du rayonnement est réfléchié ($\approx 30\%$) ;
- ✗ Une partie est absorbée ($\approx 20\%$) ;
- ✗ Une partie arrive jusqu'au sol ($\approx 50\%$). C'est elle qui est responsable de l'essentiel des variations de température de l'air atmosphérique.

Trois processus entrent en jeu pour l'échauffement de l'air atmosphérique. Dans l'ordre :

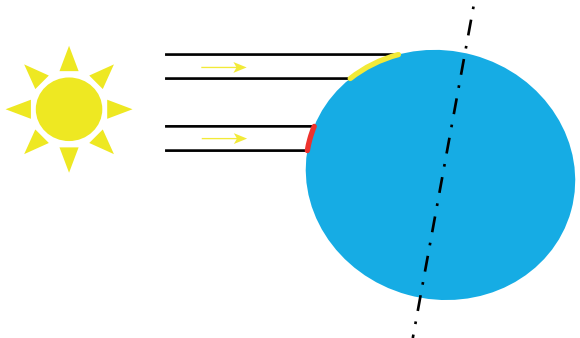
- 1) **Le rayonnement** : les rayons du soleil échauffent peu l'air mais chauffent surtout le sol ;
- 2) **La conduction** : l'air s'échauffe par contact avec le sol ;
- 3) **La convection** :
 - ✗ L'air échauffé près du sol devient plus léger que l'air froid situé au-dessus et monte ;
 - ✗ L'air froid, plus lourd, descend afin de remplacer l'air chaud et s'échauffe à son tour ;
 - ✗ Il se crée un brassage thermique, la convection, qui chauffe la masse d'air sur une épaisseur plus ou moins grande.

PARAMÈTRES INFLUENÇANT L'ÉCHAUFFEMENT DE L'AIR

L'angle d'incidence du rayonnement

Il varie avec les saisons, la latitude et l'heure.

Plus le rayonnement est perpendiculaire au sol, plus l'échauffement est grand car la même énergie se concentre sur une surface plus petite.

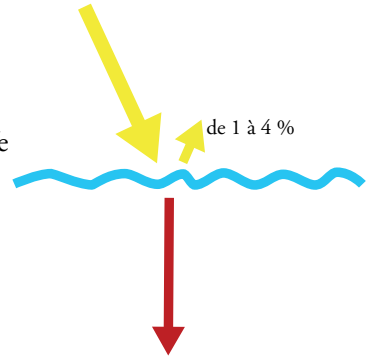


La nature de la surface

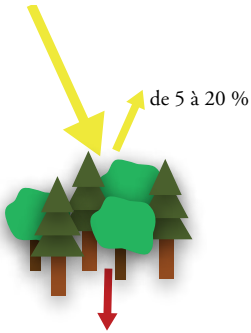
La nature du sol est un paramètre important pour l'échauffement de l'air. Tous les sols ne s'échauffent pas de la même façon. Deux facteurs entrent en jeu :

- ✗ La part du rayonnement absorbée et la part réfléchie, qui dépendent de la nature du sol ;
- ✗ La façon dont s'échauffe le sol sous l'effet du rayonnement (en surface ou en profondeur, lentement ou rapidement).

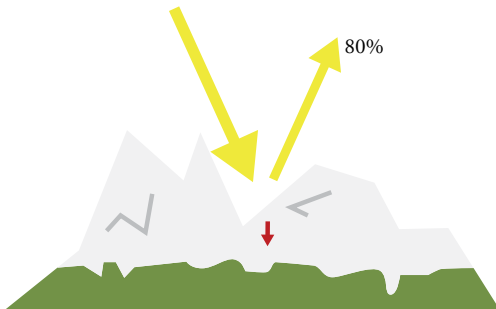
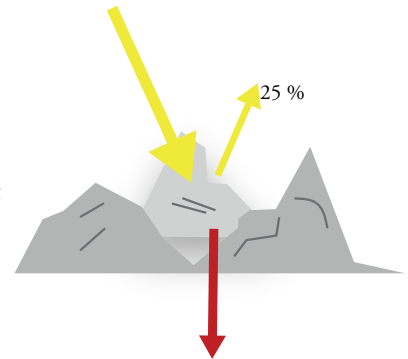
L'eau absorbe la quasi-totalité du rayonnement, s'échauffe lentement et en profondeur. Elle influence peu la convection.



Les forêts, les prés, les sols sombres et humides s'échauffent peu.

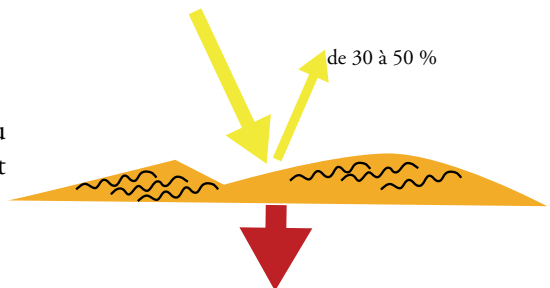


Les rochers, toits en métal, routes, sols clairs et secs s'échauffent beaucoup et rapidement. Ils influencent beaucoup la convection.



La neige réfléchit la quasi-totalité du rayonnement et s'échauffe peu (sinon elle fondrait immédiatement). Elle influence très peu la convection.

Le sable réfléchit une grande partie du rayonnement, s'échauffe beaucoup en surface et peu en profondeur.



L'humidité

L'eau est un régulateur thermique. Les variations de température sont plus marquées en air sec qu'en air humide, sur terre que sur l'eau.

La condensation (formation d'un nuage) et l'évaporation (dissipation d'un nuage) s'accompagnent d'importants transferts d'énergie qui font varier la température de l'air.

LE REFROIDISSEMENT DE L'AIR AVEC L'ALTITUDE

Lorsqu'un gaz (l'air) se détend (soulèvement), il se refroidit. Donc, lorsque la pression atmosphérique diminue, la température diminue également. C'est la cause principale du refroidissement de l'air avec l'altitude.

La norme adoptée par l'OACI (Organisation de l'Aviation Civile Internationale) concernant la baisse de la température en fonction de l'altitude est une diminution linéaire de $6,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ tous les 1000 mètres jusqu'à 11000 m (en atmosphère standard - voir chapitre altimétrie) ;

Cette valeur est utilisée notamment pour les calculs altimétriques. Elle ne correspond pas à la variation réelle.

Le gradient thermique.

Le gradient est le taux de variation (croissance ou décroissance) d'un élément météorologique (température, pression, force du vent, etc.) en fonction de la distance (horizontale ou verticale). Dans le sens vertical, le gradient thermique (gradient de température) s'exprime en $^{\circ}\text{C}$ par 100 m ou par 1000 m.

Le gradient thermique adiabatique.

Le terme « Adiabatique » s'emploie (en outre) pour désigner la transformation d'une particule d'air qui s'élève (ou descend) sans qu'elle n'échange de chaleur avec le milieu environnant.

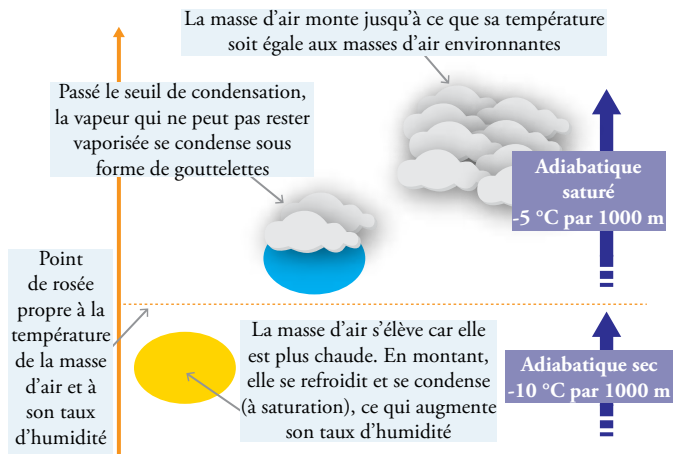
Le gradient thermique adiabatique est la variation de température de cette particule lors de son ascension (ou de sa descente) due uniquement au changement de pression (détente = refroidissement et compression = réchauffement).

Le gradient vertical de refroidissement d'une particule d'air sec qui subit une ascension est de $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ tous les 100 m ($10\text{ }^{\circ}\text{C}/1000\text{ m}$). On parle, dans ce cas, de gradient adiabatique « sec ».

Lorsque cette particule arrive à saturation et condense tout en poursuivant son ascension (voir chapitre humidité), son refroidissement ne sera plus que de $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ par 100 m ($5\text{ }^{\circ}\text{C}/1000\text{ m}$). On parle, dans ce cas, de gradient adiabatique « saturé ».

Ces valeurs théoriques diffèrent et ne doivent pas être confondues avec la référence de gradient vertical retenu par l'OACI pour la norme de l'atmosphère standard ($-6,5\text{ }^{\circ}\text{C}/1000\text{ m}$) employée en altimétrie.

La compréhension de ces paramètres, en fonction des conditions météorologiques de la journée, sont déterminantes pour évaluer le degré de risque de développement orageux (voir chapitre stabilité-instabilité et orage).

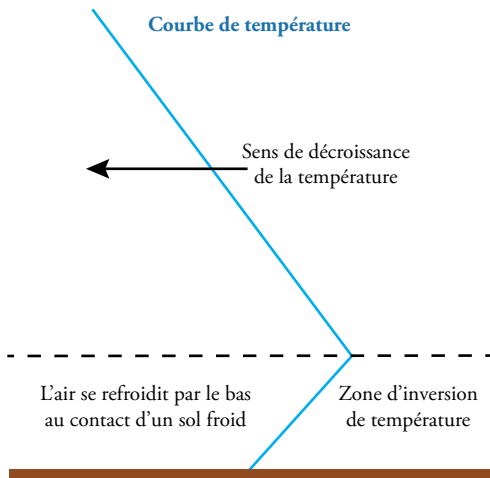


INVERSIONS DE TEMPÉRATURE

Une inversion de température est une situation où la température à une altitude donnée est supérieure à la température mesurée à une altitude inférieure. Cela signifie qu'à un moment, la température croît avec l'altitude alors que, normalement, quand on s'élève dans l'atmosphère, elle décroît régulièrement jusqu'à la tropopause.

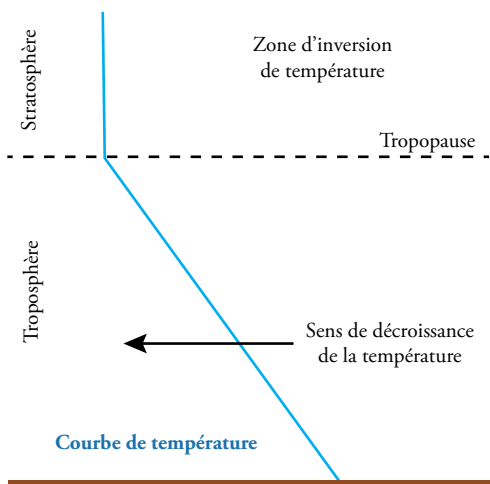
L'inversion de rayonnement

Elle se produit près du sol, souvent durant les nuits d'hiver lorsque le ciel est dégagé.



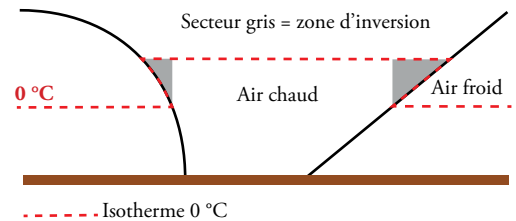
L'inversion de la tropopause

La température décroît dans la troposphère et cesse de décroître à partir de la tropopause (dans la stratosphère). On peut considérer qu'il y a une inversion de température à partir de cette limite.



L'inversion frontale

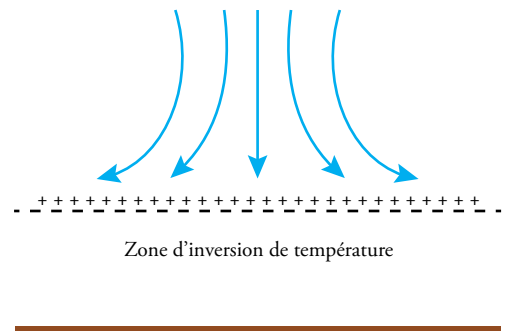
Au passage d'une perturbation, l'isotherme zéro étant plus haut dans l'air chaud que dans l'air froid, on rencontre une inversion de température, sur le front chaud et sur le front froid.



L'inversion de subsidence

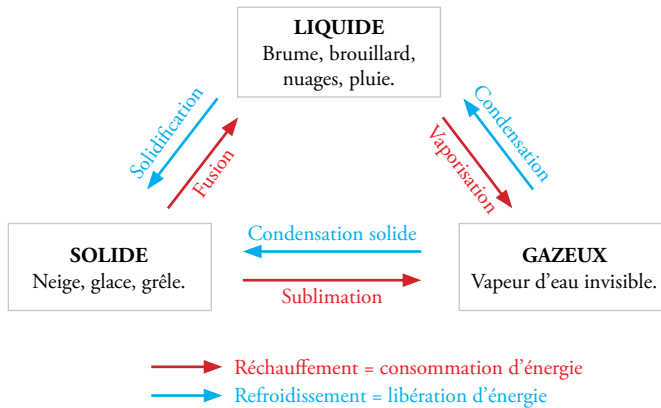
La subsidence en météorologie est le déplacement d'une masse d'air vers le sol (de haut en bas). Le phénomène inverse s'appelle l'ascendance.

Cette couche d'inversion est due, dans un anticyclone, à l'affaissement d'une masse d'air qui se comprime, ce qui provoque un réchauffement sur une zone plus ou moins haute. Elle peut se situer à n'importe quelle altitude.



L'HUMIDITÉ

LES DIFFÉRENTS ÉTATS DE L'EAU



QUELQUES VALEURS

- ✗ 71 % de la surface de la terre est recouverte d'eau ;
- ✗ 97 % de l'eau se trouve dans les océans et les mers sous forme d'eau salée ;
- ✗ 3 % sous forme d'eau douce ;
- ✗ 75 % de l'eau douce se trouve dans les calottes glacières, les icebergs et les glaciers.

L'EAU DANS L'ATMOSPHERE

L'eau dans l'atmosphère provient de l'évaporation permanente au-dessus des surfaces terrestres et maritimes. Elle joue un rôle essentiel en météorologie.

La vapeur d'eau est de l'eau à l'état gazeux, invisible.

Les nuages, la brume, le brouillard ne sont pas constitués de vapeur d'eau mais d'eau à l'état liquide (des gouttelettes en suspension dans l'air) ou solide (les nuages d'altitude sont constitués de cristaux de glace).

L'air ne peut contenir qu'une quantité limitée de vapeur d'eau. Cette quantité dépend de la température et de la pression (moindre en air froid et basse pression). Quand la limite est atteinte, l'air est saturé, l'apport excédentaire de vapeur d'eau condense et forme brumes, brouillards ou nuages (à condition qu'il y ait des noyaux de condensation).

Les variations de température et de pression qui entraînent la condensation ou l'évaporation sont, en grande partie, dues aux processus suivants :

Soulèvement = **Détente** = **Refroidissement** = **Condensation**
d'un volume d'air (la pression diminue)

Affaissement = **Compression** = **Échauffement** = **Évaporation**
d'un volume d'air (la pression augmente)

DÉFINITIONS

L'hygrométrie est la science qui a pour objet de déterminer et d'étudier la quantité d'humidité contenue dans l'air. Par abus de langage, on emploie souvent le terme "d'hygrométrie" à la place de "degré d'hygrométrie" pour désigner cette quantité.

L'humidité d'une masse d'air peut s'exprimer de deux façons :

1) L'humidité absolue

C'est la quantité de vapeur d'eau contenue dans un mètre cube d'air, exprimée en gramme de vapeur d'eau par mètre cube d'air sec (g/m^3). Parfois, elle peut être aussi exprimée en gramme par kilogramme d'air sec (g/kg). Les valeurs sont de l'ordre de quelques grammes (10, 20, etc.).

La notion d'humidité absolue traduit la présence en plus ou moins grande quantité de vapeur d'eau dans l'atmosphère.

Cette quantité est limitée et dépend de la température. Plus l'air est chaud et plus il peut contenir de vapeur d'eau. Au-delà de cette limite, la vapeur d'eau se condense sous forme de micro-gouttelettes en suspension et on voit apparaître brumes, brouillards ou nuages. On dit alors que l'air est saturé.

La valeur de **saturation** (vs en g/m^3) est la quantité maximum admissible de vapeur d'eau que peut contenir une masse d'air avant la condensation.

PRESSION	TEMPÉRATURE	QUANTITÉ MAXIMUM ADMISSIBLE DE VAPEUR D'EAU (VS)
1000 hPa	25 °C	≈ 20 g/kg d'air sec
	19 °C	≈ 14 g/kg d'air sec
	12 °C	≈ 9 g/kg d'air sec

2) L'humidité relative

Prenons l'exemple d'une masse d'air ayant une humidité absolue de $9 \text{ g}/\text{m}^3$ à une température de 12 °C. Elle nous paraît humide (le tissu d'une voile de parachute sera "souple" lors du pliage, une lessive mettra beaucoup de temps à sécher, une feuille de papier paraîtra "molle", etc.). Cependant, une masse d'air d'humidité absolue identique ($9 \text{ g}/\text{m}^3$) mais à une température de 25 °C nous paraît sèche (le tissu de la voile du parachute est plus "rigide" et difficile à plier, la lessive sèche plus rapidement, la feuille de papier est "ferme", etc.).

Connaître uniquement l'humidité absolue est donc insuffisant pour appréhender les phénomènes et les réactions dus à la présence de vapeur d'eau dans la masse d'air.

C'est la raison pour laquelle on a défini l'humidité relative.

L'humidité relative d'une masse d'air (notée u ou hr) est, pour une température donnée, le rapport entre sa valeur d'humidité absolue (en g/m^3) et sa valeur de saturation (en g/m^3) multiplié par 100. Le résultat s'exprime en pourcentage (%).

$$u (\%) = \frac{\text{humidité absolue } (\text{g}/\text{m}^3)}{\text{valeur de saturation } (V_s \text{ en } \text{g}/\text{m}^3)} \times 100$$

PRESSION	TEMPÉRATURE	QUANTITÉ MAXIMUM ADMISSIBLE DE VAPEUR D'EAU (VS)	HUMIDITÉ ABSOLUE	HUMIDITÉ RELATIVE (u)
1000 hPa	25 °C	20 g/kg d'air sec	9 g/kg d'air sec	45 %
	19 °C	14 g/kg d'air sec		65 %
	12 °C	9 g/kg d'air sec		100 %

u n'est jamais égal à 0 %. L'air n'est jamais complètement sec, il serait irrespirable. Dans les régions désertiques, $u \approx 25 \%$ (l'air contient 25 % de la quantité admissible de vapeur d'eau).

$u = 100 \%$ (valeur maximale) signifie que la masse d'air est saturée en vapeur d'eau. Si on continue à apporter de la vapeur d'eau, l'excédent va condenser (passer à l'état liquide et donner des nuages, du brouillard, de la rosée, etc.). Inversement, une diminution entraîne l'évaporation (le nuage se dissipe, le brouillard disparaît, etc.).

L'HUMIDITÉ D'UNE MASSE D'AIR

Elle dépend de deux facteurs :

1) L'apport en vapeur d'eau

Plus on apporte de la vapeur d'eau, plus la masse d'air est humide. La vapeur d'eau provient de l'évaporation au-dessus des océans et des sols, des précipitations (une partie des précipitations s'évapore avant de toucher le sol) ou du mélange avec une masse d'air plus humide. Elle décroît avec l'altitude (on s'éloigne des sources d'évaporation).

2) La température

Le facteur température est très important. Il a plusieurs conséquences :

- ✗ Plus l'air est chaud, plus il peut contenir de vapeur d'eau, moins il y aura de condensation.
- ✗ Plus l'air est froid, moins il peut contenir de vapeur d'eau, plus il y aura de condensation.
- ✗ Quand on soulève une masse d'air, elle subit un refroidissement, la condensation apparaît à partir d'un niveau qui dépend de sa température et de son humidité initiale, ainsi que de l'importance du soulèvement.

LA SATURATION

Un volume d'air ne peut contenir qu'une quantité limitée de vapeur d'eau, qui dépend de sa température. Quand ce seuil est atteint, on dit qu'il y a saturation, l'air est saturé en vapeur d'eau.

Comment amener une masse d'air à saturation ?

Il existe différents processus.

1) Par apport de vapeur d'eau

Exemple : $u = 75 \%$. Une forte évaporation se traduit par un apport de vapeur d'eau, donc u augmente. Quand $u = 100 \%$, la masse d'air est saturée en vapeur d'eau. Un apport supplémentaire de vapeur d'eau va condenser.

2) Par refroidissement

Exemple : $u = 75 \%$. L'air se refroidit, donc la quantité maximale de vapeur d'eau admissible diminue. u augmente, même s'il n'y a pas apport de vapeur d'eau. Si la température continue de baisser, u continue d'augmenter jusqu'à ce que $u = 100 \%$.

Une masse d'air peut se refroidir par différents processus :

- ✗ Par rayonnement : la nuit, le sol se refroidit et refroidit l'air à son contact.
- ✗ Par advection : déplacement horizontal d'une masse d'air chaud vers un sol froid.
- ✗ Par soulèvement (par détente) :
 - Sur un relief (la masse d'air est soulevée en bloc).
 - Sur un front :
 - ◆ Front chaud : l'air chaud passe au-dessus de l'air froid.
 - ◆ Front froid : l'air froid se glisse sous l'air chaud.
 - Par convection (l'air s'échauffe près du sol, puis il monte, se détend et se refroidit).

3) Par mélange et turbulence

Deux masses d'air qui se rencontrent tendent à garder leurs caractéristiques, avec une séparation assez nette.

Quand on roule à vélo en campagne, on sent très bien la limite entre les secteurs froids et les secteurs chauds. Il existe cependant une zone de faible épaisseur sur laquelle les masses d'air se mélangent. La plus humide apporte de la vapeur d'eau à la plus sèche.

Le vent ou les turbulences favorisent le mélange des masses d'air, par brassage.

LE POINT DE CONDENSATION (C)

Quand un volume d'air se soulève, il se détend (sa pression baisse) et se refroidit. La quantité maximale de vapeur d'eau qu'il peut contenir diminue. À une hauteur donnée, on atteint le seuil de saturation et la condensation débute. C'est le point de condensation que l'on note C. Il correspond à la base des nuages.

LA TEMPÉRATURE DU POINT DE ROSÉE (Td)

Quand l'air se refroidit près du sol, par exemple la nuit et particulièrement en hiver, on atteint rapidement le seuil de saturation. La condensation se produit alors sous forme de brouillard ou de rosée. Elle débute à une température dite "température du point de rosée", que l'on note Td.

En connaissant la température de l'air (T) et la température du point de rosée (Td), on sait que :

- ✗ Plus la température de l'air (T) est proche de Td, plus l'air est humide ;
- ✗ Plus la température de l'air (T) est éloignée de Td, plus l'air est sec.

LES NOYAUX DE CONDENSATION ET LA SURSATURATION

En réalité, pour que la condensation se produise, il faut deux conditions :

- 1) Que $u = 100\%$ et que l'apport de vapeur d'eau ou le refroidissement continue.
- 2) Qu'il y ait des noyaux de condensation. Ce sont des particules solides d'origine naturelle (sels minéraux, poussières, cristaux de sable, etc.) ou industrielle (fumées, pollution, etc.).

En l'absence de particules solides, il n'y a pas condensation, même si la masse d'air est saturée en vapeur d'eau. On parle de "sursaturation". L'air contient plus de vapeur d'eau qu'il ne le pourrait normalement. C'est un état d'équilibre très instable.

LE VENT

DÉFINITION

Le vent est le mouvement horizontal de l'air.

CARACTÉRISTIQUES

Le vent se caractérise par sa direction et sa vitesse.

1) Direction du vent

C'est la direction d'où vient le vent.

Elle s'exprime :

- ✖ Par rapport aux points cardinaux ;
- ✖ Ou en degrés sur la rose des vents.

2) Vitesse du vent

L'unité standard internationale est le mètre par seconde (m/s).

On utilise aussi le nœud (noté kt pour "knot" en anglais) ainsi que le kilomètre par heure (km/h).

$$1 \text{ kt} = 1 \text{ mille marin (nautique)/heure} = 1852 \text{ m/h.}$$

$$1 \text{ m/s} = 3,6 \text{ km/h} \approx 2 \text{ kts.}$$

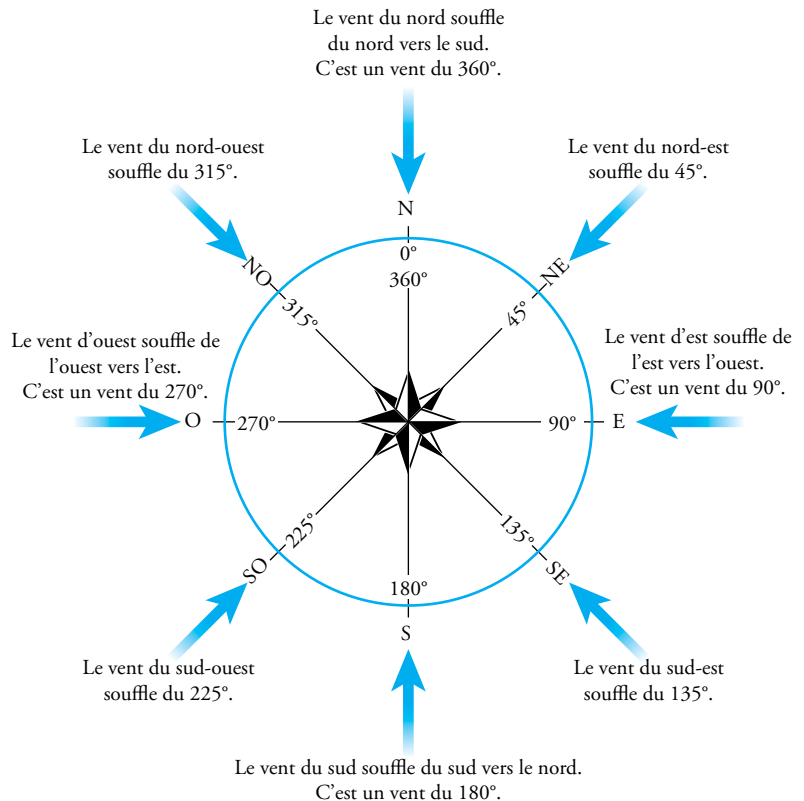
$$1 \text{ kt} \approx 1,8 \text{ km/h}$$

On mesure la vitesse du vent hors influence du sol (à 10 m de haut et sur une zone dégagée d'obstacle).

En météorologie, l'indication donnée correspond à la vitesse moyenne du vent sur 10 minutes.

En aéronautique, l'indication donnée correspond à la vitesse moyenne du vent sur 2 minutes.

On parle de rafale quand la vitesse instantanée du vent dépasse de 10 kts la vitesse moyenne.



QUELLE EST L'ORIGINE DU VENT ?

Pour répondre à cette question, il convient de distinguer deux types de vents : le vent "météorologique" et les vents "locaux".

Le vent météorologique résulte de la situation générale. Il agit sur de grandes étendues.

Les vents locaux, comme les brises, sont le résultat de caractéristiques géographiques particulières à un lieu ou une région. Ces types de vents agissent sur de petites étendues.

LE VENT "MÉTÉOROLOGIQUE"

Son origine, sa direction et sa vitesse résultent de plusieurs types de forces en action.

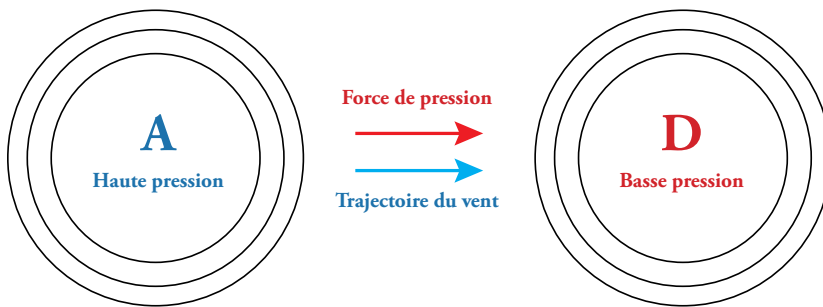
1) La force de pression

Elle est à l'origine du vent.

Elle est due à la différence de pression entre les anticyclones (A) et les dépressions (D).

Elle entraîne l'air des hautes vers les basses pressions (de A vers D). C'est le même phénomène que lorsqu'on perce un ballon gonflé.

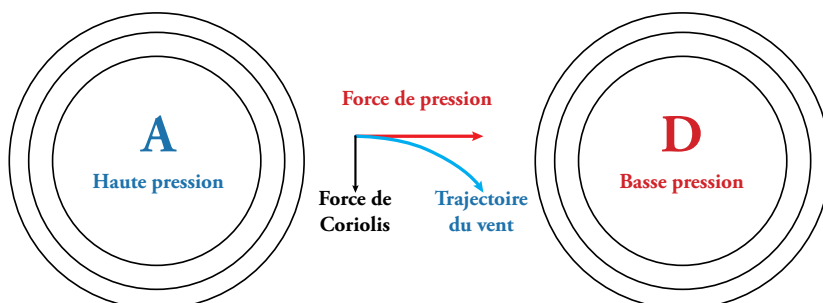
Plus les différences de pression sont importantes et plus cette force est importante. Lorsqu'on observe les isobares d'une carte météo, plus elles sont rapprochées et plus le vent est fort.



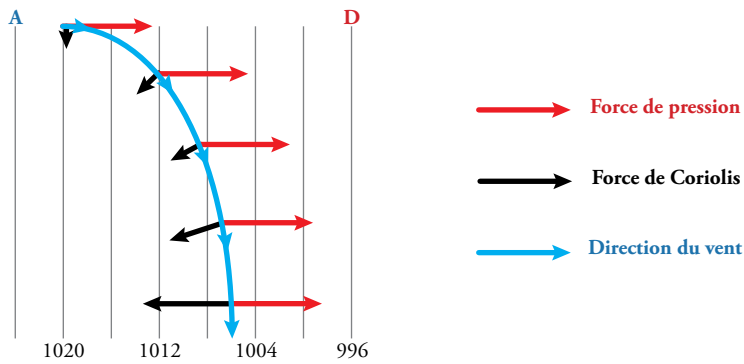
2) La force de Coriolis

Tout objet en mouvement dans l'hémisphère nord est dévié vers sa droite (c'est le contraire dans l'hémisphère sud). Les particules d'air n'y font pas exception.

Cette force est directement issue de la rotation de la terre. Elle s'applique à tout objet en mouvement dans un repère tournant (c'est le cas de la terre). Lors de son déplacement des hautes vers les basses pressions, l'air est dévié vers la droite dans l'hémisphère nord et vers la gauche dans l'hémisphère sud.



Quand la force de Coriolis équilibre la force de pression, le vent est parallèle aux isobares.



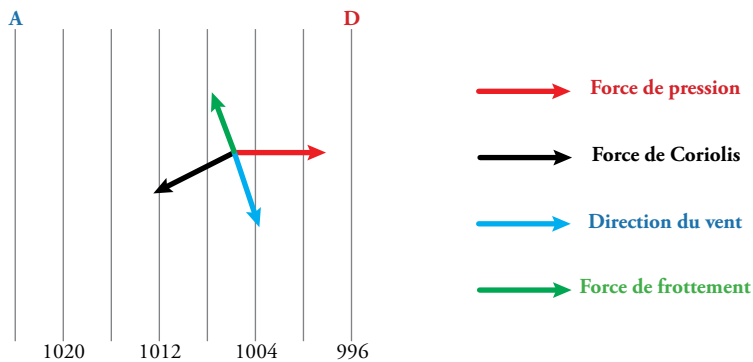
La force de Coriolis est :

- × Proportionnelle à la vitesse initiale ;
- × Maximum aux pôles ;
- × Nulle à l'équateur.

3) Les forces de frottement

Elles ne dévient pas directement le vent mais le freinent.

Lors de son mouvement, l'air frotte contre le sol et les autres particules d'air. Cela entraîne des forces s'opposant à son mouvement. Si le vent au sol est freiné, la force de Coriolis diminue (car elle est proportionnelle à la vitesse). Le nouvel équilibre est tel que le vent au sol n'est pas parfaitement parallèle (tangenciel) aux isobares.



VENT AU SOL ET VENT EN ALTITUDE

Les forces de frottement ralentissent le vent dans les basses couches. Le vent subit donc moins la force de Coriolis qui est proportionnelle à la vitesse. Il change donc d'orientation avec l'altitude (où il est moins freiné). La direction du vent en altitude peut s'écarter (sur la droite pour l'hémisphère nord) de 10° sur l'eau et jusqu'à 30° sur la terre par rapport à la direction relevée au sol (il y a plus de frottement sur la terre que sur l'eau).

Par exemple, lorsque l'on monte en altitude, le vent du nord tourne au nord-est et le vent du sud tourne au sud-ouest.

Vers 1000 mètres de hauteur, la force de frottement devient négligeable. Le vent est tangent aux isobares.

À cause de ce phénomène, quand on largue en altitude, il est parfois nécessaire de décaler l'axe de largage par rapport au vent au sol.

LA LOI DE BUYS-BALLOT

Cette loi est une conséquence directe de la force de Coriolis.

Dans l'hémisphère nord, le vent tourne autour des anticyclones dans le sens des aiguilles d'une montre (en s'écartant légèrement du centre anticyclonique) et tourne autour des dépressions dans le sens inverse (en rentrant légèrement vers le centre dépressionnaire).

Donc, dans l'hémisphère nord, un observateur qui se tient dos au vent a les hautes pressions («A» anticyclone) sur sa droite et les basses pressions («D» dépression) sur sa gauche.

Dans l'hémisphère sud, cette règle (loi) est inversée.

LES VENTS "LOCAUX" : LES BRISES

Les brises sont des vents de basses couches dus aux différences de température du sol.

L'échauffement du sol, sous l'action du rayonnement solaire, dépend de la nature de sa surface. Plus le sol est chaud, c'est le cas des sols secs (hangars, parkings, zones caillouteuses ou sablonneuses, etc.), plus l'air à son contact s'échauffe. Au-dessus des sols chauds apparaissent des courants ascendants. L'air chaud monte ; il est remplacé par de l'air froid. La brise est le déplacement de l'air froid vers la zone d'ascendance (l'air chaud).

	AU-DESSUS D'UNE SURFACE	
	Froide	Chaude
La température de l'air	Diminue	Augmente
La pression atmosphérique	Augmente	Diminue
La masse d'air à tendance à	S'affaisser	Se soulever

On observe des phénomènes de brise en bord de mer, sur les pentes et dans les vallées.

Ce sont généralement des vents réguliers qui :

- ✗ Soufflent dans les basses couches, se lèvent, tombent ou s'inversent en peu de temps ;
- ✗ Peuvent atteindre des vitesses qui empêchent de poursuivre la séance de sauts ;
- ✗ Peuvent s'ajouter au vent établi ou le contrer, avec de fortes turbulences dans les zones de conflit ;
- ✗ Une fois installée, peuvent durer assez longtemps.

Leurs heures d'apparition dépendent de plusieurs facteurs comme la nature du sol et le temps de réchauffement ou de refroidissement des surfaces concernées.

La brise de mer.

Le jour, la terre se réchauffe plus vite que la mer et joue le rôle de surface chaude. L'air réchauffé s'élève et est remplacé par de l'air plus froid venant de la mer.

Le vent souffle de la mer vers la terre.



La brise de terre.

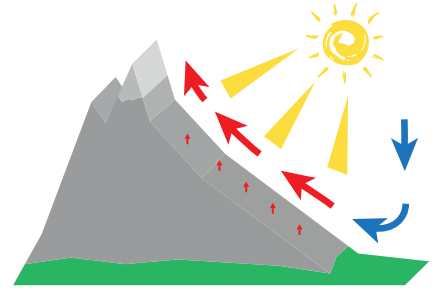
La nuit, la mer se refroidit plus lentement que la terre et joue le rôle de surface chaude. L'air réchauffé s'élève et est remplacé par de l'air plus froid venant de la terre.

Le vent souffle de la terre vers la mer.



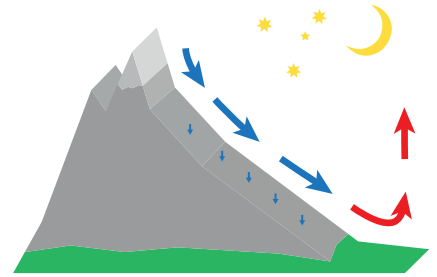
La brise de pente montante.

Le jour, le soleil chauffe le sol des versants exposés. À leur contact, l'air s'échauffe. Il n'aura cependant pas suffisamment « d'énergie » pour se détacher du sol et monter dans l'atmosphère à la verticale. Il aura tendance à « coller » sur la pente. L'air chaud remonte donc le long de la pente, jusqu'à la crête, d'où il devra effectivement se détacher du sol pour poursuivre son ascension. Il sera remplacé par un appel d'air froid du bas de la pente.



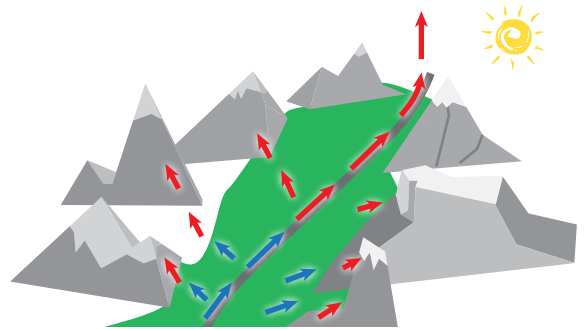
La brise de pente descendante.

La nuit (le soir), le sommet se refroidit plus vite que la base. On se trouve dans la situation inverse, l'air refroidi « s'écoule » le long des pentes (pesanteur). La brise est descendante.



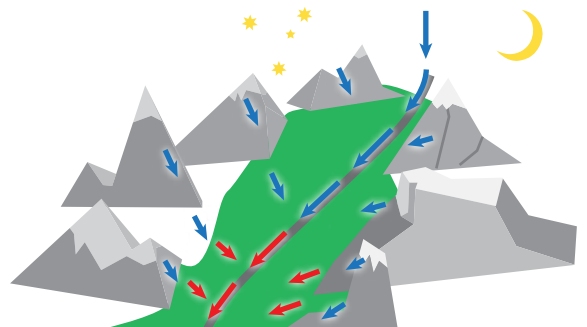
La brise de vallée montante.

Le jour, il se produit dans les vallées le même phénomène que pour les brises de pente. Il est d'ailleurs accentué par celles-ci. Les pentes s'échauffent avant et plus vite que le fond des vallées. L'air chaud qui remonte est remplacé par de l'air frais provenant du fond de la vallée. Il s'établit donc une brise de vallée montante (plutôt l'après-midi).



La brise de vallée descendante.

Le soir, comme pour les brises de pente, le phénomène s'inverse. Le fond de la vallée est alimenté par les brises de pente descendantes. La brise de vallée est descendante.



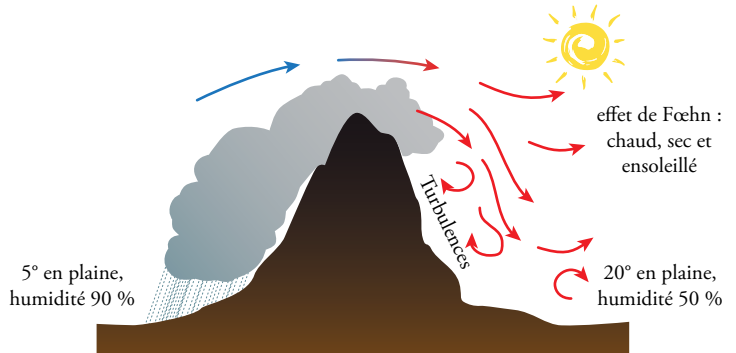
L'ACTION DU RELIEF SUR LE VENT

Outre les turbulences, traitées dans le chapitre suivant, l'action du relief sur le vent donne naissance à d'autres phénomènes.

* L'effet de Föhn

L'apparition de ce phénomène est due à un vent transportant de l'air humide qui souffle perpendiculairement à une chaîne montagneuse.

Il s'élève le long de la pente « au vent » et se refroidit en se détendant : la vapeur d'eau de l'air finit par condenser et former des nuages au vent du relief accompagné généralement de pluie ou de la neige selon la température.



Une fois franchi le sommet, le vent redescend sous le vent du relief et se réchauffe en se comprimant.

La partie de la montagne située sous le vent est généralement le siège d'importantes turbulences.

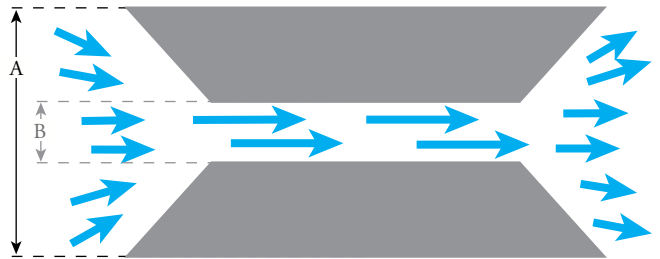
L'effet de Föhn peut aussi engendrer des ondes de relief.

* Accélération au niveau des cols et dans les vallées

L'effet VENTURI : la conservation du débit.

C'est une loi fondamentale de l'hydrodynamique : si l'air rencontre un étranglement (col, gorge, vallée, rue, hangars, etc.), il est obligé d'accélérer pour conserver le même débit qu'avant l'étranglement (imaginer une rivière traversant une gorge).

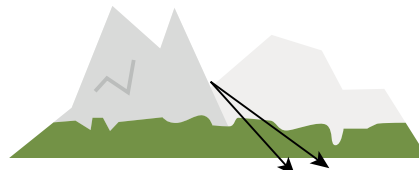
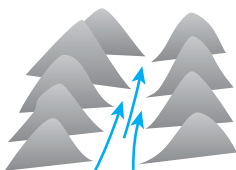
La section d'écoulement de l'air est plus petite en B qu'en A. Pour conserver le débit, l'air doit donc accélérer dans la section étroite.



C'est cette accélération de l'air dans les passages étroits qu'on appelle l'effet Venturi. Elle est nettement perceptible dans les vallées étroites ou même entre deux hangars.

Le vent s'accélère au passage d'un col.

Le vent souffle dans l'axe des vallées et s'accélère dans la vallée.



COMMENT OBSERVER LE VENT ?

Observez les aéronefs en vol.

Vitesse de l'avion par rapport au sol :

- ✘ anormalement lente = fort vent de face ;
- ✘ anormalement rapide = fort vent arrière ;
- ✘ dérapage latéral = vent de travers.

Dans le premier avion, il faut évaluer la vitesse et la trajectoire de l'avion par rapport au sol au moment du largage.

Pour les suivants, il faut observer la dérive en chute et voilure ouverte des parachutistes du premier avion.

Observez les nuages.

Le déplacement des nuages indique le vent. De l'avion, vous pouvez observer le déplacement de l'ombre des nuages sur le sol.

Mais un nuage immobile n'indique pas toujours un vent nul.

Un cumulus se forme au-dessus d'ascendances. Il peut être immobile avec du vent (l'air circule, condense d'un côté du nuage, s'évapore de l'autre).

Les nuages lenticulaires (en forme de lentilles), naissant au sommet des ondes de relief, sont immobiles et indiquent un vent fort en altitude.

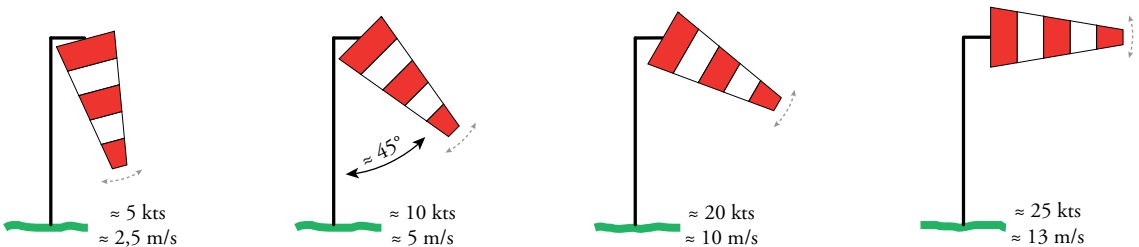
Observez les manches à air.

Elles donnent une indication de la force et de la direction du vent.

Le manchon comporte généralement cinq anneaux alternant trois rouges et deux blancs. Il est soulevé dans la direction opposée à celle d'où vient le vent.

Les limites de vent au sol fixées par la Fédération Française de Parachutisme sont:

- ✘ 7 m/s avant l'obtention du brevet A
- ✘ 11 m/s après



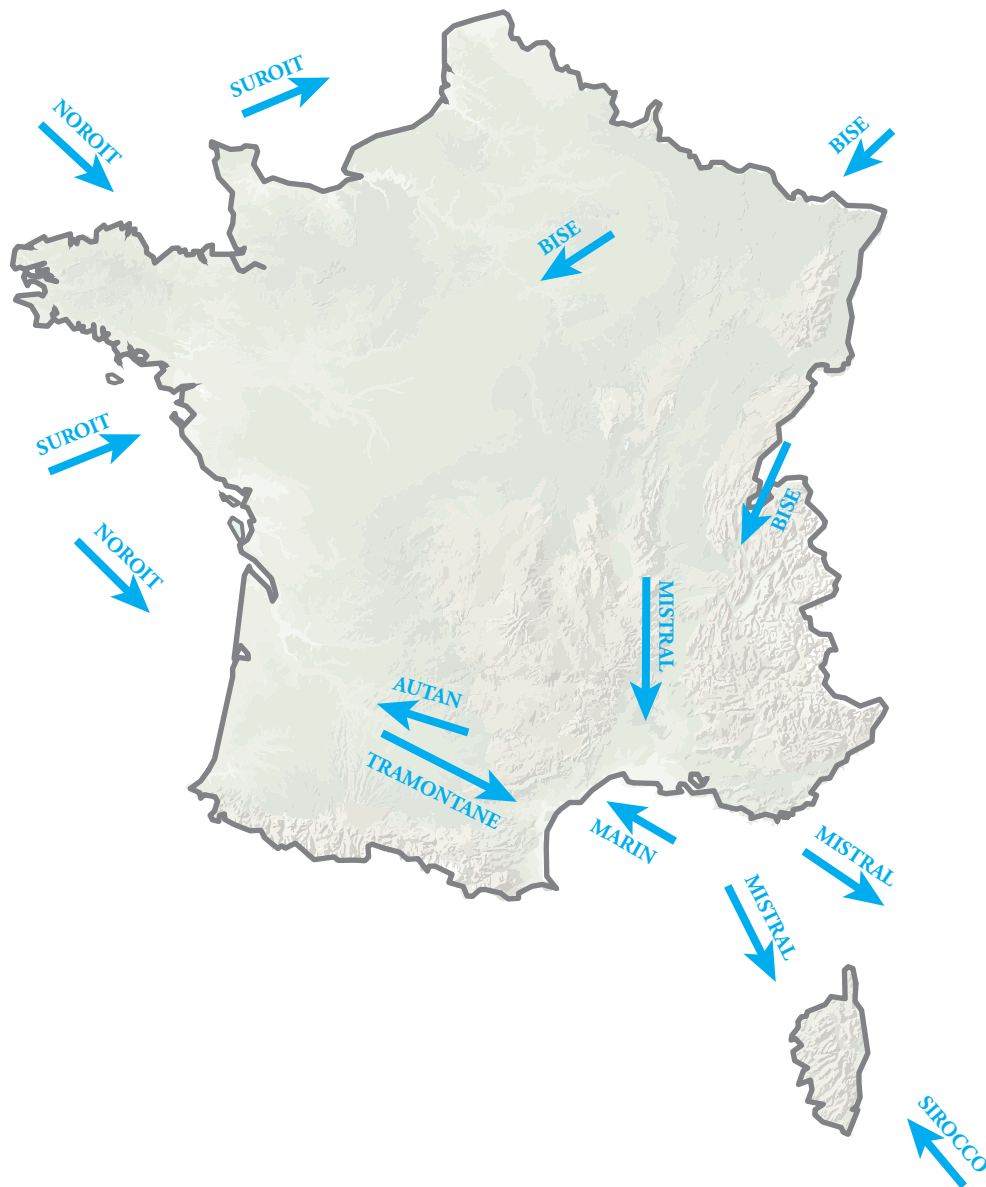
Les autres signes : un anémomètre, les fumées, les drapeaux, etc.

Le dériveur.

Bien que ce ne soit pas un paramètre météo, on ne peut parler de l'observation du vent en parachutisme sans mentionner le dériveur. C'est une bande de papier ou de tissu lestée à une extrémité pour descendre à la même vitesse qu'une voilure. Sa dérive est égale à la dérive du vent (à temps de descente égal). Il est recommandé de larguer un dériveur chaque fois que l'on ne dispose pas d'un autre moyen pour observer le vent.

LES VENTS RÉGIONAUX EN FRANCE

Il existe de nombreux vents régionaux en France. Certains sont dus à la présence de reliefs ; c'est le cas du Mistral, de la Tramontane et de l'Autan qui sont les plus caractéristiques. D'autres sont simplement une appellation donnée à un vent dominant. Seuls ceux dont les noms sont les plus familiers sont présentés ci-dessous.



La direction et la vitesse du vent sont essentiellement dues aux anticyclones et aux dépressions. Cependant, le relief présent sur une zone donnée va canaliser l'écoulement d'air dans cette région. Des vents apparaîtront ainsi plus fréquemment dans certaines contrées et seront plus soutenus : il s'agit des **vents régionaux** influençant de manière significative le climat local.

Certaines dénominations régionales du vent coïncident en réalité avec un vent de grande échelle. Par exemple, la bise est une appellation régionale courante du vent froid de secteur nord à nord-est et assez sec dans les régions du Centre et l'Est de la France.

D'autres vents régionaux présentent en revanche des particularités en matière de vitesse et de direction qui les distinguent fortement du vent de grande échelle : ils révèlent l'existence d'une interaction entre certains facteurs topographiques et la situation météorologique à grande échelle.

La moitié sud de l'Hexagone concentre l'essentiel des reliefs importants et c'est donc sur ces zones géographiques que les vents régionaux sont les plus courants. Le mistral, la tramontane, l'autan et les autres vents appartiennent à cette catégorie.

✘ **Le mistral.**

Le mistral est un vent régional de secteur Nord dans la vallée du Rhône soufflant le jour à une vitesse moyenne de 50 km/h avec des rafales supérieures à 100 km/h. Il parcourt la basse vallée du Rhône et la Provence et envahit le littoral méditerranéen à partir de la Camargue.

✘ **Le sirocco.**

Le sirocco est un vent chaud du sud-est qui souffle sur le sud de la France.

✘ **La tramontane.**

La tramontane est un vent violent et froid, de secteur ouest à nord-ouest parcourant les contreforts des Pyrénées et les monts du sud du Massif Central. Ce vent régional présente des similitudes avec le mistral : il peut se lever en toute saison mais avec plus de vigueur en hiver et au printemps, et souffle par rafales pouvant dépasser 100 km/h.

✘ **L'autan.**

L'autan est un vent de sud-est turbulent, touchant le Midi toulousain et le Tarn. Sa trace peut être également observée jusqu'au Quercy et au Rouergue. Il constitue le prolongement du vent marin soufflant sur les côtes du Languedoc-Roussillon.

✘ **La bise.**

La bise est un vent du Nord-est qui souffle surtout en hiver et au printemps et est souvent à l'origine de froids secs avec un temps ensoleillé.

✘ **Le marin.**

Le marin est, quant à lui, un vent humide soufflant du Sud-est, fréquent en automne et en début d'hiver. Il peut générer des pluies importantes sur les Cévennes et parfois des crues en Languedoc.

✘ **Le suroît.**

Le suroît est le nom donné sur la côte atlantique à un vent du sud-ouest doux et humide.

✘ **Le noroît.**

Le noroît est un vent frais du nord-ouest, généralement accompagné d'un temps à giboulées.

QUELS SONT LES DANGERS LIÉS AU VENT ?

Les aéronefs subissent tous le vent.

Entre un parachute et un avion, il y a une graduation du risque.

Moins l'aéronef a de vitesse propre, plus il est sensible au vent.

Suivant sa structure, il est plus ou moins sensible aux turbulences.

- ✘ si le vent est turbulent
- ✘ s'il souffle en rafales
- ✘ si la situation est changeante

**IL FAUT
REDOUBLER
DE VIGILANCE**

Le vent est plus capricieux en montagne qu'en plaine.

Le vent météo peut se combiner avec les brises et créer une zone de cisaillement et de fortes turbulences.

Le vent peut résulter d'une situation anticyclonique de beau temps sur la France (exemple du Mistral) ou au contraire de l'arrivée d'une zone de mauvais temps. Les dangers ne sont pas les mêmes.

Mistral : ciel clair et vent établi.

Arrivée d'une perturbation : le ciel se couvre, la visibilité diminue, le vent est variable.

PHÉNOMÈNES	DANGERS
Vent fort	Turbulences proches du sol ou derrière les obstacles. Gradient de vent.
Fort vent de face	Difficile ou impossible de remonter le vent. Atterrissage à reculons.
Fort vent arrière	Vitesse sol élevée. Atterrissage violent.
Vent de travers	En parachute : dérapage pendant l'arrondi.
Vent turbulent. Cisaillements, Gradient	En avion : danger au décollage et à l'atterrissage. En parachute : danger à l'atterrissage, décrochage dynamique, fermeture partielle de la voilure si les turbulences sont violentes, perte de contrôle proche du sol, abattées...

LES TURBULENCES

DÉFINITION

Les turbulences sont des perturbations dans l'écoulement régulier d'un flux. Elles désignent des mouvements aléatoires de l'air se superposant au mouvement laminaire.

En aéronautique, les turbulences sont associées à toutes variations de la direction et/ou de la vitesse du vent (cisaillement) engendrant des accélérations verticales ou horizontales pouvant modifier les paramètres de vol non compensés par des actions normales de pilotage.

Il y a deux grandes catégories de turbulences :

- ✕ les turbulences d'origine mécanique (dynamique) ;
- ✕ les turbulences d'origine thermique (convective).

En traversant une zone de turbulences, un parachute peut bouger, sans pour autant que le parachutiste n'agisse volontairement sur les commandes. Pendant les phases transitoires, le parachutiste subit des mouvements pendulaires dus aux différences d'inerties entre son corps et sa voile. Le parachute est sensible aux turbulences, mais en dehors de conditions extrêmes, elles sont plus désagréables que dangereuses. En cas de fermeture partielle, le parachute tend à se rouvrir spontanément.

Un avion est moins sensible aux turbulences, mais il peut perdre de la hauteur brusquement ou subir un décrochage dynamique.

Les turbulences ne se voient pas mais il y a des signes indicateurs.

Il faut être vigilant par forte chaleur ou par fort vent, à proximité du relief ou d'obstacles, ou à l'approche d'un orage.

GÉNÉRALITÉS

La météorologie et les vastes mouvements de l'atmosphère influent sur les conditions locales où l'on pratique notre activité. Ces dernières varient en fonction de la force et de l'orientation des vents à différentes altitudes, de l'ensoleillement et des formations nuageuses au cours de la journée, ainsi que de la topographie des lieux.

L'atmosphère parfaitement calme n'existe pratiquement pas et les parachutistes sont souvent confrontés aux turbulences. Il est important d'apprendre à les prévoir et à les localiser afin de mieux les éviter. Celles-ci peuvent, en effet, rendre les conditions de vol difficiles voire impossibles. Dans certaines circonstances, elles peuvent engendrer des fermetures de voile ou encore des décrochages.

Au niveau de la zone de saut, on parlera d'analyse aérologique : on observe et évalue les conditions locales avant de démarrer la séance. La sécurité des pratiquants dépend en grande partie de la pertinence de cette capacité d'analyse.

Comment anticiper les pièges aérologiques liés au vent ou aux brises, à l'activité thermique et aux rafales, aux variations du gradient près du sol ? Savoir décrypter la masse d'air et les conditions de stabilité ou d'instabilité et anticiper l'évolution des conditions dans la journée est essentiel. Y aura-t-il des turbulences, de l'activité thermique, du développement orageux ?

Connaître l'aérologie, c'est en connaître les pièges.

LES TURBULENCES D'ORIGINE MÉCANIQUE (OU DYNAMIQUE)

Elles sont dues au vent et on les rencontre principalement sous le vent des obstacles : derrière les reliefs, les bâtiments (un hangar avion par exemple) et les haies d'arbres.

Conditions optimales d'apparition :

- ✗ Obstacle de forme marquée et de grandes dimensions.
- ✗ Vent fort soufflant perpendiculairement à l'obstacle.
- ✗ Vent + obstacles, vent + relief, vent + montagne

Ne vous posez pas derrière un obstacle :

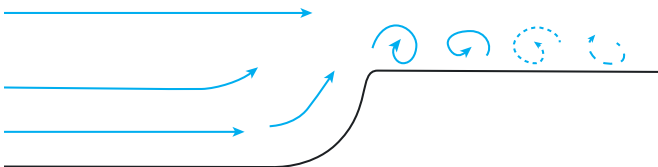


- ✗ À moins de 50 m d'une maison.
- ✗ À moins de 50 m d'une haie d'arbres.
- ✗ À moins de 100 m d'un immeuble.

Prenez une marge de sécurité. Dans la zone de turbulences, à l'abri du vent, vous subissez une accélération vers l'obstacle.

Le spectre de ces turbulences dépend des dimensions et irrégularités du terrain. Le vent amplifie tous les risques proportionnellement à sa force.

Sous le vent, les turbulences peuvent aller jusqu'à une distance de dix fois la hauteur de l'obstacle.



Le passage du vent sur un relief accentué crée des rotors sous le vent et parfois aussi juste devant.

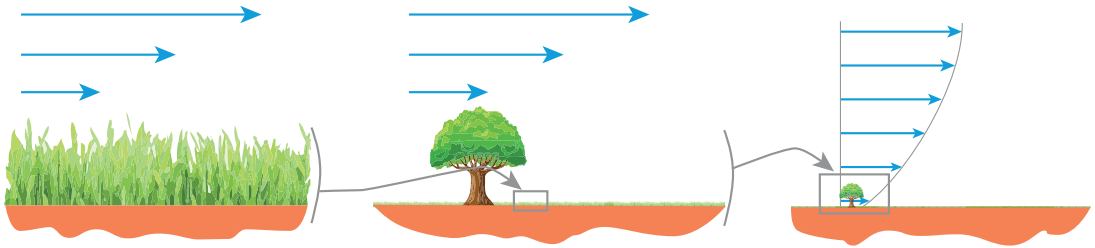


Ces phénomènes méritent d'être connus, notamment en cas de posé hors zone en fond de vallée ou sur un plateau...

Le principal danger pour le parachutiste réside donc lors de la phase d'atterrissage : les turbulences de frottement peuvent être à l'origine d'importantes variations du taux de chute à proximité du sol, voire provoquer des fermetures partielles de la voile. De telles configurations sont à même de mettre en danger le parachutiste juste avant le posé : risque de décrochage, abatée spontanée, déviation de trajectoire, etc.

Les turbulences de frottement - le gradient du vent

Le gradient du vent à l'approche du sol est le taux de variation du vent entre la hauteur où il ne subit pas de variation et la proximité du sol où il est influencé par sa nature et les reliefs ou autres obstacles. On appelle cela le phénomène de couche limite : l'air emprisonné autour des brins d'herbe ne communique plus avec la couche supérieure et subit un cisaillement permanent avec celle-ci. En extension à ce phénomène de couche limite, plusieurs autres couches coexistent de la même manière à mesure que l'on s'éloigne du sol, jusqu'à arriver à la hauteur où l'on ressentira le vent réel (d'origine météo ou autre). Ces couches se rencontrent jusqu'à plusieurs dizaines de mètres du sol.



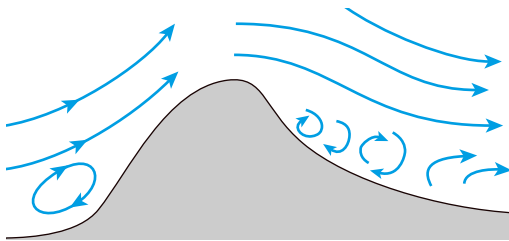
La cause essentielle du gradient vient du fait que l'air possède une viscosité dynamique, c'est-à-dire une tendance à «coller» lorsqu'il est en mouvement sur une surface.

Une cause secondaire provient de l'énergie cinétique perdue dans le contournement des obstacles de petite dimension (force de frottement). Les risques sont une accélération et/ou une abattée soudaines et proches du sol, généralement dans des conditions de vent fort. Dans ces conditions-là, soyez prêts à anticiper votre arrondi.

Les turbulences orographiques (ou turbulences de relief)

Le vent qui rencontre un relief a tendance à en épouser la forme en créant :

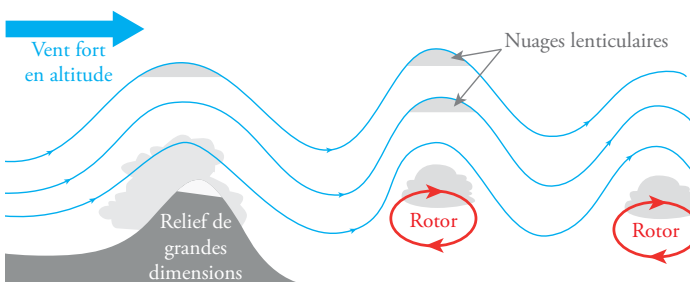
Du côté d'où vient le vent (au vent du relief) : une zone d'ascendances avec parfois des rotors, suivant la vitesse du vent.



Du côté où souffle le vent (sous le vent du relief) : une zone de courants descendants, rabattants (qui vous plaquent contre le relief), souvent accompagnés de turbulences.

NE VOLEZ PAS PRÈS DU RELIEF PAR VENT FORT.

L'onde de relief

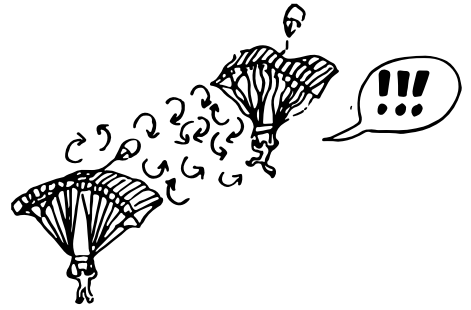


La déviation de l'écoulement due au relief s'entretient et crée un mouvement ondulatoire (sur une distance qui peut aller jusqu'à 3 fois la hauteur du relief).

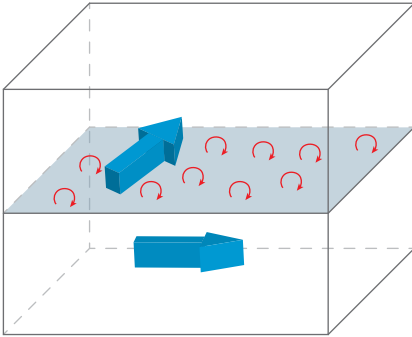
Les turbulences de sillage

Dans le sillage d'un avion, d'importantes turbulences sont sensibles. Un phénomène analogue existe à moindre échelle dans le sillage d'un parachute.

Ne volez pas derrière une voilure à moins de 50 mètres. Prenez une trajectoire parallèle (surtout à proximité du sol).



Les zones de cisaillement



Ce sont les zones de séparation entre deux vents de directions et de vitesses différentes. On peut passer subitement d'un fort vent de face à un vent fort arrière, ou inversement.

Ces zones sont souvent le siège de fortes turbulences.

LES TURBULENCES D'ORIGINE THERMIQUE (OU CONVECTIVE)

Elles sont dues à la chaleur et à la convection qui en résulte.

Elles naissent principalement au-dessus des sols qui s'échauffent rapidement avec l'ensoleillement. Les boucles convectives favorisent les courants ascendants qui, en périphérie avec l'air environnant, génèrent des turbulences.

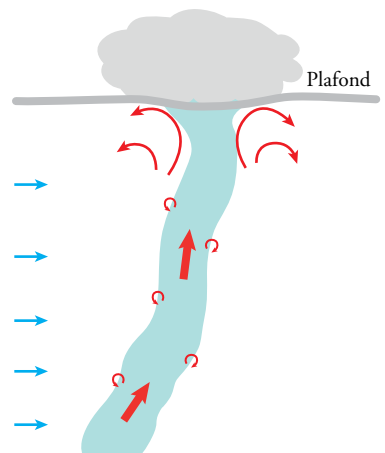
Quand l'air s'échauffe près du sol, une bulle chaude se forme. Elle décolle et amorce un mouvement ascendant qui durera tant qu'elle sera plus chaude que l'air ambiant.

Si la convection est suffisante, une colonne d'air chaud, que l'on appelle une ascendance, se forme. Une ascendance a des limites très marquées. Ces limites sont souvent le siège de zones de cisaillement où l'on va rencontrer des turbulences. Ce n'est pas le courant ascendant en lui-même qui est turbulent, c'est la transition brutale entre la zone d'ascendance et l'air environnant.

Les courants ascendants sont déviés par le vent, d'où la difficulté à les localiser.

Parachute ouvert, quand vous arrivez dans une ascendance, vous subissez une accélération vers le haut. Quand vous en sortez, c'est l'inverse.

Cheminement d'une colonne thermique



ASSOCIATION DES PHÉNOMÈNES D'ORIGINES THERMIQUE ET DYNAMIQUE

Quand les turbulences sont à la fois d'origines thermique et dynamique, elles sont particulièrement fortes. C'est souvent le cas par temps chaud, à proximité de reliefs et d'obstacles ou aux confluences des vallées.

Attention aux situations suivantes :

- ✗ Chaleur + vent en montagne.
- ✗ Chaleur + vent à la confluence de deux vallées.
- ✗ Chaleur + vent derrière un obstacle.

Les phénomènes d'origine thermique sont d'autant plus forts que vous survolez des zones claires et sèches.

QUE FAIRE DANS UNE ZONE DE TURBULENCES ?

De fortes turbulences peuvent provoquer :

- ✗ Une fermeture partielle de la voilure.
- ✗ Un décrochage dynamique (symétrique ou non).
- ✗ Un basculement brusque vers l'avant (abattée).

Vous aurez parfois l'impression d'être ballotté comme un fêtu de paille. Il faut pourtant avoir confiance. Quelques dizaines de mètres de hauteur suffisent pour récupérer toutes sortes de situations. Quand le danger devient réel, il y a normalement longtemps que la séance de sauts est arrêtée.

Pour éviter les désagréments :

Avec une voile «école», volez avec un peu de frein (de l'ordre de 20% environ). Cela limite les réactions de la voilure et favorise l'écopage (alimentation par le bord d'attaque). Attention à ne pas mettre trop de frein. Cela vous rapprocherait fortement du point de décrochage et risquerait d'entraîner un décrochage involontaire.

Cherchez une zone dégagée pour vous poser, de préférence herbeuse. De manière générale, évitez le survol à basse hauteur (en dessous de 200 m environ) des parkings, des hangars, de la piste, de tout obstacle, et notamment des zones de nature à réfléchir fortement le rayonnement solaire.

OBSERVATION ET ANALYSE POUR DÉTECTER LES TURBULENCES

En pratique, on sera vigilant :

- ✗ aux déplacements différents de couches nuageuses adjacentes à proximité du sol ;
- ✗ aux panaches de fumées tourmentées ;
- ✗ aux nuages lenticulaires, en rouleaux ou en entonnoirs ;
- ✗ au vent fort de surface d'autant plus avec rafales ;
- ✗ aux manches à air ou flammes orientées différemment sur le terrain ;
- ✗ aux poussières soulevées en tourbillon (sous les nuages convectifs ou sans nuage) ;
- ✗ à un brusque changement de direction de vent (180°) ;
- ✗ aux nuages convectifs accompagnés de précipitations, atteignant ou non le sol.

Pour un parachutiste, turbulences = risque d'augmentation brutale de la vitesse verticale ou de décrochage, avec perte de contrôle momentanée de la voilure. L'intensité des phénomènes dépend de cinq paramètres :

VITESSE DU VENT	<ul style="list-style-type: none">✗ Vent fort = fortes turbulences sous le vent de l'obstacle, perceptibles loin de l'obstacle.✗ Vent faible = peu ou pas de turbulences.
DIMENSIONS DE L'OBSTACLE	<ul style="list-style-type: none">✗ Obstacle important + vent fort = fortes turbulences, sensibles jusqu'à dix fois la hauteur de l'obstacle.✗ Obstacle important + vent faible = vent arrêté ou dévié par l'obstacle.✗ Obstacle peu important = pas ou peu de turbulences.
FORME DE L'OBSTACLE	<ul style="list-style-type: none">✗ Cassure nette au vent de l'obstacle = tourbillons.✗ Cassure nette sous le vent de l'obstacle = turbulences.
DIRECTION DU VENT	<ul style="list-style-type: none">✗ Vent fort perpendiculaire à l'obstacle = turbulences maximales.✗ Vent fort parallèle à l'obstacle = turbulences de frottement = effet Venturi dans une vallée.
CHALEUR	<ul style="list-style-type: none">✗ Différents états de surface du sol, intensité de la chaleur = turbulences d'origine thermique.

Certains secteurs sont favorables aux turbulences, comme la confluence de vallées.

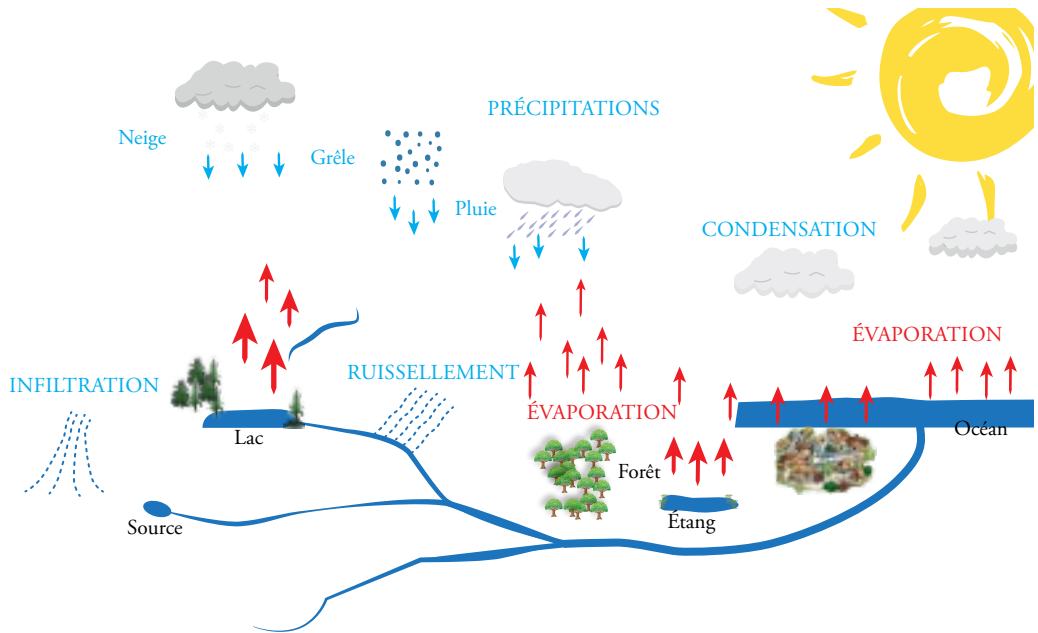
Certaines situations sont favorables aux turbulences, comme le conflit entre vent d'altitude et brises.

LE CYCLE DE L'EAU

Il est fondamental pour la vie sur terre.

La présence d'eau ne suffit pas, il faut des précipitations pour humidifier les sols.

Le cycle de l'eau est à l'origine de la formation des nuages et des précipitations. Il met en jeu la chaîne : évaporation - condensation - précipitations - infiltration – ruissellement.



90 % de la vapeur d'eau présente dans l'atmosphère provient de l'évaporation au-dessus des océans et 10 % provient de l'évaporation au-dessus des rivières et des sols.

L'eau circule en permanence d'un réservoir à l'autre. Pompe et transports sous différentes formes sont assurés par l'énergie solaire et la gravité. Cela constitue le cycle de l'eau.

Le temps de séjour de l'eau dans les différents réservoirs est très variable d'un réservoir à l'autre. Il est estimé en moyenne à une dizaine de jours dans l'atmosphère, à 3000 ans dans l'océan, et des milliers ou millions d'années dans les nappes d'eau souterraines.

LES PRÉCIPITATIONS

Les précipitations désignent plusieurs phénomènes :

- ✗ la pluie : chute de gouttes d'eau sous forme liquide ;
- ✗ la neige : chute de cristaux de glace agglomérés en flocons ;
- ✗ la bruine : chute à faible vitesse de fines gouttelettes d'eau très rapprochées les unes des autres ;
- ✗ le grésil : chute de fines particules de glace transparentes ;
- ✗ la grêle : chute de particules de glace, les grêlons, d'un diamètre de quelques mm à quelques cm.

Dans un nuage, les fines gouttelettes d'eau et les cristaux de glace sont en suspension, maintenus en équilibre par les mouvements verticaux qui règnent au sein de la masse d'air. Pour qu'il y ait des précipitations, il faut que les cristaux grossissent pour chuter en s'agrégeant avec d'autres cristaux et en captant les gouttelettes d'eau.

On indique le niveau de précipitation en millimètre. Un millimètre d'eau correspond à 1 litre d'eau sur 1m².

En France, les régions les plus sèches reçoivent en moyenne 30 à 40 cm d'eau par an, alors que les plus humides reçoivent près de 2,20 m.

ÉVOLUTION DES PRÉCIPITATIONS

ÉVOLUTION DES CRISTAUX AU COURS DE LEUR CHUTE	Températures négatives jusqu'au sol.	Les cristaux atteignent le sol sous forme de chutes de neige.
	Entre les isothermes 0 °C et + 2 °C.	Les flocons fondent et se transforment en gouttes d'eau.
	Si les précipitations rencontrent de nouveau une zone de température négative.	Les gouttelettes peuvent rester à l'état liquide. C'est l'eau surfondue (eau liquide à température négative) qui gèle immédiatement au contact d'un solide, d'où les pluies verglaçantes.
	Si elles traversent de l'air sec et chaud.	Une partie des précipitations (parfois la totalité) s'évapore et n'atteint pas le sol.

Les précipitations des nuages de type cumulus sont des averses. Elles sont :

- ✗ de courte durée ;
- ✗ intenses ;
- ✗ elles débutent et cessent brusquement.

STABILITÉ ET INSTABILITÉ D'UNE MASSE D'AIR

DÉFINITION

Un état d'équilibre est dit **stable** lorsqu'une particule d'air, une fois écartée ou soulevée de sa position initiale sous l'effet d'une perturbation extérieure, tend à y revenir d'elle-même.

Un état d'équilibre est dit **instable** lorsqu'une particule d'air, une fois écartée ou soulevée de sa position initiale sous l'effet de la moindre perturbation, tend à s'en écarter de manière irréversible.

STABILITÉ ET INSTABILITÉ DE L'ATMOSPHERE

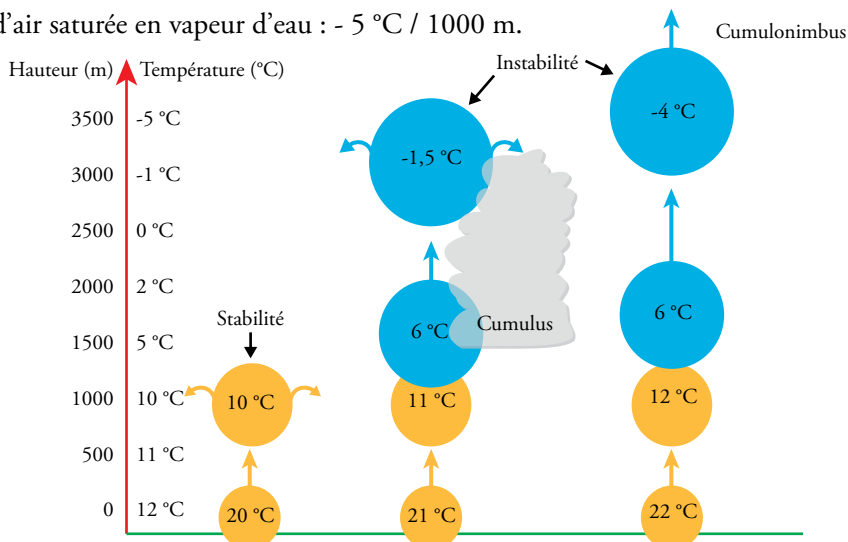
La nature stable ou instable d'une masse d'air est fonction du profil décroissant de température de l'atmosphère en montant en altitude selon un jour donné. En atmosphère standard, la température diminue de $6,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ tous les 1000 m mais dans l'atmosphère réelle, ce profil varie en permanence en fonction des événements météorologiques, des saisons, des variations thermiques journalières, des paramètres d'états de la masse d'air (saturée ou non en vapeur d'eau).

Revenons à la bulle d'air chaud animée d'un mouvement ascendant. Sa pression diminue, elle se refroidit (soulèvement = détente = refroidissement). Ce refroidissement est directement lié à sa contenance en vapeur d'eau (humidité relative).

La bulle d'air, non saturée en vapeur d'eau •, animée d'un mouvement ascendant, monte aussi longtemps que sa température est plus chaude que celle de l'air ambiant qui l'entoure. Notons qu'il n'y a quasiment aucun échange de chaleur entre la bulle et la masse d'air environnante dans laquelle elle effectue son ascension. Lorsque la température de la bulle d'air s'équilibre avec celle de l'air ambiant, elle cessera son ascension. Lors de cette ascension, elle peut arriver à saturation et condenser •. C'est l'altitude et la base à laquelle se forme le nuage (la base du nuage). Ce dernier continuera à se développer verticalement tant que la bulle d'air bénéficiera d'un environnement favorable (plus froid) à la poursuite de son ascension. Dans cette éventualité, il s'agirait là d'une masse d'air typiquement instable.

• Bulle d'air non saturée en vapeur d'eau : $-10\text{ }^{\circ}\text{C} / 1000\text{ m}$.

• Bulle d'air saturée en vapeur d'eau : $-5\text{ }^{\circ}\text{C} / 1000\text{ m}$.



En météorologie, les notions de chaud et de froid sont relatives. Les masses d'air peuvent se rencontrer avec des caractéristiques de températures et d'humidité différentes. Ainsi, à un niveau donné, une masse d'air à 10 °C sera plus chaude qu'une autre à 5 °C, mais sera aussi plus froide qu'une troisième à 20 °C.

Cette relation se complique encore si l'on compare les températures de 2 couches d'air à des niveaux différents. Normalement, de l'air à 3000 m est plus froid que celui au niveau de la mer. Mais ce qui importe, c'est de savoir comment la température de l'air des basses couches évoluera s'il est transporté en altitude par un soulèvement quelconque (ascendance thermique, relief, convergence, ...) et s'il parviendra à 3000 m plus chaud ou plus froid que l'air ambiant à cette altitude.

La connaissance de l'évolution du profil vertical de températures dans la journée permet de déterminer les conditions de stabilité ou d'instabilité de l'atmosphère d'un lieu donné.

Pour savoir si les conditions sont stables, les techniciens météo font un sondage de la masse d'air. Le sondage donne les températures aux différentes altitudes ; sans sondage, sans être allé en vol et sans nuages, vous ne pouvez pas deviner s'il y a de l'instabilité.

INSTABILITÉ ET ÉVOLUTION DU TEMPS

S'IL Y A DES NUAGES		
Ce sont des cumulus. Ils se développent rapidement. Ils montent à des hauteurs différentes.	Il y a de la convection et de l'humidité. Il n'y a pas d'inversion.	LA SITUATION POURRAIT SE DÉGRADER.
Ce sont des stratus. Ce sont des cumulus qui se développent peu. Ils ont tous leur sommet au même niveau.	Il y a peu de convection et d'humidité. Il y a une couche d'inversion.	PAS OU PEU D'ÉVOLUTION VERTICALE A PRIORI.
S'IL N'Y A PAS DE NUAGES		
Ensoleillement. Humidité. Instabilité.	Amorce de convection. Formation de cumulus. Développement des cumulus.	RISQUE DE DÉGRADATION ET D'ORAGE. La matinée peut être propice pour sauter avant une possible dégradation des conditions météo l'après-midi.

LES NUAGES

DÉFINITION

On appelle nuage un hydrométéore constitué d'un volume d'air atmosphérique saturé en vapeur d'eau contenant un ensemble de minuscules particules d'eau liquides ou solides (ou les deux à la fois) en suspension dans l'atmosphère, soulevées ou déposées par le vent et ne touchant généralement pas le sol.

Cet ensemble peut comporter indifféremment des particules d'eau liquide ou de glace de plus grande dimension, des particules liquides non aqueuses et des particules solides provenant de vapeurs industrielles, de poussières et de fumées.

CLASSIFICATION DES NUAGES PAR GENRE

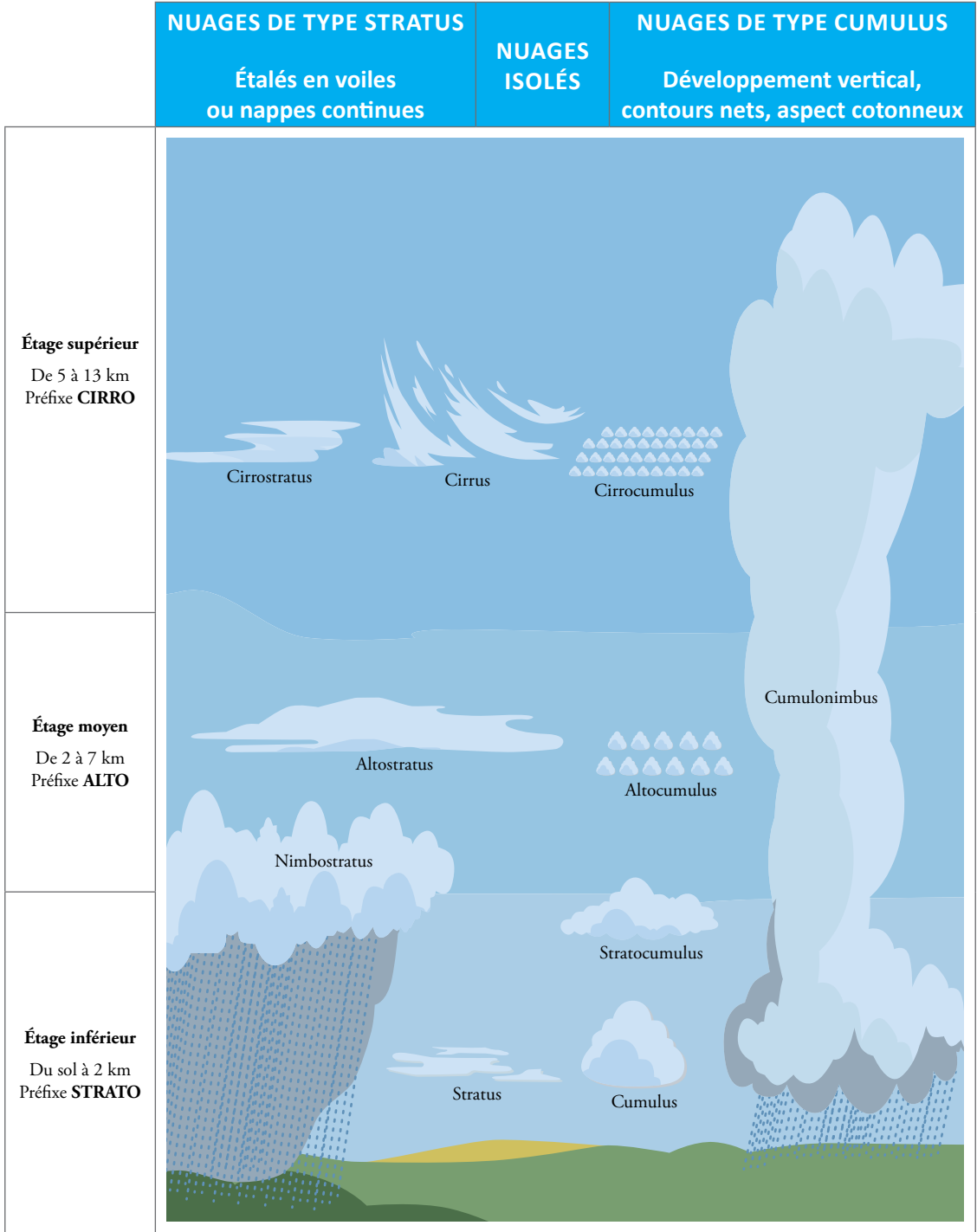
La classification des nuages de l'Atlas international des nuages compte dix groupes principaux, appelés «genres».

Même si les nuages sont en constante évolution, on a pu définir un nombre limité de formes caractéristiques permettant de les classer en différents groupes.

Les nuages sont différenciés par leur structure, leur altitude et leur forme. Tous sont le résultat de la condensation par refroidissement de la vapeur d'eau d'un volume d'air préalablement limpide.

Cette classification ne tient pas compte de la hauteur du sommet du nuage. Un nuage dont la base est à 1 500 mètres et le sommet à 2 500 mètres, et qui n'appartient pas à la famille des nuages à extension verticale, doit être classé parmi les nuages de l'étage inférieur.

C'est toujours la hauteur de la base du nuage qui est donnée par un observateur météo ainsi qu'éventuellement son extension verticale. L'extension verticale d'un nuage correspond à la distance verticale entre le niveau de la base d'un nuage et celui de son sommet.



	GENRE	ASPECT	COMPOSITION	STABILITÉ
Étage supérieur	Cirrus (Ci)	Nuages séparés, en forme de filaments, de bancs ou de bandes étroites, blancs. Aspect fibreux.	Cristaux de glace très petits et relativement clairsemés.	stable
	Cirrocumulus (Cc)	Banc, nappe ou couche mince de nuages blancs composés de petits éléments soudés ou non, disposés plus ou moins régulièrement.	Cristaux de glace.	instable
	Cirrostratus (Cs)	Voile transparent, parfois à peine visible, donnant lieu à des phénomènes de halo.	Cristaux de glace petits et très dispersés.	stable
Étage moyen	Alto cumulus (Ac)	Banc, nappe ou couche de nuages blancs ou gris de grande étendue.	L'altocumulus est formé en majeure partie de gouttelettes d'eau surfondue, avec parfois des cristaux de glace.	instable
	Altostratus (As)	Nappe ou couche grisâtre très étendue ; on voit parfois le soleil à travers.	Suivant l'altitude : cristaux de glace, cristaux de glace + gouttes d'eau surfondues ou gouttelettes d'eau.	stable
	Nimbostratus (Ns)	Nuage sombre, dont l'aspect est rendu flou par des précipitations. Le Nimbostratus est épais (jusqu'à 5000 m) et masque le soleil.	Idem altostratus dont il est souvent l'évolution.	stable
Étage inférieur	Strato cumulus (Sc)	Banc, nappe ou couche de nuages gris ou blanchâtres, souvent de grande étendue, ayant presque toujours des parties sombres.	Gouttelettes d'eau, avec parfois un mélange de gouttes de pluie et plus rarement de flocons de neige.	instable
	Stratus (St)	Couche grise à base uniforme avec parfois de la bruine, la base peut toucher le sol. Se présente parfois en lambeaux irréguliers dont les contours se modifient rapidement.	Petites gouttelettes d'eau et petites particules de glace aux très basses températures.	stable
Étage inf à moy	Cumulus (Cu)	Nuage isolé à contours délimités, dense, à développement vertical. Son sommet, souvent blanc, bourgeonne. Sa base est, en général, sombre et horizontale.	Principalement des gouttelettes d'eau. Là où la température est fortement négative, des cristaux de glace se forment.	instable
Étage inf à sup	Cumulonimbus (Cb)	Nuage dense et puissant (nuage d'orage), à grande extension verticale, en forme d'énorme tour. Son sommet est souvent aplati, sa base, très sombre, est le siège de précipitations violentes.	Gouttelettes d'eau liquide, cristaux de glace et précipitations de pluie, de grêle et de neige.	instable

Soulignons que tous les nuages sont situés dans la troposphère, c'est-à-dire entre 0 et 12 km d'altitude sous nos latitudes.

Chacun des divers processus de formation des nuages imprime ses formes propres. L'on distinguera principalement les nuages de types cumuliformes à extension verticale associés à des masses d'air instables, de ceux à étalement horizontal plutôt liés à des masses d'air stables.

Un nuage est formé d'un ensemble de gouttelettes d'eau ou de cristaux de glace en suspension dans l'air. L'aspect du nuage dépend de la lumière qu'il reçoit et des particules qui le constituent.

Certains nuages sont surtout des nuages à précipitations et sont alors appelés « nimbus ». La racine latine nimbus signifie « pluie ». On retrouve cette racine dans les mots cumulonimbus et nimbostratus qui désignent des nuages de pluie et/ou de fortes précipitations, voire de grêle.

Le plafond est la première couche nuageuse que l'on rencontre. C'est la base des nuages.

LA FORMATION DES NUAGES

La formation des nuages est principalement due au refroidissement des masses d'air.

Un nuage se forme par condensation de la vapeur d'eau lorsque l'air humide se refroidit. Le refroidissement est provoqué, soit par contact avec une surface plus froide, soit le plus souvent selon le processus : soulèvement => détente => refroidissement.

Différents modes de refroidissement favorisent la formation des nuages.

LES MÉCANISMES DE REFROIDISSEMENT

Le paramètre essentiel est le **point de condensation**.

Il s'agit essentiellement de détentes ou de compressions subies par les particules atmosphériques au cours de leurs mouvements verticaux.

La compression provoque un réchauffement, la *détente* un refroidissement. Ce mécanisme de détente est dit « adiabatique ». Il est à l'origine de la formation des nuages.

Quand l'air se refroidit suffisamment à la faveur d'une masse d'air humide qui s'élève jusqu'à son niveau de condensation, les molécules qu'il contient passent de l'état gazeux à l'état liquide et se déposent alors sur des aérosols en suspension à leur proximité (fines particules de poussières) où elles se condensent.

Ce mécanisme est directement associé à celui de refroidissement par détente. Un volume d'air qui subit une baisse de pression se détend. En se détendant, les particules d'air se refroidissent et atteignent la saturation. À ce niveau, elles se condensent et le nuage se forme. Ce mécanisme est à l'origine de la plupart des nuages à développement vertical, et notamment des plus importants en volume (cumulonimbus).

* Par convection

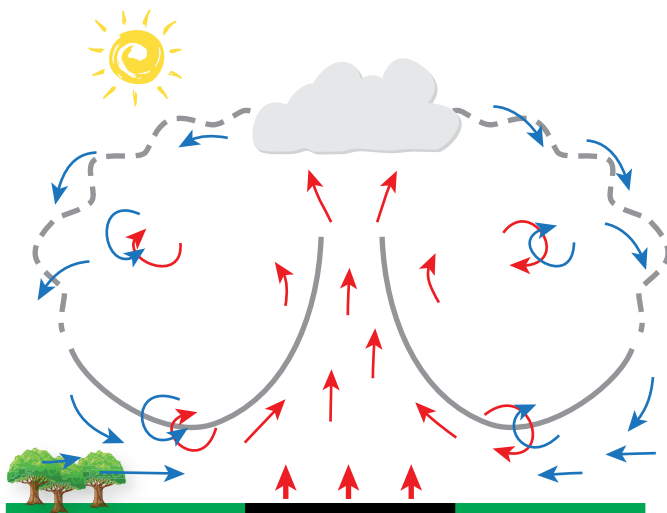
L'échauffement du sol et des couches d'air inférieures à son contact provoquent la dilatation de l'air qui devient plus léger.

L'air se met à monter et se refroidit par détente.

Les nuages de convection apparaissent d'autant plus facilement qu'il y a de l'air froid en altitude (masse d'air instable).

Les bases de tels nuages sont plates et horizontales et leurs sommets évoluent en fonction des différences de température entre l'air qui monte et le gradient de température en altitude.

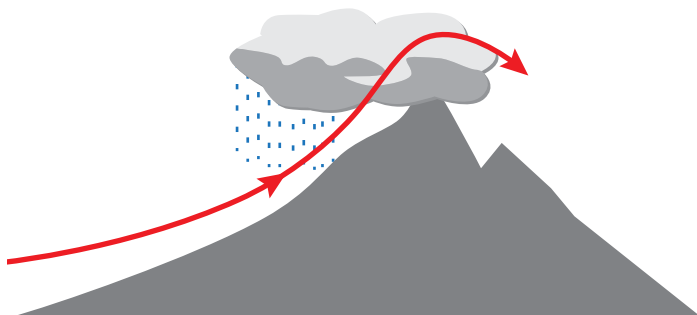
Ils sont fréquents l'été sur la terre et souvent présents l'hiver sur mer.



* Par soulèvement orographique

En abordant le relief, la masse d'air s'élève sur sa face au vent. En s'élevant, sa température diminue jusqu'à atteindre le seuil de saturation. Un nuage se forme alors généralement, soit au-dessus du relief, soit sur le versant au vent, parfois en se délestant par des précipitations et en se dissipant sur le versant sous le vent (effet de Föhn).

Les genres de nuages qui se forment par ce mécanisme de soulèvement nous informent sur les caractéristiques de la masse d'air et généralement sur le vent en altitude : cumulus de beau temps dus aux brises montantes, congestus marquant une forte instabilité de la masse d'air, nuage lenticulaire synonyme de vent fort en altitude, etc.

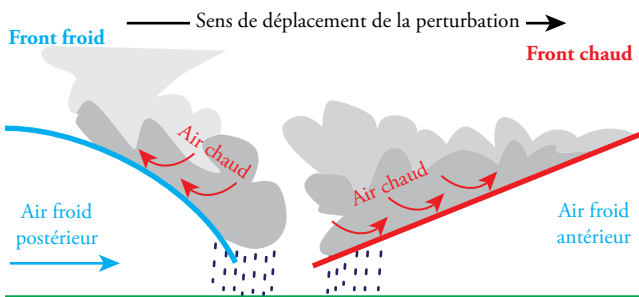


× Par soulèvement frontal

De par leur densité respective, les masses d'air chaudes et froides ne se mélangent pas.

Dans une perturbation en mouvement, l'air chaud est soulevé à l'avant par la masse d'air froid antérieure (front chaud). L'air froid postérieur rejette l'air chaud en altitude (front froid).

Le long des surfaces frontales se forment les nuages.



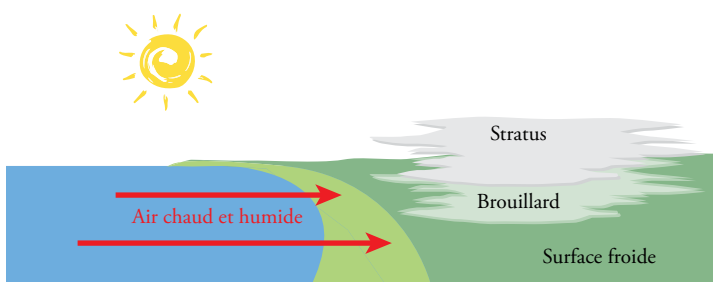
× Par refroidissement par la base

Ce refroidissement est causé par le déplacement horizontal (advection) d'une masse d'air chaude et humide arrivant sur un sol froid.

Ce mécanisme conduit à la formation de nuages bas ou brouillard.

Il est fréquent l'hiver à l'approche d'une masse d'air doux et humide venant de la mer (entrée maritime). On peut également l'observer l'été en mer lorsque de l'air relativement doux arrive sur des eaux froides.

La formation des brouillards répond également à ce principe.



LA BRUME ET LE BROUILLARD

DÉFINITION

Ce sont deux phénomènes analogues. Ils sont constitués par de fines gouttelettes d'eau en suspension dans l'atmosphère, réduisant la visibilité près du sol.

Le brouillard et la brume se forment généralement par vent faible.

On parle de brume quand la visibilité est comprise entre 1 et 5 km.

On parle de brouillard quand la visibilité est inférieure à 1 km.

La visibilité dépend de la teneur en eau.

LES DIFFÉRENTS TYPES DE BROUILLARDS

✖ Le brouillard de rayonnement

Par ciel clair, le sol se refroidit la nuit (il perd sa chaleur en rayonnant), provoquant un refroidissement par le bas de l'air au contact avec le sol.

Par vent nul, ce refroidissement ne se propage pas et il y a formation de rosée ou de gelée blanche. Par vent faible, l'agitation de l'air dans les basses couches propage le refroidissement sur une épaisseur variable. Il y a formation de brume puis de brouillard.

Les fonds de vallée avec refroidissement nocturne important associé aux cours d'eau constituent une source d'humidité permanente favorable à une inversion de température. En hiver, ils restent froids et reçoivent peu de soleil. Quand la nappe est formée, elle empêche le rayonnement solaire d'atteindre le sol.

Au-dessus, l'air se réchauffe plus vite et, contrairement à ce que l'on perçoit du sol, le sommet du brouillard est net et correspond à l'inversion de température. Les conditions sont réunies pour que le brouillard persiste. S'il parvient à se dissiper, parfois en cours de matinée, il évolue en nuages bas (stratus) puis éventuellement ciel clair puis cumulus.

✖ Le brouillard d'advection (brouillard côtier)

Conditions : vent faible et masse d'air stable et humide.

Il se forme suite à l'arrivée d'une masse d'air humide doux sur un sol froid (déplacement horizontal ou advection). L'air se refroidit au contact du sol et un brouillard généralement épais (300 à 600 m) peut se former très rapidement.

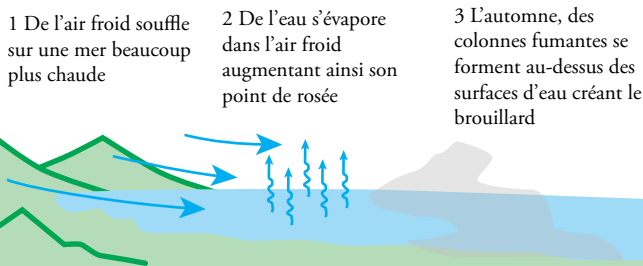
Ce type de brouillard est fréquent en bord de mer (entrée maritime). De l'air humide dans les basses couches sur la mer associé à une brise de mer qui s'établit provoquent une turbulence suffisante pour qu'il y ait condensation. Le brouillard se forme sur la mer et se déplace sur la terre. Lorsque le soleil chauffe suffisamment, il se dissipe progressivement et se transforme en stratus, puis éventuellement le ciel se dégage avec formation possibles de cumulus.

✖ Le brouillard d'évaporation

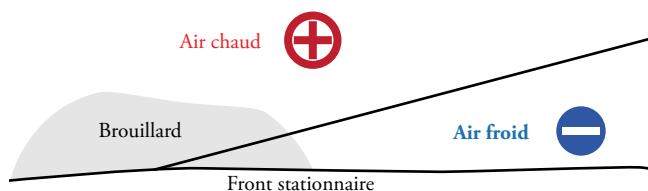
Un vent faible et une grande stabilité des masses d'air (marais barométrique) ou encore des pluies en cours ou récentes favorisent les conditions d'apparition de ce type de brouillard.

Il peut aussi se former quand de l'air froid se déplace sur une étendue d'eau plus chaude ou sur un sol très humide.

En s'évaporant, l'eau amène rapidement l'air froid à saturation et condense. C'est un brouillard généralement de faible épaisseur (50 à 150 m), peu dense avec une base floue. Dissipation : renforcement du vent ou convection.



✖ Le brouillard de mélange (brouillard frontal)



C'est un brouillard d'évaporation de l'eau d'une précipitation chaude dans de l'air froid qu'elle traverse et sature.

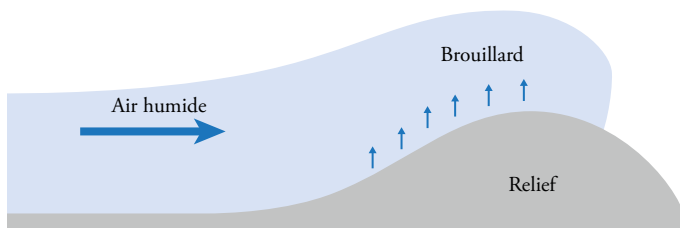
À la rencontre de deux masses d'air (souvent un front stationnaire), il y a formation de brouillard dans la zone de

mélange si les particules ont initialement des températures différentes et si elles sont proches de la saturation. Il se forme généralement à l'avant d'un front chaud par vent faible et par évaporation des précipitations dans l'air froid antérieur. Il s'agit d'un brouillard de faible épaisseur (50 à 150 m) peu dense se dissipant au passage du front.

✖ Le brouillard détente (brouillard de pente)

Il se forme surtout en hiver, suite au refroidissement d'une masse d'air qui s'élève le long de la pente par vent faible.

L'ascension provoque la détente du gaz qui se refroidit, il y a saturation, condensation et formation du brouillard.



Son épaisseur reste faible et il se dissipe par convection ou changement de vent.

✘ **Le brouillard des villes (brouillard industriel)**

Il se forme à cause des rejets industriels contenant une grande quantité de vapeur d'eau et de particules solides servant de noyau de condensation.

Il apparaît souvent lors de conditions anticycloniques peu mobiles et lorsque ces conditions se poursuivent trop longtemps.

Ce type de brouillard a une propension à se charger de pollution dans les grandes villes (le smog, fameux brouillard de Londres !). Il présente des dangers non négligeables pour la santé de l'être humain.

D'épaisseur variable, il se dissipe avec un excès de turbulences ou un changement de masse d'air.

VISIBILITÉ ET DANGER

Le danger du brouillard pour le parachutisme, c'est parfois la rapidité avec laquelle il peut surgir.

Les zones situées en bord de mer et en montagne sont particulièrement propices aux phénomènes d'advection qui peuvent se former à l'extérieur du terrain et l'envahir rapidement, sous l'effet d'un vent de mer ou de l'appel d'air créé par des courants ascendants quand il y a du relief.

Une situation météo avec un ciel complètement dégagé peut diminuer la vigilance.

LE PLAFOND ET LA VISIBILITÉ

En aviation légère, de nombreux accidents sont dus au manque de visibilité. Des avions égarés au-dessus des nuages percent la couche pour redescendre et percutent le sol, d'autres naviguent à l'aveugle dans la brume et font un atterrissage forcé.

En parachute, la vitesse faible limite le risque à l'atterrissage, mais il n'y a pas de moteur pour reprendre de la hauteur au dernier moment et se dégager d'une zone dangereuse.

Les adeptes de sports aériens doivent respecter le principe de base du vol à vue :

VOIR ET ÉVITER.

Le vol aux instruments est réglementé et suppose des équipements et des procédures particulières.

LE PLAFOND

Le plafond est la couverture nuageuse.

Il est caractérisé par :

* La quantité de nuages (la nébulosité ou l'étendue de la couverture nuageuse)

Pour mesurer la nébulosité, on divise le ciel en 8 parties égales (octas ou huitièmes). Une **nébulosité** de 0 ou 1/8^{ème} correspond à un ciel parfaitement dégagé (ciel clair) tandis que 8/8^{ème} représente un ciel totalement couvert.

La quantité de nuages (nébulosité) est observée et renseignée en nombre de huitièmes de ciel couvert pour chaque couche nuageuse. Parfois, pour des prévisions destinées au grand public, on utilise des qualificatifs plus explicites :

NÉBULOSITÉ	QUALIFICATIF
0/8 ^{ème}	Ciel serein
1/8 ^{ème} à 4/8 ^{ème}	Peu nuageux
5/8 ^{ème} à 7/8 ^{ème}	Très nuageux
8/8 ^{ème}	Couvert

NÉBULOSITÉ	QUALIFICATIF	DESCRIPTION
0/8 ^{ème}	Sky clear	Ciel clair
1/8 ^{ème} à 2/8 ^{ème}	Few	Quelques nuages
3/8 ^{ème} à 4/8 ^{ème}	Scattered	Nuages épars
5/8 ^{ème} à 7/8 ^{ème}	Broken	Ciel plus qu'à moitié couvert
8/8 ^{ème}	Overcast	Ciel entièrement couvert

En toute rigueur, on parle de plafond quand le ciel est couvert sur plus de la moitié de sa surface (broken).

* Le genre de nuages rencontrés

Les nuages sont classés en 10 genres, en fonction de leur hauteur et de leurs caractéristiques (voir chapitre sur les nuages).

* La hauteur de la base des nuages

Elle est exprimée en pieds.

Épars Ac à 10000 pieds signifie : altocumulus (Ac) épars à 3000 m.

LA VISIBILITÉ

La visibilité est la distance horizontale à laquelle les repères visuels sont nets.

La visibilité est mesurée par rapport à des repères (arbres, bâtiments) situés à distance connue.

Un pilote d'avion privilégie la visibilité horizontale, un parachutiste la visibilité verticale.

Des minima réglementaires sont applicables suivant le type de vol et d'espace aérien :

Conditions minimales de visibilité

CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES DE VOL À VUE			
		Espace aérien contrôlé	Espace aérien non contrôlé
CLASSES	A ⁽¹⁾ B C D E	F G	
		Au-dessus du plus haut des 2 niveaux : 3000 ft AMSL ⁽³⁾ ou 1000 ft ASFC ⁽⁴⁾	À et au-dessous du plus haut des 2 niveaux : 3000 ft AMSL ⁽³⁾ ou 1000 ft ASFC ⁽⁴⁾
DISTANCE PAR RAPPORT AUX NUAGES	1500 m horizontalement 300m (1000 ft) verticalement		Hors des nuages Et En vue de la surface
VISIBILITÉ EN VOL	8 km à et au-dessus du FL 100 ⁽²⁾ 5 km au-dessous du FL 100 ⁽²⁾		La plus élevée des deux valeurs : 1500 m (800 m pour les hélicoptères) Ou Distance parcourue en 30 secondes de vol

(1) Les minima VMC dans l'espace aérien de classe A sont donnés à titre indicatif aux pilotes ; ils n'impliquent pas l'acceptation des vols VFR dans l'espace aérien de classe A. Lorsqu'un aéronef doit évoluer en VMC en espace de classe A, il doit respecter les mêmes conditions qu'en espace de classe B.

(2) ou 3050m (10000 ft) si l'altitude transition est supérieure à cette valeur.

(3) AMSL : au-dessus du niveau moyen de la mer (Above Mean Sea Level).

(4) ASFC : au-dessus du sol (Above SurFaCe).

Ces conditions impliquent qu'un pilote largueur est en infraction s'il traverse une couche de nuages.

Même avec les minima réglementaires, la visibilité est plus ou moins bonne ; s'il y a de la brume, ce qui est fréquent, il faut redoubler de vigilance. Un pilote refusera de voler si la visibilité horizontale (et oblique) est insuffisante, même par temps ensoleillé, avec une bonne visibilité verticale.

SITUATIONS DE MAUVAISE VISIBILITÉ.

- ✗ Stratocumulus épais, parfois accompagnés de brume. Le vol est possible mais les conditions mauvaises.
- ✗ Une couche nuageuse peut se souder rapidement, par temps humide après un passage pluvieux.
- ✗ Il peut y avoir plusieurs couches nuageuses l'une au-dessus de l'autre.
- ✗ Le brouillard se forme suite au passage d'air chaud sur un sol froid. Le sol refroidit l'air, soit par conduction et l'amène à saturation, soit par évaporation au-dessus de l'eau en air froid.
- ✗ L'entrée maritime est un phénomène caractéristique des régions côtières. Quand le vent souffle de la mer, l'air se refroidit par le bas en arrivant sur le sol (plus froid que l'eau). Cela provoque la formation rapide de brouillard ou d'une barrière de nuages bas.
- ✗ La brume peut durer plusieurs jours. Le brouillard se forme surtout en automne et en hiver (à cause de la température du sol) et le matin. Il peut également persister plusieurs jours.
- ✗ Parfois, le brouillard arrive très brusquement. Cela se produit fréquemment en montagne et en bord de mer (entrée maritime), mais aussi en plaine le soir en hiver.

**LA FORMATION RAPIDE DE BROUILLARD
EST UN DANGER IMPORTANT POUR L'AÉRONAUTIQUE.**

LES DANGERS DÛS AU MANQUE DE PLAFOND ET DE VISIBILITÉ

Difficile de voir.

Difficile d'être vu.

Perte des références horizontales et verticales.

RISQUES D'ACCIDENTS GRAVES

Collision contre un relief.

Collision entre un parachutiste et un autre aéronef.

Collision entre deux parachutistes.

Attention.

- ✗ Sans repères visuels, l'être humain perd les notions de verticale et d'horizontale. Les pilotes connaissent bien ce phénomène et savent que, dans un nuage, il faut se fier aux instruments pour ne pas perdre son cap, se mettre en vrille ou en piqué, sans s'en rendre compte.
- ✗ Face au soleil, la visibilité diminue.
- ✗ Au-dessus d'une nappe de brume, la visibilité horizontale s'améliore, la visibilité verticale reste mauvaise.
- ✗ En avion, la visibilité est limitée par la structure de l'appareil : tableau de bord, capot moteur, ailes (surtout ailes basses). Le manque de visibilité pendant le roulage au sol peut empêcher le pilote de voir une personne qui traverserait devant l'avion.
- ✗ Le plafond et la visibilité peuvent varier rapidement, ou au contraire lentement et insensiblement, ce qui est tout aussi dangereux.

Par mauvaise visibilité, il faut redoubler de prudence :

- ✗ S'il y a du trafic sur l'aérodrome.
- ✗ S'il n'y a pas de sauts habituellement sur la zone.
- ✗ Si l'on saute d'avions gros porteurs.
- ✗ Si l'on saute en grandes formations.
- ✗ S'il y a plusieurs avions en séance en même temps.
- ✗ En montagne et à proximité de plans d'eau.

Quelles que soient les conditions météo :

Pendant le vol, si vous voyez un aéronef ou un parachute évoluer dans la zone de montée de l'avion largueur ou s'en rapprocher, signalez-le au pilote.

POURQUOI OBSERVER LE PLAFOND ?

	CIEL COUVERT	CIEL PARTIELLEMENT COUVERT OU NUAGES ISOLÉS
EN VOL	Difficile de se repérer et de s'orienter. Pas de visibilité pour larguer.	La couche peut se souder quand l'avion est dessus. Le ciel sera-t-il dégagé sur le terrain au moment du saut ? Si le plafond baisse, l'avion pourra-t-il rejoindre le terrain, faire demi-tour dans une vallée ?
POUR LARGUER	Impossible d'assurer la sécurité vis-à-vis des aéronefs en V.F.R. (vol à vue) et des parachutistes entre eux.	Les petits trous de ciel bleu sont difficiles à trouver une fois en vol. S'il y a des planeurs, ils évoluent souvent sous les Cumulus où se trouvent des courants ascendants.
EN CHUTE		Dans un nuage épais, l'eau gifle le visage, parfois à la limite du supportable.
À L'OUVERTURE	Danger s'il faut séparer un vol relatif dans une couche nuageuse, surtout en grande formation.	
PARACHUTE OUVERT	Sans visibilité, il faut : <ul style="list-style-type: none"> ✗ Rester le moins longtemps possible à la hauteur d'ouverture à cause des autres parachutistes en chute. ✗ Ne pas faire de manœuvres brusques, pour réduire le risque de collision. Faire des rotations lentes pour ne pas s'éloigner du terrain. 	

L'ORAGE ET LE CUMULONIMBUS

QU'EST-CE QU'UN ORAGE ?

L'orage est une décharge brusque d'électricité accompagnée d'une lueur brève et intense, l'éclair, et d'un bruit sourd, le tonnerre. C'est aussi l'ensemble des phénomènes observés quand un cumulus évolue en cumulonimbus (nuage à développement vertical avec de forts courants ascendants et descendants).

L'orage est toujours issu d'un cumulonimbus isolé, mais il peut y avoir plusieurs cumulonimbus proches l'un de l'autre, une ligne de cumulonimbus ou un cumulonimbus à l'intérieur d'un système nuageux, que l'on ne voit pas du sol.

L'orage est le phénomène météorologique le plus dangereux pour les activités aéronautiques.

- ✗ Il peut mettre en péril tous les aéronefs.
- ✗ Il éclate brusquement.
- ✗ Son évolution et son déplacement sont difficiles à prévoir.
- ✗ Il associe tous les phénomènes météo dangereux : turbulences, givre, grêle, averses, vent fort et rafaleux, foudre.

Trois paramètres sont nécessaires pour que les orages puissent se développer :

- ✗ De l'instabilité verticale : instabilité conditionnelle dans laquelle les mouvements verticaux qui prennent naissance dans la masse d'air auront tendance à s'auto-entretenir. L'air chaud qui décolle du sol va continuer à monter et former un véritable courant ascendant ;
- ✗ Une humidité relative élevée favorisant la condensation et permettant la formation de cumulus pouvant grossir ;
- ✗ Le déclenchement de l'instabilité par une cause extérieure : soulèvement frontal ou sur le relief, convection.

LE CUMULONIMBUS

Le cumulonimbus est un nuage à grand développement vertical dont la hauteur peut atteindre la tropopause (12 km sous nos latitudes). Il est dense et puissant à extension verticale considérable en forme d'énormes tours. Sa base est souvent très sombre avec de fortes averses.

LA FORMATION DU CUMULONIMBUS - L'ÉVOLUTION DU NUAGE D'ORAGE

1) Le cumulus

La formation d'un orage commence toujours par la présence de cumulus isolés.

La base est située entre 1000 et 2000 m d'altitude (rarement au-dessus de 3000 m). Il ne monte pas haut, produit peu de précipitations et est le siège de courants ascendants au milieu du nuage,

de faibles courants descendants sur les côtés. Phénomènes associés : petites turbulences à proximité du nuage et courants ascendants sous le nuage.

2) Le cumulus congestus

Si les conditions sont instables, le cumulus évolue en cumulus congestus.

C'est un nuage épais (il monte jusqu'à plus de 5000 m d'altitude) avec des contours nets et de forts bourgeonnements au sommet (aux jumelles, on a l'impression qu'il bouillonne). Il peut donner lieu à des averses.

Les mouvements verticaux constituent le moteur du développement orageux. Ils se poursuivent jusqu'à ce qu'ils rencontrent une inversion de température qui marque la limite de la tranche d'instabilité.

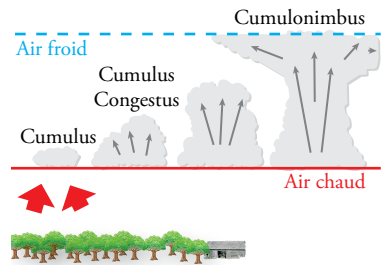
Phénomènes associés : fortes turbulences à proximité et dans le nuage, forts courants ascendants et descendants, risque d'aspiration dans le nuage, vent fort soufflant vers le nuage.

Le cumulus congestus ne se déplace pas toujours avec le vent.

3) Le cumulonimbus

C'est le nom du nuage d'orage une fois que celui-ci est à maturité.

Quand le nuage atteint la tropopause, il rencontre une inversion de température et son développement vertical cesse. Le sommet du nuage s'étale et prend généralement la forme d'une enclume.

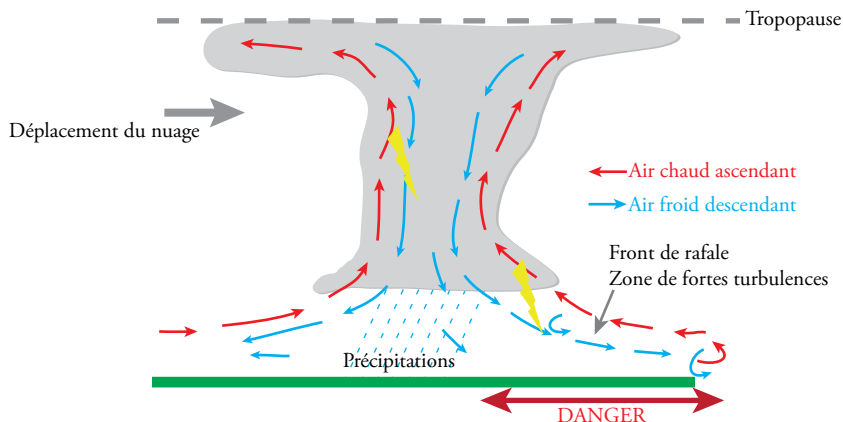


Le cumulonimbus est une véritable usine, qui se nourrit d'air chaud et humide pour fournir l'énergie nécessaire aux mouvements ascendants. Son énergie est considérable.

Les courants ascendants et descendants à l'intérieur du nuage peuvent dépasser les 130 km/h. Dans ces courants, des millions de particules composées de gouttelettes d'eau, de poussières et de cristaux de glace, s'entrechoquent et provoquent la création de charges électrostatiques. Les différences de potentiel alors engendrées entre le nuage et le sol (ou à l'intérieur du nuage lui-même) donnent lieu à des décharges électriques : la **foudre**, qui se caractérise par des éclairs et le tonnerre.

Ce nuage est parfois fixe ou peut se déplacer de façon très aléatoire et indépendamment du vent « météo ». Il peut aussi être masqué par d'autres nuages (par exemple: un Nimbostratus).

Au sol, près de sa base, le vent peut subir de courtes accalmies suivies d'inversions à 180°.



4) Dissipation de l'orage

Quand le nuage atteint la tropopause, l'accumulation d'air froid en altitude est à l'origine des courants descendants d'intensité maximale, à l'origine du front de rafale lorsqu'ils atteignent le sol.

Les mouvements ascendants ne se produisent plus qu'en altitude et la cellule va progressivement diminuer en intensité et perdre son activité avant de se dissiper.

La durée de vie d'une cellule varie de 20 à 30 minutes en général, mais peut atteindre 1 heure.

QUELS SONT LES INDICES QUI PERMETTENT DE RECONNAÎTRE UN CUMULONIMBUS ?

QUAND ON VOIT LE NUAGE	
La hauteur du nuage.	Danger quand le nuage va de l'étage inférieur à plus de 5000 m.
La couleur du nuage.	Danger quand le nuage devient noir.
CES INDICES SONT UTILES QUAND LE CUMULONIMBUS EST CACHÉ PAR D'AUTRES NUAGES	
Des turbulences anormales. Les variations soudaines : ✗ de vent ; ✗ et de température.	Danger quand le vent s'inverse d'un seul coup. Danger quand la température change brusquement.
C'EST L'ULTIME ALERTE	
La présence d'éclairs ou le tonnerre.	Quand on entend le tonnerre ou quand on voit des éclairs, il faut se poser immédiatement.

OÙ ET QUAND RISQUE-T-ON DE RENCONTRER DES ORAGES ?

- ✗ Surtout en saison chaude, au printemps et en été.
- ✗ Par conditions instables et humides.
- ✗ Souvent l'après-midi.
- ✗ Plus fréquemment en montagne qu'en plaine.
- ✗ Souvent à l'arrière d'une perturbation.

PHÉNOMÈNES DANGEREUX ASSOCIÉS À L'ORAGE

Les courants ascendants et descendants.

À l'intérieur du nuage, ils peuvent atteindre plus de 130 km/h.

De fortes turbulences et des cisaillements de vent.

À l'intérieur et autour du nuage, ils peuvent être suffisamment forts pour casser un avion de ligne.

La foudre.

Les frottements entre courants ascendants et descendants créent de l'électricité. La base du nuage est chargée négativement, le sol sous le nuage positivement. Quand la différence est importante, le courant passe sous forme de décharges intenses, accompagnées d'éclairs et de tonnerre (compression de l'air brusquement chauffé par l'éclair).

La grêle.

Les mouvements verticaux entraînent la formation de cristaux de glace qui peuvent atteindre quelques centimètres de diamètre, un poids de 100 g (972 g à Strasbourg en 1958 !) et une vitesse supérieure à 90 km/h.

Le givrage.

Dans un cumulonimbus, il y a de l'eau surfondue (liquide à température négative) au-dessus de l'isotherme 0°. Elle gèle instantanément en touchant un avion en vol. Une couche de glace se forme sur la cellule, alourdit et déforme le profil, enlève toute visibilité, rend les gouvernes inutilisables.

Les coups de vent.

Pendant le développement du cumulonimbus, le vent souffle vers le nuage (aspiration due aux courants verticaux). Il peut tomber quelques minutes avant que l'orage éclate, puis s'inverse (il souffle du nuage) et atteint 100 km/h, parfois 200 km/h. C'est le front de rafale.

L'ORAGE PRÉSENTE LES PIRES DANGERS

- ✗ Être aspiré jusqu'à 5000 ou 10000 m par des courants ascendants. À 5000 m, il y a moitié moins d'oxygène et il fait 35° de moins qu'au sol. À 10000 m, il fait - 50°.
- ✗ Être pris dans un vent de plus de 150 km/h.
- ✗ Être pris dans des turbulences qui déchirent la voilure.
- ✗ Recevoir des grêlons de 1 cm de diamètre à plus de 100 km/h.
- ✗ Ne plus avoir aucune visibilité.
- ✗ Être foudroyé.

En 2007, lors d'un championnat du monde de parapente en Australie, un groupe de compétiteurs s'est fait piéger dans un cumulonimbus. Une pilote allemande a été entraînée à une altitude supérieure à 9900 m (sa survie tient du miracle) tandis qu'un pilote chinois est mort foudroyé.

QUAND FAUT-IL INTERROMPRE LA SÉANCE DE SAUTS ?

Lorsqu'un nuage d'orage est à proximité, même s'il n'a pas encore éclaté et dès que l'on a un doute sur son évolution ou que l'on n'est pas certain d'être en dehors de sa zone d'influence.

La prévision d'un orage isolé est difficile car le phénomène est aléatoire et fait appel à une vigilance accrue pour décider de la mise en route ou de l'arrêt éventuel de la séance de sauts.

Au plus tard, dès que l'on perçoit un seul de ces signes :

- ✗ Le nuage noircit d'un seul coup ;
- ✗ La visibilité baisse rapidement ;
- ✗ Le vent qui soufflait vers le nuage faiblit et s'inverse de 180° ;
- ✗ La température change en peu de temps ;
- ✗ On voit les premiers éclairs ;
- ✗ On entend des coups de tonnerre ;
- ✗ Les précipitations débutent.

À ce stade, il faut interrompre immédiatement les largages, rentrer les avions et le matériel.

Si l'avion est en vol et que la situation s'est brusquement dégradée au sol, il faut envisager de dérouter l'avion vers un autre terrain.

Si parachute ouvert, on commence à être aspiré par des courants ascendants sous un cumulus congestus ou un cumulonimbus, il faut immédiatement changer de cap et de secteur d'évolution pour sortir de la zone d'aspiration sans chercher forcément à rejoindre la zone de sauts. Il ne faut pas hésiter à se faire descendre en engageant des virages (attention si le sol est proche).

**QUAND L'ORAGE MENACE D'ÉCLATER :
POSEZ-VOUS AU PLUS VITE ;
RANGÉZ LE MATÉRIEL ;
METTEZ-VOUS À L'ABRI.**

LA CIRCULATION GÉNÉRALE

LES CAUSES DE LA CIRCULATION GÉNÉRALE

L'énergie à l'origine des mouvements atmosphériques provient du soleil.

La rotation de la terre et l'apport d'énergie différencié selon la latitude et la saison permettent d'expliquer certains caractères permanents ou saisonniers de la circulation générale.

C'est dans la couche troposphérique (9/10 de l'atmosphère) que s'effectuent les échanges thermiques servant à actionner la machine atmosphérique.

LES MÉCANISMES DE LA CIRCULATION ATMOSPHÉRIQUE

Bilan au niveau des latitudes

Les mécanismes de la circulation atmosphérique mettent en évidence l'inégale répartition de l'énergie solaire sur les surfaces du globe. En raison de la sphéricité de la terre, les régions tropicales reçoivent d'avantage d'énergie solaire par unité de surface que les régions polaires.

L'écart d'apport énergétique entraîne des différences considérables entre les régions équatoriales irradiées perpendiculairement et les régions polaires éclairées obliquement sur de vastes territoires. Ainsi, le contraste thermique qui existe entre les pôles froids et l'équateur chaud a pour effet de mettre en mouvement l'atmosphère qui cherche à rétablir un équilibre en transportant l'énergie du chaud vers le froid. La chaleur accumulée dans les régions tropicales et équatoriales est en partie transportée vers les régions les plus froides, et inversement celle des pôles s'étale et se propage vers les régions chaudes.

Toutefois, les transferts d'énergie ne s'organisent pas directement des pôles vers l'équateur et inversement. Comme la terre tourne, la force de Coriolis intervient et dévie le flux donnant lieu à une circulation complexe s'organisant autour de grands centres d'action :

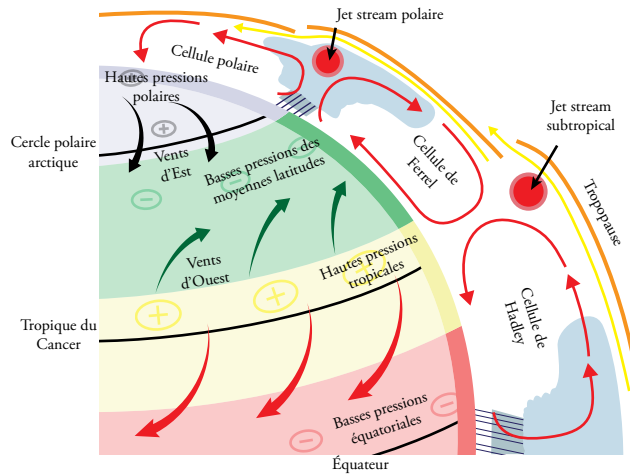
- ✘ sur les pôles, présence d'un anticyclone ;
- ✘ au niveau des 60ème parallèles nord et sud, une région favorable aux dépressions (ex. dépression d'Islande) ;
- ✘ entre les 30ème et 60ème parallèles nord et sud, la ceinture des vents d'ouest (régions tempérées) ;
- ✘ vers 30° de latitude nord et sud, une chaîne d'anticyclones alignée (ex. l'anticyclone des Açores) ;
- ✘ la zone équatoriale dépressionnaire propice au mauvais temps (zone de convergence intertropicale).

La circulation globale s'organise en 3 grandes cellules zonales par hémisphère :

- ✘ une cellule intertropicale : la cellule de Hadley ;
- ✘ une cellule tempérée : la cellule de Ferrel ;
- ✘ Une cellule polaire.

Les échanges thermiques qui se produisent entre elles expliquent les composantes zonales des vents : vents d'est polaire, d'ouest dans les zones tempérées, alizés au niveau des tropiques.

Au niveau des latitudes moyennes, la température des surfaces des grands continents et des grands océans varie à un moment donné. En hiver, l'air qui surmonte les surfaces des grands continents est beaucoup plus froid que celui au contact des océans voisins, et inversement en été. Ce sont ces contrastes thermiques qui vont être à l'origine des tourbillons (perturbations) qui viennent perturber le flux général.



LE PASSAGE D'UNE PERTURBATION

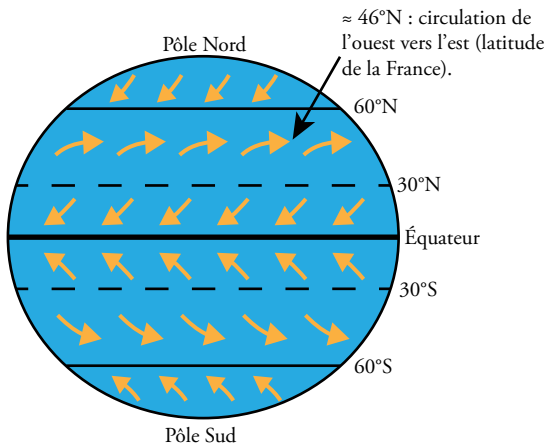
Tout le monde emploie le terme de perturbation. Il désigne un système de mauvais temps qui s'organise autour d'une dépression. Le passage des perturbations sur la France est largement commenté dans les bulletins de prévisions météo télévisés, radiophoniques ou sur internet. Nous allons en décrire les différentes phases ainsi que les phénomènes qui l'accompagnent. C'est un point de la météo dont la connaissance permet de prévoir le temps qu'il fera ou tout au moins d'interpréter correctement les bulletins.

LES MASSES D'AIR ET LES FRONTS

À l'échelle du globe terrestre, les masses d'air ont des caractéristiques différentes, présentées dans le tableau suivant :

MASSES D'AIR	MARITIMES	CONTINENTALES
ARCTIQUES	Froides et humides	Froides et sèches
POLAIRES		
TROPICALES	Chaudes et humides	Chaudes et sèches
ÉQUATORIALES		

Deux masses d'air différentes, dont les dimensions se mesurent en milliers de kilomètres, se mélangent très peu. La zone de séparation, appelée surface frontale ou front, n'a que quelques centaines de mètres d'épaisseur.



La circulation générale de l'air s'organise d'une zone d'anticyclones située en moyenne sur le 30ème parallèle vers une zone de dépression située en moyenne sur le 60ème parallèle (voir le chapitre sur la circulation générale).

Elle subit la déviation due à la force de Coriolis, ce qui explique la dominance des vents d'ouest sous nos latitudes. Les perturbations se déplacent d'ouest en est.

Le climat de la France est sous l'influence dominante de l'anticyclone des Açores (A) et de la dépression d'Islande (D), séparés par le front polaire.

Ils orientent la circulation des masses d'air d'ouest en est.

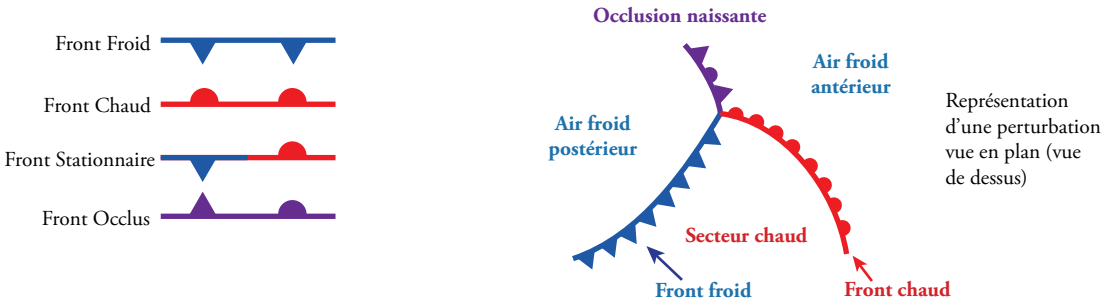


LES FRONTS

Lorsque deux masses d'air, ayant des caractéristiques différentes, entrent en contact, elles donnent naissance à une perturbation atmosphérique. Le front est la surface le long de laquelle les deux masses entrent en contact.

Représentation des fronts sur les cartes météorologiques (carte TEMSI)

La carte TEMSI (temps significatif) est une carte de prévision météorologique pour l'aéronautique. Elle montre, entre autre, les fronts qui sont symbolisés de la manière suivante :



Les différents types de fronts

Après ce choc, si la masse d'air plus chaud prend la place de l'air froid, on aura un front chaud.

Au contraire, si l'air froid chasse l'air chaud, alors on aura un front froid.

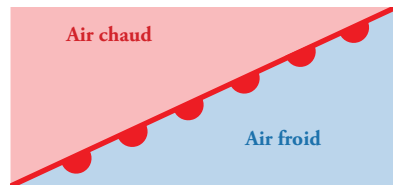
Le front froid a une pente plus importante que le front chaud, bien que les deux soient très faibles :

- ✗ à peine 1 % pour le front chaud ;
- ✗ de 5 à 10 % pour le front froid.

Un front est dit stationnaire lorsque les masses d'air en contact ne se déplacent pas. C'est le premier stade de la formation d'une dépression.

À mesure que la perturbation se développe (frontogénèse), le front froid se déplace plus rapidement que le front chaud et rattrape peu à peu celui-ci. Le secteur chaud qui les sépare s'étrangle, l'air chaud étant peu à peu rejeté en altitude par la poussée de l'air froid. Puis le front froid rattrape le front chaud et il y a occlusion.

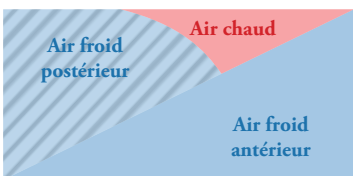
L'occlusion débute dans la partie la plus étroite du secteur chaud et il ne subsiste alors qu'un front unique, dit front occlus, qui est lui-même peu à peu rejeté en altitude (frontolyse).



Coupe transversale d'un front chaud (vue de côté)

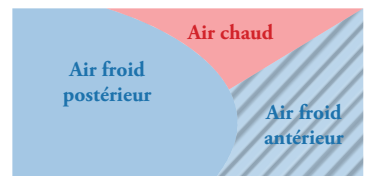


Coupe transversale d'un front froid (vue de côté)



Front occlus chaud

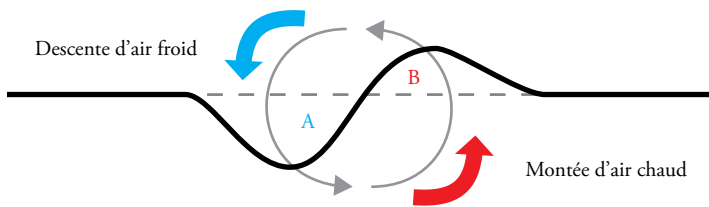
Selon que l'air polaire antérieur est plus ou moins froid que l'air polaire postérieur, on aura un front occlus à caractère de front froid ou de front chaud.



Front occlus froid

NAISSANCE ET ÉVOLUTION D'UNE PERTURBATION ET DES FRONTS ASSOCIÉS

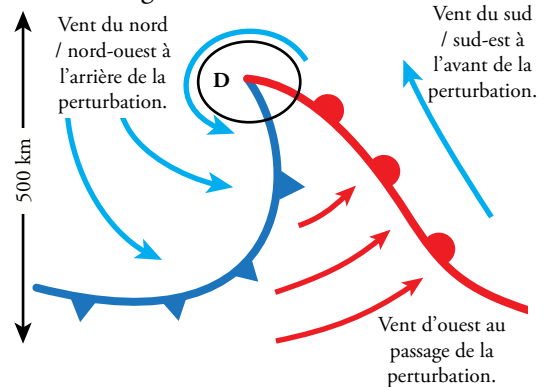
Considérons sur le schéma ci-dessous les points **A** et **B**.



Quand une dépression apparaît, en **B**, l'air froid est remplacé par de l'air tropical, plus chaud et plus léger. La pression baisse.

En **A** c'est l'inverse, l'air chaud est remplacé par de l'air polaire plus froid et plus lourd. La pression augmente.

La descente d'air froid et la montée d'air chaud autour de la dépression (loi de Buys-Ballot) contribuent à creuser celle-ci (à faire baisser la pression) et entretiennent l'enroulement des masses d'air.



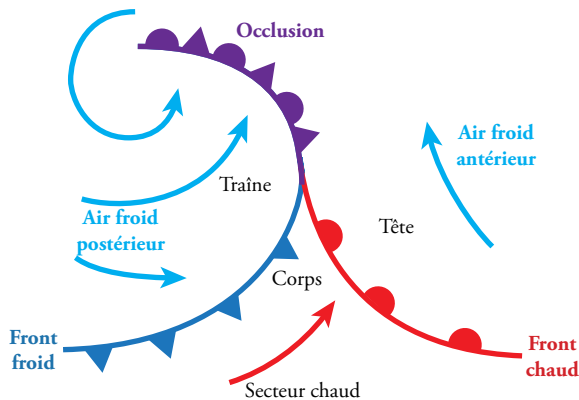
La tête est la zone située à l'avant du front chaud.

Le corps est la zone située autour des deux fronts. Il englobe la masse nuageuse présente à l'avant du front chaud, le front chaud, le secteur chaud et le front froid.

Le secteur chaud est la zone située entre le front chaud et le front froid.

La traîne est la zone située à l'arrière du front froid.

L'occlusion est la zone où le front froid a rattrapé le front chaud.



L'occlusion marque la fin de la perturbation.

Plus rapide, le front froid, dont la vitesse de déplacement se situe aux alentours de 40 km/h, a rejoint le front chaud dont la vitesse de déplacement est d'environ 25 km/h (soit 15 km/h de différence).

La dépression va être coupée de son alimentation car l'air chaud est rejeté en altitude et les écarts de température vont diminuer. La dépression se comble et les masses d'air se stabilisent. Par inertie, l'air tourne encore sur lui-même jusqu'à ce que l'énergie soit absorbée.

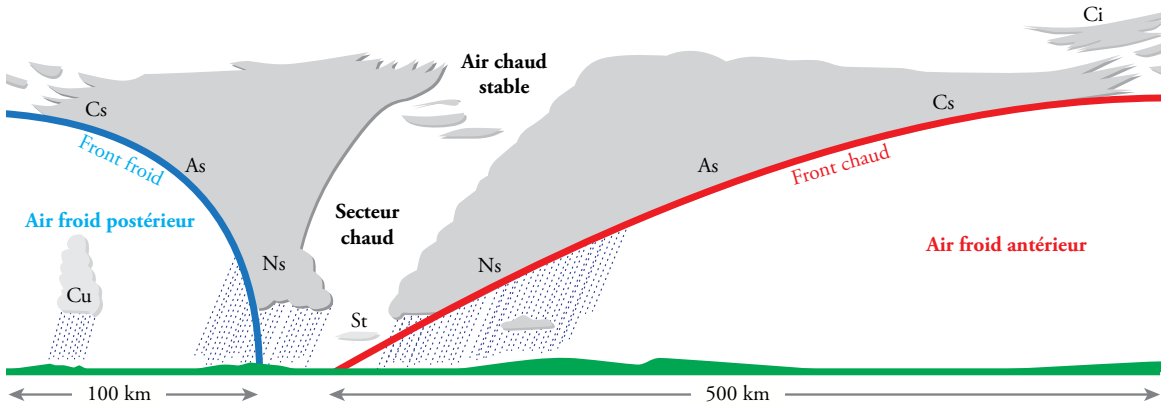
Ce qui se passe alors est déterminé par le type de front occlus. On peut avoir un front occlus chaud ou froid (voir schémas page précédente). L'occlusion est souvent le siège de précipitations.

FRONTS ET NUAGES ASSOCIÉS

Que se passe-t-il sur les surfaces frontales ?

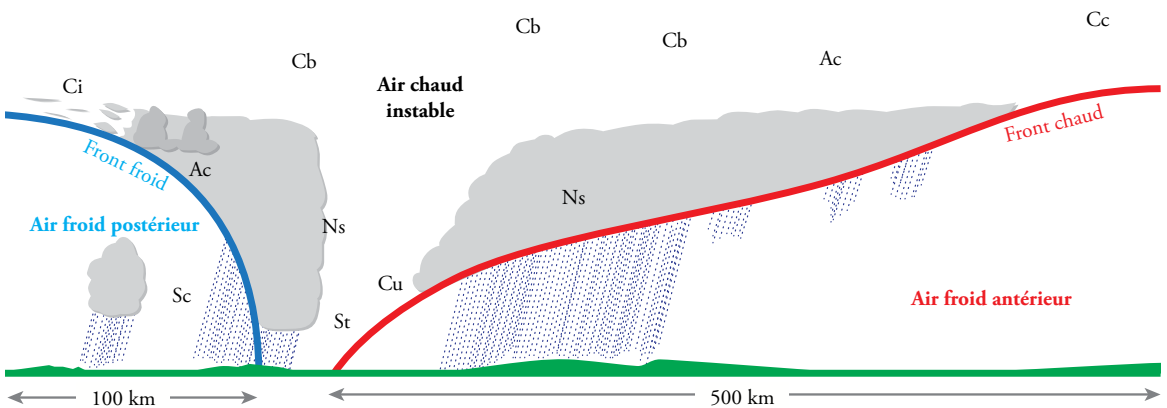
Qu'il s'agisse d'un front chaud ou d'un front froid, c'est toujours l'air chaud qui est soulevé. Ce soulèvement s'accompagne d'une détente (baisse de pression) et d'un refroidissement généralement suffisant pour qu'il y ait condensation et formation de nuages. Un véritable système nuageux se forme, plus actif sur les fronts froids dont la pente est plus forte.

1) AIR CHAUD STABLE



TRAÎNE	FRONT FROID	SECTEUR CHAUD	FRONT CHAUD	ARRIVÉE DU FRONT CHAUD
Temps variable et froid (ou frais) avec souvent des averses.	Mauvais temps. Pluie intense.	Souvent dégagé quelques heures.	Plafond bas et pluie fine.	Le plafond baisse progressivement.

2) AIR CHAUD INSTABLE



PERTURBATIONS ET MAUVAIS TEMPS

La dépression est le moteur de la perturbation. Plus vous êtes proche du centre de la dépression, plus le temps est perturbé. Quand on s'en éloigne, les phénomènes sont atténués et l'on bénéficie d'une zone de beau temps entre le front chaud et le front froid.

Les systèmes nuageux se trouvent sur les fronts (surtout le front froid) et sur l'occlusion.

Les vents soufflent :

- ✗ du sud à l'avant de la perturbation ;
- ✗ de l'ouest dans le corps ;
- ✗ du nord en traîne.

C'est ce qui explique qu'en France :

- ✗ un fort vent du sud en altitude annonce une dégradation de la météo ;
- ✗ le vent d'ouest est caractéristique du mauvais temps ;
- ✗ le retour du vent du nord annonce la fin de la perturbation.

Attention cependant à ne pas généraliser : d'autres phénomènes jouent sur la direction du vent.

La traîne est parfois le siège de formations nuageuses actives avec des cumulonimbus. Elle est plus souvent une zone de beau temps avec un ciel très clair et quelques nuages isolés.

Il arrive que les perturbations se suivent sur des cycles de plusieurs jours. On parle alors de familles de perturbations. À peine avez-vous aperçu un peu de ciel bleu, que déjà le vent repasse au sud et des nuages réapparaissent en altitude.

Ces quelques notions vous permettront de mieux programmer votre activité. Dépêchez-vous de sauter quand un fort vent du sud souffle en altitude. Sachez attendre s'il pleut, que le vent passe au nord et que des trous de ciel bleu apparaissent. Vous avez de grandes chances de faire de jolis sauts avec une très bonne visibilité. L'étude de la météo n'aura pas été vaine !

LES OUTILS DE LA PRÉVISION

LA CARTE TEMSI

C'est une carte de prévision pour l'aéronautique. C'est la plus utilisée et la plus lisible. Elle est valable pour une heure donnée et tracée 8 heures avant. La date et l'heure de validité sont indiquées.

La carte TEMSI (TEMps SIGNificatif) représente la situation prévue, à l'aide de symboles et d'abréviations. Elle montre les fronts, les zones de mauvais temps, encadrées par des lignes dont le tracé évoque la forme des cumulus, les phénomènes météorologiques prévus, givre, pluie, brouillard, etc. et les températures, isotherme zéro, température de la tropopause.

Pour interpréter une carte TEMSI, vous devez connaître la signification des symboles et des abréviations.

Symboles du temps significatif

	Pluie		Fumée
'	Bruine		Brume de sable ou de poussière
*	Neige		
	Averse		Tempête de sable ou de poussière
	Pluie se congelant		Brume sèche
	Grêle		Turbulence modérée
	Givrage faible		
	Givrage modéré		Turbulence forte
	Givrage fort	CAT	Turbulence en air clair
	Brume		Ligne de grain
	Brouillard		Orage
	Brouillard givrant		
	Ondes orographiques		Tempête tropicale tourbillonnaire

	Niveau de l'isotherme zéro.
	Température et niveau de la tropopause.
ISOL CB $\frac{280}{016}$	Niveaux inférieur et supérieur où l'on rencontre le phénomène indiqué à côté.
LPPT	Indicatif d'aérodrome.
L	Dépression.
H	Anticyclone.

Genre de nuages

CI	Cirrus
CC	Cirrocumulus
CS	Cirrostratus
AC	Alto cumulus
AS	Altostratus
NS	Nimbostratus
SC	Stratocumulus
ST	Stratus
CU	Cumulus
CB	Cumulonimbus
LYR	En couches

Quantité de nuages

SKC	Ciel Clair
FEW	Ciel couvert sur 1 à 2 huitième
SCT	Ciel couvert sur 3 à 4 huitième
BKN	Ciel couvert sur 5 à 7 huitième
OVC	Ciel entièrement couvert

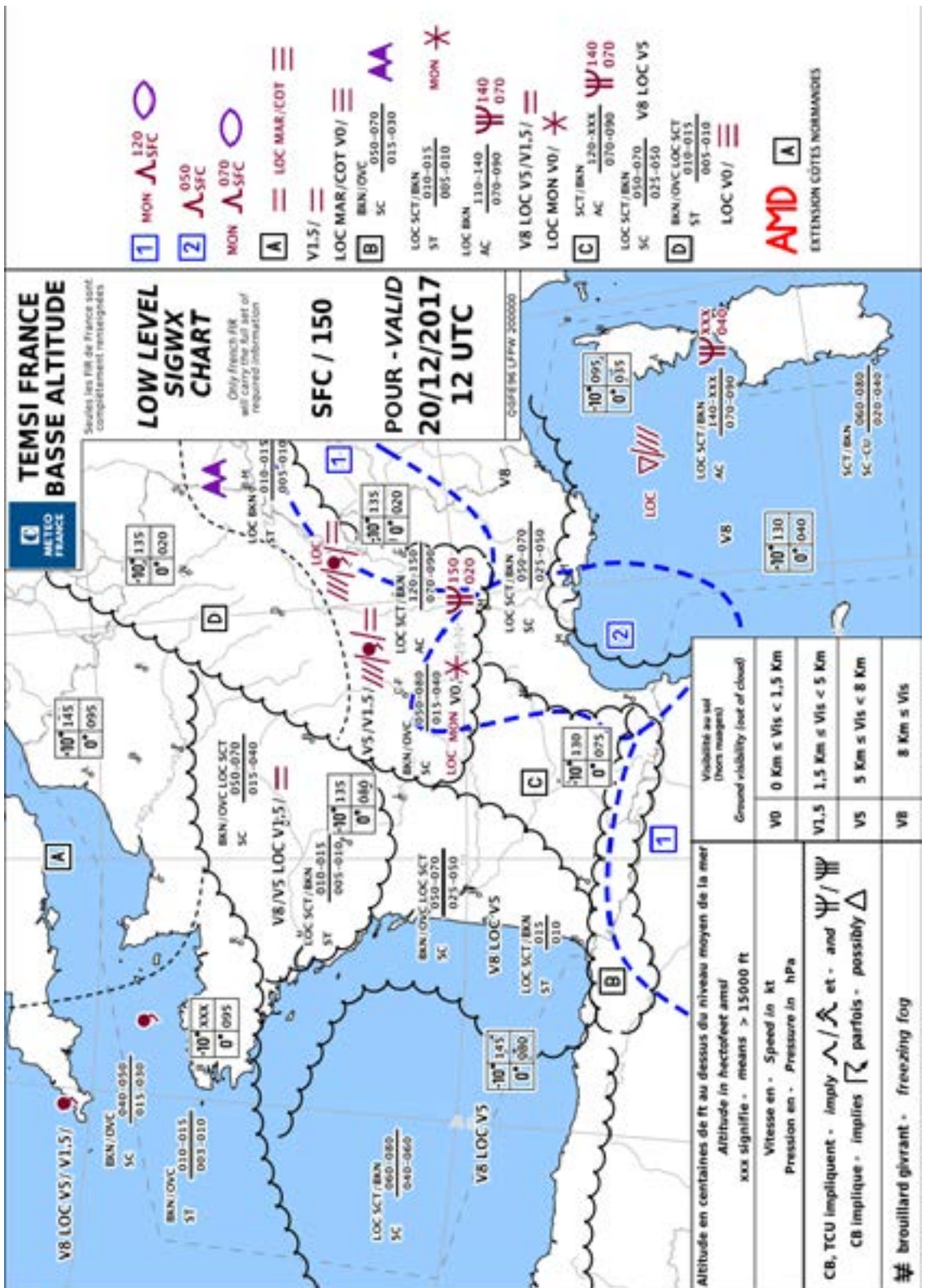
Déplacement des fronts

25	Vitesse prévue en kts
	Direction prévue
SLW	Déplacement lent
STNR	Stationnaire

Localisation

COT	Sur les côtes
LAN	À l'intérieur des terres
LOC	Localement
MAR	En mer
MON	Au-dessus des montagnes
SFC	Au sol
VAL	Dans les vallées

EXEMPLE DE CARTE TEMSI



LA CARTE WINTEM

Les cartes WINTEM (WIND : vent - TEMperature) prévoient les vents et les températures.

Elles sont intéressantes en parachutisme pour connaître le vent en altitude avant de démarrer une séance de sauts.

Ces cartes sont établies à partir de sondages effectués par ballons-sondes.

Les cartes altitude sont établies pour différents niveaux de vol :










FL 20 - 950 hPa \approx 600 m ;


FL 50 - 850 hPa \approx 1500 m ;


FL 100 - 700 hPa \approx 3000 m.


Elles sont proposées pour des prévisions toutes les 3 heures.

Symboles d'indication du vent

	5 kts
	10 kts
	15 kts
	20 kts
	25 kts
	30 kts
	35 kts
	50 kts
	60 kts

 Une barre oblique représente 10 kts.

 Une petite barre oblique 5 kts.

 Un triangle noir 50 kts.

L'addition des barres d'un symbole donne la vitesse du vent.

L'axe de la flèche indique la direction du vent.

Symboles d'indication des températures

- ✗ Les températures indiquées sont celles prévues sur la surface isobare.
- ✗ Les températures positives sont indiquées avec le signe + (+ 8 = 8 °C au dessus de zéro)
- ✗ Les températures négatives sont indiquées sans signe (8 = -8 °C en dessous de zéro)

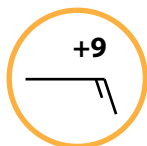
Exemples d'informations de vents et de températures

Température

+9 °C

Vent

090° 15kts



Température

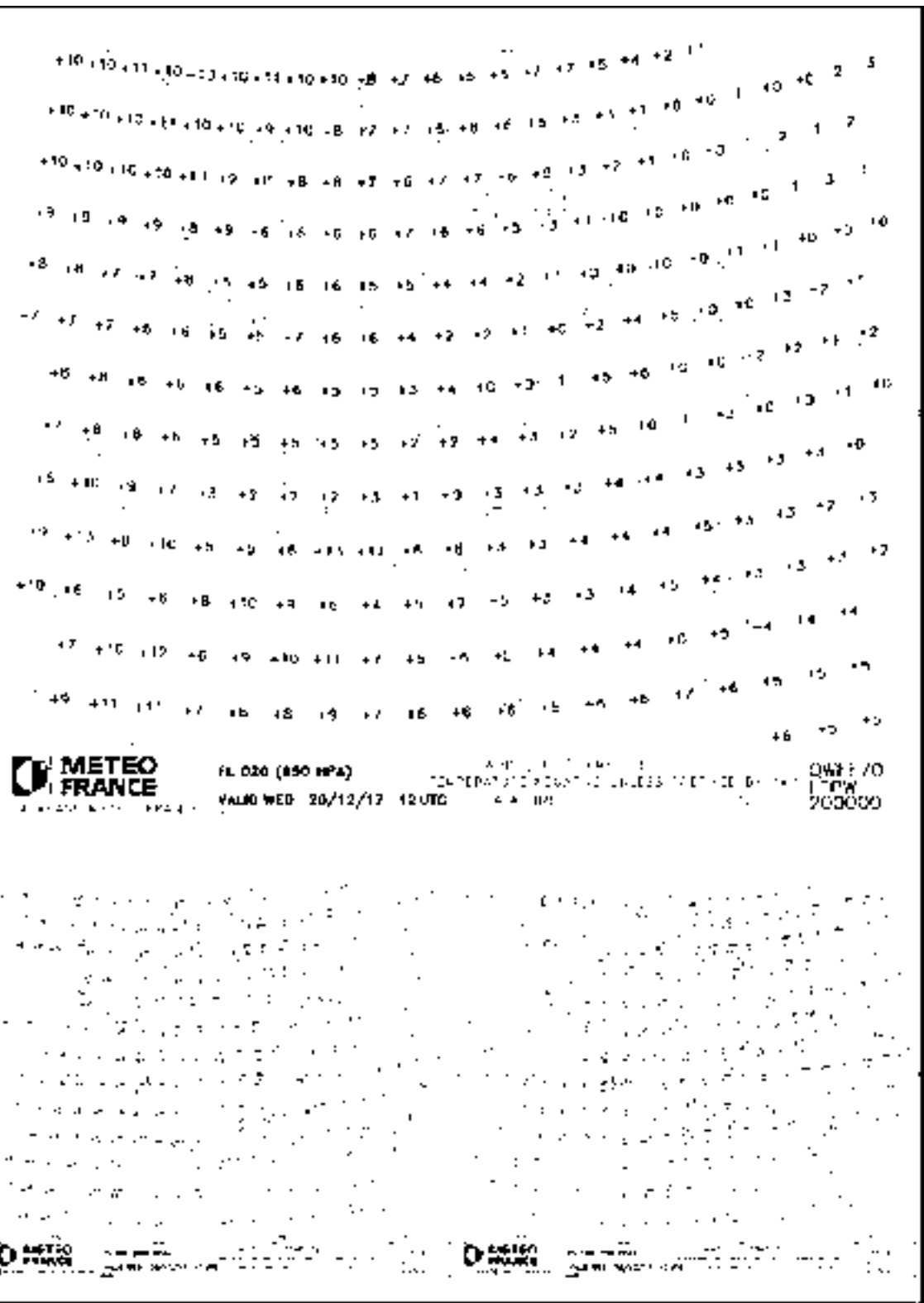
-2 °C

Vent

210° 70kts



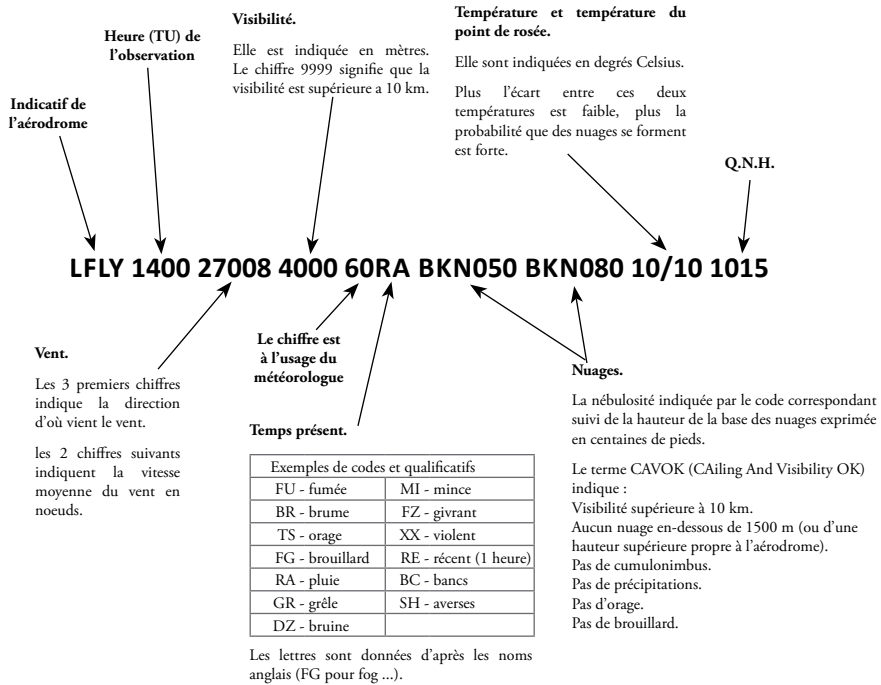
EXEMPLE DE CARTE WITEM



LES MESSAGES MÉTÉOROLOGIQUES

Le METAR

Les METAR sont des messages d'observation. Certains paramètres sont estimés par le météorologue, comme la visibilité et la nébulosité, d'autres sont mesurés, comme la pression, le vent et les températures. Les METAR sont diffusés très régulièrement.



Le METAR comporte parfois une indication de tendance pour les 2 heures à venir. Elle est alors précédée de l'une des abréviations ci-contre :

- NOSIG Aucun changement n'est prévu.
- GRADU Variation progressive.
- RAPID Changement rapide, moins d'une demie-heure.
- TEMPO Temporaire (durée inférieure à 1 heure).
- INTER Intermittent (changements fréquents et brefs).
- TEND Tendance non qualifiable des termes précédents.

Éventuellement, d'autres indications sont données, comme l'état de la piste.

Le TAF

C'est un message de prévision d'aérodrome. Il est valable pour une durée de 9 heures, parfois 24 heures. Cette durée est précisée sur le message. Les indications sont données suivant la même codification que pour le METAR. Le TAF comporte plusieurs groupes d'informations qui donnent l'évolution prévue du temps.

Premier groupe d'information.

Indicatif d'aérodrome.

Heures de début et de fin de validité.

Vent.

Visibilité.

Temps présent.

Nuages.

Température.

Conditions éventuelles de givrage.

Les groupes suivants sont précédés d'abréviations qui précisent le caractère temporel de l'évolution. Ce sont celles du METAR (indication de tendance : GRADU - RAPID - TEMPO - INTER), auxquelles il faut ajouter :

✖ PROS 20 - risque modéré (PROB pour probabilité).

✖ PROS 30 - risque fort.

✖ PROB 40 - risque très fort.

✖ SKC - ciel clair, les nuages vont se dissiper.

Le terme NOSIG ne figure jamais sur un TAF.

LFPO 0615 24010 5000 61RA BKN005 OVC030

Prévision pour la période allant de 6 h à 15 h TU. Vent du 240°, 10 kt.

Visibilité 5 km.

Pluie.

Ciel couvert sur 5 à 7 huitièmes à 500 pieds. Ciel entièrement couvert à 3000 pieds.

RAPID 08 30012/28 GRADU 1013 30010 9999 SCT030

Évolution rapide à partir de 8 h TU. Vent du 300° soufflant entre 12 et 28 kt.

Évolution progressive entre 10 h et 13 h TU. Vent du 300° 10 kt.

Visibilité supérieure à 10 km.

Nuages sur 3 à 4 huitièmes du ciel à 3000 pieds.

INTER 1315 8000 80RASH BKNO20

Par intermittence entre 13 h et 15 h TU.

Visibilité 8 km.

Averses de pluie.

Ciel couvert sur 5 à 7 huitièmes du ciel à 2000 pieds.

LES INDICATEURS D'AÉRODROMES OACI

(OACI : Organisation de l'Aviation Civile Internationale)

Ces codes sont utilisés sur les cartes météorologiques. Ne figurent ci-dessous que les principaux aérodromes.

CODE	AÉRODROMES	CODE	AÉRODROMES
LFAT	Le Touquet	LFOT	Tours
LFBD	Bordeaux	LFPB	Paris Le Bourget
LFBG	Cognac	LFPG	Paris Charles De Gaulle
LFBH	La Rochelle	LFPN	Toussus-le-Noble
LFBM	Mont-de-Marsan	LFPO	Paris Orly
LFBO	Toulouse	LFPV	Villacoublay
LFBT	Tarbes	LFPY	Brétigny
LFBZ	Biarritz	LFQQ	Lille
LFKB	Bastia	LFRB	Brest
LFKC	Calvi	LFRG	Deauville
LFKJ	Ajaccio	LFRH	Lorient
LFLL	Chambéry	LFRN	Rennes
LFCL	Clermont-Ferrand	LFRQ	Quimper
LFLL	Lyon Satolas	LFRS	Nantes
LFSL	Grenoble Saint-Geoirs	LFRT	Saint-Brieuc
LFVL	Vichy	LFSB	Bâle Mulhouse
LFYL	Lyon Bron	LFSC	Colmar
LFMH	Saint-Étienne	LFSD	Dijon
LFMI	Istres	LFSF	Metz
LFML	Marseille Marignane	LFSD	Nancy
LFMN	Nice	LFSR	Reims
LFMP	Perpignan	LFST	Strasbourg Entzheim
LFMT	Montpellier	LFTH	Hyères
LFOA	Avord	LFTW	Nîmes
LFOB	Beauvais	EBBR	Bruxelles
LFOE	Évreux	LSGG	Genève

ALTIMÉTRIE

L'atmosphère standard	86	Utilisation des calages altimétriques	91
Définition	86	Réglage de votre altimètre.....	91
Les calages altimétriques.....	87	Lors d'un saut de démonstration	92
Hauteur, altitude et niveau de vol.....	87	Les erreurs altimétriques.....	93
Le code « Q »	88	L'altimètre	93
Le calage QFE.....	88	Les erreurs altimétriques.....	93
Le calage QNH.....	88	Unités et conversions	95
QFE et QNH.....	88	Principales unités utilisées en parachutisme	95
Le calage standard	89	Conversions rapides.....	96
Le QNE.....	89		
En « résumé » !.....	90		

L'ATMOSPHÈRE STANDARD

DÉFINITION

L'atmosphère standard est une norme de référence (un modèle théorique). Elle correspond aux conditions moyennes de pression et de température que l'on rencontre dans l'atmosphère sous nos latitudes. C'est la norme adoptée par l'OACI (Organisation de l'Aviation Civile Internationale).

Ses principales caractéristiques sont :

- ✗ Pression au niveau de la mer : 1013,25 hPa ;
- ✗ Température au niveau de la mer : 15 °C ;
- ✗ Humidité : 0 % ;
- ✗ La température baisse linéairement de 6,5 °C tous les 1000 mètres jusqu'à 11000 m ;
- ✗ Dans les basses couches, une variation de pression de 1 hPa correspond à une variation de hauteur de 8,50 m.

Remarques

La diminution réelle de pression avec l'augmentation d'altitude n'est pas linéaire. La correspondance 1 hPa = 8,5 m ≈ 28 ft est donc approximative mais cependant suffisante dans les basses couches (de 0 m à 1000 m) pour la précision des calculs qui nous intéressent.

Cette norme qui définit des valeurs de référence permet, entre autres, de baser les altimètres et les calculs altimétriques sur une même loi de variation de pression en fonction de l'altitude.

L'atmosphère standard établit une correspondance entre pression, altitude et température. C'est une référence arbitraire utilisée en altimétrie. Ces conditions ne sont que très rarement réunies. Par exemple, la diminution de température théorique en fonction de l'altitude peut s'échelonner de -6 °C à -10 °C tous les 1000 mètres selon le taux d'humidité de la masse d'air (gradient adiabatique « sec » ou « humide » - voir chapitre météo).

ALTITUDE (en mètres)	PRESSION ATMOSPHÉRIQUE (en hectopascals)	TEMPÉRATURE (en degrés Celsius)
0 m	1013,25 hPa	15 °C
1000 m	899 hPa	8,5 °C
1500 m	850 hPa	5,5 °C
2000 m	795 hPa	2 °C
3000 m	701 hPa	- 4,5 °C
4000 m	616 hPa	-11 °C
6000 m	472 hPa	- 24 °C
11000 m	226 hPa	- 56,5 °C

LES CALAGES ALTIMÉTRIQUES

HAUTEUR, ALTITUDE ET NIVEAU DE VOL

La hauteur

La hauteur est la distance verticale entre un point et le sol, mesurée en mètres ou en pieds.

Vous avez besoin de connaître la hauteur dans toutes les phases du saut, en particulier avant le largage, l'ouverture et l'atterrissage.

L'altitude

L'altitude est la distance verticale entre un point et le niveau de la mer, mesurée en mètres ou en pieds.

Vous avez besoin de connaître l'altitude quand vous voyagez, pour survoler un massif montagneux par exemple.

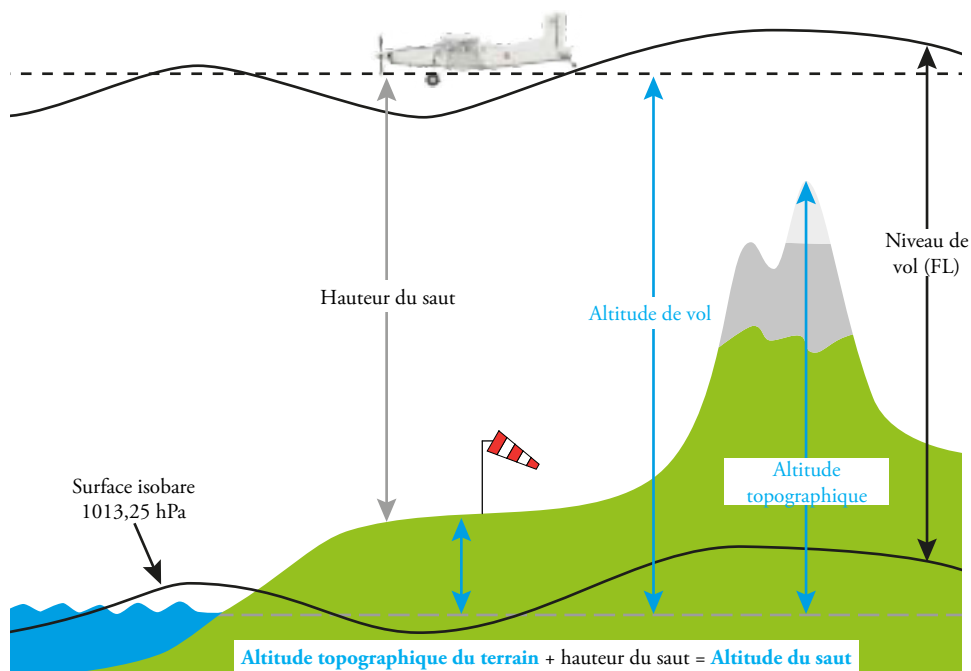
Le niveau de vol

Un niveau de vol ou FL (Flight Level) est une surface isobare (où la pression est égale en tous points).

On parle aussi « d'altitude pression ».

Les niveaux de vol permettent d'assurer la séparation verticale des aéronefs car ils sont exprimés par rapport à une même référence, la surface isobare 1013,25 hPa.

Voler au FL 75 signifie voler à 7500 pieds, lus sur un altimètre dont le zéro est la surface isobare 1013,25 hPa.



LE CODE « Q »

C'est un code à trois lettres utilisé en communication radio, principalement pour la navigation maritime et aéronautique.

Il est composé de trois lettres, dont la première est toujours Q (comme « question »).

On peut citer en aéronautique : QFE ; QNH ; QNE ; QFU (orientation magnétique d'une piste) etc.

En aéronautique, la lettre Q est parfois omise. On parle souvent (en alphabet radio) de Novembre-Hôtel pour le QNH et de Fox-Écho pour le QFE.

LE CALAGE QFE

Il consiste à prendre pour « zéro » la valeur de la pression au sol à l'endroit où vous faites le réglage.

Un altimètre calé au QFE indique une hauteur (rappelez-vous que cette distance n'est pas égale à la distance réelle chaque fois que vous n'êtes pas en conditions standard, c'est-à-dire la plupart du temps).

Le QFE (Atmospheric pressure [Q] at Field Élévation) est la valeur de la pression atmosphérique au sol. En mettant l'aiguille de votre altimètre sur zéro avant un saut, vous faites un calage au QFE. L'altimètre de l'avion, qui possède une fenêtre de lecture de pression, permet de connaître la pression atmosphérique du lieu.

Intérêt principal : connaître sa hauteur par rapport au sol.

LE CALAGE QNH

Il consiste à prendre pour « zéro » la valeur de la pression ramenée au niveau de la mer.

Un altimètre calé au QNH (Atmospheric Pressure [Q] at Nautical Height) indique une altitude.

Que signifie « ramenée au niveau de la mer » ? Vous voulez connaître le QNH d'un aérodrome situé à 170 m d'altitude. Pour mesurer la pression au niveau de la mer, il faudrait creuser un puits de 170 m ! Cela n'a pas de sens. Vous allez faire un calcul en utilisant la correspondance : 1 hPa = 8,5 m \approx 28 ft. C'est comme cela que l'on calcule un QNH.

Dans le cas présent, 170 m correspondent à 20 hPa (170 m / 8,5 m/hPa). $QNH = QFE + 20 \text{ hPa}$.

Intérêt principal : éviter un relief.

QFE ET QNH

On **mesure** un QFE et on **calcule** un QNH qui est une valeur théorique (on peut aussi lire le QNH directement sur l'altimètre de l'avion en le réglant à l'altitude de vol et en lisant la valeur indiquée dans la fenêtre des pressions).

Au niveau de la mer, QFE et QNH sont identiques. Dans tous les autres cas, ce sont deux valeurs différentes.

N'utilisez la correspondance 1 hPa = 8 m 50 \approx 28 pieds, que pour des calculs concernant des altitudes inférieures à 1000 m (à 2000 m ; 1 hPa \approx à 10 m).

Fenêtre de lecture
de la pression



Molette de réglage

LE CALAGE STANDARD

Le « zéro » est toujours égal à 1013,25 hPa. Suivant les conditions météo, la surface isobare 1013,25 hPa se trouve au-dessus ou au-dessous du niveau de la mer. Un altimètre calé en standard indique une distance en pieds au-dessus de la surface isobare 1013,25 hPa. Il ne permet pas d'atterrir, ni de connaître l'altitude ou la hauteur, mais seulement de suivre un niveau de vol.

Par exemple, le niveau 95 ou FL 95 (pour flight level = niveau de vol en anglais) correspond à une altitude de 9500 pieds indiquée par un altimètre calé en standard (1013,25 hPa).

L'utilisation des niveaux de vol obéit, en général, à la règle dite « règle semi-circulaire » :

- ✗ Les vols en **VFR** (Visual Flight Rules : règles de vol à vue) ont lieu à des niveaux de vol se terminant par un 5 : FL 45, FL 55, FL 65, etc.
- ✗ Les vols en **IFR** (Instrument Flight Rules : règles de vol aux instruments) ont lieu à des niveaux de vol se terminant par un 0 : FL 50, FL 60, FL 70, etc.
- ✗ Jusqu'au FL 280, les niveaux de vol sont qualifiés de pairs et d'impairs en fonction du chiffre de leur dizaine :
 - pairs : FL 40, FL 45, FL 60, FL 65, etc.
 - impairs : FL 50, FL 55, FL 70, FL 75, etc.
- ✗ les niveaux de vol impairs sont utilisés quand l'aéronef suit une route magnétique entre 0° et 179° (vols en direction de l'Est).
- ✗ les niveaux de vol pairs sont utilisés quand l'aéronef suit une route magnétique entre 180° et 359° (vols en direction de l'Ouest).

Ces règles, permettent d'assurer un espacement de :

- ✗ 500 pieds entre un vol IFR et un vol VFR ;
- ✗ 1 000 pieds entre deux aéronefs volant en direction opposée au même régime de vol (IFR/IFR et VFR/VFR).

LE QNE

Le QNE d'un aérodrome est son « altitude pression » lue sur un altimètre calé au calage standard (1013,25 hPa).

Il est utilisé pour les terrains en altitude car le QFE ne peut parfois pas être affiché dans la fenêtre des pressions de l'altimètre (limite de l'index). De plus, la décroissance de pression en altitude diffère trop de celle dans les basses couches (à 2000 m, 1 hPa correspond à 10 m alors qu'il correspond à 8,5 m dans les basses couches) : le calcul de l'altitude par rapport au QNH serait faussé.

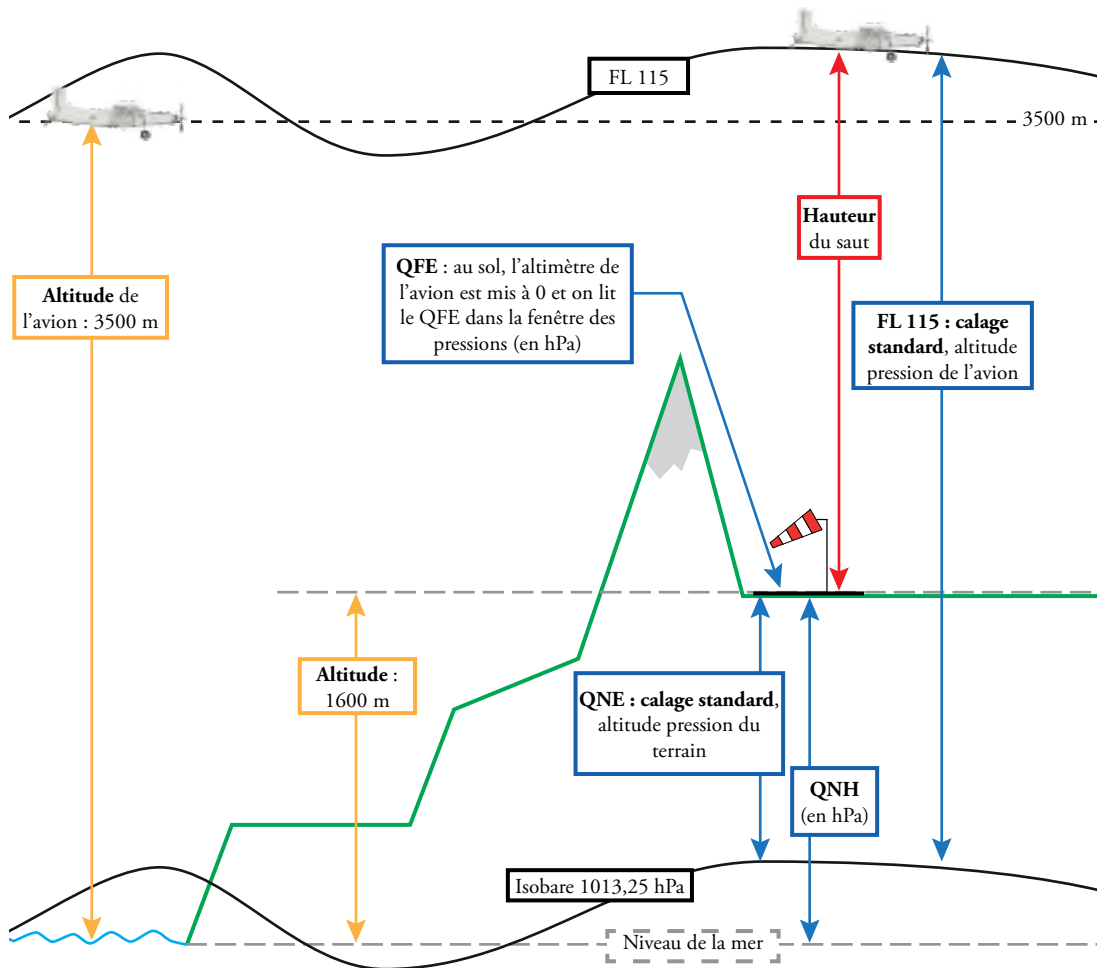
Remarque

En aéronautique, l'unité utilisée pour exprimer les hauteurs ou les altitudes est le pied (ft) alors que les parachutistes les expriment le plus souvent en mètres. Il est donc important de bien maîtriser les conversions mètre/pied et inversement.

$$1 \text{ ft} = 30,48 \text{ cm} ;$$
$$1000 \text{ ft} = 304,8 \text{ m} \approx 300 \text{ m}$$

$$1 \text{ m} \approx 3,28 \text{ ft} ;$$
$$100 \text{ m} \approx 328 \text{ ft} ;$$
$$1000 \text{ m} \approx 3280 \text{ ft} \approx 3300 \text{ ft}$$

EN « RÉSUMÉ » !



QNH

$QNH \text{ en hPa} = QFE \text{ en hPa} + (\text{altitude du terrain en m} / 8,5 \text{ hPa/m})$

Donc, $QNH \text{ en hPa} = QFE \text{ en hPa} + (1600 \text{ m} / 8,5 \text{ hPa/m})$

Donc, $QNH \text{ en hPa} = QFE \text{ en hPa} + 188 \text{ hPa}$

Le QNH est l'altitude du terrain en hPa (en valeur de pression).

QNE

On règle l'altimètre de l'avion sur 1013,25 dans la fenêtre des pressions (calage standard).

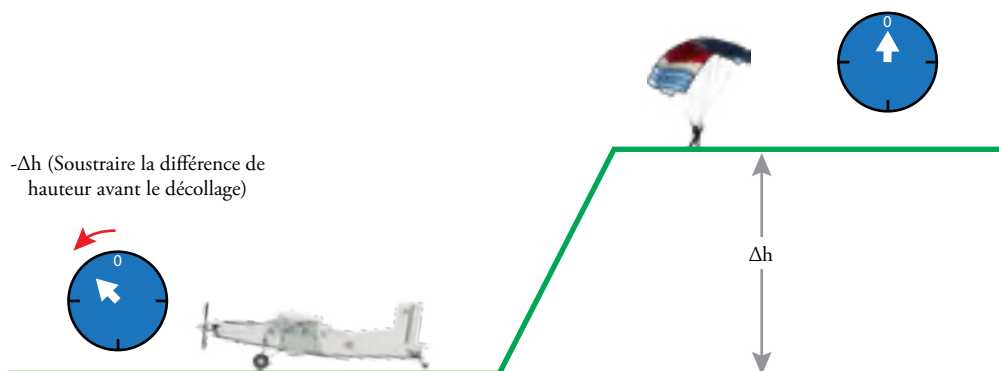
La valeur indiquée au sol lorsque l'avion est posé est « l'altitude pression » de l'aérodrome.

UTILISATION DES CALAGES ALTIMÉTRIQUES

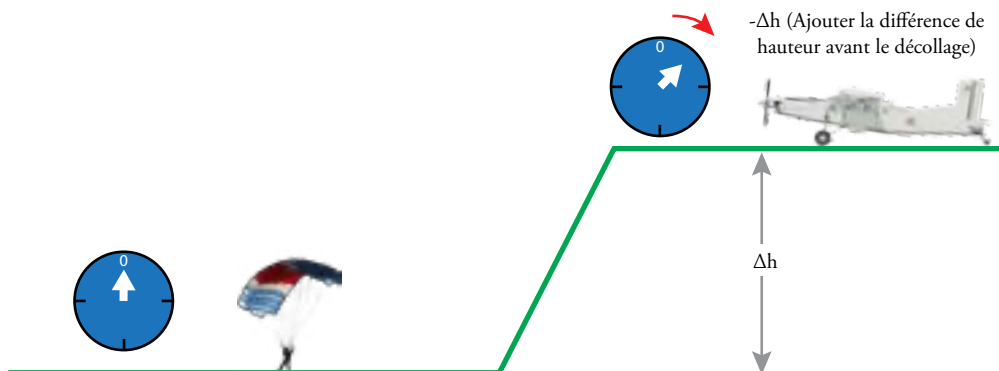
RÉGLAGE DE VOTRE ALTIMÈTRE


Si l'aérodrome de décollage n'est pas à la même altitude que la zone de sauts.

- ✖ **Pour sauter sur une zone plus élevée** que l'aérodrome de décollage, affichez sur votre altimètre avant le décollage une valeur négative égale à l'écart entre l'altitude de la zone de sauts et celle de l'aérodrome ($-\Delta h$). Faites un schéma pour ne pas vous tromper.



- ✖ **Pour sauter sur une zone moins élevée** que l'aérodrome de décollage, affichez sur votre altimètre avant le décollage une valeur positive égale à l'écart entre l'altitude de la zone de sauts et celle de l'aérodrome ($+\Delta h$). Faites un schéma pour ne pas vous tromper.



 Il faut parfaitement bien connaître cette règle. Si vous vous trompez de sens, l'erreur est doublée (2 fois la différence de hauteur entre les deux zones).

Faites systématiquement un schéma.

N'oubliez pas de modifier aussi la hauteur de déclenchement de votre système de sécurité si vous devez effectuer un saut sur une zone située à une hauteur différente de votre zone de décollage.

LORS D'UN SAUT DE DÉMONSTRATION

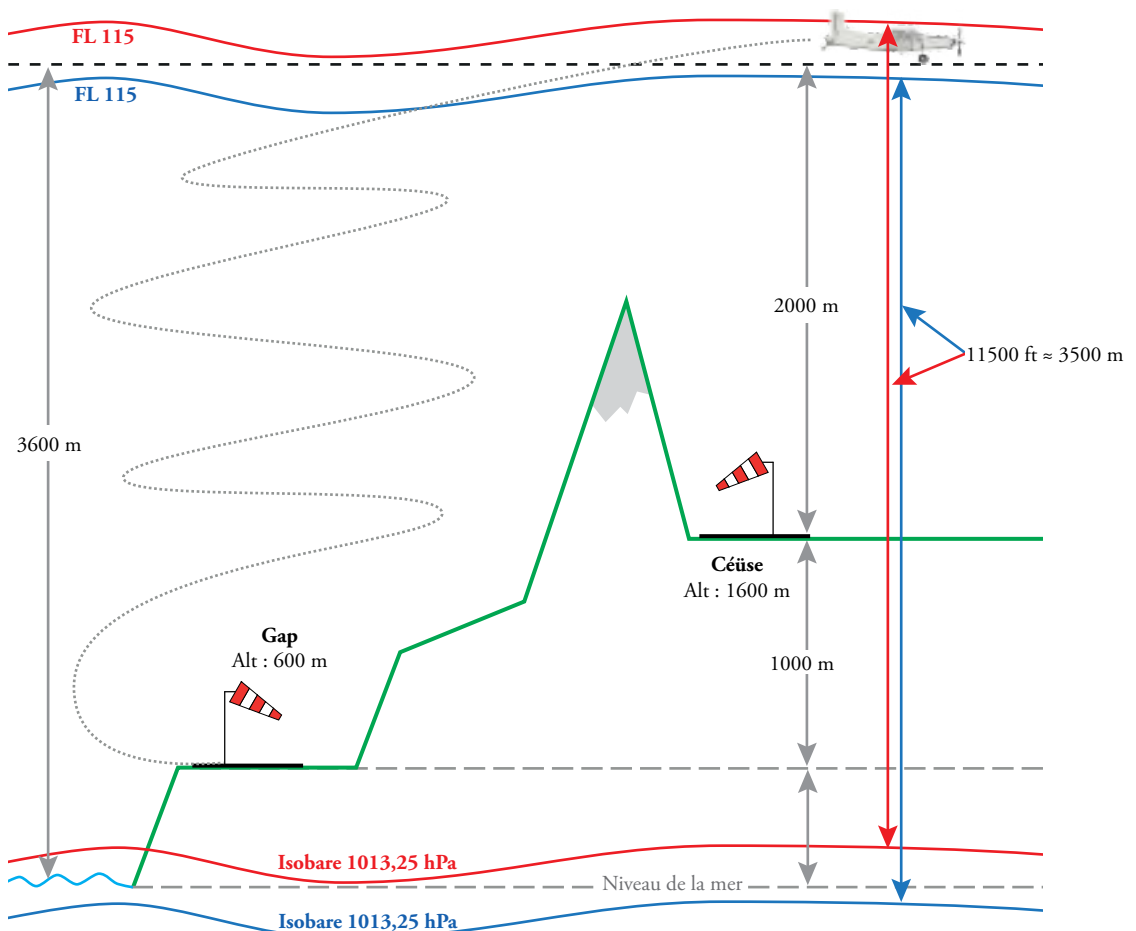
Un avion décolle de Gap Tallard, situé à 600 m d'altitude, pour un largage sur une zone proche, Céüse, située en montagne à 1600 m d'altitude.

Les parachutistes souhaitant sauter à 2000 m de hauteur, le largage sera donc effectué à 3600 m d'altitude.

- 1) Les parachutiste règlent leur altimètre de saut sur -1000 m.
- 2) Au départ de Gap, l'un des altimètres de l'avion est calé au QFE (il indique zéro tant que l'avion est au sol) et le deuxième altimètre sur 1013,25 (afin de respecter le niveau de vol).
- 3) En vol, le pilote recale le premier altimètre au QNH pour lire directement l'altitude de vol.

L'indication est fiable parce que les deux zones ne sont pas très éloignées.

- 4) Le NOTAM autorise le largage au niveau 115 (FL 115). En fonction des conditions de pression du jour (**FL 115 conditions anticycloniques - hautes pressions** ou **FL 115 conditions dépressionnaires - basses pressions**), la hauteur du saut pourra être inférieure, égale ou supérieure à 2000 m.
- 5) Après le largage, le pilote remettra le premier altimètre au QFE pour se poser à Gap.



LES ERREURS ALTIMÉTRIQUES

L'ALTIMÈTRE

Il mesure des variations de pression. Il est gradué en mètres ou en pieds suivant une échelle de conversion entre pression et hauteur par rapport à l'atmosphère standard.

Il est généralement constitué d'une capsule anéroïde qui se dilate lorsque la pression baisse (quand on monte). La dilatation entraîne un mécanisme qui fait tourner l'aiguille indicatrice.

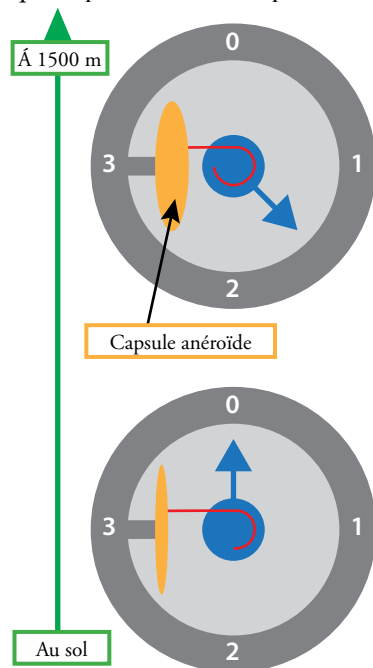
C'est donc un baromètre qui est gradué en « hauteur ».

Exemple : un matin, votre altimètre qui indiquait 0 la veille au soir, indique + 85 m. Qu'en déduisez-vous ?

Quand l'altitude baisse, la pression monte et inversement. Si la hauteur lue sur l'altimètre est montée de 85 m, c'est que la pression a baissé de 10 hPa (1 hPa = 8,5 m). Dépêchez-vous de sauter, le beau temps ne devrait pas durer et n'oubliez pas de régler l'altimètre à 0.

Remarques : les altimètres numériques munis de capteurs de pression généralement piezoélectriques, ont tendance à remplacer les altimètres conventionnels.

Les altimètres d'avion sont généralement pourvus d'une fenêtre de réglage permettant d'afficher (et de lire) une pression en hPa.



LES ERREURS ALTIMÉTRIQUES

Un altimètre de sauts est fiable mais pas précis. Il devient faux dès que l'on s'écarte des valeurs de l'atmosphère standard (ce qui est très fréquent). L'erreur est d'autant plus grande que la distribution verticale des températures et des pressions diffère de celle de l'atmosphère standard.

Il faut donc savoir évaluer l'erreur altimétrique.

- ✘ Par temps chaud, la hauteur indiquée par l'altimètre est en général inférieure à la hauteur réelle.
- ✘ Par temps froid, la hauteur indiquée par l'altimètre est en général supérieure à la hauteur réelle. Cela peut être dangereux si vous volez à proximité du relief.
- ✘ Lorsque la pression est basse (système dépressionnaire), la hauteur indiquée par l'altimètre est en général supérieure à la hauteur réelle.

Par chance, nous n'avons pas besoin d'une grande précision en parachutisme, sauf à l'approche du sol où l'erreur est faible.



Retenez que :

- ✘ Baisse de température : surestimation de la hauteur = **danger**.
- ✘ Baisse de pression : surestimation de la hauteur = **danger**.

D'une façon générale, lorsque les conditions sont inférieures aux valeurs standards, il y a surestimation de la hauteur.

Remarque

Même si l'altimétrie ne vous paraît pas très simple au premier abord, elle est utile pour éviter les mauvaises surprises. Ne vous réjouissez pas en pensant que c'est le problème du pilote, car ce sont souvent les parachutistes qui font les demandes de NOTAM. Si vous vous trompez, le pilote n'acceptera pas de dépasser la limite autorisée. Si vous réglez mal votre altimètre pour aller sauter sur une zone située à une altitude différente de l'aérodrome de décollage, vous risquez d'ouvrir bas. Alors un peu de courage. Vous devez bien comprendre ce chapitre.

UNITÉS ET CONVERSIONS

PRINCIPALES UNITÉS UTILISÉES EN PARACHUTISME

Les valeurs à connaître figurent dans les carrés gris. Les autres sont données pour information.

DISTANCE				
1 mètre (m)	1 pouce (inch - in) = 2,54 cm (= 1/12 de pied)	1 pied (ft) = 30,48 cm (= 12 inch)	1 mille terrestre (mi) ≈ 1609 m (un ciseau neuf !)	1 mille nautique (nm) = 1852 m
SURFACE				
1 mètre carré (m ²)		1 pied carré (ft ²) ≈ 0,09 m ²		
VOLUME				
1 m ³	1 pouce cubique (in ³) ≈ 16,4 cm ³	1 gallon US (gal US) ≈ 3,785 litres		
VITESSE				
1 m/s = 3,6 km/h		1 ft/min ≈ 0.005 m/s 1000 ft/min ≈ 5 m/s	1 mille par heure (m.p.h) = 1609 m/h	1 nœud (kt) = 1852 m/h ≈ 0,514 m/s
FORCE				
1 newton (N) = 1kg.m.s ⁻²	Au niveau de la mer, le poids d'une masse de 1 kg est approximativement égal à 10 N (1 daN)			
PRESSION				
1 Pascal (Pa) 1 Pa = 1 N/m ² 1 hectopascal (hPa) = 100 Pa	(ancienne unité) 1 millibar = 1 hPa 1 bar = 1000 hPa	760 millimètres de mercure (mmHg) = 1013,25 hPa	1 atmosphère (atm) = 1013,25 hPa	1 psi (pound-force per square inch : livre-force par pouce carré) ≈ 0,069 bar ≈ 6900 Pa
TEMPÉRATURE				
1 degré Celsius (°C)	Le kelvin (K) T _K = T _{°C} + 273,15	Le degré Fahrenheit (°F) T _{°F} = 9/5 (T _{°C} + 32)		

- ✘ Le pied (ft) est principalement utilisé pour mesurer hauteurs, altitudes et niveaux de vol.
- ✘ Le pied minute (ft/min) sur le variomètre de l'aéronef (vitesse de montée ou de descente).
- ✘ Le mille nautique (nm) pour les distances de vol.
- ✘ Le pied carré (ft²) pour les surfaces des voiles.
- ✘ Le pouce cubique (in³) pour les volumes des conteneurs des parachutes de fabrication étrangère.
- ✘ L'hectopascal (hPa) pour la pression atmosphérique.

CONVERSIONS RAPIDES

(calculs approximatifs)

POUR PASSER DES PIEDS (ft) AUX MÈTRES (m)			
Multipliez par 3 puis divisez par 10		1000 ft \approx 300 m 4000 ft \approx 1200 m 7000 ft \approx 2100 m 10000 ft \approx 3000 m 12500 ft \approx 3800 m 13500 ft \approx 4000 m	Pour trouver la valeur exacte : multipliez par 0,3048. 4000 ft = 1219,2 m 13500 ft = 4114,8 m
POUR PASSER DES MÈTRES (m) AUX PIEDS (ft)			
Multipliez par 10 puis divisez par 3		1200 m \approx 4000 ft 2000 m \approx 6600 ft 2500 m \approx 8300 ft	Pour trouver la valeur exacte : multipliez par 3,28.
POUR CONVERTIR LES UNITÉS DE VITESSE			
Retenez les formules suivantes :		1 m/s = 3,6 km/h 1 nœud (kt) = 1,852 km/h 1 m/s \approx 2 nœuds (kts) 1 kt \approx 0,5 m/s	
Pour passer :	des nœuds (kts) aux km/h	multipliez par 1,8	
	des km/h aux kts	divisez par 1,8	
	des m/s aux km/h	multipliez par 3,6	
	des km/h aux m/s	diviser par 3,6	
	des m/s aux kts	multipliez par 2	Pour trouver la valeur exacte : $1 \text{ m/s} = \frac{3600 \text{ s}}{1852 \text{ m/s}} \approx 1,94 \text{ kts}$ $35 \text{ m/s} = 35 \times \left(\frac{3600}{1825} \right) \approx 68 \text{ kts}$
	des kts aux m/s	divisez par 2	Pour trouver la valeur exacte : $1 \text{ kt en m/s} = \frac{1852 \text{ m/h}}{3600 \text{ s}} \approx 0,514 \text{ m/s}$ $70 \text{ kts} = 70 \times \frac{1852}{3600} \approx 36 \text{ m/s}$
	des m/s au ft/min	multipliez par 200 (multipliez par 1000 et divisez par 5) 35 m/s \approx 7000 ft/min	Pour approcher la valeur exacte : multipliez par 196,85
des ft/min aux m/s	divisez par 200 (divisez par 1000 et multipliez par 5) 2600 ft/min \approx 13 m/s	Pour trouver la valeur exacte : multipliez par 0,00508	

POUR CONVERTIR LES UNITÉS DE SURFACE

<p>Pour passer des pieds carrés (ft²) aux mètres carrés (m²) : multipliez par 0,09 (divisez par 100 et multipliez par 9)</p>	<p>230 ft² ≈ 20,7 m² 210 ft² ≈ 18,9 m² 190 ft² ≈ 17,1 m² 170 ft² ≈ 15,3 m² 150 ft² ≈ 13,5 m² 120 ft² ≈ 10,8 m² 90 ft² ≈ 8,1 m²</p>	<p>Pour trouver la valeur exacte : 1 ft² = (0,3048 m)² 150 ft² = 150 x (0,3048 m)² = 13,935456 m²</p>
--	--	--

POUR CONVERTIR LES VOLUMES

<p>1 pouce cubique (in³ - cubic inch) vaut :</p>	<p>1 pouce = 2,54 cm (2,54 cm)³ = 16,4 cm³ 1 dm³ ≈ 61 in³</p>	
---	---	--

Les approximations faites lors des calculs donnent une erreur inférieure à celle qui est dûe à l'imprécision des instruments de mesure, sans conséquence pour la sécurité.

Par exemple, pour 10000 pieds, la valeur exacte est de 3048 m au lieu de 3000 m dans le calcul approximatif. La différence est négligeable.



AÉRODYNAMIQUE

Comment lire ce chapitre.....	100	La navigation.....	115
Le principe de vol de l'aile.....	101	Comment faire pour naviguer ?.....	115
Le vol en ligne droite.....	102	Naviguer, c'est savoir où l'on va.....	115
Comment faire pour aller tout droit ?.....	102	Naviguer, c'est s'adapter.....	115
Un système à deux forces.....	102	Le décrochage.....	116
Formule de la résultante aérodynamique (R_a).....	103	Comment je décroche ?.....	116
Avancer, c'est descendre.....	104	Comment j'arrête de décrocher ?.....	117
Comment influencer la pente ?.....	105	Écoulement laminaire.....	117
Qu'est-ce que la finesse ?.....	105	Terminologie des profils.....	118
Les angles caractéristiques.....	106	Se poser.....	119
Profil et variation portance/trainée.....	106	Se poser, c'est toucher le sol.....	119
Polaire des vitesses.....	107	Effet pendulaire et balancement.....	121
Qu'est-ce qui influence la vitesse ?.....	108	L'alignement du centre de gravité et du centre de poussée.....	121
Déformation de la polaire en fonction de la masse.....	109	La chute.....	122
Déplacement de la polaire en fonction du vent.....	110	Comment modifier/adapter ma vitesse de chute ?.....	122
Les virages.....	111	Pourquoi est-ce qu'en chute face au sol, cambrer me rend plus stable ?.....	123
Comment faire pour changer de direction ?.....	111	Mais pourquoi certaines positions sont-elles stables tout en étant décambrées ?.....	125
La mise en virage.....	112	Comment faire pour tourner ?.....	126
Au fur et à mesure du virage.....	112	C'est quoi la projection ?.....	126
Tourner, c'est descendre (encore plus).....	113	Vitesse sur trajectoire.....	128
Réactivité d'une voilure.....	113	Projection d'un tandem.....	128
Manœuvrer, c'est tourner.....	113		

COMMENT LIRE CE CHAPITRE

La mécanique du vol des voiles souples est un sujet complexe. Afin que chaque lecteur puisse retirer une information utile, ce chapitre est structuré grâce à des niveaux de lecture représentés par des couleurs.

Les sections dont le titre est **bleu** ou **noir** sont destinées aux lecteurs cherchant une information de premier niveau, une compréhension rapide des phénomènes, avec peu de détails mathématiques. Elles sont formulées de manière à répondre à « comment faire ceci ? ».

Les sections dont le titre est **orange** sont destinées aux lecteurs cherchant à approfondir la compréhension des mécanismes mis en jeu, sans pour autant trop rentrer dans les détails mathématiques.

Les sections dont le titre est **rouge** sont destinées aux lecteurs désireux d'aborder les premiers éléments mathématiques.

Cela dit, ce chapitre n'a pas pour objectif de détailler des équations. Il faut voir ces sections comme un guide ouvrant des pistes pour quiconque souhaite démarrer une recherche plus approfondie.

Pour terminer, il faut garder à l'esprit que ce qui est expliqué par la suite est une approximation, parfois outrageusement simplifiée, à des fins d'explication pour application sur les zones de sauts.

LE PRINCIPE DE VOL DE L'AILE

Une aile vole grâce à son inclinaison, au poids du parachutiste et à son profil.

C'est une aile souple, maintenue en forme par les forces de pression s'exerçant autour du profil. Elle est ouverte à l'avant pour permettre l'entrée d'air et fermée à l'arrière (intrados et extrados se rejoignent).

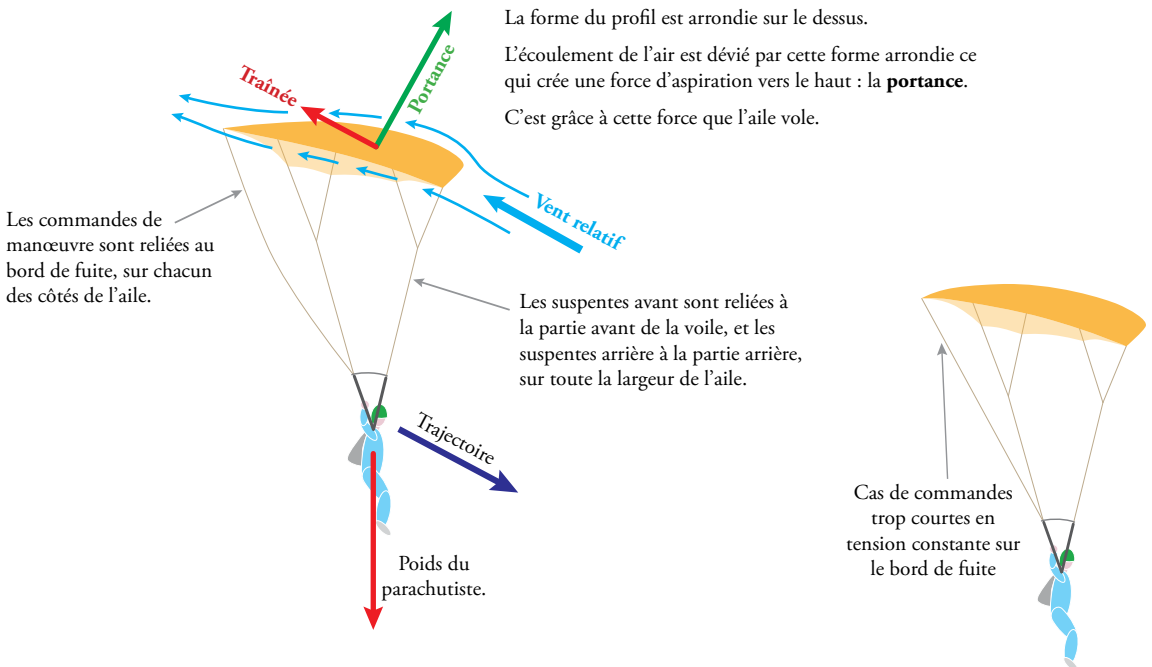
L'inclinaison et le poids du parachutiste.

Une aile souple n'a pas de moteur. Les suspentes avant sont plus courtes que les suspentes arrière, l'aile est donc inclinée vers l'avant ; c'est pour cela qu'elle avance, elle glisse sur l'air sous l'effet du poids du parachutiste.

Le profil.

Le profil aérodynamique, courbure de l'extrados plus prononcée que celle de l'intrados, et l'écoulement de l'air autour du profil sont à l'origine :

- ✗ de variations de vitesse des filets d'air engendrant une force dirigée vers le haut, la portance, déterminante pour les qualités de vol.
- ✗ d'une force qui s'oppose à l'avancement, la traînée. C'est une force qui pénalise les qualités de vol mais qui s'avère toutefois utile, notamment lors du freinage.



Les commandes doivent avoir un peu de « galbe ». Si elles sont devenues trop courtes (rétrécissement dû à l'usure et/ou mauvais réglage), on peut voir qu'elles tirent en façon constante sur le bord de fuite et dégradent les performances.

LE VOL EN LIGNE DROITE

COMMENT FAIRE POUR ALLER TOUT DROIT ?

Une voileure correctement déployée va naturellement avancer, dans la masse d'air, selon une trajectoire rectiligne et uniforme. Dit autrement, une voileure va naturellement avancer droit devant elle, tout en descendant de manière régulière et en gardant une vitesse constante. Aucune action n'est nécessaire pour cela.

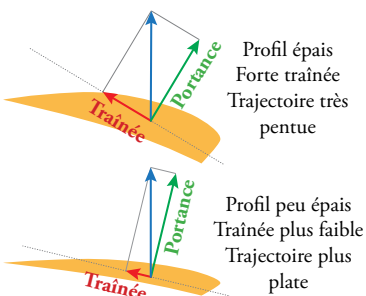
Si l'on prend les choses sous un autre angle, cela veut dire qu'une voile qui n'avancerait pas naturellement de façon rectiligne, ou qui subirait des variations de vitesse sans action du pilote, ne serait peut-être pas en parfait état de vol. Il convient alors de vérifier les principales raisons de dysfonctionnement d'une voileure :

- ✗ Est-elle pleinement déployée ? Tous les caissons sont-ils gonflés et le glisseur descendu jusqu'au sommet des élévateurs ?
- ✗ La mise en œuvre a-t-elle été pleinement effectuée ?
- ✗ Le pilote est-il correctement installé dans le harnais ? Une dissymétrie au niveau du serrage des cuissardes peut, par exemple, provoquer une rotation de la voileure.
- ✗ Un défaut est-il visible (suspente ou commande cassée, déchirure, extracteur dans le bord d'attaque) ?

UN SYSTÈME À DEUX FORCES

- ✗ Une fois la voileure déployée, l'écoulement de l'air autour du profil crée une force sur la voile (puisque la voile influe sur l'air en modifiant son écoulement, alors l'air influe sur la voile en réaction).
- ✗ Cette force est appelée la « résultante aérodynamique ». Le système atteignant l'équilibre, cette force est donc opposée à la seule autre force appliquée au système, le poids du parachutiste.

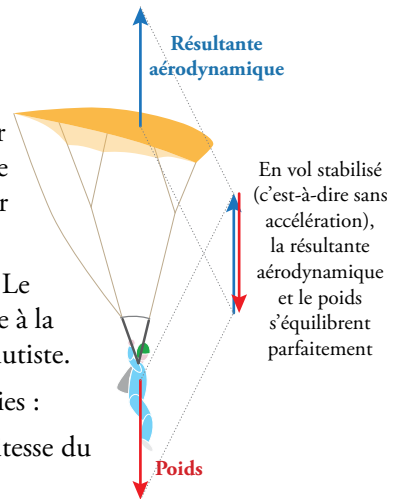
La résultante aérodynamique peut être décomposée en deux parties :



- ✗ la partie perpendiculaire à la vitesse du système : **la portance** ;
- ✗ la partie parallèle à la vitesse du système (mais en sens opposé) : **la traînée**.

C'est principalement :

- ✗ la forme de la voile qui va déterminer le ratio entre portance et traînée, et donc l'angle de la pente ;
- ✗ la vitesse qui va déterminer l'intensité de la résultante aérodynamique qui équilibrera le poids.



FORMULE DE LA RÉSULTANTE AÉRODYNAMIQUE (Ra)

La résultante aérodynamique se calcule grâce à la fameuse formule :

$$Ra = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot V^2 \cdot C$$

ρ (rhô) : la masse volumique de l'air.

S : la surface de référence.

V : la vitesse.

C : le coefficient de forme ainsi que de son état de surface (le coefficient qui différencie un camion d'une Ferrari).

Pour bien comprendre la formule :

✖ ρ , la densité de l'air.

En altitude, l'air est moins dense. Si vous effectuez un saut à 6000 m, vous chuterez plus vite. Un air froid est plus dense qu'un air chaud. Ainsi, vous chuterez également plus vite lors de journées chaudes. La résistance de l'air dépend de la masse volumique de l'air.

✖ S, la surface de la voile.

Quand vous faites du vélo face au vent, vous comprenez vite, après quelques kilomètres, qu'il faut se faire petit pour peiner moins. Vous rentrez la tête dans les épaules, vous courbez le dos, vous vous couchez sur le guidon ; plus simplement, vous diminuez votre maître couple (la résistance de l'air est surtout la traînée dans le cas du vélo).

Il faut noter que la "surface de la voile" peut être mesurée de différentes façons (intrados, extrados, surface projetée, etc.), il importe seulement que le mode de calcul de C soit cohérent avec le mode de mesure de la surface.

✖ V, la vitesse de la voile.

Quand vous sortez d'un avion qui vole à 75 kts, vous avez peu d'appuis. Cela ne signifie pas que l'air est moins dense, mais que la vitesse de l'écoulement est plus faible. La résistance de l'air dépend de la vitesse.

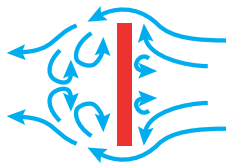
Ce paramètre est le plus important, c'est celui qui joue le plus sur la résistance de l'air, parce qu'il est élevé au carré.

✖ Le coefficient C.

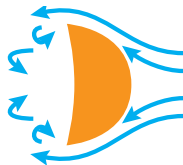
Ce coefficient dépend de la forme de la voile et son état de surface.

En chute, vous savez que vous allez plus vite en position cambrée, qu'en position creusée. Pourtant, votre maître couple (votre « surface ») est identique. Ce qui a changé, c'est la forme que vous offrez à l'écoulement de l'air. Elle est plus aérodynamique, elle offre moins de résistance à l'écoulement.

Voici trois formes caractéristiques, classées en fonction de leurs coefficients de pénétration.

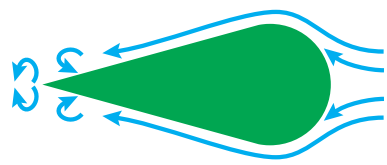


Mauvais Cx



Meilleur coefficient.

La forme avant facilite la pénétration dans l'air, mais le décrochage des filets d'air à l'arrière provoque de fortes turbulences.



Très bon coefficient.

Les filets d'air ne décrochent pas. Ils restent collés au profil.

L'écoulement subit peu de perturbations.

Remarque

Pour une voile donnée (donc un couple CS donné), la résultante aérodynamique étant égale en norme au poids, on voit que la vitesse sur trajectoire est déterminée.

La pente dépend, quant à elle, uniquement du rapport entre les C_z et C_x (décomposition du coefficient C correspondant à la décomposition de la Ra en deux forces perpendiculaires), qui est déterminé par le profil de la voile.

On voit donc que le système est entièrement déterministe quant à la trajectoire et la vitesse.

AVANCER, C'EST DESCENDRE

Oublions un instant le vent.

Puisque, dans la masse d'air, la voilure avance naturellement tout en descendant régulièrement, sa trajectoire, vue du sol, sera une ligne droite et inclinée.

L'angle entre cette ligne droite et l'horizontale s'appelle « la pente ».

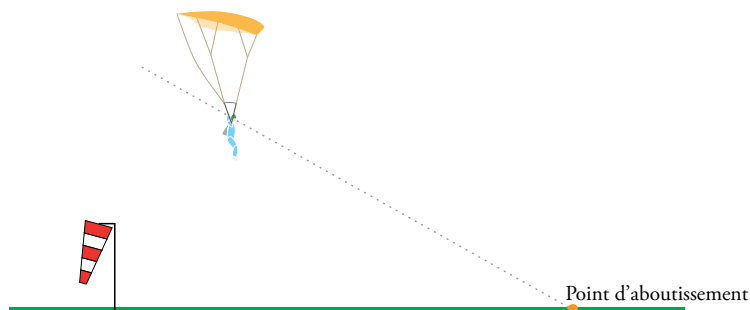
Sans action du pilote, le vol de la voile peut être vu comme une glissade à vitesse constante sur cette pente.

Du point de vue du pilote, la question qui se pose immédiatement est : « Où m'emmène cette pente ? ».

Il est possible de déterminer ce « point d'aboutissement » de la façon suivante :

- 1) si l'on regarde un point du terrain juste sous ses jambes ou juste devant soi, on verra que ce point a tendance à partir « sous » le pilote (puisque le pilote va effectivement passer par-dessus).
- 2) au contraire, si l'on regarde un point du terrain à l'horizon, celui-ci aura tendance à « monter » puisque le pilote n'arrivera pas jusqu'à ce point.

Quelque part entre ces deux extrêmes, vus du pilote, un point du terrain reste « immobile ». C'est le point d'aboutissement.



On peut le déterminer en restant quelques secondes immobile dans son harnais et en « testant » quelques points du terrain, plus ou moins loin devant soi, pour déterminer s'ils ont tendance à monter ou à descendre. On se rapproche ainsi progressivement du point d'aboutissement.

COMMENT INFLUENCER LA PENTE ?

Maintenant que l'on sait déterminer où la pente nous emmène, et toujours en oubliant le vent, voyons comment il est possible d'influencer la pente.

C'est le niveau de frein qui va déterminer l'angle de la pente.

- 1) En partant de 0 % de frein, et en tirant lentement les commandes jusqu'à atteindre environ 40 % de frein, le point d'aboutissement va s'éloigner. Dit autrement, avec un peu de frein, la pente diminue, et la voilure ira plus loin.
- 2) En continuant à tirer lentement sur les freins, jusqu'à environ 80 %, le point d'aboutissement va se rapprocher. La pente augmente lentement et la voilure ira moins loin. On observe également que la voilure vole de plus en plus lentement, à la fois en terme de vitesse horizontale et de vitesse verticale.
- 3) Au-delà de 80 % de frein, la pente va devenir très importante et la vitesse verticale va fortement augmenter.

La conséquence immédiate est d'en déduire qu'il existe quelques « régimes de vol » intéressants :

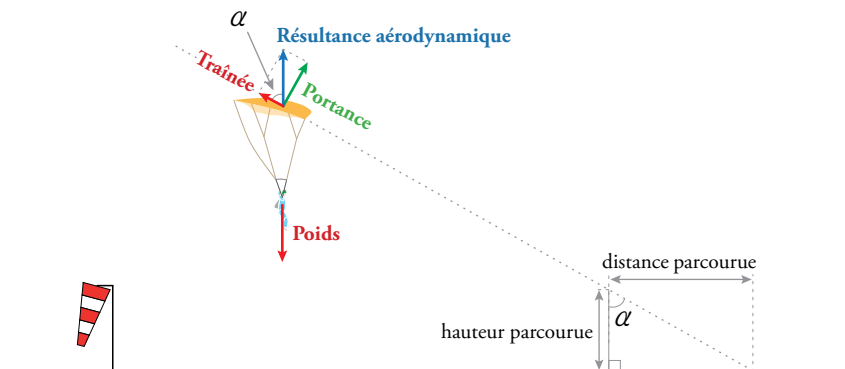
- ✗ **bras levés (0 % de frein)** : la voilure possède sa vitesse maximale, elle est réactive ;
- ✗ **environ 40 % de frein** : la voilure vole le plus loin possible (point de finesse maximum) ;
- ✗ **environ 80 % de frein** : la voilure vole le plus lentement possible, notamment verticalement. Ce point peut être utilisé pour attendre sans perdre trop de hauteur. Cela peut être intéressant, par exemple pour s'étagé.

QU'EST-CE QUE LA FINESSE ?

3 façons de calculer la finesse :

- 1) finesse = $\frac{\text{distance parcourue}}{\text{hauteur perdue}}$ (c'est donc la tangente de l'angle α)
- 2) en divisant le numérateur et le dénominateur de l'équation en 1) par le temps, on obtient :
finesse = $\frac{\text{distance parcourue} / \text{temps écoulé}}{\text{hauteur perdue} / \text{temps écoulé}} \Rightarrow \text{finesse} = \frac{\text{vitesse horizontale}}{\text{vitesse verticale}}$
- 3) de part la répartition de la traînée (parallèle à la vitesse) et de la portance (perpendiculaire à la vitesse), on retrouve l'angle α et donc : finesse = $\frac{\text{Portance}}{\text{Traînée}}$

Tout ce qui augmente la traînée (jambes, glisseur, etc.) diminue la finesse : levez les genoux pour rentrer au terrain !



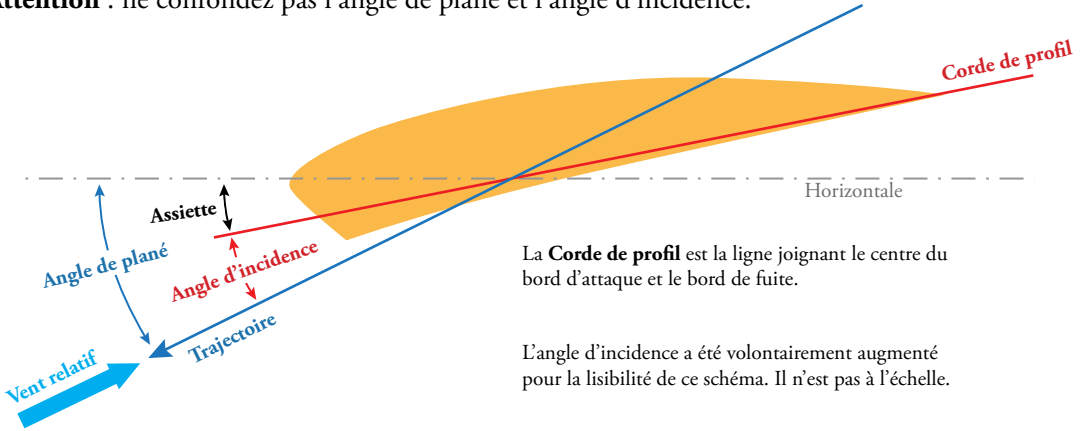
LES ANGLES CARACTÉRISTIQUES

Les trois angles caractéristiques sont :

- ✗ **L'assiette** : angle entre la corde de profil et l'horizontale.
- ✗ **L'angle d'incidence** : angle entre la corde de profil et la trajectoire.
- ✗ **L'angle de plané** : angle entre l'horizontale et la trajectoire.

Angle de plané = assiette + angle d'incidence.

Attention : ne confondez pas l'angle de plané et l'angle d'incidence.

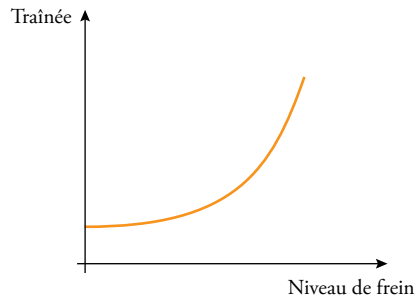
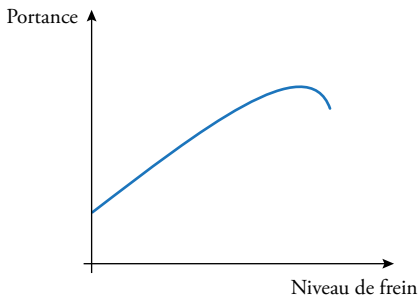


PROFIL ET VARIATION PORTANCE/TRAÎNÉE

On a vu que c'est la forme de la voile (coefficient C) qui détermine le ratio portance/traînée.

Une voile de parachute est une voile que l'on peut déformer en agissant sur les commandes. Ainsi, on va jouer sur le profil de la voile, mais également sur l'angle d'incidence (angle entre la corde de profil et la trajectoire).

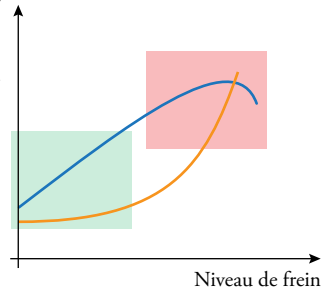
On peut tracer l'évolution de la portance et l'évolution de la traînée en fonction du niveau de frein impliquant une déformation de la voile.



Attention

La forme de ces courbes est une approximation découlant de mesure sur des voiles rigides dont on fait varier l'angle d'incidence. Cependant, le raisonnement concernant la variation portance/trainée en fonction du niveau de déformation (frein) est similaire.

On voit donc qu'en changeant le niveau de frein, on change le ratio portance/trainée, et donc à la fois la pente et la vitesse.



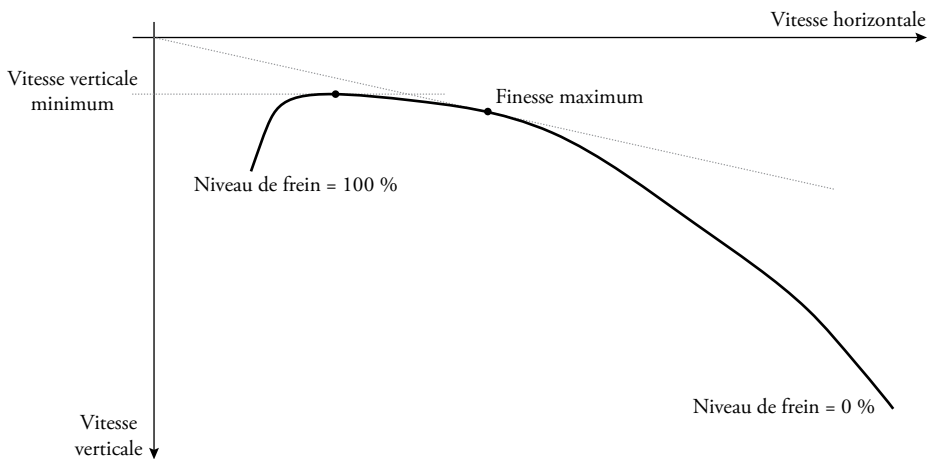
- 1) Dans un premier temps (peu de frein, zone verte), la portance augmente plus rapidement que la traînée. La pente va donc se réduire et la voile va voler plus loin.
- 2) Dans un second temps, avec beaucoup de frein (zone rouge) la traînée augmente très vite et la portance stagne, voire diminue fortement. La pente va donc rapidement devenir très importante.

Lors d'un passage de 0 % de frein à 80 % de frein, la portance et la traînée augmentent, la Ra restant constante (égale au poids), la vitesse diminue.

POLAIRE DES VITESSES

On peut tracer la courbe des vitesses en fonction du niveau de frein.

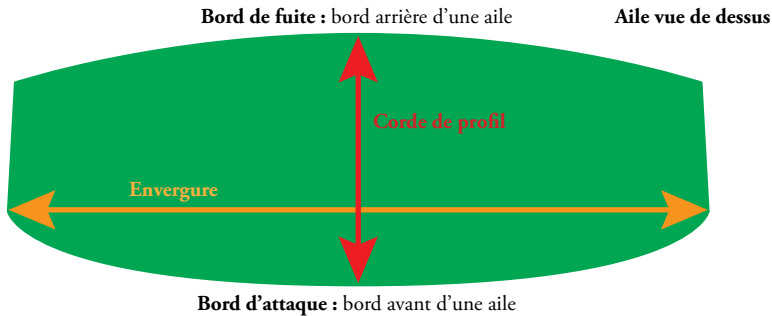
Cette courbe s'appelle la polaire des vitesses. On y retrouve les différents « régimes de vol » intéressants.



Comment le matériel influence-t-il ma polaire ?

Nous avons vu que le profil de la voile influençait la pente naturelle de la voile en jouant sur le ratio entre la portance et la traînée. La forme de la voile (vue de dessus) joue également un rôle. Les voiles de forme elliptique apportent une amélioration de finesse pour des raisons qui dépassent le cadre de cet ouvrage.

Une aile est dite elliptique quand la corde diminue du côté du bord d'attaque et du bord de fuite. Elle est dite semi-elliptique quand la corde diminue du centre vers les saumons, uniquement du côté du bord de fuite.



La **profondeur** est la longueur de la **corde de profil**.

L'**envergure** est la plus grande distance d'une extrémité à l'autre d'une aile perpendiculairement à la corde.

L'**allongement** = envergure / corde = (envergure)² / surface.

Les ailes de grand allongement auront généralement de meilleures finesesses, mais un trop grand allongement peut créer des problèmes de tenue de la voile en torsion.

Toute surface traînante aura tendance à **réduire la finesse**. Ainsi, le glisseur et l'extracteur qui se gonflent une fois la voile en ligne de vol sont de forts facteurs de dégradation de la finesse, d'où l'utilisation de systèmes de rétraction.

De même, le cône de suspente possède une traînée. Moins il y aura de suspentes, plus elles seront fines, et meilleure sera la finesse.

QU'EST-CE QUI INFLUENCE LA VITESSE ?

On sait désormais déterminer le point d'aboutissement et on sait le modifier en corrigeant la pente grâce aux freins.

Il est bien évident que l'action sur les freins va également avoir une conséquence sur la vitesse de la voilure. Ainsi, à un niveau de frein correspond une pente et une vitesse.

Mais qu'est-ce qui peut influencer la vitesse de la voilure, pour un même niveau de frein ?

Une première réponse est la masse embarquée.

Pour une même voilure, plus la charge à porter sera grande, plus la vitesse de la voilure sera élevée.

En revanche, la trajectoire de la voilure (la pente, dans notre cas) restera quant à elle inchangée ; elle ne dépend que du niveau de frein.

Pour donner un exemple clair : une personne de 80 kg ira environ 13 % plus vite qu'une personne de 60 kg sous la même voilure, tout en gardant la même trajectoire.

On obtiendrait le même résultat en gardant la même masse mais en diminuant la surface de la voile.

En fait, la charge alaire (égale à la masse portée divisée par la surface de la voile) est un facteur déterminant pour évaluer la vitesse de la voile.

Une faible expérience de pilotage, combinée à une trop grande vitesse « naturelle » de la voilure, est un facteur majeur d'accidentologie. C'est pour cette raison que la FFP réglemente la surface minimale de la voile en fonction de la masse et de l'expérience du parachutiste, au travers de la DT 48 (www.ffp.asso.fr/dt048-reglementation-relative-a-lutilisation-des-voilures-principales/). Une charge alaire trop faible peut aussi être problématique. C'est pourquoi les constructeurs de voiles établissent, pour chaque modèle, une fourchette acceptable de charge alaire

Une seconde réponse est la densité de l'air.

Plus cette densité est faible, plus la voile ira vite.

La densité de l'air diminue lorsque l'altitude augmente ou si la température de l'air augmente.

À prendre en compte lors des posés en montagne et/ou lorsqu'il fait chaud.

DÉFORMATION DE LA POLAIRE EN FONCTION DE LA MASSE

Si l'on considère deux parachutistes de masse M_1 et M_2 utilisant la même voilure, nous avons :

$$M_1 \cdot g = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C \cdot S \cdot V_1^2$$

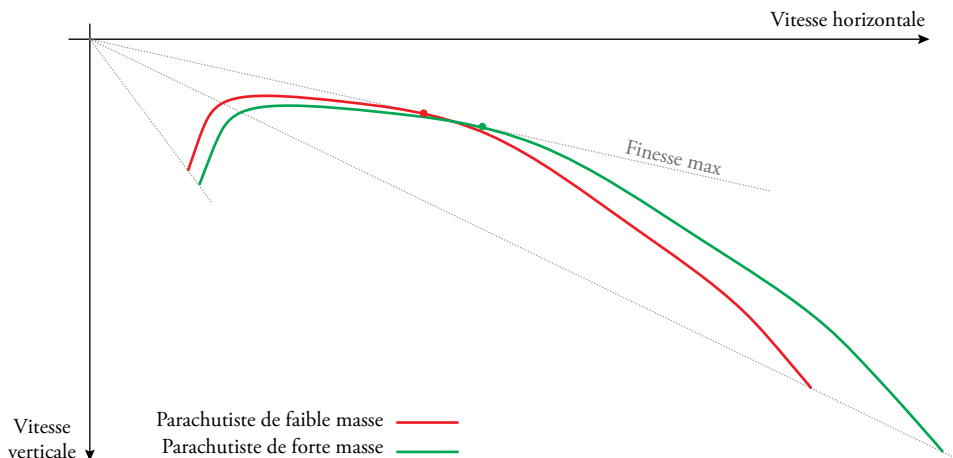
$$M_2 \cdot g = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot V_2^2$$

$$\frac{M_1}{M_2} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^2$$

$$V_1 = \sqrt{\frac{M_1}{M_2}} \cdot V_2$$

La polaire pour le parachutiste 1 s'obtient donc en multipliant, pour chaque point de la polaire du parachutiste 2, le vecteur vitesse par un coefficient constant (racine carrée du rapport des masses).

On obtient donc :

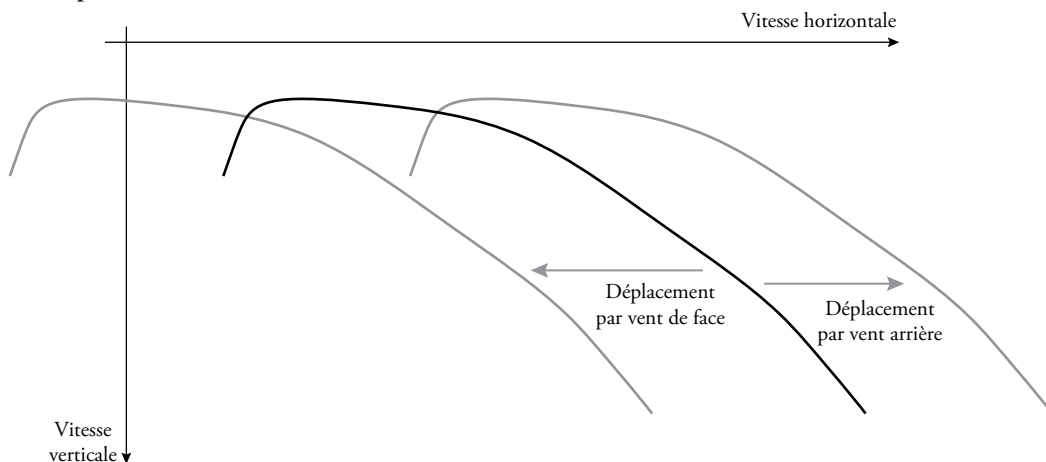


Dans l'exemple ci-dessus, le parachutiste vert (plus lourd) voit sa vitesse augmenter de 20 %.

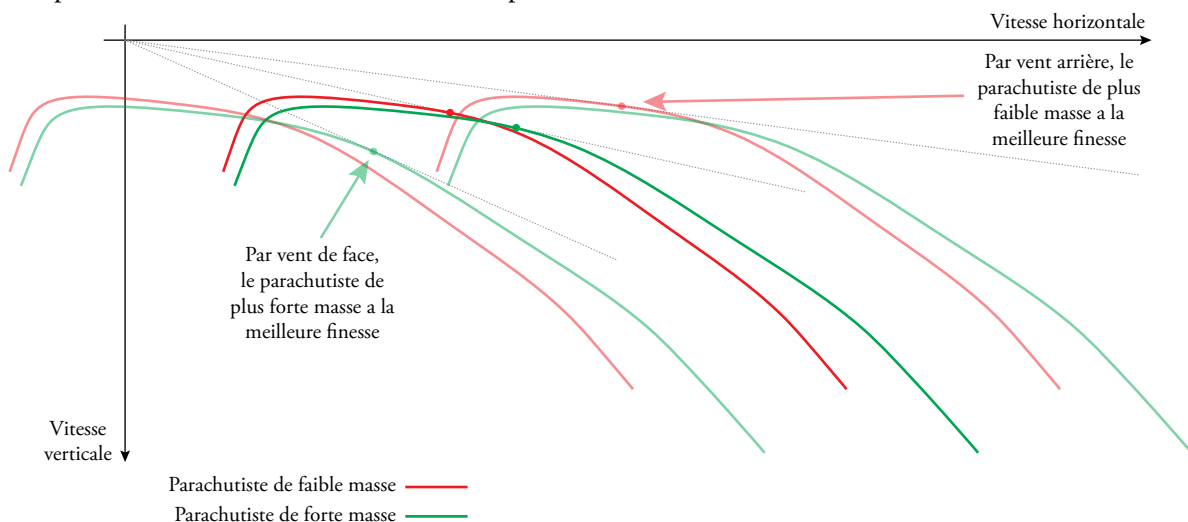
Ceci est vrai pour chaque point de la courbe. Un parachutiste de masse plus importante va donc garder la même trajectoire, mais aller plus vite sur cette trajectoire. Notamment, la finesse maximum n'est pas modifiée.

DÉPLACEMENT DE LA POLAIRE EN FONCTION DU VENT

Clairement, la vitesse du vent vient s'ajouter à la vitesse horizontale du parachutiste, déplaçant ainsi la polaire des vitesses.



En combinant les effets du vent et les effets de la masse, on peut voir pourquoi, en considérant deux parachutistes utilisant la même voilure, les parachutistes de plus forte masse sont favorisés par vent de face, et ceux de faible masse par vent arrière.



LES VIRAGES

COMMENT FAIRE POUR CHANGER DE DIRECTION ?

Nous avons vu qu'une voilure correctement déployée va naturellement avancer dans la masse d'air selon une trajectoire rectiligne uniforme. En d'autres termes, la voilure avance droit devant elle, à vitesse constante, et perd également de la hauteur de manière régulière.

Dans ces conditions, pour changer de direction, il est nécessaire d'introduire une dissymétrie entre les côtés gauche et droit de la voile.

Les deux côtés étant désormais différents, ils avanceront et descendront chacun de manière différente, créant ainsi une rotation.

En recréant la symétrie gauche/droite, on retourne dans une situation où la voile va voler de la même « façon » des deux côtés et donc reprendre une trajectoire rectiligne et uniforme.

Comment peut-on créer cette dissymétrie ?

Le parachutiste a, à sa disposition, de nombreux outils pour influencer la forme de sa voile :

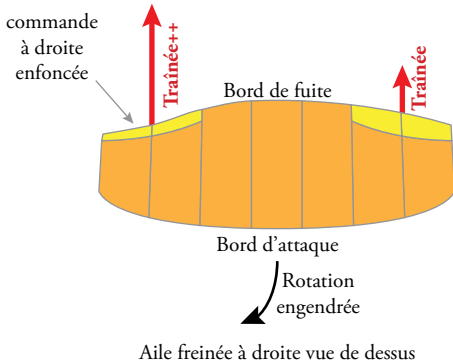
- ✗ les commandes de frein ;
- ✗ les suspentes ;
- ✗ les élévateurs ;
- ✗ le harnais ;
- ✗ toute combinaison de ces éléments.



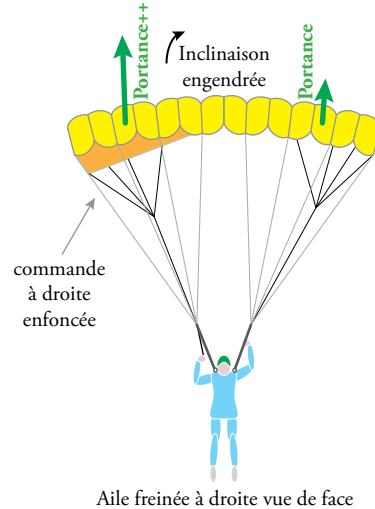
LA MISE EN VIRAGE

Lors de la création de la dissymétrie, via les commandes de frein ou les élévateurs arrières, plusieurs phénomènes entrent en jeu. Prenons par exemple un virage à droite à la commande :

L'augmentation de la traînée côté droit due à l'enfoncement de la commande à droite tend à faire tourner la voile à droite (rotation autour de l'axe de lacet).

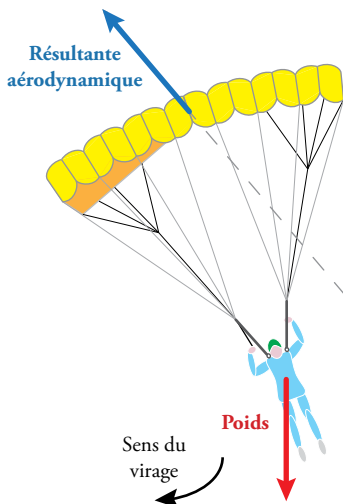


Simultanément à l'augmentation de la traînée, l'enfoncement de la commande à droite provoque l'augmentation de la portance de ce côté et tend à faire incliner la voile du côté opposé au virage (phénomène de roulis inverse).



Passé un certain taux d'enfoncement* de la commande droite, l'effet de rotation autour de l'axe de lacet à droite dû à l'augmentation de la traînée surpasse l'effet de roulis inverse dû à l'augmentation de la portance : la voile tourne donc finalement à droite.

*Le taux d'enfoncement varie pour chaque voile en fonction de sa forme, son profil, son épaisseur et son galbe.



La rotation en lacet due à l'augmentation de la traînée à droite provoque l'orientation de la voile vers la droite et donc un changement de trajectoire. Par force centrifuge, cela déclenche le déplacement du corps du parachutiste vers l'extérieur du virage et donc l'inclinaison de la voile à droite.

AU FUR ET À MESURE DU VIRAGE ...

Le virage continue de s'accroître tant que la résultante aérodynamique modifiée ne passe pas par le centre de gravité de l'ensemble (désormais incliné, Cf. schéma ci-contre), et la vitesse va augmenter tant que la somme des forces ne créera pas une accélération correspondant au rayon de virage.

Durant cette phase, la résultante aérodynamique globale continue d'évoluer (notamment, le côté extérieur accélérant, le moment en lacet intérieur diminue).

TOURNER, C'EST DESCENDRE (ENCORE PLUS)

Quelle que soit la méthode utilisée pour tourner, les côtés gauche et droit auront donc une forme différente, ce qui implique que chacun des côtés va vouloir « avancer » et « descendre » à des vitesses différentes.

Si chacun des côtés descend à une vitesse différente, on comprend que la voile va s'incliner d'un côté.

La voile étant inclinée, on comprend qu'elle portera moins le parachutiste.

Pour compenser cette diminution de portance, la voile doit accélérer ; en effet, une voile qui vole plus vite verra sa capacité à porter augmentée. La voile va donc accélérer sur sa trajectoire, et donc accélérer également vers le bas.

D'une façon générale (avec des voilures écoles ou intermédiaires), plus le virage va être « serré » :

- ✗ plus la voile sera inclinée ;
- ✗ plus la vitesse verticale augmentera.

C'est pour cette raison qu'il convient de n'effectuer que des manoeuvres douces lorsque l'on se rapproche du sol.

RÉACTIVITÉ D'UNE VOILURE

Certaines voilures sont dites « plus nerveuses » ou « réactives » que d'autres.

Une voilure est « réactive » si elle part rapidement en virage dès qu'on lui applique une petite action ; par exemple avec les commandes.

Puisque les virages sont induits par une différence de symétrie entre les deux côtés de la voile, on comprend que les voiles « réactives » ont un profil étudié pour créer rapidement une grosse différence de portance (de résultante aérodynamique pour être précis), même avec une petite déformation.

Les voilures évoluant plus vite ont également une plus grande réactivité. C'est pour cette raison qu'il convient d'évoluer le plus possible avec les bras levés. La voilure allant plus vite, elle permettra une réaction plus vive aux sollicitations du parachutiste.

MANŒVRER, C'EST TOURNER

Afin d'effectuer des manoeuvres (évitement, dérapage, perte de hauteur en « S », etc.), le parachutiste devra donc juger du type d'outil à utiliser (frein, élévateur, harnais, etc.) en fonction du temps et du volume dont il dispose (virage plus ou moins serré, perte de hauteur correspondante).

La différence de forme entre les deux côtés de la voile, et donc la trajectoire prise, dépend non seulement de l'action menée, mais de l'amplitude de cette action.

Ainsi, un virage effectué avec 0 % de frein d'un côté et 50 % de l'autre ne sera pas le même qu'un virage effectué avec 40 % de frein d'un côté et 90 % de l'autre.

Il est important que chaque parachutiste développe sa connaissance des trajectoires prises par sa voilure en fonction des différentes façons d'engager un virage et de le maintenir :

- ✗ Quel sera le rayon du virage ?
- ✗ Quelle sera la perte de hauteur ?
- ✗ La prise de vitesse sera-t-elle importante ou pas ?
- ✗ Le virage s'engage-t-il rapidement ou pas ?
- ✗ Le virage s'arrête-t-il rapidement ou pas ?

Cette connaissance ne peut se développer que par essais progressifs, lorsque l'on est suffisamment haut et loin des autres.

ACTION SUR		RÉSULTAT DE L'ACTION : TYPE DE VIRAGE
Les commandes		
Droite	Gauche	
0 %	50 %	Virage « standard ».
0 %	100 %	Virage très fort (engagé) : <ul style="list-style-type: none"> ✗ rayon de virage très réduit ; ✗ fort enfoncement vertical ; ✗ forte prise de vitesse ; ✗ centrifugation importante après 2 tours.
40 %	60 %	Virage « à plat » : <ul style="list-style-type: none"> ✗ vitesse de rotation généralement faible ; ✗ faible perte de hauteur. Généralement utilisé pour corriger une trajectoire proche du sol, ou pour changer de cap sans trop perdre en finesse.
Un élévateur avant		Virage par « destruction » de portance : <ul style="list-style-type: none"> ✗ rayon de virage réduit ; ✗ taux de rotation pas forcément très élevé ; ✗ perte de hauteur très importante ; ✗ prise de vitesse très importante.
Un élévateur arrière		Virage assez fort : <ul style="list-style-type: none"> ✗ fort enfoncement vertical ; ✗ forte prise de vitesse. Difficile à maintenir très longtemps.
Le harnais		Mise en virage très progressive et continue. Peut être maintenue très longtemps pour arriver à de fortes vitesses.

LA NAVIGATION

COMMENT FAIRE POUR NAVIGUER ?

Naviguer, c'est savoir où l'on veut aller.

Naviguer, c'est aller où l'on veut. Le parachutiste désire le plus souvent « rentrer sur le terrain ».

Ceci étant, viser le centre du terrain depuis l'endroit où l'on se trouve n'est pas suffisant. Il convient de naviguer de manière à pouvoir faire un circuit permettant un atterrissage en sécurité.

Le point d'aboutissement de la navigation se doit donc d'être le point d'entrée dans le circuit.

NAVIGUER, C'EST SAVOIR OÙ L'ON VA

Nous avons vu dans la section sur le vol en ligne droite comment déterminer son point d'aboutissement.

Jusqu'à présent, nous avons toujours occulté le vent dans notre réflexion. Notre voile se déplaçait toujours dans la masse d'air qui l'entoure. Le vent est un déplacement de la masse d'air. Vu du sol, tout se passe comme si le déplacement de la voile venait se combiner à celui, lent et constant, de la masse d'air.

Ainsi, pour un observateur sur le sol, une voile avançant dans une masse d'air qui se déplace dans le même sens (vent dans le dos) verra la voile avancer plus vite. Mais le pilote sentira, quant à lui, toujours le même vent sur le visage (dû à la vitesse de sa voile dans la masse d'air).

Il est donc primordial de bien analyser le vent et ses changements si l'on désire naviguer par rapport au sol. Le vent va-t-il nous pousser d'un côté ? Va-t-il nous aider à rentrer ? Change-t-il de direction à certaines hauteurs ?

Autant d'informations à connaître et prendre en compte. Il est donc conseillé de prendre connaissance de ces informations lors de la préparation du saut, avant même de monter dans l'avion.

NAVIGUER, C'EST S'ADAPTER

Si l'on sait où l'on veut aller et si l'on sait où l'on va réellement, alors naviguer, c'est planifier et réaliser les manœuvres (voir la section sur les virages) qui feront que l'endroit où l'on va est celui où l'on veut aller.

Cependant, de nombreux facteurs peuvent venir contrarier ce plan, notamment les trajectoires des autres voilures ou les erreurs d'appréciation.

Le navigateur prudent aura donc toujours préparé un plan B, au cas où son plan principal ne pourrait plus être mis en œuvre.

LE DÉCROCHAGE

COMMENT JE DÉCROCHE ?

Le décrochage est une incapacité, pour la voile, de voler normalement.

La voile ne porte plus normalement le parachutiste : la vitesse verticale augmente grandement.

Il y a principalement deux façons de décrocher :

- ✗ **le décrochage statique.**

Le taux de frein est augmenté progressivement jusqu'à 100 %. La vitesse diminue et la voile se déforme tellement qu'elle ne peut plus remplir son rôle. Elle se dégonfle alors et part vers le bas.

- ✗ **le décrochage dynamique.**

La voile est subitement mise dans une configuration où elle ne peut plus amener de portance. Par exemple, si le corps du parachutiste balance soudainement et passe devant la voile (freinage brusque après prise de vitesse), ou si la direction de l'air est subitement modifiée, par exemple dans une zone de turbulence (malheureusement souvent indépendamment de la volonté du parachutiste).



COMMENT J'ARRÊTE DE DÉCROCHER ?

Il convient donc de remettre la voile en « ligne de vol ».

Dans les cas d'un décrochage statique ou dynamique volontaire, relever les bras (de manière symétrique) pour atteindre une configuration non freinée va permettre de retrouver, à terme, un équilibre et un vol rectiligne uniforme (voir sections précédentes). Il convient de relever progressivement les bras. Un geste trop brusque favorisera une remise en pression dissymétrique (risque de torsades par exemple) et une très forte abatée.

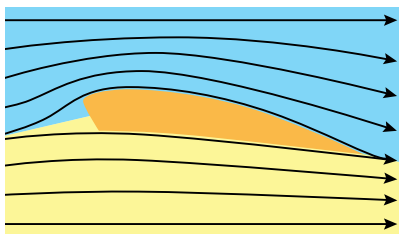
Décrocher n'est donc pas un problème en soit mais il faut cependant garder à l'esprit qu'un décrochage est toujours synonyme de grande perte de hauteur.

Tout parachutiste doit savoir effectuer un décrochage et en sortir mais ces manœuvres doivent être effectuées avec suffisamment de réserve de hauteur.

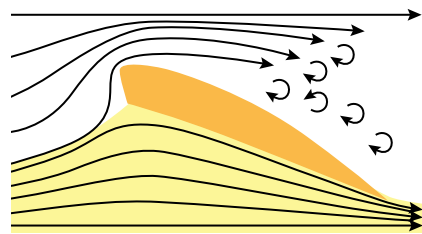
ÉCOULEMENT LAMINAIRE

Du point de vue de la mécanique du vol, un décrochage est dû à une désorganisation de l'écoulement de l'air sur l'extrados de l'aile (décollement de la couche limite).

Plus l'angle d'incidence va augmenter, plus l'air au bord de fuite va être turbulent. Cette turbulence va remonter l'extrados avec l'augmentation de l'incidence. L'air turbulent ne porte pas. Ainsi, lorsqu'une partie trop importante de l'extrados est soumise à cette turbulence, l'aile « décroche ».



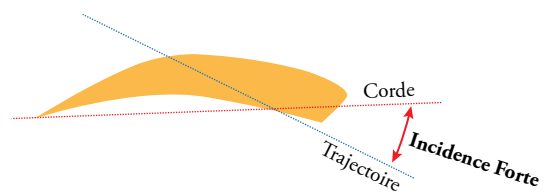
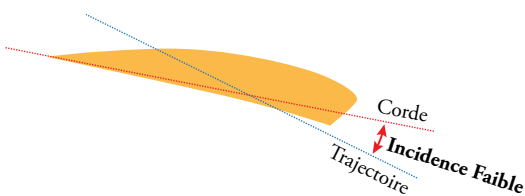
Incidence faible, l'air s'écoule de manière laminaire.



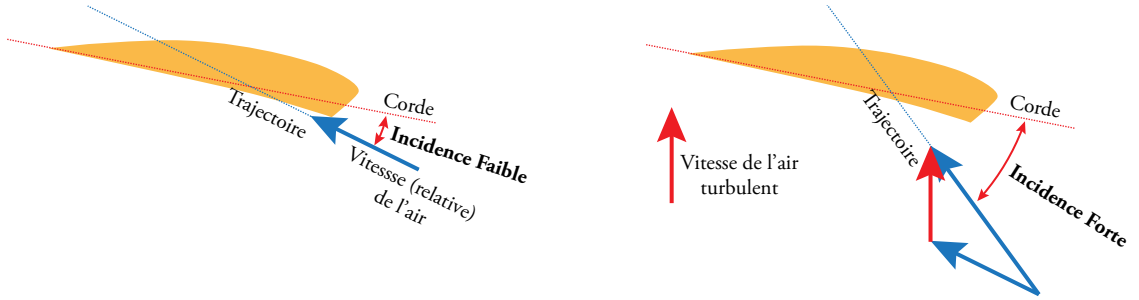
Si l'incidence augmente, l'écoulement devient turbulent et « remonte » l'extrados.

On comprend alors les deux modes de décrochage :

Le décrochage statique : la voile freinée est déformée, son incidence devient telle que l'écoulement devient turbulent et la voile décroche.

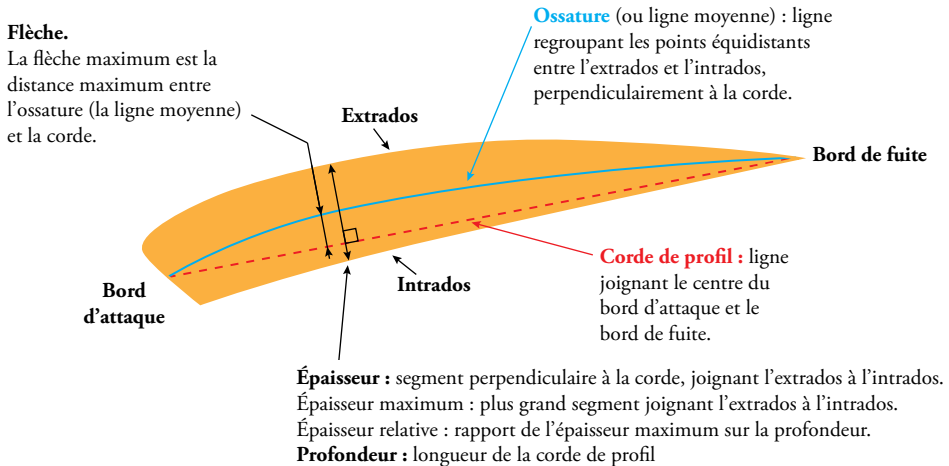


Le décrochage dynamique : la vitesse de la voile est subitement modifiée (par exemple par une turbulence) et l'on atteint l'angle d'incidence de décrochage.



TERMINOLOGIE DES PROFILS

On a vu que les caractéristiques de vol d'une aile sont principalement dépendantes de la forme de cette aile, et notamment de son profil. Le profil détermine, en effet, directement le rapport entre la portance et la traînée, et donc la pente « naturelle » de la voile.



SE POSER

SE POSER, C'EST TOUCHER LE SOL

Nous l'avons vu, une voile avance naturellement droit devant elle, sur une pente. Il arrivera forcément un moment où cette pente va croiser le sol. Une voile, même école, avance à environ 6 mètres par seconde, soit un peu plus de 20 km/h. Si l'on ne faisait rien, et en considérant une pente à 45°, cela revient à toucher (heurter) verticalement le sol à environ 15 km/h. C'est humainement supportable, mais ce n'est pas conseillé. La répétition créerait par ailleurs des traumatismes.

Il faut donc absolument trouver un moyen pour diminuer la vitesse verticale en premier lieu, et si possible, la vitesse horizontale.

Or, nous avons vu que si l'on agit **lentement** sur les freins, la voile va, certes ralentir, mais elle gardera toujours une pente. La vitesse verticale n'est jamais nulle (ou quasi nulle) ; on reste sur la polaire des vitesses. Nous l'avons également vu, si l'on agit **trop rapidement** (brutalement) sur les freins, on risque le décrochage dynamique. Il convient donc d'agir sur les freins de façon, ni trop lente, ni trop rapide, ce qui va provoquer un balancement du corps sous la voile, et l'ensemble aura temporairement une trajectoire quasi horizontale, permettant de se poser presque sans vitesse verticale.

Remarque

Cette vitesse d'action sur les freins (ni trop lente, ni trop rapide) est **un apprentissage qui nécessite de la pratique et du temps**.

Les conditions dans lesquelles cet apprentissage est réalisé sont toujours changeantes (vent, température de l'air, circuit différent, autres parachutistes autour), et les répétitions ne sont pas forcément importantes en volume et souvent espacées dans le temps. Il est également difficile de s'entraîner en l'air, où l'on manque de repères.

Il convient donc d'être patient. Cet apprentissage devra être repris à chaque changement de matériel et chaque changement d'environnement (terrain).

Une condition absolument nécessaire à ce basculement du corps est qu'au début du mouvement, la voile ait de la vitesse. En effet, si la voile est déjà freinée, ajouter du frein n'aura que peu d'effet sur elle, et donc un basculement réduit. La vitesse ne « s'horizontalisera » pas.

Les deux conditions pour réussir un bel atterrissage sont donc :

- * **avoir de la vitesse en début d'arrondi (bras levés) ;**
- * **effectuer un freinage dans le bon timing.**

Les consignes usuelles sont de commencer le mouvement (0 % de frein) entre 3 et 5 mètres de hauteur (ou environ 3 secondes avant de toucher le sol) pour le terminer (100 % de frein) en touchant le sol. Ceci ne donne qu'une indication de la dynamique nécessaire qu'il conviendra d'adapter aux conditions.

La vitesse verticale étant désormais diminuée, comment réduit-on la vitesse horizontale ?

En fait, nous cherchons à réduire la vitesse horizontale par rapport au sol. La seule façon est donc d'orienter son posé **le plus possible face au vent**.

Il faut cependant garder en mémoire que **la priorité est à la réduction de la vitesse verticale**. Nous l'avons vu, en virage, la vitesse verticale augmente. Il serait donc très dangereux, dans le désir de s'orienter face au vent, de se poser en virage.

Se poser vent de travers, voire vent de dos, vous obligera à courir, peut-être à frotter le sol ou à effectuer un « rouler-bouler », mais restera toujours plus supportable (toute fierté mise à part) qu'un atterrissage avec une vitesse verticale importante.

Remarque

L'effet « d'horizontalisation » de la vitesse est appelé « effet transitoire » (ou parfois effet de sur-vitesse, ce qui est impropre). Considérons deux points d'une polaire, qui sont deux états d'équilibre du système voile/parachutiste pour deux niveaux de frein différents, et un passage brutal de l'un à l'autre. Le vecteur vitesse du système ne peut pas passer instantanément de la vitesse initiale à la vitesse finale. La transition se doit d'être continue et la transition pour chacun des éléments du système va dépendre de sa masse. Elle sera beaucoup plus rapide pour la voile que pour le parachutiste. Il s'établit alors un régime oscillatoire convergent vers la vitesse finale.

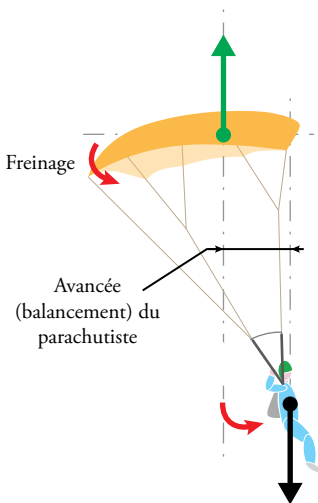
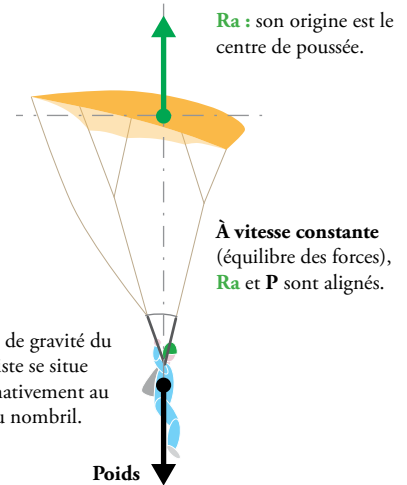


EFFET PENDULAIRE ET BALANCEMENT

L'ALIGNEMENT DU CENTRE DE GRAVITÉ ET DU CENTRE DE POUSSÉE

Il y a équilibre quand le centre de poussée (point d'application des forces aérodynamiques: portance et traînée) et le centre de gravité (point d'application du poids) sont alignés.

Lors des manœuvres, la voilure ne réagit pas en même temps que le parachutiste car elle a moins de masse et plus de surface, donc moins d'inertie et plus de traînée. Le centre de gravité et le centre de poussée se décalent pendant une phase transitoire, pour se replacer ensuite l'un au-dessus de l'autre.



Lors d'un freinage rapide, par inertie, le parachutiste tend à dépasser la voilure (il a plus d'inertie que celle-ci car il est plus lourd et offre moins de traînée).

Le centre de gravité et le centre de poussée sont décalés : il y a création d'un couple de rappel.

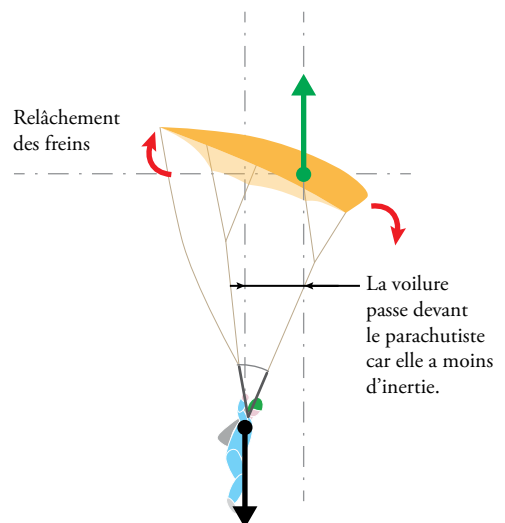
⚠ Si le freinage est « brutal », le parachutiste, par son inertie, peut provoquer une augmentation de l'angle d'incidence suffisante pour provoquer un décrochage bien avant d'avoir atteint ou dépassé 100 % de frein (décrochage dynamique).

Quand le parachutiste relâche les commandes de manœuvre, la voilure accélère plus vite que lui et elle le dépasse.

Pour revenir à un état d'équilibre, le parachutiste avancera pour se remettre sous la voile (avec un temps de retard).

La sensation d'avancer est accentuée par l'augmentation rapide de portance, qui donne l'impression d'être tiré vers la voile.

L'intensité de ces effets pendulaires dépend de la différence d'inertie entre le parachutiste et la voilure ainsi que de l'amplitude et de la rapidité d'action sur les commandes de manœuvre.



LA CHUTE

COMMENT MODIFIER/ADAPTER MA VITESSE DE CHUTE ?

Imaginons un instant un parachutiste en chute libre, verticale, stable et ne faisant aucun mouvement. Il est face sol et donc en position « cambrée ». Son poids (P) l'entraîne vers la Terre. Puisqu'il avance (il chute), l'air va lui opposer une résistance. Comme pour une voile, on appelle cette résistance la résultante aérodynamique (Ra). Ces deux forces (P et Ra) vont s'opposer.

- ✗ Si la vitesse du parachutiste est faible, la résultante aérodynamique sera faible, plus faible que le poids et le parachutiste va accélérer.
- ✗ Si la vitesse du parachutiste est très forte, la résultante aérodynamique sera forte, peut-être plus forte que le poids, et le parachutiste va décélérer.

On voit donc qu'il existe une vitesse de chute « intermédiaire » où la résultante aérodynamique va parfaitement équilibrer le poids pour que la vitesse reste constante.



De quoi dépend cette vitesse ?

Un tout petit peu de mathématiques pour comprendre.

Le poids (P) exprimé en Newton (N) est égal à la masse (m) exprimée en kg multipliée par la valeur moyenne de l'accélération de pesanteur à la surface de la terre ($g \approx 9,8 \text{ m/s}^2$) : $P = m \cdot g$

La résultante aérodynamique (Ra) exprimée en Newton (N) est égale à $1/2 \cdot \rho \cdot k \cdot k' \cdot S \cdot V^2$

À vitesse de chute constante (il n'y a ni accélération, ni décélération), le poids est égal à la résultante aérodynamique : $P = Ra$

Donc :

$$m \cdot g = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot k \cdot k' \cdot S \cdot V^2 \Rightarrow V^2 = \frac{2 \cdot m \cdot g}{\rho \cdot k \cdot k' \cdot S} \Rightarrow V = \sqrt{\frac{2 \cdot m \cdot g}{\rho \cdot k \cdot k' \cdot S}}$$

Qu'est-ce que cela veut dire ?

- ✗ Si la masse (m) du parachutiste augmente, sa vitesse de chute (V) augmente. En mettant du plomb, on peut augmenter sa vitesse de chute.
- ✗ Si la masse du parachutiste (m) diminue, sa vitesse de chute (V) diminue.
- ✗ Si la surface du parachutiste (S) augmente, sa vitesse de chute (V) diminue. En s'étalant (augmentation de la surface), on peut chuter plus lentement.

- ✘ Si la surface du parachutiste (S) diminue, sa vitesse de chute (V) augmente. En cambrant plus (diminution de la surface), on peut chuter plus vite.
- ✘ Si k ou k' varient, la vitesse de chute va varier aussi. Mais c'est quoi, k et k' ? Ce sont des facteurs très compliqués à calculer, mais on peut résumer en disant :
 - k dépend de la « forme » prise par le parachutiste (on chute plus vite en boule qu'à plat). Même le fait de cambrer plus modifie k (en plus de réduire la surface).
 - k' dépend des propriétés de la surface en contact avec l'air, en particulier du tissu de la combinaison. Une combinaison en fibre synthétique accroche très peu l'air et permettra de chuter plus vite. Un tissu coton, au contraire, permettra de chuter plus lentement.
- ✘ Si ρ (rho, la densité de l'air) varie, la vitesse de chute va varier aussi. À 3000 mètres, l'air est moins dense et l'on chute plus vite qu'à 1000 mètres.

En pratique.

Un parachutiste n'a aucune influence sur ρ . L'air est tel qu'il est. Une fois sa combinaison choisie (et ce choix peut aider), le parachutiste n'a plus d'influence sur k' , de même avec la quantité de plomb qu'il emporte. Une fois cette quantité choisie, le parachutiste n'a plus d'influence sur sa masse.

Il ne reste donc au parachutiste que la possibilité de jouer avec la position de son corps, ce qui va influencer à la fois la surface (S) et k .

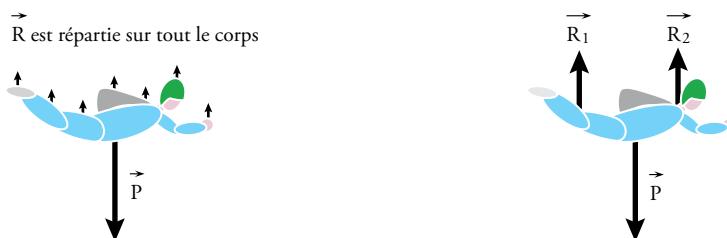
Les positions qui vont permettre de forte vitesse de chute sont les positions offrant peu de surface et une forme de « pointe » dans l'air : position très cambrée, debout, tête en bas, etc.

Les positions qui vont permettre une faible vitesse de chute sont les positions offrant plus de surface et une forme de « creux » dans l'air : position décambrée (face au vent) ou cambrée (dos au vent) et étalées.

POURQUOI EST-CE QU'EN CHUTE FACE AU SOL, CAMBRER ME REND PLUS STABLE ?

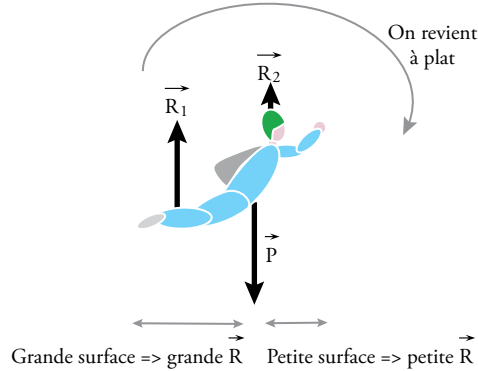
Pour obtenir un équilibre, nous avons vu que la résultante aérodynamique va venir compenser le poids.

En réalité, la résultante aérodynamique est répartie sur tout le corps. Décomposons-la en deux moitiés égales (par exemple, la moitié haute du corps et la moitié basse du corps).

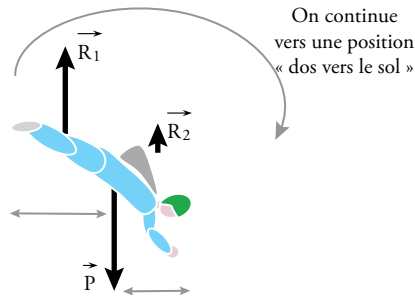


Si l'on incline d'un côté un corps cambré, on voit que la surface de la moitié supérieure du corps offerte au vent devient plus faible que la surface de la moitié inférieure. Les deux résultantes aérodynamiques vont donc être modifiées de façon à ce que celle de la moitié inférieure soit plus élevée que celle de la moitié supérieure.

Le corps aura donc tendance à revenir « à plat ». Il est « stable » car après toute perturbation, il aura tendance à revenir à l'équilibre.



Au contraire, si l'on penche maintenant un corps décambré, le phénomène inverse se produit. La surface au vent de moitié inférieure du corps est plus grande que celle de la moitié supérieure. Les résultantes vont donc se modifier de façon à éloigner le corps de sa position d'équilibre. On est en instabilité.

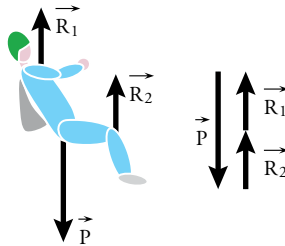


MAIS POURQUOI CERTAINES POSITIONS SONT-ELLES STABLES TOUT EN ÉTANT DÉCAMBRÉES ?

En fait, tout est une question de compensation des forces d'une part et des moments des forces d'autre part.

Prenons par exemple une position de chute « assis ». Le chuteur, en positionnant son corps, va créer des résultantes aérodynamiques sur ses différentes parties de son corps (dans notre schéma, le dos et l'arrière des jambes) de manière à ce que :

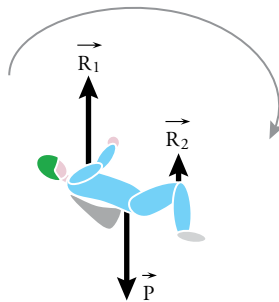
- 1) les forces (P et R_a) se compensent ;
- 2) les moments des forces se compensent.



C'est toute la science du chuteur que d'apprendre à sentir comment modifier la position des parties de son corps en fonction de la façon dont il ressent les petits mouvements ou les appuis de l'air.

Par exemple, si notre chuteur assis se sent partir en arrière, il va « appuyer » un peu plus avec son dos (prendre un peu de surface et « cambrer » un peu avec les épaules), ceci augmentera la résultante aérodynamique de son dos et va le ramener à sa position originale.

Avec l'entraînement, des automatismes se créent et le chuteur va effectuer ces corrections sans même y penser et de façon de plus en plus efficace.



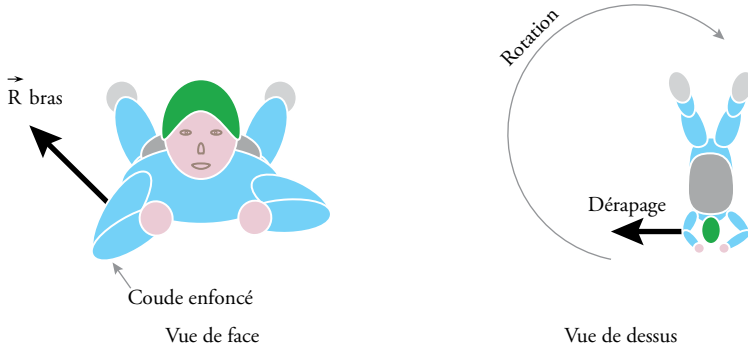
COMMENT FAIRE POUR TOURNER ?

Facile ! Il suffit de transformer un membre en aile.

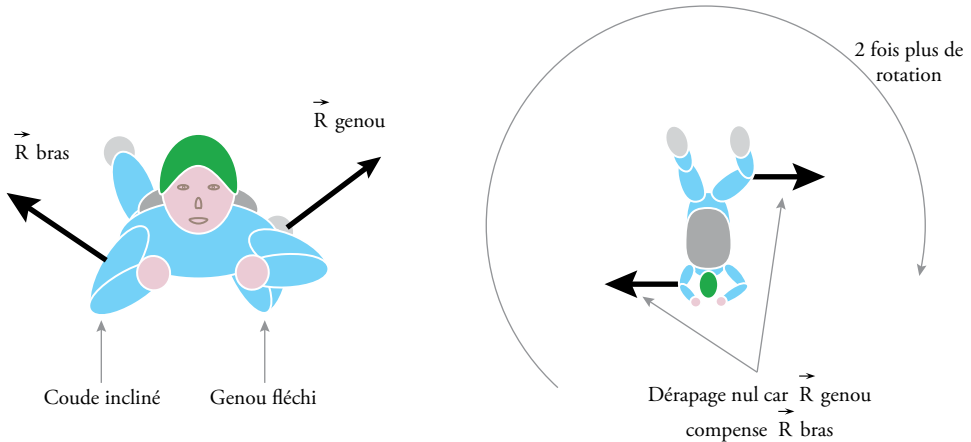
C'est un peu imagé, mais c'est aérodynamiquement le cas. Par exemple, en enfonçant un coude (en créant un plan incliné), le bras vient créer une surface dont la résultante aérodynamique est orientée comme sur la figure ci-après.

En vue de dessus, on voit immédiatement deux effets à ce mouvement de bras :

- 1) le moment de la résultante aérodynamique du bras va créer la rotation ;
- 2) cette même résultante va créer en même temps un dérapage.



En conséquence, pour tourner exactement sur place, il faut compenser cette résultante, par exemple en « inclinant » le genou opposé, comme sur la figure ci-après. Ceci aura également pour effet d'accroître la rotation.

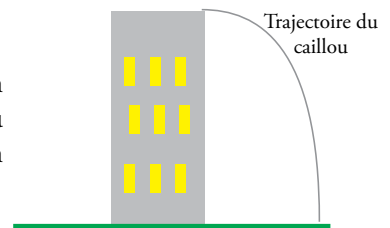


C'EST QUOI LA PROJECTION ?

On ne chute pas toujours verticalement. Loin de là.

Imaginons-nous au sommet d'un immeuble. Tout au bord, un caillou est posé sur le toit. Donnons un coup de pied dans le caillou et observons. Le caillou va aller de l'avant, puis tomber de plus en plus verticalement.

Il en est de même pour un parachutiste.



À la sortie de l'avion, un parachutiste ne possède aucune vitesse verticale mais il possède une vitesse horizontale non négligeable : la vitesse de l'avion lors du largage.

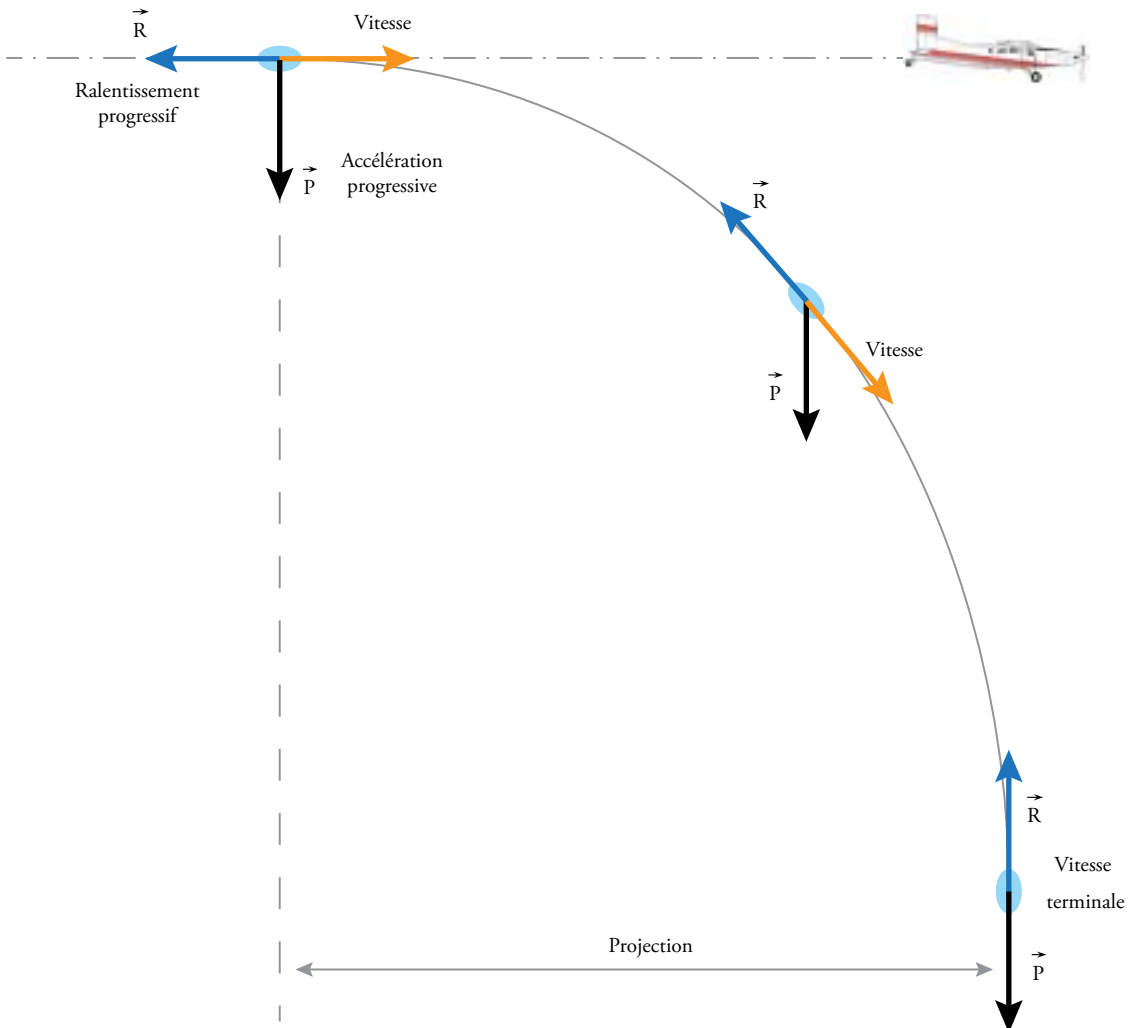
Le parachutiste est donc soumis :

- ✗ à son poids, qui va l'accélérer vers la terre (vers le bas) ;
- ✗ à la résultante aérodynamique qui, en début de chute, est horizontale (opposée à la vitesse initiale du parachutiste qui est celle de l'avion) et qui va donc le « freiner » horizontalement.

Sa vitesse verticale va donc augmenter progressivement et sa vitesse horizontale diminuer. Donc sa trajectoire s'incurve progressivement, comme celle du caillou lancé du haut de l'immeuble.

Le poids continue à attirer notre parachutiste vers la terre mais la résultante aérodynamique reste opposée à la vitesse. Elle va donc progressivement se « verticaliser » pour finir par venir s'opposer complètement au poids. La somme des forces étant nulle, la vitesse ne varie plus. On a atteint la vitesse « terminale ».

Si l'on mesure la distance horizontale entre la sortie de l'avion et le moment où la trajectoire est verticale, on a la valeur de la projection (voir la section sur le largage).



VITESSE SUR TRAJECTOIRE

À la sortie de l'avion : le parachutiste se déplace à la vitesse de largage.

Son poids va l'accélérer vers le bas mais le gain de vitesse verticale va être modeste.

Au contraire, la résultante aérodynamique va fortement freiner la composante horizontale de la vitesse.

Le résultat est que, pendant environ 10 secondes (environ 300 mètres de hauteur), la vitesse globale du parachutiste va diminuer (il est plus freiné horizontalement qu'il n'est accéléré verticalement).

Ceci explique que :

- ✗ les appuis diminuent (sentiment de « tomber » ressenti lors des premières chutes libres de 10 secondes en école « traditionnelle ») ;
- ✗ Le bruit ressenti diminue.

Par la suite, le poids continue d'accélérer la vitesse verticale et la vitesse globale augmente. Pour un départ à 4000 mètres, la vitesse terminale est atteinte vers environ 3000 mètres.

Mais même si la résultante compense alors exactement le poids, la vitesse de chute va progressivement diminuer. En effet, ρ (la densité de l'air) augmente alors que la hauteur diminue. Pour garder une résultante aérodynamique constante et égale au poids, il faut donc que la vitesse diminue.

PROJECTION D'UN TANDEM

Imaginons un vidéoman tandem débutant. Il sort de l'avion en même temps que le tandem et tous les deux gardent une position de chute stable face au vent relatif.

Que va voir ce vidéoman ?

- 1) Le tandem va très rapidement s'éloigner de lui horizontalement, dans la direction de l'avion, puis il lui sera plus facile de rattraper le tandem.
- 2) Dans un premier temps, le tandem va rester à peu près au même niveau vertical que le vidéoman, mais dans un deuxième temps, le tandem va le distancer verticalement jusqu'à ce qu'il lance le RSE (Ralentisseur, Stabilisateur, Extracteur).

Comment expliquer ces phénomènes, qu'un vidéoman expérimenté va anticiper pour garder une distance constante avec son sujet ?

a) Regardons ce qu'il se passe horizontalement

1) À la sortie de l'avion

- le tandem et le vidéoman sont en position stable, cambrés, face au vent relatif ;
- à la sortie, le tandem et le vidéoman ont la vitesse horizontale de l'avion ;
- ils offrent sensiblement la même surface au vent ;
- la masse du tandem est la double de celle du vidéoman.

Pour le vidéoman et le tandem, la composante horizontale de la résultante aérodynamique est donc identique : $R = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot k \cdot V_h^2$ (V_h est la vitesse horizontale).

Mais le tandem a une masse double de celui du vidéoman.

Rappelons que les forces appliquées sont égales à la masse (m) fois l'accélération ou la décélération (a).

Dans les formules ci-dessous, a_h est l'accélération (ou la décélération) horizontale.

Donc, sur un plan horizontal :

- ✘ pour le vidéoman, la décélération horizontale est donc :

$$R = m \cdot a_{h(\text{vidéoman})} \Rightarrow a_{h(\text{vidéoman})} = \frac{R}{m}$$

- ✘ pour le tandem, la décélération horizontale est donc :

$$R = 2 \cdot m \cdot a_{h(\text{tandem})} \Rightarrow a_{h(\text{tandem})} = \frac{R}{2m}$$

La décélération horizontale du tandem est donc 2 fois plus faible. C'est pour cela que le vidéoman va voir le tandem s'éloigner devant lui, dans la direction de l'avion (sur l'axe de largage).

On peut également dire que, toute chose étant égale par ailleurs (même vitesse, même surface au vent relatif), le tandem ayant une masse 2 fois plus importante donc possédant 2 fois plus d'inertie, sa décélération est 2 fois plus lente.

2) Une fois sur trajectoire « verticalisée »

La vitesse horizontale étant nulle, les composantes horizontales de la résultante aérodynamique seront également nulles ainsi que les accélérations horizontales. Le vidéoman n'aura alors aucun souci à suivre un tandem. Son inertie étant 2 fois moindre (car sa masse est 2 fois plus faible), il pourra même plus facilement et plus agilement dérapier ou tourner autour.

b) Regardons ce qu'il se passe verticalement

1) À la sortie de l'avion

- à la sortie, le tandem et le vidéoman ont une vitesse verticale nulle ;
- la masse du tandem est la double de celle du vidéoman.

Sur le plan vertical, la résultante aérodynamique est donc presque nulle. La seule force appliquée verticalement au vidéoman ou au tandem est leur poids ($P = m \cdot g$).

Dans les formules ci-dessous, a_v est l'accélération (ou la décélération) verticale.

- ✘ Pour le vidéoman : $P = m \cdot g = m \cdot a_{v(\text{vidéoman})} \Rightarrow a_{v(\text{vidéoman})} = g$

- ✘ Pour le tandem : $P = 2 \cdot m \cdot g = 2 \cdot m \cdot a_{v(\text{tandem})} \Rightarrow a_{v(\text{tandem})} = g$

On voit donc que le vidéoman et le tandem vont accélérer vers le bas de la même façon et donc rester au même niveau.

2) Une fois sur trajectoire « verticalisée »

Calculons la vitesse terminale pour le vidéoman et le tandem (sans le RSE).

Rappelons que la vitesse terminale est la vitesse lorsque la trajectoire est pleinement verticale et lorsque que le poids est compensé par la résultante aérodynamique ($P = R$).

Dans les formules ci-dessous, V_v est la vitesse verticale.

$$\times \text{ Pour le vidéoman : } m.g = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot k \cdot V_{v(\text{vidéoman})}^2 \Rightarrow V_{v(\text{vidéoman})} = \sqrt{\frac{2.m.g}{\rho.S.k}}$$

$$\times \text{ Pour le tandem : } 2.m.g = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot k \cdot V_{v(\text{tandem})}^2 \Rightarrow V_{v(\text{tandem})} = \sqrt{\frac{4.m.g}{\rho.S.k}}$$

La vitesse du tandem sera donc bien plus élevée que celle du vidéoman.

Nous passons donc progressivement d'une phase où la trajectoire est horizontale à la sortie et où le tandem n'accélère pas beaucoup plus (verticalement) que le vidéoman, à une phase où la trajectoire s'incline progressivement et où le tandem, du fait de sa masse double, va progressivement obtenir une vitesse verticale plus importante que le vidéoman. C'est pour cette raison que le vidéoman reste, dans un premier temps, au niveau du tandem, puis le voit, dans un second temps, s'enfoncer jusqu'à ce qu'il lance le RSE.

En lançant le RSE, le tandem augmente sa surface à l'air (et son facteur k), se dotant ainsi d'une vitesse de chute standard (plus faible) et permettant au vidéoman de le rattraper.





LARGAGE

Introduction	136	Influence de la voilure.....	153
Généralités.....	138	Les vitesses	153
Objectifs	138	Le type de voilure.....	153
Les acteurs	139	La charge alaire.....	153
Le pilote.....	139	Les passages	154
Le « largueur » (responsable en vol)	140	Le nombre de passages.....	154
Le responsable au sol.....	140	L'espacement entre deux passages	154
Les paramètres	141	L'ordre des départs	155
Les axes	142	Qui faire partir en premier ?	155
Le largage vent de « travers ».....	142	Règles de sécurité	156
Le largage vent arrière.....	143	L'espacement entre les départs	157
Exemple	143	Conséquences d'un espacement insuffisant.....	161
La zone de sauts	144	Déterminer la verticale.....	166
Terrains particuliers, largages particuliers	145	Le temps de mise en place et la projection	167
En montagne.....	145	Le temps de mise en place	167
En bord de mer	146	La projection.....	167
À proximité d'une zone urbaine.....	148	Exemple	168
Conclusion.....	148	Le temps de chute et la perte de hauteur	169
Les aéronefs	149	Temps de chute en fonction de la hauteur de saut et de la hauteur d'ouverture.....	170
La météo	150	L'embarquement	171
Observer la météo	150	Avant l'embarquement	171
La dérive	151	L'embarquement.....	171
Définition	151	Avant le décollage.....	173
La dérive et le point de largage	151	La fiche d'avionnage.....	173
Exemples.....	152		
Remarque.....	152		

En vol.....	175	Largages particuliers	186
Le décollage.....	175	Largage du sol	186
Le largueur	175	Gros porteur - tranche arrière	186
Surveillez les évolutions météo.....	176	Largage d'avions en formation.....	186
Effectuez les vérifications en vol.....	176	Largage d'hélicoptère.....	187
Anticipez les prises d'axe.....	176	Largage à haute altitude.....	187
Contrôlez l'axe	177	Largage de nuit.....	187
Contrôlez la verticale et le point de largage.....	178	Consignes de sécurité.....	188
Contrôlez la hauteur.....	178	Au-dessus d'une couche de nuages.....	188
Donnez le « top largage ».....	179	Au-dessus de nuages isolés	188
La vitesse de largage.....	179	S'il faut redescendre avec l'avion.....	189
Contrôlez l'espacement entre les départs.....	180	Cas particuliers.....	190
Vérifiez-vous avant de sauter !.....	180	Ouverture intempestive	191
Contrôlez les ouvertures	181	Atterrissage hors zone	193
Le retour au hangar	181	Les obstacles	194
Utilisation de la radio	182	Atterrir dans l'eau.....	195
Fréquences	182	L'évacuation d'urgence.....	196
L'alphabet radio	182	Exemples de situations caractéristiques	196
Le GPS.....	185	La position de « crash ».....	197
Utilisation du GPS pour le largage	185	Tableau récapitulatif.....	197

INTRODUCTION

En France, nous pouvons estimer à 50 ou 60 000 le nombre de largages effectués par an. Ce grand nombre et la faible proportion d'accidents recensés liés directement au largage, peuvent faire penser qu'il s'agit d'une action banale, n'exigeant pas vraiment de compétences et d'attention particulières. Pourtant, nous avons tous été témoins de situations qui, suite au largage, auraient pu mal se terminer (passage en chute ou ouverture proche d'une autre voilure, posé hors zone sur un terrain inhospitalier, etc.).

L'objectif du largage est double :

- ✘ assurer la séparation des parachutistes afin d'éviter tout risque de collision en chute ou lors de l'ouverture ;
- ✘ permettre à tout le monde de se poser en sécurité sur la zone.

LE LARGAGE EST UN FACTEUR PRIMORDIAL DE LA SÉCURITÉ.

Les trois acteurs principaux pour mener cette tâche à bien sont :

- ✘ le responsable au sol ;
- ✘ le largueur ;
- ✘ le pilote.

Les décisions doivent être prises en commun. Cependant, chacun d'entre eux peut décider unilatéralement d'interrompre un largage s'il juge que les conditions de sécurité ne sont pas (ou plus) réunies.

Un largage se prépare au sol.

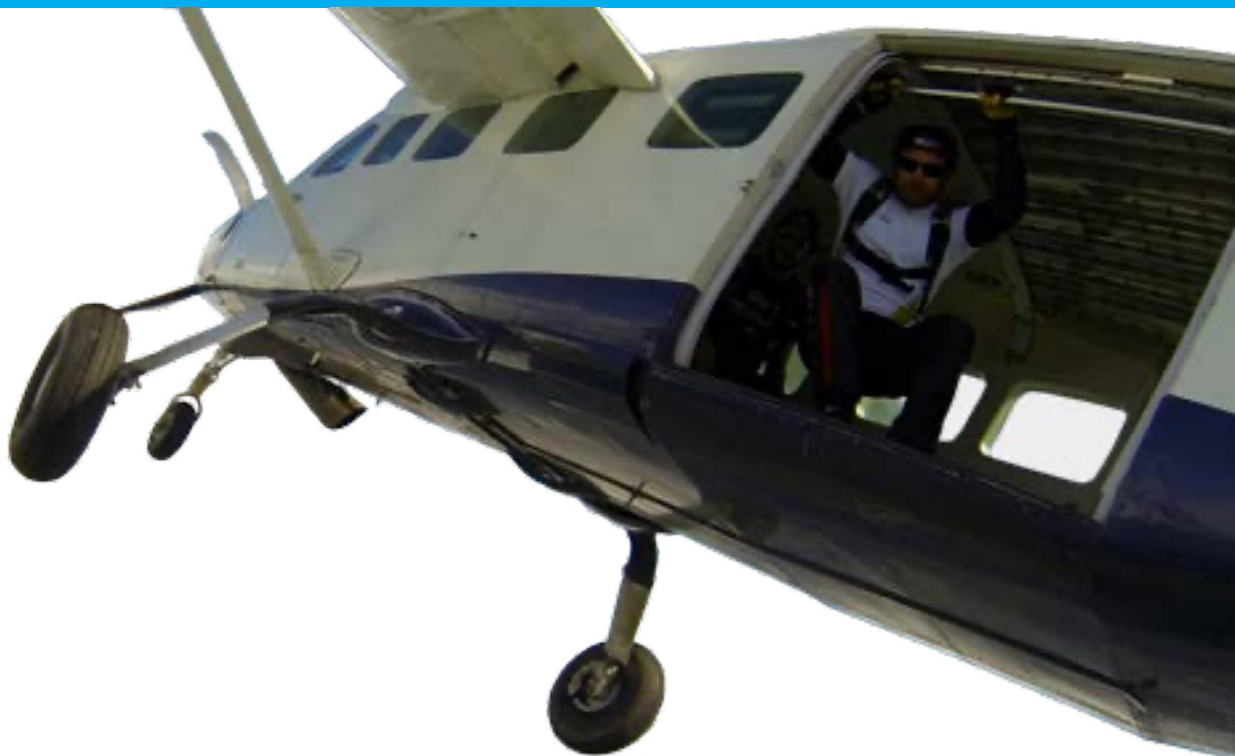
Particulièrement avant le premier avion de la journée, les trois principaux protagonistes doivent se consulter afin de définir ensemble l'axe de largage, la limite courte du premier départ, la limite longue du dernier départ et le temps d'espacement entre les départs.

La carte WINTEM doit être soigneusement consultée.

Un largage s'affine pendant la montée.

Le pilote, pendant la montée, pourra donner de précieuses indications au largueur et au responsable au sol par radio. En effet, la lecture de ses instruments de bord (GPS et anémomètre) lui permettra d'affiner les indications données par la carte WINTEM. Une fois sur axe et proche du point de sortie, il donnera son aval pour le largage (le plus souvent par un « OK »). Ce « OK » signifie que, d'après lui, il est sur le bon axe, que l'espace aérien est a priori dégagé et qu'il est temps de partir.

Le largueur, une fois sur axe, doit vérifier que celui-ci est correct en consultant les indications du GPS (si celui-ci est visible et s'il sait en interpréter les données) et obligatoirement en regardant de visu la zone de sauts. Il doit aussi vérifier, afin de valider le « OK » du pilote, que le point du premier départ est correct et que l'espace aérien semble dégagé.



Un largage s'affine encore après chaque rotation.

Le responsable au sol voit le résultat des largages en observant la « ligne » d'ouverture et les évolutions des voilures. C'est lui qui est le plus à même d'apprécier si les premiers ne sont partis trop court ; si les derniers ne sont pas partis trop loin et si les espacements entre les parachutistes sont suffisants. Il doit donner les corrections souhaitées au pilote et au largeur de l'avion suivant.

Chacun a sa place à tenir en fonction de son domaine de compétence et de ses responsabilités.

La connaissance et la prise en compte des multiples paramètres liés au largage et exposés dans ce chapitre sont des facteurs importants pour développer vos compétences et pratiquer en toute sécurité.

Le largage n'est pas une science exacte. Certaines conditions peuvent être très compliquées et l'erreur reste humaine. Les pratiquants doivent donc savoir que le posé hors zone est possible (voir même inéluctable). Il faut donc les préparer à cela en les formant.

Larguer est relativement simple quand la météo est bonne et que la zone de sauts ne présente pas de difficulté particulière. Si savoir renoncer à faire monter l'avion est une décision facile à prendre, faire redescendre un avion qui est en montée est une décision plus difficile parce qu'elle implique une perte financière pour le centre. Pourtant le bon largage est parfois celui auquel on renonce. Vous ne regretterez jamais d'avoir fait redescendre un avion ; vous regretterez toujours un largage qui s'est mal passé.

GÉNÉRALITÉS

OBJECTIFS

- 1) **Assurer la séparation des parachutistes.**
 - ✗ Entre eux (afin d'éviter tout risque de collision en chute ou lors de l'ouverture).
 - ✗ Avec les autres usagers de l'aérodrome.
- 2) **Permettre à tout le monde de se poser en sécurité sur la zone.**

LARGUER, C'EST :

- ✗ observer et anticiper la météo ;
- ✗ déterminer l'axe et le point de largage ;
- ✗ déterminer l'ordre des départs ;
- ✗ rester en relation avec le pilote pendant le vol ;
- ✗ organiser les dernières vérifications (au sol et dans l'avion) ;
- ✗ surveiller la prise d'axe et regarder au dehors pour faire le point ;
- ✗ cadencer les départs ;
- ✗ intervenir en cas de problème (ouverture intempestive, évacuation d'urgence, etc.) ;
- ✗ vérifier que tout le monde est bien ouvert ;
- ✗ vérifier que tout le monde est bien rentré et rendre compte au responsable au sol.

IL FAUT ÊTRE PARTICULIÈREMENT VIGILANT :

- ✗ quand il y a plusieurs passages ;
- ✗ quand des groupes sont amenés à se déplacer fortement en chute (wingsuit, track, trace...) ;
- ✗ quand plusieurs avions larguent en même temps ;
- ✗ lorsque le vent est fort en altitude ;
- ✗ avec un avion gros porteur ;
- ✗ quand il y a beaucoup de trafic aérien ;
- ✗ quand la zone est « difficile ».

Remarque

Le largage est une affaire d'observation, d'attention et d'anticipation mais c'est dans l'avion que l'on apprend à larguer à condition, toutefois, de connaître les paramètres qui entrent en jeu.

Des consignes reçues avant le vol, un « top largage » donné du sol ou un pilote qui donne le « top largage » n'enlèvent pas la responsabilité du largueur (moniteur, responsable à bord, etc.). C'est lui qui décide, en dernier lieu, du moment de sauter.

LES ACTEURS

Le nombre élevé et la relative complexité des différents paramètres dont il faut tenir compte pour effectuer un largage amènent logiquement à faire appel à l'ensemble des compétences des trois principaux acteurs d'un largage qui sont :

- ✗ le pilote ;
- ✗ le largueur (moniteur, responsable en vol, etc.) ;
- ✗ le responsable au sol.

LE PILOTE

Il amène l'appareil sur l'axe et à la hauteur demandée. Il s'assure, visuellement et par radio, que l'espace aérien est dégagé. Après accord du contrôle aérien (si l'espace est contrôlé), il donne son autorisation pour le largage et peut effectuer les éventuelles corrections demandées par le largueur.

Il dispose de différentes sources d'informations.

1) Au sol.

- ✗ Les cartes météo (qu'il consulte avant le premier vol).

Une première indication du vent en altitude est donnée par les cartes météo. Cependant, la hauteur maximum indiquée est de 10 000 pieds. La marge d'erreur peut être de 5 kts à 10 000 pieds et de beaucoup plus à 13 500 pieds. Néanmoins, les cartes météo permettent d'obtenir des indications très utiles sur la force et la direction du vent, notamment pour définir un axe et un point de départ initial.

2) En vol.

- ✗ Les instruments de l'aéronef,
- ✗ L'indicateur de vitesse (le badin) qui donne la vitesse air en nœuds (la vitesse indiquée par l'instrument est sous-estimée : environ 10 % à 2000 mètres et 20 % à 4000 mètres car la densité de l'air diminue avec l'altitude),
- ✗ Le directionnel qui donne le cap de l'avion en degrés,
- ✗ Le GPS qui donne, entre autre, la vitesse sol, la route et le point de référence qui est, en général, la cible para.

Grâce à ces instruments, le pilote pourra évaluer la direction et la force du vent. Cela permet d'affiner ou de modifier le largage.

Pour apprécier la direction du vent, il compare sa route (c'est la trajectoire sol de l'avion que l'on peut voir sur le GPS) à son cap (indiqué par le directionnel). En effet, comme n'importe quel corps dans une masse d'air en mouvement, l'avion subit une dérive. Le chemin suivi est donc différent du cap indiqué.

Pour connaître la force du vent, il suffit de soustraire la vitesse indiquée sur le GPS à la vitesse indiquée sur le badin, après correction altimétrique (quand l'avion est face au vent).

LE « LARGUEUR » (RESPONSABLE EN VOL)

1) Au sol.

En fonction de la composition de l'avion et des conditions météo, il définit, avec le pilote et le responsable au sol, les modalités du largage (axe, point de largage, hauteur, nombre et ordre de passages, etc.).

2) En vol.

Avant le largage.

- ✗ Il contrôle ou fait contrôler les équipements avant les sorties.
- ✗ Il contrôle que l'avion est à plat et que l'axe est correct et dégagé (voilure, aéronef, etc.). Il donne, si nécessaire, des corrections au pilote.
- ✗ Il donne le signal du début de largage au pilote.

Au cours du largage.

- ✗ Il assure le cadencement des sorties (l'espacement).
- ✗ Il veille à ne pas dépasser la limite longue du largage.
- ✗ Il intervient en cas de problème (évacuation, atterrissage forcé, etc.).

Il dispose de différentes sources d'informations.

- ✗ Les cartes, sites et applications météo.
- ✗ Le pilote ou directement les instruments de vol.
- ✗ L'observation en regardant le sol par la porte une fois l'avion sur axe et à plat.

Après le largage:

- ✗ s'assurer que tout le monde ait ouvert
- ✗ s'assurer que tout le monde ait atterri en sécurité sur la zone
- ✗ rendre compte de toute anomalie au responsable au sol ou de tout besoin de modification du largage

LE RESPONSABLE AU SOL

Il définit l'axe et les modalités de largages en fonction des conditions météo, des caractéristiques de la zone et de la composition de l'avion.

Il est le mieux placé pour évaluer la justesse d'un largage car il voit le résultat en observant la « ligne d'ouverture ». Il peut aussi interrompre un largage.

Il doit se poser les questions suivantes :

- ✗ Le premier est-il parti trop tôt ? ou trop tard ?
- ✗ L'espacement à l'ouverture entre les parachutistes est-il suffisant ?
- ✗ Le dernier n'est-il pas trop loin ?

En fonction de ce qu'il a observé, il peut et/ou doit faire modifier les paramètres de largage pour les avions suivants, en concertation avec le pilote et le largueur.

Il dispose pour cela de différentes sources d'informations : les cartes, sites et applications météo et l'observation de la dérive de l'avion.

REMARQUE

Pour qu'un largage se déroule bien, il faut que le pilote, le largueur et le responsable au sol soient en accord. **En cas de problème, les trois responsabilités peuvent être engagées.**

LES PARAMÈTRES

Préparer un largage, c'est répondre à quatre questions :

- ✗ **Sur quel axe ?**
- ✗ **À quel point de largage (début et fin) ?**
- ✗ **Dans quel ordre ?**
- ✗ **Avec quel espacement ?**

Pour répondre à ces questions, il faut prendre en compte au minimum cinq paramètres :

1) La météo

- ✗ Le vent (au sol et en altitude).
- ✗ Le plafond.
- ✗ La visibilité.
- ✗ Les risques orageux.
- ✗ Les turbulences.

2) La zone de sauts

- ✗ La zone de posé (situation, taille et orientation).
- ✗ Les zones de dégagements.
- ✗ Les obstacles.

3) L'avion

- ✗ Le type d'avion.
- ✗ Le nombre de parachutistes embarqués.
- ✗ La vitesse de largage.

4) Les départs

- ✗ La hauteur.
- ✗ Le nombre de passages.
- ✗ Le nombre de départs par passage.

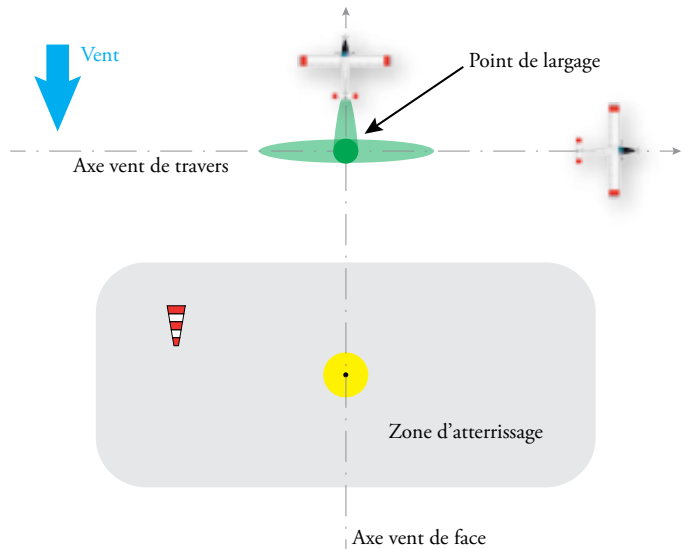
5) Les parachutistes

- ✗ Le type de sortie.
- ✗ Le type de saut.
- ✗ La hauteur d'ouverture.
- ✗ La voilure principale et la charge alaire.
- ✗ L'expérience.

LES AXES

On largue généralement face au vent mais en fonction du type d'aéronef, des dimensions et de la configuration du terrain, du type de saut, on peut également prendre des axes vent de travers ou vent arrière.

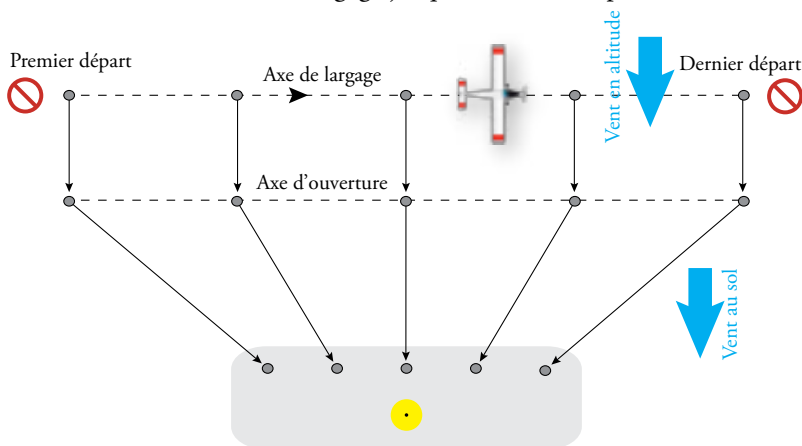
Suivant l'importance de la dérive, on éloigne plus ou moins le point de largage (si on largue vent de face) ou l'axe (si on largue vent de travers). On largue « au vent » du terrain c'est-à-dire du côté d'où vient le vent de façon à ce que celui-ci ramène les parachutistes vers le terrain. Plus le vent est fort, plus on largue loin.



LE LARGAGE VENT DE « TRAVERS »

Si la zone le permet, une solution consiste à larguer perpendiculairement au vent, plus ou moins décalé, suivant sa force.

Le largage vent de travers peut présenter de nombreux avantages. Entre autres, une fois ouverts, les parachutistes ne restent pas sur l'axe de largage en s'orientant face au terrain. De plus, les trajectoires, dues à la dérive en chute, ne convergent pas. La séparation entre les départs est facilitée. Attention à maintenir l'axe de largage jusqu'au dernier départ.



Il est souvent préférable de privilégier l'axe qui permet d'avoir la meilleure vision sur la zone afin d'estimer au mieux la distance. Il est donc préférable de larguer sur un axe où la porte sera du côté de la zone d'atterrissage.

LE LARGAGE VENT ARRIÈRE

Vent de face, la vitesse de l'avion par rapport au sol (vitesse sol) est égale à :

Vitesse sol vent de face = vitesse propre de l'avion - vitesse du vent.

Vent arrière, elle est égale à :

Vitesse sol vent arrière = vitesse propre de l'avion + vitesse du vent.

La vitesse sol est nettement plus grande vent arrière que vent de face. Le risque d'erreur augmente. Si les premiers tardent à sortir, les derniers ne pourront pas rentrer sur le terrain.

EXEMPLE

Prenons deux parachutistes : Vitesses de chute identiques : 50 m/s.

Vitesse « air » de l'avion au largage : 70 kts (35 m/s).

Vitesse du vent : du sol à 1000 m : 0 m/s, de 1000 m à 4000 m : 15 m/s

Espacement entre les départs : 8 secondes.

Observons la différence lors d'un largage vent de dos (en gris) et d'un largage face au vent (en noir).

Vitesse de largage : 70 kts (35 m/s)

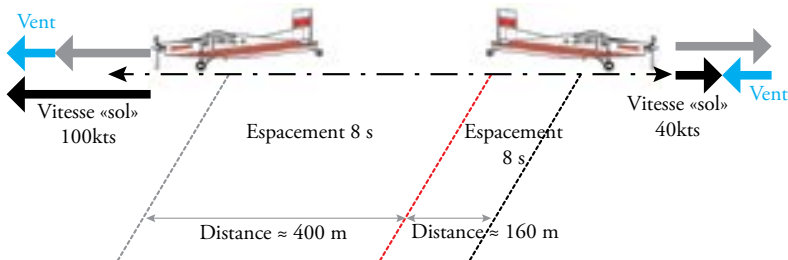
Vitesse « sol » : 100 kts (50 m/s)

Espacement : 8 s = 400 m

Vitesse de largage : 70 kts (35 m/s)

Vitesse « sol » : 40 kts (20 m/s)

Espacement : 8 s = 160 m



LA ZONE DE SAUTS

Chaque zone de sauts présente des particularités. Ses dimensions sont souvent citées comme les caractéristiques les plus importantes. Cependant, il faut prendre en considération d'autres spécificités tout aussi importantes telles que sa situation, son orientation, les vents dominants, les obstacles à proximité, les zones de dégagement, les riverains, l'espace aérien, etc. L'ensemble de ces caractéristiques doit être pris en compte dans la détermination de l'axe et du point de largage.

LA ZONE DE POSÉ	Ses caractéristiques et ses dimensions minimums sont imposées par la réglementation.
LES ZONES DE DÉGAGEMENT	Elles ne sont pas nécessairement en bordure du terrain. Elles ont souvent des caractéristiques variables mais elles doivent être facilement repérables et accessibles. Les critères qui doivent être pris en compte sont : <ul style="list-style-type: none">✗ la taille et l'orientation par rapport aux vents dominants ;✗ la proximité ;✗ l'absence d'obstacles dangereux ;✗ la pente et la nature du sol (culture, terrain caillouteux, etc.).
LES ZONES À PROSCRIRE	Ce sont les zones qui présentent un réel danger de part la proximité d'éléments hostiles tels que : <ul style="list-style-type: none">✗ les lignes électriques ;✗ les zones urbanisées ;✗ les plans d'eau, les rivières ;✗ les voies de circulation (chemin de fer, routes, autoroutes) ;✗ les pistes.
L'ESPACE AÉRIEN	Sur beaucoup de terrains, l'espace aérien est partagé entre les parachutistes et d'autres usagers. Le partage du volume doit être connu afin qu'il n'y ait pas d'interférence. Un pilote d'avion ou de planeur, respectant sa zone, ne cherchera pas obligatoirement à vous repérer et peut ne pas vous voir.

Connaître la zone et son environnement est un gage de sécurité important pour les pratiquants mais aussi pour le largage. Des moyens efficaces doivent être mis en place pour identifier les particularités de la zone et les règles qui en découlent. Il est nécessaire de disposer de plusieurs photos couleurs permettant d'identifier la zone et ses abords ainsi que les obstacles. N'hésitez pas à en refaire régulièrement car les zones urbanisées, par exemple, évoluent très vite. Invitez les parachutistes à repérer la zone de sauts et les zones de dégagement sur ces photos mais aussi pendant la montée et sous voile.

TERRAINS PARTICULIERS, LARGAGES PARTICULIERS

EN MONTAGNE

Le largage en montagne présente des difficultés supplémentaires dues au relief, aux brises de pentes et de vallées. Le manque de référence horizontale rend l'appréciation des distances difficile, plus encore en hiver quand le sol est enneigé.

Les conditions météo changent plus vite qu'en plaine et sont influencées par le relief. Un orage peut éclater brusquement, le brouillard peut envahir la zone de sauts. Les vents au sol et en altitude sont souvent différents. Pour larguer en montagne, il faut de bonnes notions d'aérogologie.

Le relief étant souvent prononcé, en se rapprochant de celui-ci, on perd rapidement de la hauteur sol. Il conviendra d'être extrêmement prudent dans le choix des axes, des limites courtes, longues et latérales du largage.

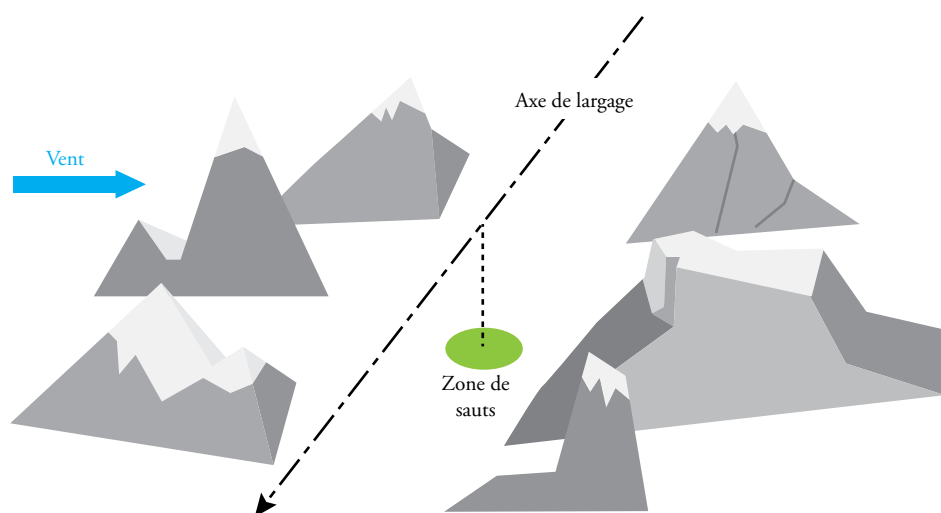
Attention : en cas de manque de visibilité (couche nuageuse), refusez systématiquement un largage aux instruments.

Largage dans les vallées.

Ne jamais larguer perpendiculairement à la vallée même si le vent en altitude est perpendiculaire à celle-ci.

Si la zone de posé est dans un coude de la vallée, il conviendra de larguer en suivant son cheminement. De cette façon, à aucun moment les chuteurs n'ont à ouvrir sur le relief.

Il est préférable de larguer en descendant la vallée car la hauteur relative d'ouverture va augmenter. S'il y a obligation de larguer en remontant la vallée, diminuez la longueur du largage.



EN BORD DE MER

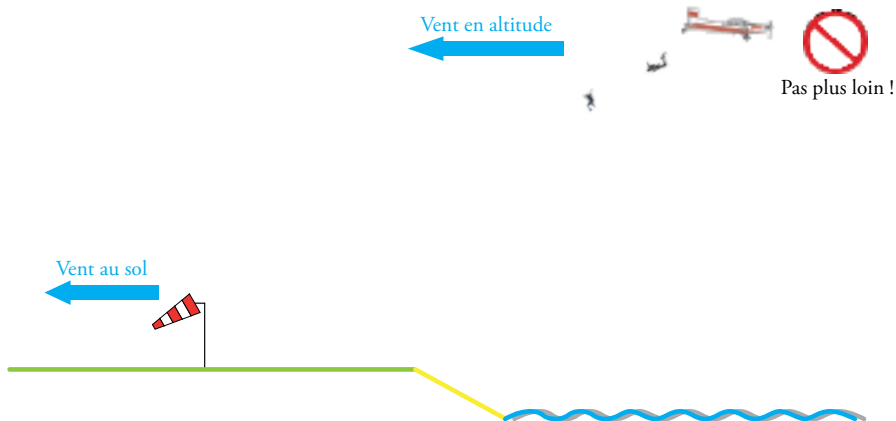
Le principal risque est, bien sûr, que les parachutistes se posent sur l'eau.

Il est difficile d'apprécier les distances au-dessus de l'eau. Le largage en mer ou en bord de mer doit être effectué par des parachutistes expérimentés ayant une bonne connaissance de l'aérodynamique et habitués à ce type de largage. La météorologie doit être scrupuleusement surveillée car en bord de mer, elle peut être très changeante.

Attention : Ne larguez pas au-dessus de la mer (ou d'un lac) si les moyens de sécurité ne sont pas prévus au sol. Selon les conditions, en complément des mesures à prendre en séance «classique», il faut se poser la question d'une éventuelle récupération d'une personne à l'eau (embarcation prête, moyens de flottaison, moyens d'alerte des secours nautiques...).

Les phénomènes de brise de terre et de brise de mer doivent être pris en compte.

- × **Quand le vent vient de la mer et souffle très fort**, il faut que l'avion prenne un axe face à la mer, en se souciant particulièrement de la limite longue. Il faut prendre en considération une ouverture basse (procédure de secours), c'est pourquoi la limite longue doit être de toute façon inférieure à celle d'un largage en plaine.



Remarque : vous pouvez aussi demander au pilote de vous avertir lorsque vous atteignez la limite longue définie auparavant au sol.

- × **Quand le vent vient de la mer en altitude et de la terre en basse couche** (fréquent quand il y a une brise de terre), il faut larguer face à la terre.



- ✗ **Quand le vent vient de la terre en altitude et qu'il vient de la mer en basse couche, il faut larguer face à la terre.**



✗ Pas avant !

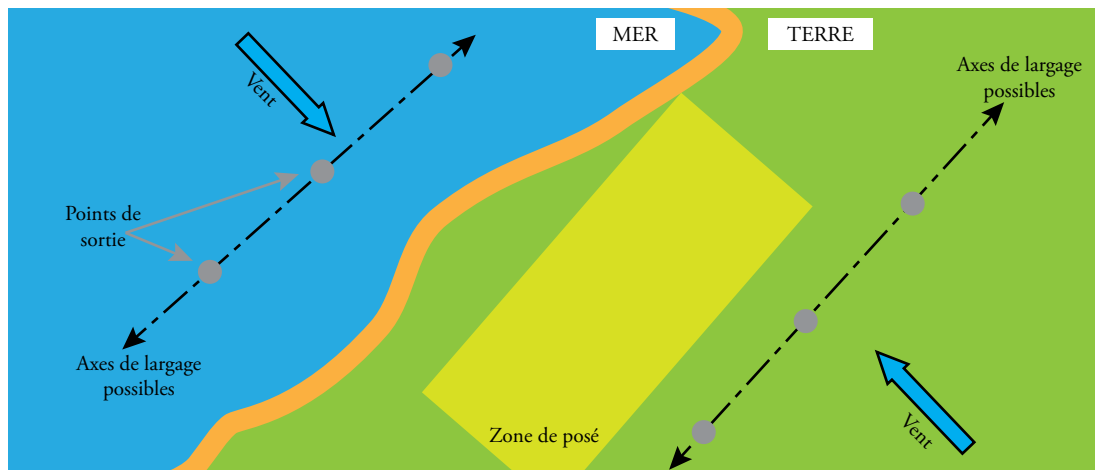


- ✗ **Le largage vent de travers.**

Comme nous l'avons vu précédemment dans le chapitre consacré aux axes de largage, une solution (si la zone le permet) consiste à larguer perpendiculairement au vent si celui-ci vient de la mer ou de la terre. L'axe devra être plus ou moins décalé en fonction de la force du vent. Cela limitera le risque de larguer trop loin en mer.

Le largage vent de travers peut présenter de nombreux avantages sur terre comme en bord de mer. Entre autres, une fois ouverts, les parachutistes ne restent pas sur l'axe de largage en s'orientant face au terrain. De plus, les trajectoires dues à la dérive en chute ne convergent pas. La séparation entre les départs est facilitée. Attention si le vent de travers est fort.

Exemple en mer : parallèlement au rivage.



Le largage en bord de mer n'est jamais une chose facile. Une attention toute particulière doit être portée sur le matériel, aussi bien au niveau du pliage de la voile principale (après une libération, on est souvent bas) que de la dernière vérification dans l'avion avant de sauter (une ouverture intempestive à 4000 mètres avec un fort vent venant de la terre complique la chose !).

À PROXIMITÉ D'UNE ZONE URBAINE

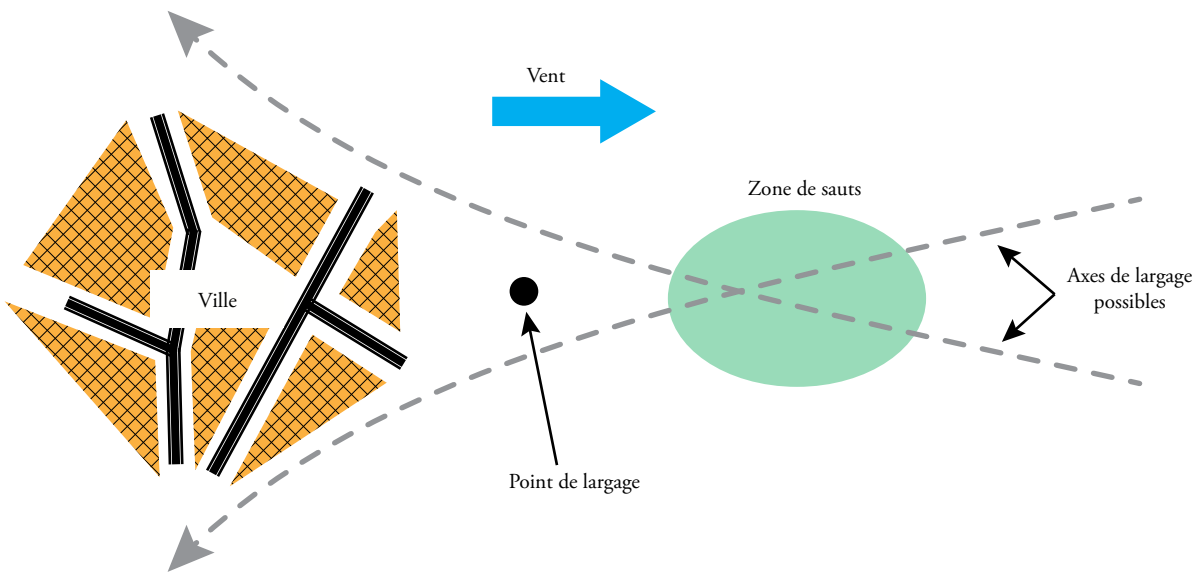
Un posé en zone urbaine n'est jamais simple et sera toujours risqué.

De nombreux pièges sont à éviter : les turbulences générées par le vent et les immeubles, les poteaux et les câbles difficilement visibles, les rues étroites ou non, mais encombrées de voitures, la nature du sol toujours dure, etc. Le mieux est d'éviter à tout prix un posé en ville. Le largage doit être particulièrement soigné.

Largage avec un vent venant de la ville.

Comme pour le largage en mer, soyez attentifs à la limite longue pour permettre au dernier chuteur de rentrer.

Si le vent et la zone le permettent, le pilote peut prendre un axe légèrement incurvé à droite ou à gauche de la ville. Cependant, attention dans ce cas à la convergence des dérives en fin de saut s'il y a plusieurs groupes en vol relatif (à plat ou en freefly) et/ou des élèves en dérive.



Un axe perpendiculaire au vent est toujours possible en étant vigilant aux limites courte et longue.

CONCLUSION

Chaque terrain de sauts possède ses propres caractéristiques. Nous avons évoqué plusieurs environnements mais un même terrain peut réunir plusieurs difficultés. Pour bien appréhender une zone de sauts, il faut du temps.

Dialoguez avec le pilote en permanence, il possède des connaissances et des sources d'informations que vous devez exploiter.

Quand vous êtes largueurs ou responsables au sol, en cas de doute, n'hésitez pas à interrompre un largage. Les conséquences d'un avion qui refait un passage ou qui redescend avec les parachutistes sont dérisoires comparées à un posé hors zone qui se passe mal.

Pour ces sauts particuliers, il est impératif que le responsable au sol et que les parachutistes aient fait une reconnaissance de la zone sur laquelle les sauts vont se dérouler.

LES AÉRONEFS

Pour le largage, il faut tenir compte de deux spécificités pour classer les aéronefs.

- ✗ La vitesse de largage.

Elle influe sur la projection et le temps à respecter entre deux sorties.

La projection est la distance horizontale parcourue en sortie d'avion. On peut considérer qu'elle s'effectue au cours des 10 premières secondes.

Plus la vitesse de l'avion est importante, plus il faut réduire le temps entre deux sorties.

- ✗ Le nombre de parachutistes embarqués.

Il a une incidence sur le nombre de départs, qui a, lui-même, une incidence sur la longueur du largage. Plus le nombre de départs est important, plus la distance de largage est importante.

Quelque soit le type d'aéronef, plus le vent en altitude est fort, plus il faut espacer les départs (quand on largue face au vent).

Ces paramètres nous permettent de regrouper les aéronefs en trois grands types.

CARACTÉRISTIQUES	LES PETITS PORTEURS	LES MOYENS PORTEURS	LES GROS PORTEURS
Aéronef	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Cessna 182, 185, 206, 207 ✗ Pilatus 	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Twin otter ✗ Casa 212 ✗ Skyvan ✗ Caravan 	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Casa 235 ✗ Transall ✗ Hercules
Capacité d'emport (C)	$3 \leq C \leq 10$	≈ 20 parachutistes	≥ 40 parachutistes
Vitesse de largage (V)	$V \approx 75$ kts	$75 \text{ kts} \leq V \leq 100 \text{ kts}$	$110 \text{ kts} \leq V \leq 140 \text{ kts}$
Projection (P)	$P \approx 200$ m	$P \approx 300$ m	$P \approx 400$ m
Temps d'espacement <u>minimum</u> entre les départs (sans vent) (T)	$T \approx 8$ s	$6 \text{ s} \leq T \leq 8 \text{ s}$	$T \approx 4$ s

LA MÉTÉO

Pour larguer, ne vous contentez pas d'observer le plafond et le vent au sol.

Beaucoup d'autres paramètres comme le vent en altitude, la visibilité, les turbulences, les risques orageux, etc. peuvent justifier l'annulation des sauts.

Il faut utiliser tous les moyens disponibles (Cartes WINTEM, observation des nuages, mesure grâce aux instruments de l'avion, dériveur, etc.).

OBSERVER LA MÉTÉO

	QUELLES QUESTIONS SE POSER ?	COMMENT TROUVER LES RÉPONSES
VENT	Quelle est sa vitesse et sa direction ? ✗ Au sol ? ✗ En altitude ? Est-il régulier ou souffle-t-il en rafales ?	Cartes WINTEM. Forme et déplacement des nuages. Fumées, cimes des arbres. Anémomètre, manche à air. Vitesse et trajectoire des avions en vol. Service de contrôle et service météo.
PLAFOND	Quelle est la couverture nuageuse ? Quelle est la hauteur des nuages ? Quel est le type de nuages ?	METAR, TAF et TEMSI. Appréciation visuelle. Repères par rapport au relief en zone montagneuse. Indications données par les avions en vol.
VISIBILITÉ	Quelle est la visibilité verticale ? Quelle est la visibilité horizontale ?	Appréciation visuelle. METAR.
TURBULENCES	Des indices permettent-ils de prévoir une situation de fortes turbulences ?	Forme des nuages. Type de situation météo. Changements de vitesse et de direction du vent. Proximité d'obstacles et de reliefs.
RISQUE ORAGEUX	Le développement d'orage est-il ✗ probable ? ✗ imminent ?	Cumulus se développant rapidement. Le vent change en force et en direction. La température change. Il y a des éclairs et du tonnerre. Cartes TEMSI.

LA DÉRIVE

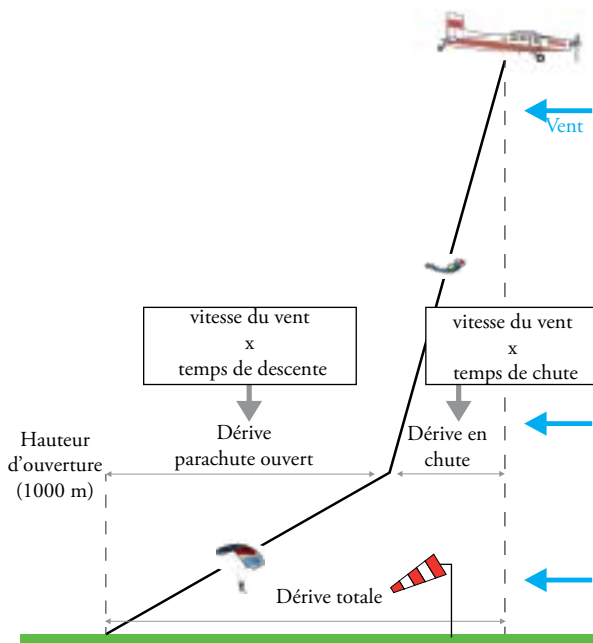
DÉFINITION

La dérive est une notion fondamentale.

Vous subissez le vent en chute et parachute ouvert. Le déplacement horizontal dû au vent s'appelle la dérive.

Pour larguer, compte tenu des erreurs normales de visée, il est inutile de calculer la dérive avec beaucoup de précision. En revanche, il est souvent intéressant de savoir faire un calcul rapide pour évaluer la dérive.

Pour calculer la dérive moyenne en chute, on considère que le parachutiste n'a pas de vitesse horizontale propre (il ne se déplace pas, lui-même, en chute).



Dérive en chute (en m) = vitesse du vent (en m/s) × temps de chute (en s).

La dérive parachute ouvert sera, bien sûr, différente si l'on reste toujours face au vent ou au contraire dans le vent. Pour l'estimer, on ne tient donc pas compte de la vitesse horizontale de la voilure (on considère un parachute hémisphérique). Le résultat obtenu est une moyenne.

Dérive parachute ouvert (en m) = vitesse du vent (en m/s) × temps de descente (en s).

Dérive totale = dérive en chute + dérive parachute ouvert.

LA DÉRIVE ET LE POINT DE LARGAGE

Le point de largage est le point au sol à la verticale duquel on doit sauter afin de se poser à un endroit prédéterminé, compte tenu de la dérive.

Déterminer le point de largage, c'est évaluer la distance entre le point de posé prévu et le point de largage.

Pour un largage face au vent, le point de largage est situé en amont du terrain à une distance (D) égale à la dérive totale (en chute et parachute ouvert).

$$D = \text{dérive en chute} + \text{dérive parachute ouvert}$$

$$D = (\text{temps de chute} \times \text{vitesse du vent}) + (\text{temps de descente sous voile} \times \text{vitesse du vent})$$

Les distances s'expriment en mètre (m) et les vitesses en mètre par seconde (m/s).

EXEMPLES

Joséphine de la FEUILLEMORTE. Hauteur du saut / d'ouverture : 4 000 m / 1 000 m. Vitesse moyenne de chute : 45 m/s. Vitesse de descente sous voile : 2,38 m/s.	Albert de CHUTEFORT. Hauteur du saut / d'ouverture : 4 000 m / 1 000 m. Vitesse moyenne de chute : 60 m/s. Vitesse de descente sous voile : 4,17 m/s.
---	--

1) Vent du sol à 4 000 m : 4 m/s

SAUT À 4000 M		JOSÉPHINE DE LA FEUILLEMORTE	ALBERT DE CHUTEFORT
3 000 M DE CHUTE	Temps de chute	$3\,000 / 45 \approx 67\text{ s}$	$3\,000 / 60 = 50\text{ s}$
	Dérive en chute	$67 \times 4 = 268\text{ m}$	$50 \times 4 = 200\text{ m}$
1 000 M DE DESCENTE SOUS VOILE	Temps sous voile	$1\,000 / 2,38 \approx 420\text{ s}$ (7 minutes)	$1\,000 / 4,17 = 240\text{ s}$ (4 minutes)
	Dérive sous voile	$420 \times 4 = 1\,680\text{ m}$	$240 \times 4 = 960\text{ m}$
DÉRIVE TOTALE		$268 + 1\,680 = \mathbf{1\,948\text{ m}}$	$200 + 960 = \mathbf{1\,160\text{ m}}$

2) Vent du sol à 4 000 m : 9 m/s

SAUT À 4000 M		JOSÉPHINE DE LA FEUILLEMORTE	ALBERT DE CHUTEFORT
3 000 M DE CHUTE	Temps de chute	$3\,000 / 45 \approx 67\text{ s}$	$3\,000 / 60 = 50\text{ s}$
	Dérive en chute	$67 \times 9 = 603\text{ m}$	$50 \times 9 = 450\text{ m}$
1 000 M DE DESCENTE SOUS VOILE	Temps sous voile	$1\,000 / 2,38 \approx 420\text{ s}$ (7 minutes)	$1\,000 / 4,17 = 240\text{ s}$ (4 minutes)
	Dérive sous voile	$420 \times 9 = 3\,780\text{ m}$	$240 \times 9 = 2\,160\text{ m}$
DÉRIVE TOTALE		$603 + 3\,780 = \mathbf{4\,383\text{ m}}$	$450 + 2\,160 = \mathbf{2\,610\text{ m}}$

REMARQUE

L'idéal est de sauter à une distance de la zone de posé égale à la dérive. Quand il y a plusieurs départs au même passage, on anticipe celui des premiers pour que les derniers ne se retrouvent pas trop loin. En fonction du nombre de départs et de la vitesse de l'avion, on peut estimer la distance totale entre le premier départ et le dernier. Plus elle augmente, plus il faut anticiper le départ des premiers.

INFLUENCE DE LA VOILURE

LES VITESSES

Les voilures ont une vitesse propre (vitesse sur trajectoire) qui se décompose en vitesses horizontale et verticale.

La vitesse verticale détermine le temps de descente parachute ouvert.

LE TYPE DE VOILURE

Les performances : finesse (angle de plané), vitesses horizontale et verticale diffèrent d'une voilure à l'autre.

Une voilure rapide permet de contrer un vent fort tout en descendant plus vite, donc en subissant le vent moins longtemps.

Une aile de grande surface, plus lente, permet d'avoir une bonne finesse par vent faible ou nul ou vent arrière, mais face à un vent fort, vous allez reculer et ce, d'autant plus longtemps, que la vitesse verticale est faible.

En résumé, avec une voilure lente, on subit davantage la dérive et inversement. Les différences sont grandes (du simple ou double suivant la hauteur d'ouverture). Il faut décaler les points de largage en conséquence.

Vent fort : avantage Vitesse (sur trajectoire).

Vent faible ou nul : avantage Finesse.

LA CHARGE ALAIRE

C'est le rapport : Masse du parachutiste équipé / Surface de la voile

Trop élevée : Vitesse verticale excessive, difficulté pour arrondir correctement.

Trop faible : La voilure n'a pas les performances prévues. Elle peut être dangereuse en conditions turbulentes.

Avec deux voilures différentes, à charge alaire égale, les performances varient en fonction des qualités aérodynamiques du profil.

La charge alaire est un paramètre important pour le calcul du point de largage, car elle joue sur le temps de descente parachute ouvert (donc sur la dérive).

Exemple : Avec une voilure de 22 m² donnant des vitesses horizontale et verticale de 10 m/s et 4 m/s pour 80 kg, de 7,5 m/s et 3 m/s pour 45 kg et face à un vent de 9 m/s, le plus lourd avance de 1 m/s, le plus léger recule de 1,5 m/s.

LES PASSAGES

LE NOMBRE DE PASSAGES

D'une façon générale, plus il y a de passages, plus les temps de vol et les coûts augmentent.

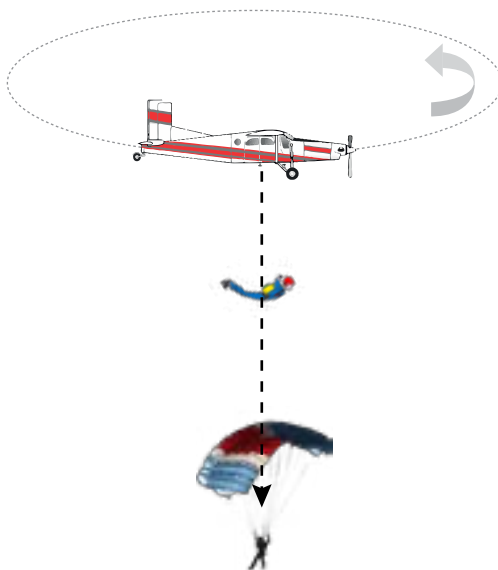
Prévoyez l'ordre d'embarquement (en fonction des passages et de l'ordre des départs) avant d'être à l'avion, afin d'éviter des pertes de temps coûteuses.

L'ESPACEMENT ENTRE DEUX PASSAGES

Avec 2 minutes d'intervalle entre deux passages, quand ceux du second ouvrent, ceux du premier sont 500 mètres plus bas. C'est la distance de séparation minimale pour éviter un risque de collision entre un chuteur et une voile. En effet, il y a danger si un parachutiste du second passage se retrouve ouvert plus bas que prévu, par exemple à cause d'un incident.

Si un parachutiste est ouvert anormalement haut, le responsable au sol doit faire refaire un passage à l'avion. Ne larguez pas au-dessus d'une autre voile car il est très difficile d'évaluer la hauteur du parachutiste qui est en-dessous.

D'une manière générale, si vous larguez plusieurs passages à la verticale du terrain, décalez l'axe à chaque passage.



L'ORDRE DES DÉPARTS

Pour déterminer l'ordre de départ, il faut tenir compte :

- ✗ de la hauteur d'ouverture ;
- ✗ de la vitesse de chute (elle détermine la dérive en chute) ;
- ✗ de la vitesse de descente parachute ouvert (elle détermine la dérive sous voile).

QUI FAIRE PARTIR EN PREMIER ?

Les priorités sont difficiles à déterminer car chaque configuration d'avion et de largage est souvent différente.

Exemple n° 1 :

Considérons un groupe en vol relatif (à plat, confirmés) et un groupe en freefly (tête en bas, confirmés). Personne ne subit de dérive involontaire dans la masse d'air. Considérons les deux ordres de départ possibles avec deux situations différentes de vent.

1) Sans vent

	SÉPARATION VERTICALE	SÉPARATION HORIZONTALE
VR en premier FF en second	Défavorisée	Égale au temps d'espacement entre les départs

Attention : dans ce cas, les deux groupes ouvrent sensiblement en même temps.

	SÉPARATION VERTICALE	SÉPARATION HORIZONTALE
FF en premier VR en second	Favorisée	Égale au temps d'espacement entre les départs

2) Avec du vent

	SÉPARATION VERTICALE	SÉPARATION HORIZONTALE
VR en premier FF en second	Défavorisée	Favorisée

Attention : dans ce cas, les deux groupes ouvrent sensiblement en même temps.

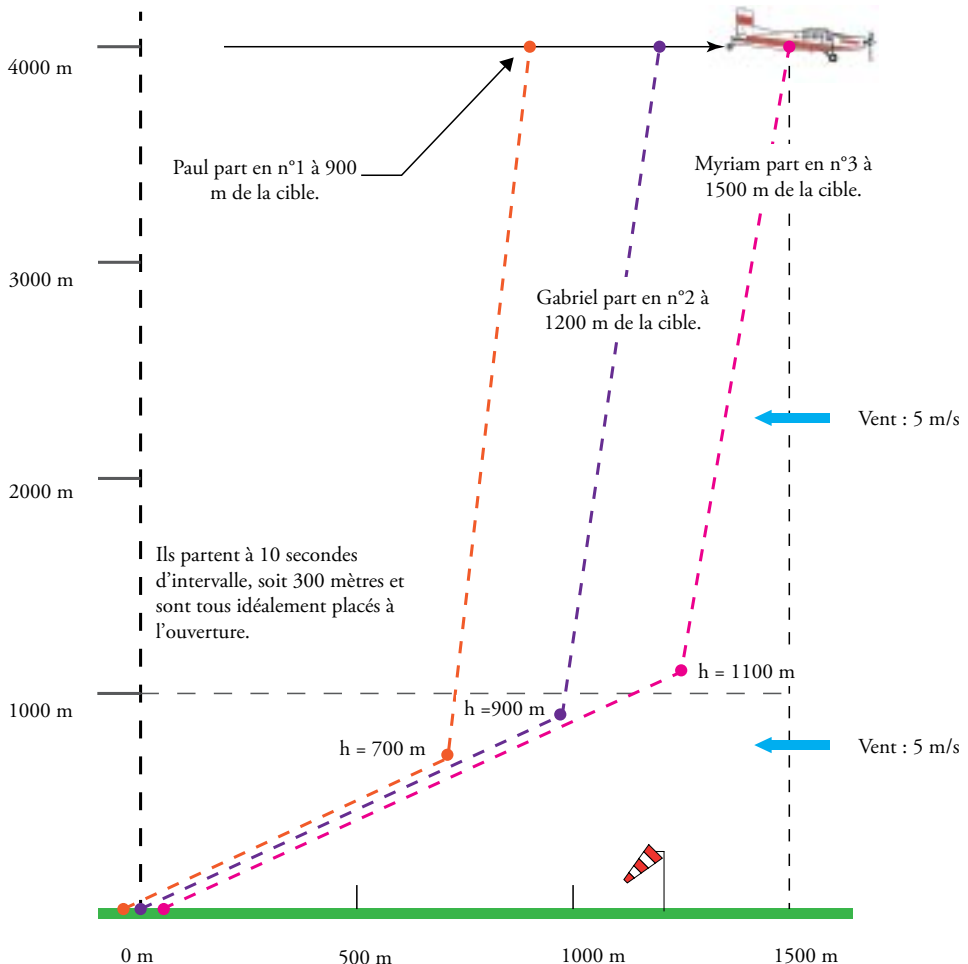
	SÉPARATION VERTICALE	SÉPARATION HORIZONTALE
FF en premier VR en second	Favorisée	Défavorisée

Attention : dans ce cas, si le vent est fort, les premiers (le FF) risquent d'être tentés de s'orienter face au vent s'ils ont été largués un peu « court » et ainsi remonter l'axe de largage en direction du VR.

Exemple n° 2 : Un passage à 4000 m, face au vent (5 m/s du sol à 4000 m). Espacement : 10 s (≈ 300 m), Vitesse de largage : 70 kt (≈ 35 m/s), Vitesse « sol » de l'avion : 60 kt (≈ 30 m/s).

	EXERCICE	TEMPS DE CHUTE	EST OUVERT À *	TEMPS DE DESCENTE SOUS VOILE	SUBIT UNE DÉRIVE DE
Paul	FreeFly	45 s	700 m	150 s (2'30")	$(45 \times 5) + (150 \times 5) = 975$ m
Gabriel	Étude tours	55 s	900 m	195 s (3'15")	$(55 \times 5) + (195 \times 5) = 1250$ m
Myriam	Chute stable	50 s	1100 m	240 s (4')	$(50 \times 5) + (240 \times 5) = 1450$ m

*On considère que le geste d'ouverture a lieu environ 300 m au-dessus de la hauteur où la voile est ouverte. Exemple : Geste d'ouverture à 1000 m; est ouvert à 700 m.



RÈGLES DE SÉCURITÉ

- ✗ Deux élèves qui apprennent la dérive ne partent pas l'un après l'autre.
- ✗ Un élève (un parachutiste non BPA) ne part jamais en dernier de l'avion.
- ✗ À l'ouverture, ne remontez jamais sur l'axe de largage (tant que vous n'avez pas le visuel sur les autres parachutistes).

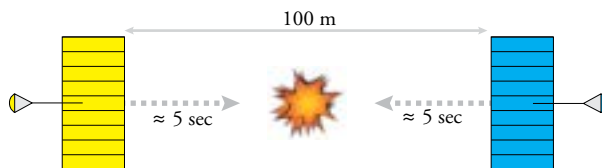
L'ESPACEMENT ENTRE LES DÉPARTS

L'espacement entre les départs est l'intervalle de temps qu'il faut respecter avant de sauter, après le départ du parachutiste précédent.

C'EST UN PARAMÈTRE ESSENTIEL POUR LA SÉCURITÉ.

Espacer les départs entre deux parachutistes lors d'un même passage a pour but d'assurer leur séparation au moment de l'ouverture créant ainsi, pour chacun d'eux, un espace annulant les risques de conflit (collision sous voile à l'ouverture).

En effet, deux voilures, dont les vitesses horizontales sont de 10 m/s, ouvertes face à face à la même hauteur à une distance de 100 mètres ne mettront que 5 secondes avant de se percuter.



On peut estimer à 15 secondes le temps nécessaire pour réagir dans une telle configuration (en fonction de l'expérience, de la configuration des voilures, etc.). Cela implique donc un espacement minimum d'environ 300 mètres entre les deux parachutistes.

Afin d'obtenir cet espacement lors d'un largage avec un Pilatus (vitesse de largage ≈ 75 kts soit ≈ 38 m/s), il est nécessaire de laisser un intervalle de 8 secondes entre chaque départ (sans vent).

Cela permet aussi, en fonction des types de sauts, de la hauteur d'ouverture et de la dérive subie, d'éviter les collisions entre un chuteur et une voile ouverte ou encore entre deux chuteurs.

Il doit être suffisant pour compenser de petits déplacements horizontaux involontaires et les conséquences de la dérive due au vent.

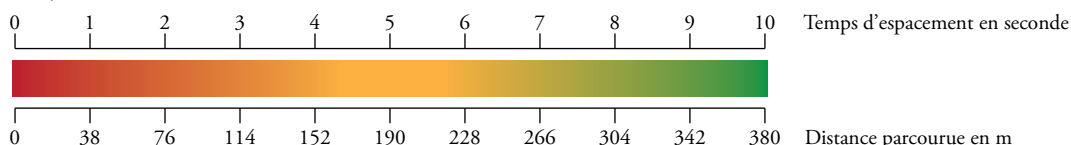
Calcul de la distance d'espacement.

La distance d'espacement horizontale entre les départs (D_E en m) est égale à la vitesse « sol » de l'avion (V_S en m/s) multipliée par le temps d'espacement entre deux départs (T_E en s).

$$D_E = V_S \times T_E$$

Quand on largue face au vent, la vitesse « sol » de l'avion est égale à sa vitesse propre (vitesse « air ») moins la vitesse du vent. Si le largage s'effectue vent arrière, il faut additionner ces deux valeurs.

Le graphique ci-dessous donne les distances d'espacement entre deux départs successifs en fonction du temps d'espacement entre ces départs avec un avion de type Pilatus, larguant à une vitesse propre de 75 nœuds (≈ 38 m/s), et **sans vent** (la vitesse « sol » de l'avion est alors égale à sa vitesse « air »).



Sans vent, au-delà de 10 secondes et en fonction du nombre de départs, il est nécessaire de contrôler régulièrement le point de largage (la distance vous séparant de la zone d'atterrissage).

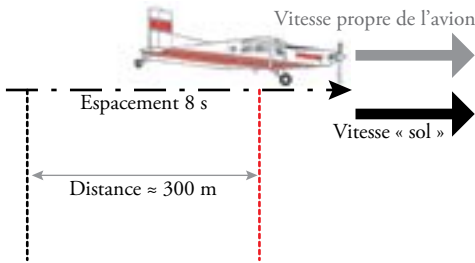
Au-delà de l'espacement nécessaire en tenant compte de la force du vent, **soyez toujours vigilants aux limites courte et longue du largage.**

Afin d'obtenir une distance de sécurité minimum entre deux départs, le temps d'espacement doit tenir compte de la vitesse du vent, de la vitesse de largage (donc du type d'avion), mais aussi des exercices en chute et de la dérive due au vent.

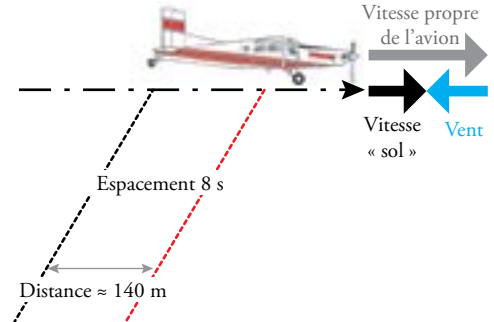
Influence du vent.

Pilatus : vitesse de largage ≈ 75 kts ≈ 38 m/s

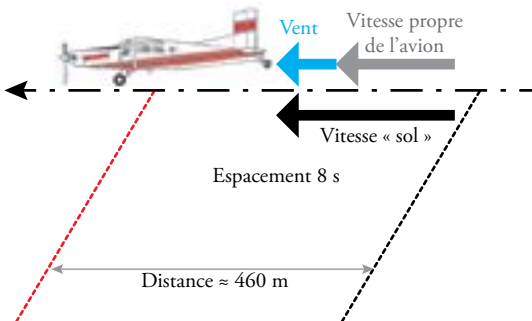
1) Vent Nul



2) Vent de face : 40 kts ≈ 20 m/s



3) Vent arrière : 40 kts ≈ 20 m/s



Par fort vent de face, l'avion avance lentement par rapport au sol. Les trajectoires de chute sont plus proches que sans vent (elles peuvent même être superposées si la vitesse du vent en altitude est égale à la vitesse de largage). **Plus le vent est fort au largage, plus il faut augmenter le temps d'espacement entre les départs.**

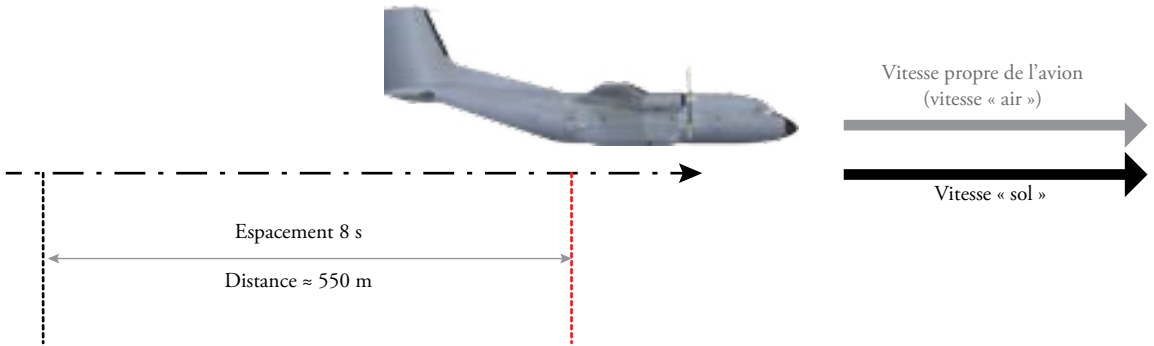
Lors d'un largage de Pilatus face à un vent de 20 kts (10 m/s), il faut espacer les départs de 11 secondes afin d'obtenir un espacement de 300 m. Si le vent est de 40 kts (ce qui n'est pas rare en altitude), le temps d'espacement doit être de 16 secondes.

 **QUAND ON LARGUE FACE AU VENT,
PLUS LE VENT EST FORT, PLUS IL FAUT ESPACER LES DÉPARTS.**

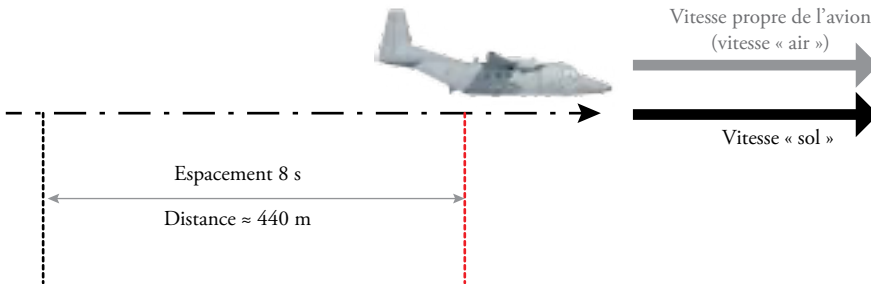
Influence de la vitesse de largage.

La vitesse de largage est définie par le constructeur de l'aéronef et inscrite dans le manuel de vol. Elle varie donc en fonction du type d'appareil.

- ✖ **Transall C-160** : vitesse de largage ≈ 135 kts ≈ 68 m/s



- ✖ **Casa C-212** : vitesse de largage ≈ 110 kts ≈ 55 m/s



Types d'aéronefs, vitesse du vent et espacements.

Le tableau ci-dessous donne approximativement, pour un largage face au vent, les temps d'espacement en fonction de la vitesse du vent et du type d'aéronef afin d'obtenir ≈ 300 mètres de séparation horizontale.

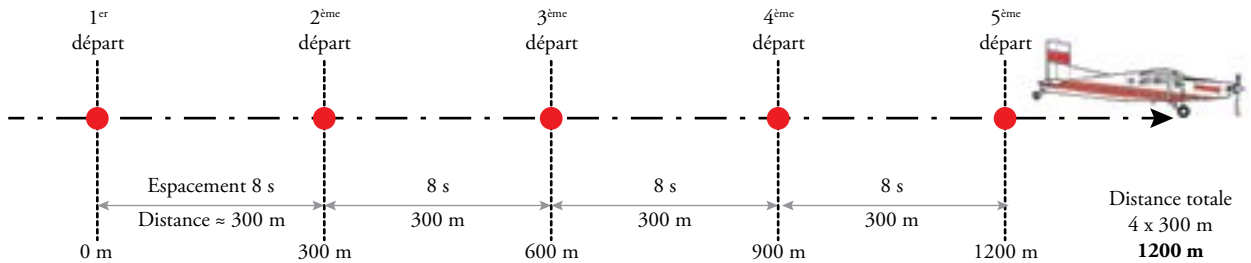
TYPES D'AÉRONEFS	Vitesse du vent	0 m/s	10 m/s (≈ 20 kts)	20 m/s (≈ 40 kts)	30 m/s (≈ 60 kts)
	PILATUS – CESSNA CARAVAN Vitesse (air) de largage ≈ 75 kts (≈ 38 m/s)		8 s	11 s	16 s
SKYVAN Vitesse (air) de largage ≈ 90 kts (≈ 45 m/s)		6,5 s	8,5 s	12 s	20 s
CASA C-212 Vitesse (air) de largage ≈ 110 kts (≈ 55 m/s)		5,5 s	6,5 s	8,5 s	12 s
TRANSALL C-160 Vitesse (air) de largage : 135 kts (≈ 69 m/s)		4,5 s	5 s	6 s	8 s

Distance totale parcourue lors du largage.

La distance totale (D_T en m) parcourue lors du largage est égale à la distance d'espacement parcourue entre chaque départ (D_E en m) multipliée par le nombre de départs (N_D) moins un.

$$D_T = D_E \times (N_D - 1)$$

Exemple n° 1 : vitesse de largage : 75 kts \approx 38 m/s. Vent nul (0 m/s). Espacement 8 s \approx 300 m.



Exemples n°2 : largage face au vent.

Types d'aéronefs	Vitesse de largage	Vitesse du vent	Vitesse « sol »	Temps et distance d'espacement entre les départs (D_E)	Nb de départs (N_D)	Distance totale (D_T)		
PILATUS	75 kts \approx 38 m/s	Vent nul (0 m/s)	75 kts \approx 38 m/s	8 s \approx 300 m	5	1200 m		
				10 s \approx 380 m	8	2100 m		
				10 s \approx 380 m	8	2660 m		
		10 kts \approx 5 m/s	65 kts \approx 33 m/s	8 s \approx 260 m	5	1040 m		
					8	1820 m		
				20 kts \approx 10 m/s	55 kts \approx 28 m/s	8 s \approx 225 m	5	900 m
						8 s \approx 225 m	8	1575 m
		40 kts \approx 20 m/s	35 kts \approx 18 m/s	8 s \approx 144 m	5	576 m		
				8 s \approx 144 m	8	1008 m		
				16 s \approx 300 m	8	2100 m		
CESSNA CARAVAN	75 kts \approx 38 m/s	10 kts \approx 5 m/s	65 kts \approx 33 m/s	8 s \approx 260 m	8	1820 m		
					12	2860 m		

Au-delà de l'espacement nécessaire en tenant compte de la force du vent, **soyez vigilants aux limites courte et longue du largage.**

Tenez compte du temps de mise en place : un élève ou un groupe peut mettre beaucoup de temps à s'installer à la porte.

Si le vent est fort dans les basses couches (de 0 à 1000 mètres), faites attention de ne pas larguer trop court (trop proche de la zone d'atterrissage) ; les premiers, une fois ouverts, auront tendance à remonter l'axe de largage pour ne pas se laisser déporter derrière la zone de posé.

CONSÉQUENCES D'UN ESPACEMENT INSUFFISANT

Les parachutistes ont l'habitude d'espacer les départs, mais souvent de manière uniforme. Il est capital de prendre en compte la force du vent et d'adapter l'espacement en conséquence.

Cependant, le vent n'est pas le seul élément dont il faut tenir compte pour déterminer l'espacement minimum. D'autres facteurs, comme la vitesse de largage, l'ordre de départ, le taux de chute, etc., ne doivent pas être négligés.

Observons, au travers de quelques exemples, les conséquences éventuelles d'un espacement insuffisant en fonction de ces différents éléments.



Vent faible au sol et fort en altitude

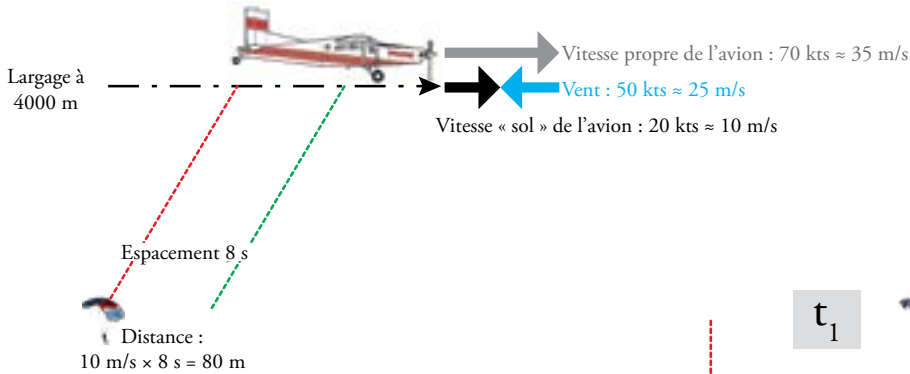
Il est fréquent que le vent soit faible au sol et forcisse avec l'altitude.

	Du sol à 1200 m	Vent à 4000 m
Vitesse du vent	0 m/s	50 kts 25 m/s

Prenons deux parachutistes ayant le même taux de chute : 50 m/s.

Ils sautent à 8 secondes d'intervalle à 4000 m.

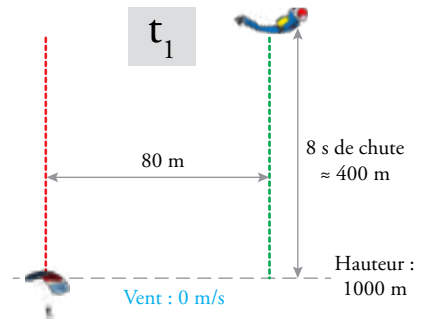
La vitesse de largage n'est que de 70 kts \approx 35 m/s



À l'instant t_1 , le premier parachutiste ouvre et remonte l'axe de largage. La vitesse horizontale de sa voilure est de 10 m/s et sa vitesse verticale de 3 m/s.

Le second parachutiste est alors distant de 80 m horizontalement et de 400 m verticalement.

($8 \text{ s} \times 50 \text{ m/s} = 400 \text{ m}$).



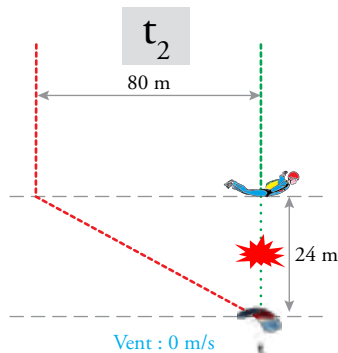
À l'instant t_2 , 8 secondes plus tard, le second parachutiste ouvre.

Le premier parachutiste a alors parcouru 80 mètres en remontant l'axe de largage ($8 \text{ s} \times 10 \text{ m/s} = 80 \text{ m}$). Il est donc à la verticale du chuteur et 24 m en-dessous ($3 \text{ m/s} \times 8 \text{ s} = 24 \text{ m}$).

La collision est inévitable.

Soyez très vigilants quand le vent est fort en altitude et faible sous voile.

Ne remontez jamais l'axe de largage. Orientez-vous perpendiculairement à l'axe de largage jusqu'à ce que vous voyez les parachutistes suivants ouvrir.



Taux de chute, ordre de départ et dérive

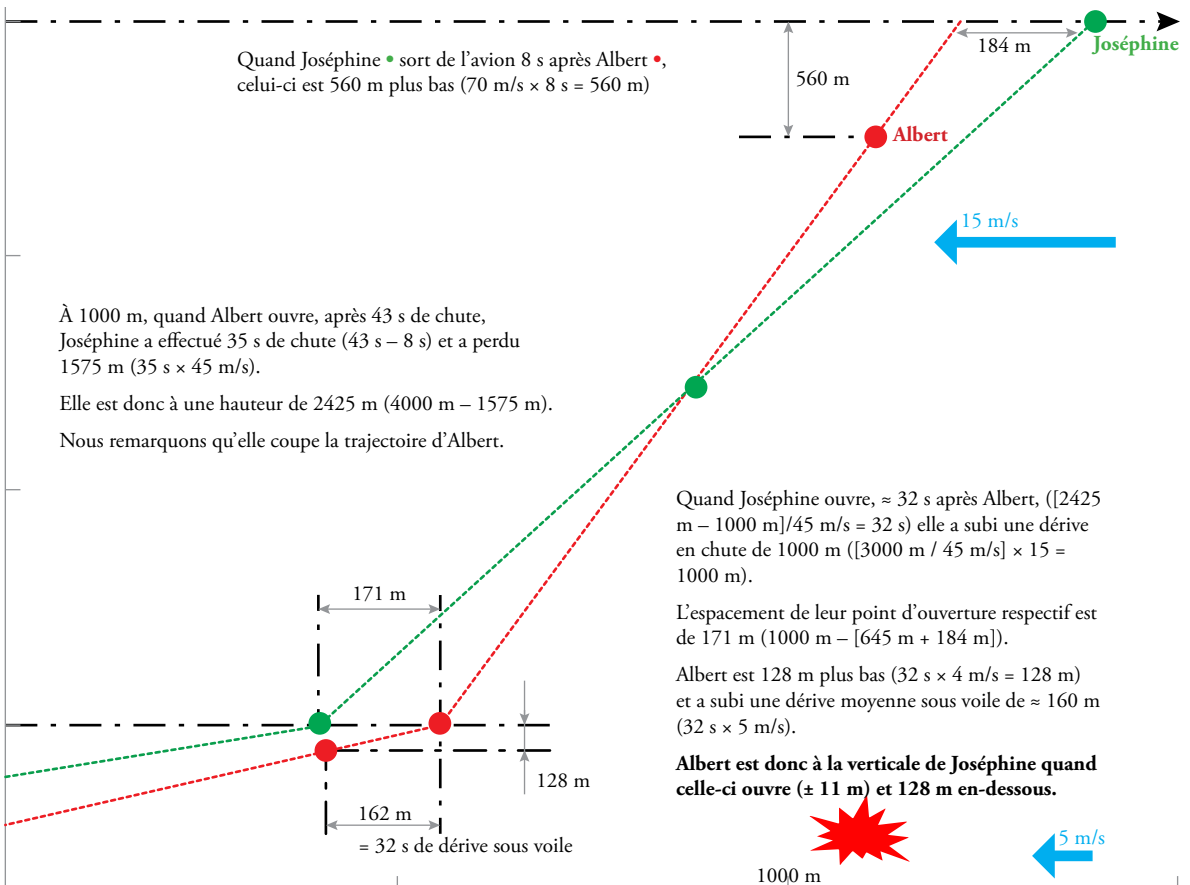
1^{er} exemple : Prenons deux parachutistes aux caractéristiques différentes (taux de chute, vitesses sous voile, etc.), effectuant un saut à 4000 m (3000 m de chute) et ouvrant à 1000 mètres.

	Vitesse de chute	Temps de chute*	Vitesse verticale sous voile	Temps sous voile
Albert •	70 m/s	$(3000 / 70) \approx 43$ s	4 m/s	$1000 / 4 = 250$ s
Joséphine •	45 m/s	$(3000 / 45) \approx 67$ s	3 m/s	$1000 / 3 = 333$ s

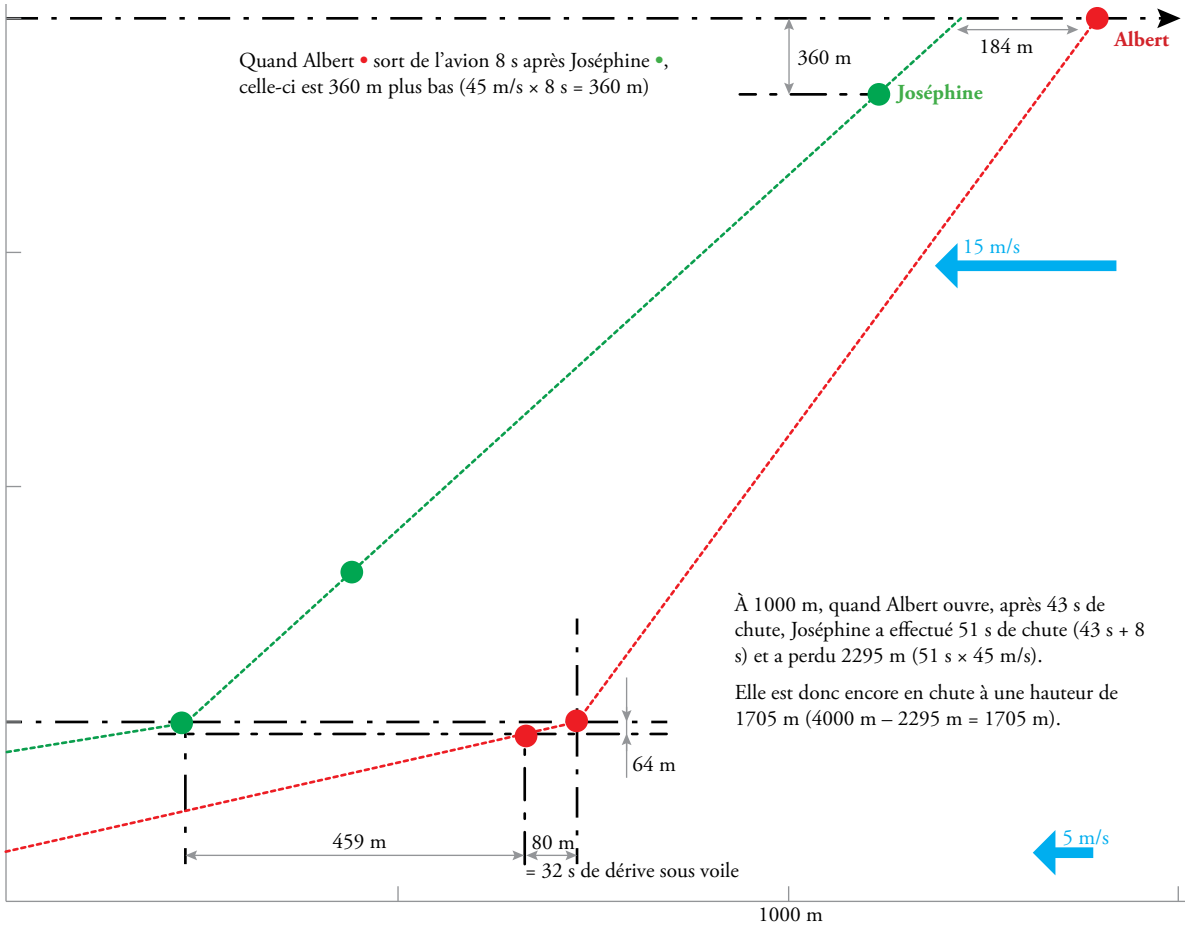
Vitesse du vent		Vitesse de largage		Espacement à la sortie	
0 à 1000 m	1000 à 4000 m	V « air »	V « sol »	Horizontale	Verticale*
10 kts \approx 5 m/s	30 kts \approx 15 m/s	75 kts \approx 38 m/s	45 kts \approx 23 m/s	8 s \approx 184 m	$70 \times 8 = 560$ m

	Dérive en chute	Dérive sous voile	Dérive totale
Albert •	$43 \times 15 = 645$ m	$250 \times 5 = 1250$ m	1895 m
Joséphine •	$67 \times 15 \approx 1000$ m	$333 \times 5 = 1665$ m	2665 m

* Afin de simplifier les calculs et clarifier l'exemple, nous ne tiendrons pas compte de la phase d'accélération verticale en sortie (ni de la projection) celle-ci étant relative. Nous partirons donc du principe que nos deux parachutistes sont en vitesse terminale (respectivement 70 et 45 m/s) dès la sortie.



2^{ème} exemple : Joséphine et Albert inversent leur ordre de sortie.



Quand Joséphine ouvre, 16 s après Albert ($[1705 \text{ m} - 1000 \text{ m}] / 45 \text{ m/s} \approx 16 \text{ s}$), elle a subi une dérive en chute de 1000 m ($[3000 \text{ m} / 45 \text{ m/s}] \times 15 = 1000 \text{ m}$).

L'espacement de leur point d'ouverture respectif est de 539 m ($([1000 \text{ m} + 184 \text{ m}] - 645 \text{ m})$).

Albert est 64 m plus bas ($16 \text{ s} \times 4 \text{ m/s}$) et a subi une dérive sous voile de $\approx 80 \text{ m}$ ($16 \text{ s} \times 5 \text{ m/s}$).

Il est donc à 459 m de Joséphine lorsque celle-ci ouvre. L'espacement s'est agrandi et est plus que suffisant.

Remarque

Tous ces exemples sont déclinables à l'infini.

Il est parfois difficile de déterminer l'ordre des départs car les paramètres dont il faut tenir compte sont nombreux (niveau d'expérience, taux de chute, force du vent au sol et en altitude, axe de largage, exercice, hauteur d'ouverture, type de voilure, etc.).

Retenez qu'il faut :

- × **Augmenter l'espacement entre les départs quand :**
 - un parachutiste effectue un exercice pouvant entraîner un déplacement horizontal ;
 - le vent est fort en altitude ;
 - il y a des vitesses de chute et des hauteurs d'ouverture différentes.
- × **Tener compte de la distance totale du largage.** En fonction de la capacité d'emport de l'aéronef, de la zone, du vent et du nombre de départs, il n'est pas toujours possible de larguer tous les parachutistes en un seul passage.
- × **Dégager l'axe de largage après l'ouverture.** Orientez-vous dès que possible perpendiculairement à celui-ci pendant quelques secondes.

DÉTERMINER LA VERTICALE

Bien que la généralisation de l'utilisation de GPS nous permette de larguer relativement précisément, vous devez être à même d'apprécier la verticale et de contrôler l'axe.

Le GPS ne vous indiquera pas la présence d'une voilure ou d'un aéronef situé à la verticale ou l'existence d'un nuage devant vous.

Pour diverses raisons, l'axe de largage peut ne pas être celui prévu au sol. Il vous faut donc le repérer précisément juste avant votre sortie afin, par exemple, de pouvoir vous orienter perpendiculairement à celui-ci après l'ouverture.

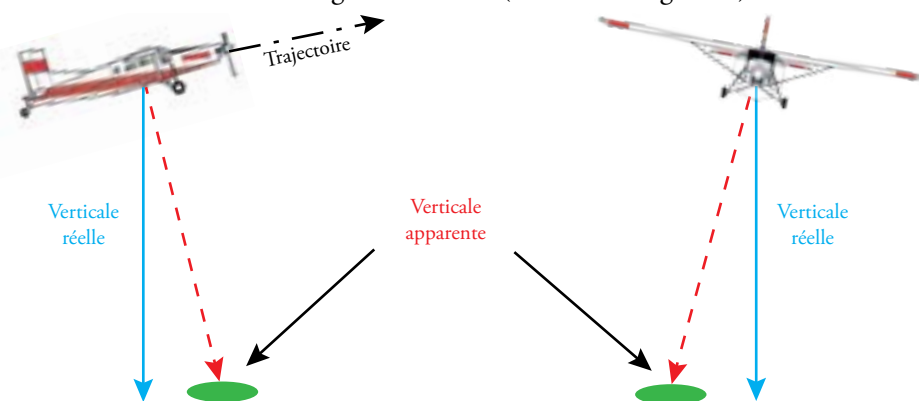
Outre la visualisation du point de largage (limite courte), vous devez constamment savoir, au cours du largage, où vous vous situez par rapport à la limite longue.

Regardez dehors :

Pour larguer correctement, il faut viser verticalement. N'hésitez pas à sortir la tête à l'extérieur.

Attention si l'avion n'est pas à plat. Évitez de prendre une « visée » en utilisant une partie de la cellule de l'avion (montant de porte, etc.).

- ✗ Avion en montée : tendance à larguer trop court.
- ✗ Avion en descente : tendance à larguer trop long.
- ✗ Avion incliné : tendance à larguer « décalé » (à droite ou à gauche).



Si l'avion monte avec une assiette de 5° (ce qui est peu), en visant perpendiculairement au plancher, vous larguez trop tôt. L'erreur engendrée est de 350 mètres à une hauteur de 4000 mètres. Avec une assiette de 10° , l'erreur sera de 700 mètres !

Pour éviter cette erreur, vous pouvez contrôler l'inclinaison de vol en regardant l'horizon artificiel sur le tableau de bord. C'est plus aléatoire pour l'assiette car vous pouvez faire une erreur de parallaxe.

En regardant à l'extérieur, la position relative de l'aile et de l'horizon donne une indication sur l'assiette et l'inclinaison. Attention : il arrive que l'avion vole avec une assiette à cabrer suivant une trajectoire horizontale.

Si vous pensez que l'avion monte, par exemple si vous n'êtes pas à la hauteur lors de la prise d'axe, attendez une ou deux secondes après avoir demandé au pilote de réduire la vitesse.

LE TEMPS DE MISE EN PLACE ET LA PROJECTION

Ces deux facteurs sont à prendre en compte car, dans certains cas, lorsqu'ils sont négligés, ils peuvent être la source de posés hors zone.

LE TEMPS DE MISE EN PLACE

Un élève a souvent besoin de trois à quatre secondes pour se positionner à la porte, se concentrer et s'élancer de l'avion. Dans certains cas, pour un premier saut par exemple, cela peut prendre plus d'une quinzaine de secondes.

Les groupes, en fonction du nombre et de la difficulté de mise en place, mettent souvent plus de 5 secondes pour sortir. À 75 kts et sans vent, cela représente une distance parcourue d'environ 200 m.

Il faut prévoir ces temps de mise en place et anticiper les « top largage » d'autant.

Il est toujours plus facile de patienter quelques secondes à la porte que de se précipiter, au risque de rater sa sortie.

LA PROJECTION

La projection, à ne pas confondre avec la dérive due au vent, est la distance horizontale parcourue dès que le parachutiste quitte l'avion.

Elle est proportionnelle à :

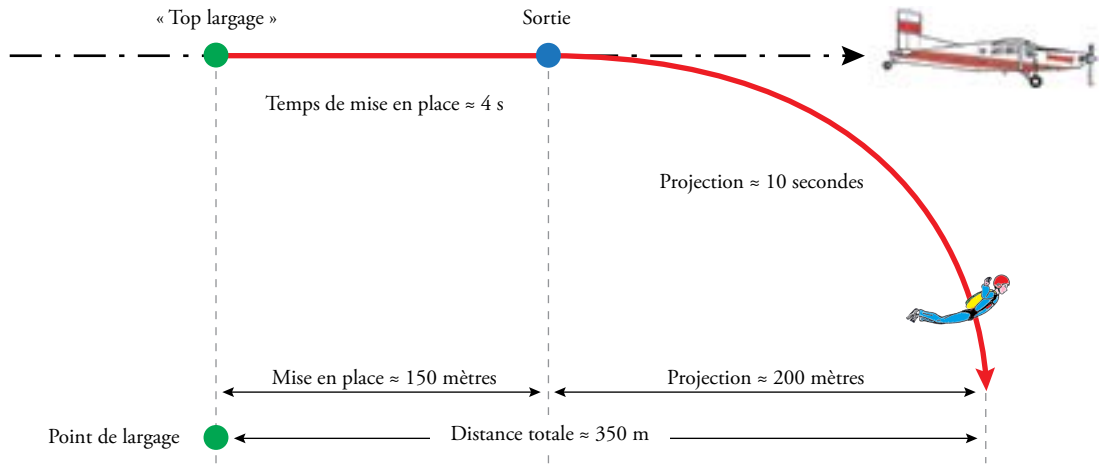
- ✘ La vitesse de largage ;
- ✘ La masse du parachutiste ;
- ✘ La pénétration dans l'air du parachutiste (position).
- ✘ La densité de l'air (la projection est plus importante en altitude que près du sol).

Avec un Pilatus, elle dure approximativement 10 secondes dans les basses couches (altitude ≤ 1500 m). La distance horizontale parcourue est d'environ 200 m.

Elle est souvent négligée compte tenu des autres paramètres (dérive due au vent, exercices) qui influent de manière beaucoup plus importante le largage. Elle peut, cependant, atteindre plus de 500 m en altitude (altitude ≥ 4000 m).

EXEMPLE

Vent nul – hauteur : 1500 m - vitesse de largage : 75 kts \approx 38 m/s - Temps de mise en place : 4 s.



La distance parcourue pendant la mise en place est de : $4 \text{ s} \times 38 \text{ m/s} = 152 \text{ m}$.

La distance parcourue due à la projection \approx 200 m.

La distance parcourue entre le moment où le signal de départ est donné (« top largage ») et le moment où le parachutiste chute « vertical » est de \approx 350 m. Il faut anticiper le largage d'autant.

LE TEMPS DE CHUTE ET LA PERTE DE HAUTEUR

Pour connaître la correspondance entre temps de chute, vitesse de chute et perte de hauteur, il faut faire des calculs en intégrant de nombreux paramètres :

- ✗ taille (surface) et masse des parachutistes ;
- ✗ position de chute (exercices) ;
- ✗ combinaisons de sauts ;
- ✗ densité de l'air ;
- ✗ vitesse de largage ;

Il n'est plus réellement possible faire ces calculs au moment de sauter, quand l'avion prend l'axe à une altitude inférieure à celle prévue et que les élèves vous demandent quel temps de chute ils peuvent faire.

Nous vous proposons ci-après des tableaux moyens de correspondance.

 En Freefly, les vitesses de chute peuvent varier de 65 m/s à 90 m/s (\approx de 230 km/h à 320 km/h).

Les valeurs données sont approximatives et arrondies. Elles ne doivent pas être considérées comme des références exactes.

	PERTE DE HAUTEUR, TEMPS ET VITESSE DE CHUTE		VARIATIONS
	À plat	En FF (tête en bas)	
Phase d'accélération	\approx 300 mètres pendant les 10 premières secondes de chute	\approx 700 mètres pendant les 15 premières secondes de chute	La perte de hauteur pendant la phase d'accélération est supérieure d'environ 10 % pour les parachutistes lourds. (On constate que si la vitesse de largage de l'avion est élevée, la perte de hauteur pendant les 10 premières secondes diminue légèrement).
Vitesse stabilisée	puis \approx 50 m/s, en position étalée à plat face sol	puis \approx 75 m/s, en position tête en bas	La vitesse stabilisée varie de \pm 15 % en fonction de la masse du parachutiste.

- ✗ Pour calculez un temps de chute **à plat**, partez de : 300 m en 10 secondes puis 50 m/s.

Si vous devez sauter à 1700 m et ouvrir à 1000 m, vous serez à 1400 m après 10 s de chute. Il vous reste 400 m de chute soit 8 s. Votre temps total de chute est de 18 s.

Si vous devez sauter à 2800 m et ouvrir à 1000 m, vous serez à 2500 m après 10 s de chute. Il vous reste 1500 m de chute soit 30 s. Votre temps total de chute est de 40 s.

- ✗ Pour calculez un temps de chute **tête en bas**, partez de : 700 m en 15 secondes puis 75 m/s.


Si vous devez sauter à 1700 m et ouvrir à 1000 m, vous serez à 1000 m après 15 s de chute.

Si vous devez sauter à 2800 m et ouvrir à 1000 m, vous serez à 2100 m après 15 s de chute. Il vous reste 1100 m de chute soit ≈ 14 s. Votre temps total de chute est de 29 s.

La vitesse stabilisée de chute est atteinte quand la résistance de l'air (qui a tendance à freiner la chute) équilibre votre poids (qui est à l'origine de l'accélération). En toute rigueur, il faut considérer que plus vous sautez haut, plus la résistance de l'air diminue (l'air est moins dense en altitude), plus vous chutez vite.

Si vous faites un saut à 6000 m d'altitude, vous chuterez plus vite vers 5000 m que vers 2000 m. Mais pour avoir un système simple de calcul, ne tenez pas compte de l'altitude. L'erreur est faible pour des sauts d'une hauteur allant jusqu'à 3500 m.

TEMPS DE CHUTE EN FONCTION DE LA HAUTEUR DE SAUT ET DE LA HAUTEUR D'OUVERTURE

 Ces temps varient beaucoup en fonction des positions de chute (à plat, sur le dos, tête en haut, tête en bas, piqué, etc.) et des masses des parachutistes. Ce tableau ne donne qu'un ordre de grandeur dans les cas « moyens ».

		TEMPS DE CHUTE			DIFFÉRENCE DE TEMPS À 1000 M
		À plat		En Freefly	FF/à plat
		Ouverture 1200 m	Ouverture 1000 m		
HAUTEUR DU SAUT	4000 m	≈ 60 s	≈ 64 s	≈ 45 s	- 19 s
	2500 m	≈ 30 s	≈ 34 s	≈ 25 s	- 9 s
	1500 m	≈ 10 s	≈ 14 s	≈ 12 s	- 2 s
HAUTEUR D'OUVERTURE	Action d'ouverture à 1200 m				
	<ul style="list-style-type: none"> ✗ 1200 m, hauteur de référence en école ; ✗ préconisée pour les sauts de reprise et les sauts en conditions inhabituelles (nouveau matériel, site particulier, etc.). 	Action d'ouverture à 1000 m			
			1000 m, hauteur préconisée dans le cas général et parfois aux élèves, après le brevet B.		

L'EMBARQUEMENT

AVANT L'EMBARQUEMENT

Soyez présents sur la zone d'embarquement suffisamment à l'avance surtout si vous êtes responsables du largage. Ne faites pas attendre l'avion inutilement au sol.

Si vous êtes responsables du largage, assurez-vous, avant que l'avion se présente, que tout le monde :

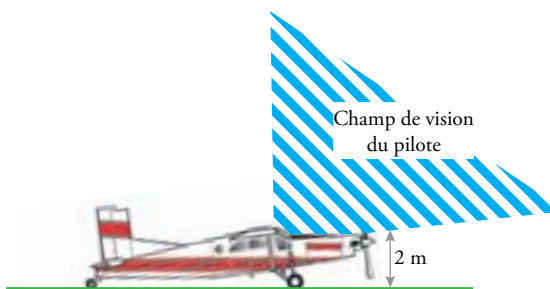
- ✗ est présent à l'embarquement ;
- ✗ a été vérifié. Si ce n'est pas le cas, vérifiez ou faites vérifier ceux qui ne l'ont pas été ;
- ✗ connaît son ordre de sortie et sa place dans l'avion ;
- ✗ connaît l'axe et le point de largage prévu.

Si des parachutistes (individuels ou/et groupes) ont prévu des exercices induisant de forts déplacements horizontaux (dérive, track, wingsuit, etc.), assurez-vous que leur axe de travail et leur ordre de sortie soient compatibles avec l'axe de largage.

Prenez le temps d'observer la météo ainsi que le dernier largage en cours (axe et point de largage, point d'ouverture, dérive des voilures, etc.). Ces observations vous permettront d'affiner votre largage et de donner quelques dernières recommandations aux élèves.

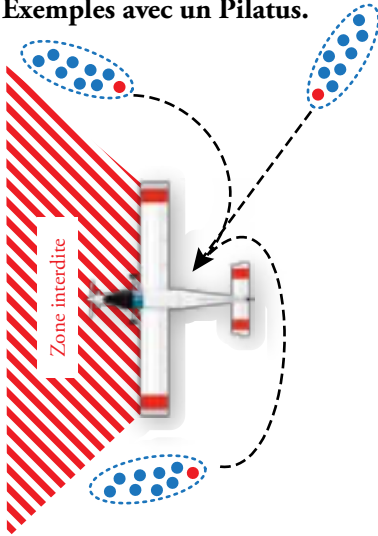
L'EMBARQUEMENT

Sur de nombreux aéronefs tels que le Pilatus (train classique), le pilote ne voit pas ce qui se passe immédiatement devant lui lorsqu'il est au roulage ou à l'arrêt. De plus, une hélice qui tourne rapidement ne se voit pas. Quand l'avion se présente, attendez qu'il soit complètement immobile avant de vous déplacer vers la porte.



Suivant le secteur où vous attendez et le type d'aéronef (porte à droite, à gauche, tranche arrière), plusieurs possibilités peuvent se présenter. Quelle que soit celle-ci, ne passez jamais devant l'hélice. **Contournez toujours l'avion par l'arrière** (même moteur coupé).

Exemples avec un Pilatus.



Le groupe doit être organisé dans l'ordre inverse des sorties de façon à ce que les derniers à sortir soient les premiers à embarquer.

Ne courez pas pour vous rendre à la porte. Marchez rapidement et restez groupés.

Le responsable du largage (•) ouvre généralement la marche et arrive en premier à la porte de l'avion afin de l'ouvrir.

Lorsque vous passez à côté de l'empennage, vérifiez que le plan horizontal réglable (PHR) est correctement réglé (photo ci-dessous, voir chapitre « avion »). Si vous avez un doute, signalez-le au pilote avant qu'il mette les gaz.

Si des SOA (Sangle d'Ouverture Automatique) d'un largage précédent sont encore accrochées, décrochez-les et rangez-les avant de faire embarquer.

Dès que possible, donnez la « fiche d'avionnage » au pilote.

Embarquez et prenez place à bord en veillant à ce qu'aucune partie de votre équipement ne frotte ou ne s'accroche sur un élément de la cellule (encadrement de porte, dossier de banquette, etc.).

Le responsable du largage doit se situer à une place lui permettant à la fois de larguer en assurant la sécurité et de communiquer facilement avec le pilote.

Une fois la porte fermée, restez calmes et ne vous déplacez pas en attendant le décollage.



Exemple d'un PHR correctement réglé sur un Pilatus PC6 avant l'embarquement.

AVANT LE DÉCOLLAGE

Donnez les indications de largage au pilote.

Ceci peut être fait avant ou après le décollage en fonction du type d'aéronef et des procédures mais jamais pendant celui-ci.

Sur un Pilatus, la phase de décollage peut être considérée comme terminée lorsque le pilote a rentré les volets (≈ 150 mètres de hauteur).

Sauf urgence, veillez toujours à ne jamais interrompre ou distraire le pilote lors de ses procédures (vérification, communication radio, etc.) ou lors de phases délicates comme le décollage.

Indiquez les passages :

- ✗ nombre de passages ;
- ✗ hauteur des passages ;
- ✗ nombre de parachutistes et de sorties par passage.

Indiquez les axes :

- | | | |
|--------------------|------------------------|---|
| ✗ demandez un cap. | ✗ Axe nord ; | La façon d'indiquer l'axe importe peu. L'essentiel est que le pilote et le largueur se comprennent. |
| | ou | |
| | ✗ Axe au 130° ; | |
| | ou encore | |
| | ✗ Face à un repère. | |

Indiquez le point de largage.

Dites au pilote où vous comptez faire partir le premier du passage. Cela lui permettra d'effectuer sa montée et sa prise d'axe afin d'être à la bonne hauteur au bon endroit (ni trop tôt, ni trop tard).

Indications complémentaires.

Dans certains cas, il peut être utile d'informer le pilote sur :

- ✗ les types d'exercices (premier saut, voile contact, vol relatif, wing suit, etc.) ;
- ✗ les axes de travail en chute (dérive, wing suit, track) ;
- ✗ les secteurs et les axes de travail sous voile (voile contact) ;
- ✗ les hauteurs d'ouverture prévues (si elles sortent de l'ordinaire).

Cela permettra au pilote d'anticiper ou de décaler les prises d'axe, d'être vigilant lors de certaines mises en place à la porte, d'éviter certains secteurs lors de sa descente, etc.

LA FICHE D'AVIONNAGE

Sur beaucoup de terrains, une copie de la « fiche d'avionnage » est destinée au pilote, ce qui facilite la communication.

Elle lui est remise par le responsable du largage au moment de l'embarquement.

Elle lui permet de connaître au minimum :

- | | |
|--|--|
| ✗ le nombre de parachutistes embarqués ; | ✗ les ordres de sortie ; |
| ✗ les hauteurs de largage (les passages) ; | ✗ les exercices (souvent en rapport avec le type de sortie et la hauteur d'ouverture). |
| ✗ le nombre de sorties par passage ; | |

Elle lui permet de ne pas avoir à mémoriser toutes les indications lorsque celles-ci sont multiples (plusieurs passages à des hauteurs différentes).

Elle ne donne généralement pas l'ensemble des indications détaillées au chapitre précédent (« avant le décollage ») mais limite les incompréhensions.

Exemple :

AVION : PILATUS F-WXYZ		DATE : 10/01/2018		AVION N° 8
N°	NOM PRÉNOM	HAUTEUR	EXERCICE	REMARQUES
1	DEVAURAZ Yves	1200 m	OA	Radio
2	DUBOIS Guillaume	2000 m	VC	
3	POULET Jean-Michel	2000 m	VC	
4	COTIGNY Franck	4000 m	VR	Largueur
5	RAMI Frédéric	4000 m	VR	
6	MAHUT Frank	4000 m	VR	
7	PRUNIER Jean-François	4000 m	TDM	
8	LUBBE Christian	4000 m	TDM	
9	CHAMBET Sébastien	4000 m	VDO TDM	
10				

Elle est aussi utile au responsable du largage.

Elle lui permet :

- ✗ de connaître le nombre de parachutistes embarqués ;
- ✗ de vérifier que tout le monde est présent à l'embarquement ;
- ✗ de vérifier qu'il n'y a pas une personne en trop ;
- ✗ d'indiquer les places dans l'avion en fonction de l'ordre de sortie ;
- ✗ de vérifier que l'ordre de sortie, en fonction des exercices et des hauteurs d'ouverture, est cohérent et sans danger.

Le responsable au sol dispose aussi d'une copie de cette fiche.

Elle lui permet :

- ✗ d'effectuer l'appel des avions ;
- ✗ de connaître les exercices et les observer si nécessaire (conduite sous voile, guidage radio, observation d'élèves aux jumelles binoculaires, etc.) ;
- ✗ de contrôler le nombre de voilures ouvertes à chaque passage ;
- ✗ de vérifier que tout le monde est bien rentré.

Dans le cadre de la FFP, les copies de ces fiches d'avionnage doivent être archivées durant une période de trois ans. Elles peuvent être demandées lors des contrôles et dans le cas d'une enquête sur un accident.

LE DÉCOLLAGE

Le décollage, comme l'atterrissage, est une phase délicate du vol. Ne vous déplacez pas lors de ces moments et ne faites rien qui puisse distraire ou perturber le pilote (sauf urgence).

Sur un Pilatus, la phase de décollage peut être considérée comme terminée lorsque le pilote a rentré les volets (\approx 150 mètres de hauteur).

Si vous avez des déplacements ou des manipulations à effectuer (communication avec le pilote, accrochage de SOA, etc.), attendez la fin du décollage.

LE LARGUEUR

En fonction de la constitution de l'avion (niveaux et qualifications des parachutistes embarqués), il peut s'agir d'un moniteur ou d'un parachutiste expérimenté et autonome possédant les qualifications requises.

Si vous êtes chargés du largage, vous devez vous situer à une place vous permettant à la fois de communiquer facilement avec le pilote et d'assurer les opérations spécifiques propres à cette charge (en fonction du type d'aéronef) :

- ✘ effectuer ou organiser les dernières vérifications d'équipements ;
- ✘ contrôler la hauteur, l'axe et le point de largage et éventuellement demander des corrections ;
- ✘ donner le « top largage » et vérifier le dégagement vertical ;
- ✘ contrôler l'espacement entre les départs ;
- ✘ contrôler régulièrement la hauteur et la limite longue du largage ;
- ✘ intervenir en cas de problème.

Sur certains aéronefs, où l'issue de sortie est éloignée du poste de pilotage, la communication entre le largueur et le pilote s'effectue par l'intermédiaire d'une radio ou de boutons dédiés aux corrections d'axe.

Des ampoules de couleur peuvent aussi servir à informer les parachutistes (● : sur axe. ● : top largage.).

Selon les conditions, un personnel spécifique est parfois nécessaire à bord des moyens et gros porteurs (Casa, Skyvan, Transall, etc.) afin d'assurer l'ouverture et la fermeture de l'issue de saut ainsi que le largage.

SURVEILLEZ LES ÉVOLUTIONS MÉTÉO

S'il y a des nuages isolés, essayez de déterminer la hauteur de leur base et leur épaisseur.

La couche peut se souder pendant que l'avion monte, le plafond peut baisser.

Un cumulonimbus est parfois plus facile à voir de l'avion que du sol.

Restez attentifs à la force et à la direction du vent. Renseignez-vous auprès du pilote.

Observez la vitesse et la trajectoire de l'avion par rapport au sol.

Si cela n'a pas été fait avant l'embarquement, prévenez les élèves et vérifiez qu'ils connaissent les procédures s'ils traversent un nuage en chute ou sous voile.

Prenez, si besoin, la décision de :

- ✗ réduire la hauteur des sauts ;
- ✗ faire redescendre l'avion sans sauter ;
- ✗ changer l'axe ou corriger le point de largage.

N'hésitez pas à communiquer avec le responsable au sol par l'intermédiaire du pilote.

EFFECTUEZ LES VÉRIFICATIONS EN VOL

Quelques minutes avant chaque passage, effectuez ou faites effectuer les vérifications d'équipements (n'oubliez pas le vôtre !).

Bien que les vérifications aient été faites préalablement à l'embarquement, il n'est pas rare de détecter des anomalies lors de ces derniers contrôles en vol.

En outre, les broches de verrouillage des conteneurs (aiguilles) peuvent avoir bougé lors de frottements dans l'avion. Une ouverture intempestive à la porte peut avoir des conséquences dramatiques. Veillez donc à ce que l'ensemble des contrôles soit effectué.

ANTICIPEZ LES PRISES D'AXE

N'attendez pas que l'avion soit au point de largage et que le pilote réduise la vitesse pour mettre vos lunettes et ouvrir la porte. S'il y a une erreur, il sera sans doute trop tard pour la corriger.

Les prises d'axe sont souvent faites en virage à gauche, ce qui permet au pilote (assis à gauche) de bien voir le sol. En regardant à l'intérieur du virage, vous saurez où vous êtes avant d'ouvrir la porte.

Certains pilotes sont très expérimentés. D'autres sont aussi parachutistes et parfois même moniteurs. Ils connaissent donc parfaitement les contraintes liées à la sécurité du largage (temps de mise en place, espacement, dérive, point d'ouverture, etc.). Cependant, ce n'est pas le cas le plus courant et les pilotes méconnaissent parfois nos problématiques spécifiques.

De plus, tous n'ont pas des milliers d'heures de vol en largage. Certains débutent ou ont peu d'expérience. Il n'est pas certain qu'ils vous amènent exactement au point de largage, à la bonne hauteur et sur le bon axe.

Bien que les responsabilités puissent être partagées, n'oubliez pas que :

**CE N'EST PAS LE PILOTE QUI LARGUE MAIS LE PARACHUTISTE.
LE PILOTE DONNE UN ACCORD.
LE PARACHUTISTE A LA RESPONSABILITÉ DU LARGAGE.**

CONTRÔLEZ L'AXE

Prenez l'initiative du largage.

En ayant pris soin de prévenir le pilote, ouvrez un peu la porte, sortez la tête et regardez à l'extérieur.

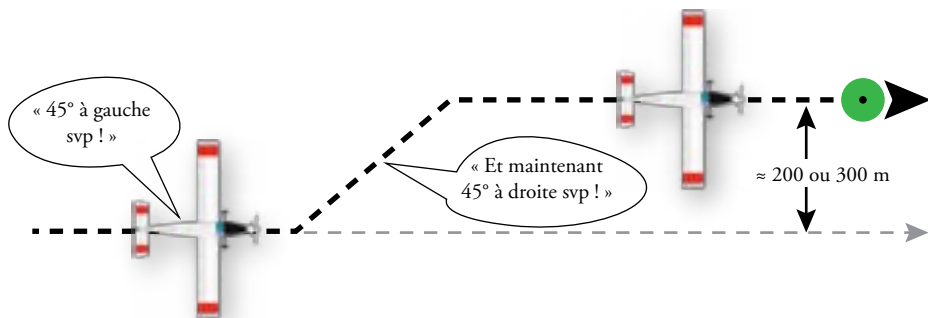
- ✘ Assurez-vous que l'axe (la trajectoire) est correct et qu'il passe par le point de largage.
- ✘ Assurez-vous qu'il est dégagé :
 - Horizontalement (présence de nuages) ;
 - Verticalement (si un parachutiste d'un passage précédent est ouvert haut, si un avion ou un planeur traverse la zone, différez le largage en faisant une rotation supplémentaire ou décalez l'axe d'une distance suffisante).

Demandez des corrections.

N'hésitez pas à demander une correction d'axe au pilote si vous le jugez nécessaire mais ne demandez pas une correction de 5 degrés ! Un angle aussi petit est négligeable et pratiquement impossible à discerner.

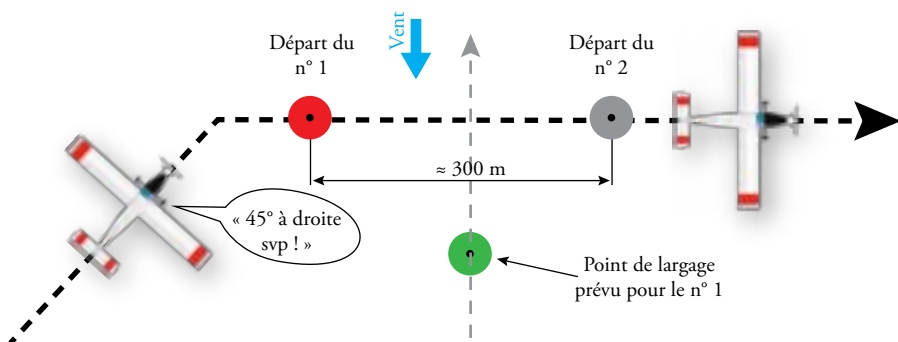
Sortez franchement la tête pour larguer et rentrez la pour demander les corrections, sinon le pilote n'entendra rien.

- ✘ **Exemple n° 1 :** Si l'axe est très décalé (de 200 ou 300 m), demandez deux changements de cap successifs (une « baïonnette »).



Pour corriger l'axe, le pilote incline l'avion. Attendez qu'il soit de nouveau à plat pour constater l'effet de votre correction, sinon vous aurez tendance à exagérer la correction de cap.

- ✘ **Exemple n° 2 :** Si le pilote prend l'axe trop tard et trop décalé, vous n'aurez pas le temps de faire des corrections pour vous ramener sur l'axe prévu. Si la zone et le nombre de départs vous le permettent, larguez vent de travers.




CONTRÔLEZ LA VERTICALE ET LE POINT DE LARGAGE

Pour larguer correctement, il faut viser verticalement. Cela demande un peu d'habitude. Plus la hauteur est importante, plus il est difficile de déterminer précisément la verticale.

Attention si l'avion n'est pas à plat, le risque d'erreur est important (voir chapitre « déterminer la verticale »).

CONTRÔLEZ LA HAUTEUR

En général, le pilote ne largue pas par rapport à une hauteur mais par rapport à un niveau de vol (FL - flight level). En plaine, le niveau 135 correspond à environ 4000 mètres. Cette hauteur variera en fonction de la pression atmosphérique du moment ($\approx \pm 200$ m à 4000 m). Il est donc normal, pour un saut prévu à 4000 m, de lire sur votre altimètre 3850 m un jour et 4180 m le lendemain lorsqu'il y a une variation de pression atmosphérique importante (voir chapitre altimétrie).

 De tels écarts sont beaucoup moins négligeables quand il s'agit de larguer des élèves à de faibles hauteurs (entre 1000 m et 2500 m).


Prenons l'exemple de largages d'élèves en progression traditionnelle :

- ✘ En ouverture automatique (OA), la hauteur minimum de largage est de 1000 m. En aucun cas le largage ne doit être effectué en-dessous.
- ✘ Lors des premières chutes, la hauteur de largage est déterminée en fonction du temps de chute demandé à l'élève (10 secondes \approx 1500 mètres ; 20 secondes \approx 2000 mètres). Celui-ci ne doit pas être largué plus bas, afin de garder une marge de sécurité et ne doit pas être largué trop haut surtout si le vent est fort (ouverture haute par vent fort = dérive importante et risque de posé hors zone).

Dans ces deux exemples :

- ✘ refusez impérativement le largage si vous êtes en-dessous de la hauteur prévue (même de quelques mètres).
- ✘ demandez au pilote d'effectuer une nouvelle rotation et de se présenter à la bonne hauteur.

Si vous êtes au-dessus de la hauteur prévue, avisez en fonction de l'exercice demandé à l'élève et des conditions météorologiques.

 Soyez aussi vigilants durant le passage. Quand le pilote réduit la vitesse longtemps, il peut parfois perdre de l'altitude. Il peut donc arriver que vous soyez à la bonne hauteur au point de largage mais que celle-ci diminue en cours de passage. Lisez régulièrement votre altimètre surtout s'il y a beaucoup de départs (3 ou 4) ou si le temps entre deux départs successifs est très long (c'est parfois le cas pour des premiers sauts). **Suspendez le largage dès que vous êtes en dessous de la hauteur minimum.**

Si la perte de hauteur est récurrente lors des largages, demandez une hauteur légèrement supérieure.

S'il manque quelques mètres à un parachute de secours pour s'ouvrir correctement, les enquêteurs regarderont de près la hauteur de largage. Pour cela, ils disposeront des vidéos embarquées où l'on voit souvent les altimètres des parachutistes. Ils disposeront aussi des informations enregistrées par les déclencheurs de sécurité. Ceux-ci sont précis à $\pm 0,50$ m (50 cm).

DONNEZ LE « TOP LARGAGE »

Avant de sauter, il faut prévenir le pilote afin qu'il puisse assurer la sécurité lors des départs, particulièrement dans l'éventualité d'un incident.

Les expressions les plus utilisées sont « OK ! » ou « coupez ! ». Dans le cas général, le pilote réduit la vitesse avant de larguer.

Anticipez un peu le « top largage » pour tenir compte du temps de mise en place et de la projection.

Bien que les voilures permettent de rattraper beaucoup d'erreurs, soyez le plus précis possible. Larguez a priori au point prévu, sauf si le déplacement de l'avion indique nettement un changement de vent.

Au moment du largage, la vitesse et la trajectoire de l'avion par rapport au sol indiquent le vent en altitude et permettent de faire les corrections nécessaires.

Si l'avion avance doucement par rapport au sol, il vole probablement face à un vent fort.

Il faut allonger le largage, donc attendre longtemps car l'avion remonte le vent doucement.

Si l'avion avance vite par rapport au sol, il vole probablement avec un fort vent arrière.

Il faut raccourcir le largage.

Si l'avion vole « en crabe », il vole vent de travers.

Il faut demander une correction de cap du côté opposé au dérapage pour mettre l'avion face au vent.

N'hésitez pas à consulter le pilote régulièrement.

LA VITESSE DE LARGAGE

Le manuel de vol prévoit des vitesses de largage pour chaque type d'aéronef. Ce ne sont donc pas les parachutistes qui choisissent.

Ceux-ci ont parfois tendance à demander au pilote une vitesse plus faible que celle indiquée dans le manuel de vol car cela, par exemple, facilite la mise en place en flotteur ou plus élevée pour augmenter les appuis aérodynamiques en sortie. Cependant, une vitesse de largage trop faible ou trop élevée n'est pas sans conséquence en fonction du type d'aéronef et du type de saut.

Conséquences possibles d'un largage à vitesse trop faible :

- ✗ décrochage de l'avion.
- ✗ vol avec une assiette à cabrer (risque d'interférence avec l'empennage).
- ✗ manque d'appuis aérodynamiques en sortie.

Conséquences possibles d'un largage à vitesse trop élevée :

- ✗ difficulté de mise en place à la porte.
- ✗ éloignement vertical de l'avion trop tardif (risque d'interférence avec l'empennage)

CONTRÔLEZ L'ESPACEMENT ENTRE LES DÉPARTS

Donnez le signal de mise en place ou de départ aux parachutistes en veillant à ce qu'ils respectent le temps d'espacement déterminé en fonction de la force du vent et du type d'aéronef.

Selon le niveau des pratiquants et/ou le type de sortie, certaines mises en place peuvent prendre du temps : anticipez.

Si des parachutistes s'apprêtent à partir trop près les uns des autres, intervenez. Soyez toujours prêts à stopper une sortie prématurée.

Faites activer le « mouvement » si, au contraire, les parachutistes prennent trop de temps à se mettre en place, surtout s'il y a beaucoup de départs sur le passage.

Regardez régulièrement où vous vous situez par rapport à la limite longue du largage. Si elle est atteinte alors que le largage n'est pas terminé, stoppez-le et refaites une rotation pour les parachutistes restants.

Soyez très vigilants et tenez-vous toujours prêts à intervenir en cas de problème ou d'incident.

L'ouverture intempestive d'un parachute peut avoir des conséquences catastrophiques suivant le moment où elle se produit. Il faut alors réagir rapidement et correctement.

VÉRIFIEZ-VOUS AVANT DE SAUTER !

Assurer la sécurité d'un largage demande beaucoup de disponibilité car les tâches sont multiples et l'on porte beaucoup d'attention aux autres. Il ne faut pas, pour autant, négliger sa propre sécurité.

Lorsque vous occupez cette fonction, vous êtes souvent amenés à bouger ou à vous déplacer dans l'avion. L'espace disponible étant souvent exigu, c'est sans doute vous qui avez le plus de probabilité d'accrocher involontairement une partie de votre équipement si celui-ci frotte contre l'intérieur de la cellule ou contre un autre parachutiste.

Soyez « souples et félins » lors de vos déplacements tout en étant vigilants. Vérifiez après chacun d'eux que vos conteneurs sont toujours verrouillés et que votre système d'ouverture (hand deploy ou pull out) est toujours en place.

Si vous êtes le dernier à sortir de l'avion, et même si quelqu'un vous a vérifié au moment des dernières vérifications précédant la prise d'axe, recontrôlez au minimum, juste avant votre départ, que votre conteneur principal est fermé et que votre système d'ouverture est toujours en place.

Le pilote est souvent très attentif aux sorties. N'hésitez-pas, si vous êtes le dernier à sortir, à le consulter d'un regard... Il peut éventuellement vous signaler que votre sac de déploiement « traîne » sur le plancher...

Bon saut !

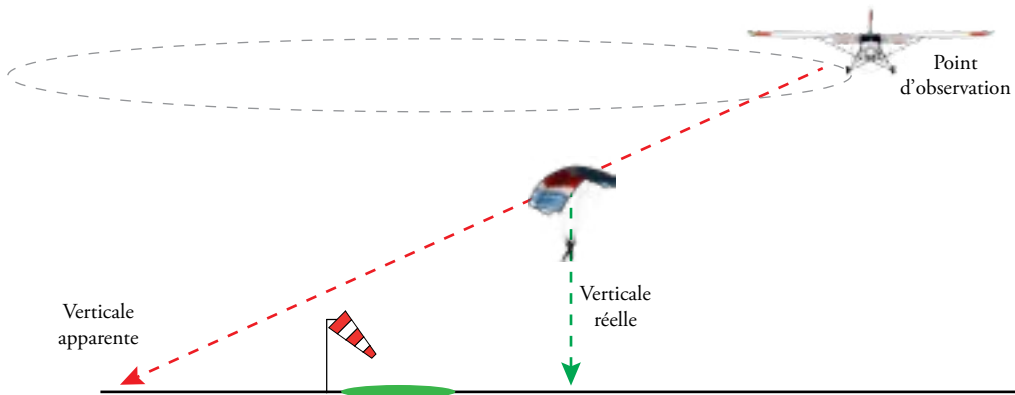
CONTRÔLEZ LES OUVERTURES

Lorsqu'il y a plusieurs passages, essayez de contrôler de l'avion que les voilures sont bien ouvertes. Quand la hauteur de largage est faible, c'est parfaitement possible. Cela vous permettra éventuellement de constater un incident ou une procédure de secours et de suivre son évolution.

Observer de l'avion l'orientation des voilures (des parachutistes) largués sur un premier passage peut aussi vous donner des indications afin de modifier votre point de largage :

- ✗ si les voilures sont constamment en contre (face au vent) : vous avez sans doute largué trop court. Il faut rallonger le largage.
- ✗ si les voilures sont constamment dans le vent (ou si certaines n'atteignent pas le terrain !) : vous avez sans doute largué trop long. Il faut raccourcir le largage.

Attention aux erreurs de parallaxe :




N'hésitez pas à contacter le responsable au sol par l'intermédiaire du pilote (radio). Il sera le plus à même de vous indiquer si votre point de largage doit être modifié.

Après votre ouverture.

Essayez de repérer les voilures des parachutistes du même passage. Vérifiez, si possible, que tout le monde est bien ouvert.

Si un parachutiste a effectué une procédure de secours, tout en poursuivant normalement votre navigation, essayez de suivre visuellement ses évolutions ainsi que la dérive de sa voile principale et du sac de déploiement de la voile de secours. Votre position plus « élevée » que celle du responsable au sol vous permettra éventuellement de mieux localiser le lieu d'atterrissage et facilitera la récupération.

 Quelle que soit votre expérience et votre niveau de pratique, ne tentez jamais de récupérer en vol une voile principale libérée ou le sac de déploiement d'un parachute de secours. Cette opération vous mettrait en danger.

LE RETOUR AU HANGAR

De retour au hangar (à la salle de pliage), vérifiez avec le responsable au sol :

- ✗ que tout le monde est bien rentré ;
- ✗ que le largage était correct (axe, distance, etc.).

UTILISATION DE LA RADIO

FRÉQUENCES

Les fréquences radio utilisées en aéronautique (air/sol, ILS, VOR, sol/sol, etc.) sont dans la gamme V.H.F. (Very High Frequency), de 108 à 137 MHz. La partie allouée à la radiotéléphonie (transmission de la voix humaine) est comprise entre \approx 118 MHz et 137 MHz, (2280 canaux espacés de 8,333 kHz). Les postes émetteurs-récepteurs permettent d'afficher 2280 fréquences à 3 décimales.

123,35 MHz est une fréquence dédiée au parachutisme (liaison sol/air).

Les fréquences aéronautiques ne doivent pas être utilisées pour l'aide au pilotage et à la navigation sous voile des élèves (le « guidage radio »). Pour suivre des élèves, vous devez utiliser un poste agréé par les services des télécommunications et une fréquence attribuée qui n'est pas dans la bande aéronautique.

L'ALPHABET RADIO

Les transmissions radio sont fréquemment soumises aux interférences et aux parasites et des sons proches comme « B » et « P », « M » et « N », peuvent aussi générer des ambiguïtés lorsque l'on épelle un mot. Les alphabets radio ont été créés afin d'y remédier.

C'est un code qui consiste à énoncer chaque lettre de l'alphabet par un mot ayant pour initiale la lettre représentée. Ainsi, lorsqu'un mot est épelé, chacune des lettres le composant est remplacée par le mot correspondant.

Il en existe plusieurs. L'alphabet phonétique de l'OTAN est reconnu par l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI). C'est celui que nous utilisons couramment.

A	Alpha	H	Hôtel	O	Oscar	V	Victor
B	Bravo	I	India	P	Papa	W	Whisky
C	Charlie	J	Juliet	Q	Québec	X	Xray
D	Delta	K	Kilo	R	Roméo	Y	Yankee
E	Écho	L	Lima	S	Sierra	Z	Zoulou
F	Fox (trot)	M	Mike	T	Tango		
G	Golf	N	Novembre	U	Uniforme		

Pour épeler un nom ou l'immatriculation d'un avion, il faut utiliser cet alphabet.

Le choix des mots.

Pourquoi « Lima » et pas « Lilou » pour désigner la lettre « L » ? Toujours en raison des parasites et des interférences auxquels les transmissions radio sont parfois soumises.

Chaque mot a été choisi en fonction des syllabes qui le composent. Chacune est unique dans l'alphabet aéronautique. Par exemple, le « ma » de lima, de même que le « lou » de zoulou, ne figurent dans aucun autre mot de cet alphabet. Ainsi, si vous n'entendez qu'une partie de l'énoncé du message en raison d'interférences ou de parasites, vous pouvez quand même savoir de quelle lettre il s'agit.

Si par exemple, vous entendez entre les grésillements de votre radio : « ...ox...olf...ma...co...ni... à deux minutes du largage ! », vous savez sans risque de confusion (à condition de bien connaître votre alphabet radio) que fox-golf-lima-écho-uniforme (F-GLEU) est à deux minutes du largage.

Les chiffres et les nombres.

Les chiffres 0 et de 2 à 9 se prononcent normalement. Le chiffre 1 s'énonce « unité ».

Les nombres s'énoncent normalement.

Exemple :

CHIFFRE		NOMBRE	
0	Zéro	10	Dix
1	Unité	12	Douze
2	Deux	31	Trente et un
8	Huit	135	Cent trente-cinq

Lorsqu'un nombre comporte une virgule, cette dernière s'énonce « décimale » (parfois « point »).

Les fréquences radio s'énoncent : 118.300 – « Cent dix-huit trente » ou « cent dix-huit trois » (ou encore : « cent dix-huit décimale trente »).

Quelques expressions.

EXPRESSION	SIGNIFICATION (ET COMMENTAIRE)
Affirme	Oui. (On évite d'utiliser le terme « affirmatif » car la terminaison « -atif » ne permet pas de lever la confusion avec le terme « négatif ».)
Approuvé	Autorisation accordée.
Attendez	Attendez que je vous rappelle.
Autorisé	Autorisé à poursuivre.
Collationnez	Répétez mon message.
Confirmez	Avez-vous (ou ai-je) bien reçu le message ?
Correction	Une erreur a été commise dans ce message.
Essai radio	Demande l'évaluation de la qualité de la communication.
Exact	C'est exact.
Négatif	Non.
Rappelez	Rappelez à un point suivant.
Rectification	Correction du message précédent.
Reçu (ou bien reçu)	J'ai (bien) reçu votre dernier message. (Ne pas confondre avec l'estimation de la qualité de réception en réponse à un « Essai radio »).

Échelle de lisibilité lors d'un essai radio.

« Écho Oscar de starter para pour essai radio ? »

RÉPONSE	SIGNIFICATION
1/5	illisible
2/5	lisible par instant
3/5	difficilement lisible
4/5	lisible
5/5	parfaitement lisible

Phraséologie.

Elle doit être simple et précise. Ne parlez pas trop rapidement et articulez correctement.

Appuyez sur le bouton d'émission avant de commencer à parler (≈ 1 s) et ne relâchez celui-ci qu'après avoir terminé votre phrase (≈ 1 s).

Ne coupez pas un message en cours. Attendez la fin de la transmission.

Le responsable au sol d'une séance de sauts est souvent désigné par « starter para. ».

Pour appeler un avion, il faut épeler son immatriculation en utilisant l'alphabet radio. S'il y a peu d'avions en activité et que leurs immatriculations sont bien distinctes, seules les deux dernières lettres sont citées.

La prise de contact se fait toujours en nommant l'appelé en premier puis l'appelant précédé par la préposition « de ». Exemple : « Victor Sierra **de** starter para, bonjour. ».

LE GPS

Le GPS (Global Positioning System) est un système de géolocalisation qui permet de connaître sa position avec une grande précision (≈ 5 mètres en moyenne, de l'ordre du centimètre pour certains appareils).

Il a été créé par le ministère de la défense des États-Unis à des fins militaires et est complètement opérationnel depuis 1995.

Il fonctionne sur l'ensemble de la planète (terre, air, mer) grâce à un récepteur captant les signaux radio émis par au minimum 3 des 24 satellites dédiés.

GALILEO est le système civil de l'Union Européenne.

UTILISATION DU GPS POUR LE LARGAGE

Le recours au G.P.S. est aujourd'hui quasiment systématique pour le largage.

Cet instrument est précis. Il permet au pilote de prendre un axe et de se positionner à la verticale du point de largage plus sûrement que ne le ferait le meilleur des largueurs. Lors de sauts de nuit ou à haute altitude, où il est difficile de larguer à vue, le GPS évite beaucoup d'erreurs. L'instrument est plus efficace que l'œil humain, cela ne fait pas de doute. **Mais attention :**

- ✗ Le GPS ne calcule pas le point de largage. Il repère celui que vous avez vous-même déterminé.
- ✗ Le GPS ne détermine pas l'axe de largage.
- ✗ Le GPS ne donne pas le nombre de passages, l'ordre des départs et l'intervalle de temps entre les sorties.
- ✗ Les instruments les plus fiables peuvent être défaillants ou mal utilisés.
- ✗ À ce jour, les informations qui alimentent le GPS peuvent être momentanément interrompues ou modifiées par l'administration américaine (propriétaire du système).

Le GPS ne sait pas si l'espace aérien est dégagé et ne permet donc pas de larguer au-dessus d'une couche de nuages soudée.

Outre la position, le GPS permet (entre autre) au pilote de connaître la vitesse « sol » de l'avion et donc d'en déduire, en fonction de sa vitesse « air » et de sa trajectoire, la vitesse et la direction du vent à la hauteur où il se trouve. Cela peut s'avérer fort utile afin d'affiner ou de corriger l'axe et le point de largage.



LARGAGES PARTICULIERS

LARGAGE DU SOL

Il est souvent pratiqué en compétition, dans les grands rassemblements avec des gros porteurs ou quand les sauts sont filmés du sol (voltige).

En voltige, les compétiteurs sont filmés du sol. Un marquage au sol, placé devant la caméra, leur indique le point de repère sur lequel ils se basent pour effectuer leurs figures. L'avion doit se présenter vent arrière si la caméra est placée sur la zone de posés (vent de face, il faudrait sauter avant le point de largage afin que le compétiteur n'ait pas besoin d'effectuer un changement d'orientation pour se retrouver face à la caméra et pour que les angles de prises de vue soient corrects ; par vent fort, personne ne rentrerait sur le terrain).

Si vous larguez du sol vent arrière, anticipez le départ du premier et faites attention à l'ordre des départs s'il y a plusieurs sorties.

Si vous êtes largués du sol, ne partez pas sans savoir où vous êtes. Il est arrivé qu'un parachutiste saute au top donné pour un autre avion sur la fréquence radio. Surveillez la prise d'axe et contrôlez le largage. Ne donnez des corrections que si la sécurité est en cause.

En compétition, vous êtes aux ordres du sol, mais vous pouvez refuser un passage... d'où l'intérêt, pour le faire à bon escient, de savoir larguer.

Dans certains cas, il n'est pas possible de savoir où vous êtes ; par exemple à bord de moyen ou gros porteur type Casa ou Transall. Il faut alors faire confiance au responsable du largage au sol.

GROS PORTEUR - TRANCHE ARRIÈRE

Les avions gros porteurs volent généralement plus vite que les petits avions. Réduisez un peu le temps entre les départs. En règle générale, il est conseillé de ne jamais dépasser 7 secondes d'espacement pour ces types d'avion (souvent entre 5 et 7 secondes en fonction du vent et de la vitesse de largage).

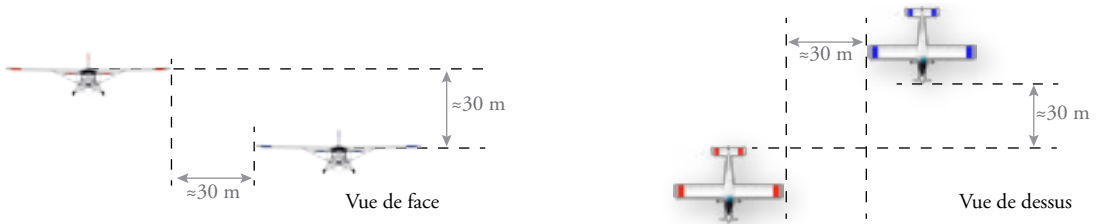
Le largage d'un avion tranche arrière demande une bonne habitude car la visualisation est difficile. Demandez les consignes pour ouvrir la tranche arrière et pour communiquer avec le pilote. Visez à l'avance par le côté de la tranche.

Seule l'expérience permet de maîtriser cette technique. Mais ne soyez pas inquiet, il est peu probable que l'on vous confie le largage de 130 personnes si vous n'êtes pas un largueur expérimenté. Contentez-vous de vous tenir prêt pour une mise en place rapide sur la tranche arrière.

LARGAGE D'AVIONS EN FORMATION

Larguer en vol parallèle suppose une parfaite coordination entre les pilotes. Il faut faire un briefing avant le décollage et utiliser des avions qui ont des performances proches. Il y a un seul largueur. Les parachutistes du deuxième avion calent leurs départs sur ceux du premier.

Généralement, les deux avions sont légèrement décalés sur le plan vertical. Le largeur doit être placé dans l'avion qui volera le plus haut.



⚠ Si aucun des pilotes n'a déjà largué en patrouille, s'il n'y a pas eu de briefing, si la zone est petite, si plusieurs aéronefs effectuent un vol très rapproché... il y a danger.

En vol en formation, une correction ne peut être donnée que du côté libre, d'où la nécessité de prises d'axe correctes. Si pilotes et largueurs maîtrisent tous ces paramètres, le saut de deux avions devient un plaisir. Vols en patrouille, piqués en vagues parallèles, grandes formations, tout cela vaut bien un peu de compétence et de préparation.

LARGAGE D'HÉLICOPTÈRE

C'est la même chose que d'un avion. Les hélicoptères larguent généralement à une vitesse proche de celle des avions. Si ce n'est pas le cas, augmentez l'espacement entre les départs. Attention : un gros hélicoptère largue parfois doucement.

S'il est muni de « patin » et que vous répétez une sortie au sol en prenant appui sur ceux-ci, prenez garde, car, en vol, ils ne supportent plus le poids de la machine et peuvent avoir une position différente (plus basse) rendant la mise en place plus difficile.

LARGAGE À HAUTE ALTITUDE

Plus l'altitude est élevée, plus l'assiette de vol (quand elle n'est pas nulle) peut induire une erreur de largage importante : 500 m à 6000 m et 700 m à 8000 m pour un angle de 5° (le double pour un angle de 10° !). L'utilisation du G.P.S. est alors fort utile.

⚠ En altitude, la baisse de pression d'oxygène diminue notre lucidité et nos facultés sans que nous nous en rendions compte.

Ne prenez pas la responsabilité d'un largage si vous n'avez pas l'habitude de sauter en haute altitude.

LARGAGE DE NUIT

Le largueur doit bien connaître la zone de sauts pour se repérer avec les lumières au sol. Il faut un ciel parfaitement dégagé. Là aussi, l'utilisation du G.P.S. s'avère bien utile mais attention : il ne vous indiquera pas si l'espace aérien est dégagé.

S'il y a plusieurs passages, attendez entre chacun d'eux que tout le monde soit posé ou repéré du sol. Quelqu'un a pu ouvrir haut ; vous ne le verrez, ni de l'avion, ni en chute, ce qui induit un risque majeur.

CONSIGNES DE SÉCURITÉ

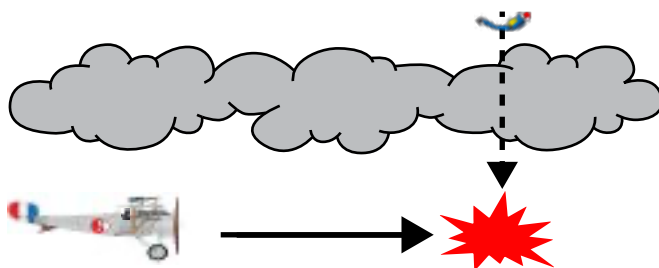
AU-DESSUS D'UNE COUCHE DE NUAGES

Une couche de nuages n'est pas figée. Elle peut s'ouvrir ou se fermer en permanence.

Si l'on ne voit pas le terrain, il faut se fier aux instruments. Cela entraîne deux risques d'erreurs : celle de l'instrument et celle d'une mauvaise interprétation ou d'une mauvaise transmission des indications entre pilote et parachutistes.

Sans visibilité, il est impossible d'assurer la séparation entre les chuteurs et les aéronefs.

Si un avion traverse la zone de sauts sous la couche de nuages pendant qu'on largue au-dessus, aucun instrument ne permet d'assurer la sécurité et d'éviter l'accident.



Larguer au-dessus d'une couche de nuages est d'autant plus dangereux que l'on se trouve en zone montagneuse, en bord de mer ou sur une petite zone de sauts.

De plus, si la couche est basse et que vous êtes ouverts au-dessus, vous ne saurez pas quelle direction prendre pour rejoindre le terrain.

Si elle est épaisse et située à la hauteur d'ouverture, tout le monde sera ouvert à l'intérieur. Les risques de collision seront importants.

C'est pour ces raisons (et d'autres) qu'**il est interdit et dangereux de larguer sans visibilité au-dessus d'une couche nuageuse soudée**, même peu épaisse.

AU-DESSUS DE NUAGES ISOLÉS

Il est parfaitement possible et autorisé de larguer en présence de nuages isolés si le sol est visible.

Si vous larguez au-dessus de quelques nuages :

- ✗ ne larguez pas sans savoir où vous êtes. Refusez systématiquement un largage aux instruments (G.P.S.) à proximité de reliefs élevés, d'un plan d'eau, d'une ville, et en cas de doute ;
- ✗ décalez un peu l'axe de largage si les nuages sont situés sur celui-ci (devant ou en-dessous) ;
- ✗ si vous larguez des élèves : prévenez-les de la présence de nuages et vérifiez qu'ils connaissent les consignes (voir ci-après) ;
- ✗ ne faites qu'un seul passage. Si un parachutiste ouvrait haut, ceux du passage suivant ne le verraient pas ;
- ✗ si vous maintenez plusieurs passages, rallongez le temps entre chaque passage et décalez l'axe de largage.

Prenez garde si vous larguez des élèves qui ont encore besoin d'aide à la navigation (radio). Ils peuvent momentanément ne pas être visibles du sol si les nuages sont bas et situés entre leur point d'ouverture et le terrain. Il est alors difficile de leur donner des consignes.

Si vous traversez un nuage :

EN CHUTE	PARACHUTE OUVERT
<ul style="list-style-type: none"> ✘ N'attendez pas d'être sortis du nuage pour ouvrir. Ouvrez à la hauteur prévue (certains nuages ont leur base à faible hauteur). ✘ Fiez-vous à l'altimètre. Si vous ne pouvez pas le lire (buée sur les lunettes ou l'altimètre), anticipez l'action d'ouverture. 	<ul style="list-style-type: none"> ✘ Faites des 360° lents : <ul style="list-style-type: none"> • pour éviter de partir dans une mauvaise direction et de vous éloigner du terrain ; • pour éviter de remonter l'axe de largage ; • pour éviter de vous diriger vers une autre voile. ✘ Soyez très attentifs aux autres voilures qui pourraient se trouver à proximité. ✘ Tenez-vous prêts à éviter une autre voile. ✘ N'hésitez pas à vous manifester en appelant.

SI IL FAUT REDESCENDRE AVEC L'AVION

Dans certaines situations, vous pouvez être amenés à redescendre avec l'avion.

Les causes sont diverses. Citons à titre d'exemple :

- ✘ problème mineur sur l'avion (panne radio, etc.) ;
- ✘ renforcement du vent au sol durant la montée (hors limites réglementaires) ;
- ✘ couverture nuageuse soudaine ;
- ✘ déroutage de l'avion sur un autre aéroport ;
- ✘ proximité d'un orage ;
- ✘ malaise d'un parachutiste ;
- ✘ détection en vol d'une anomalie sur un parachute (système de sécurité hors fonction, ouverture intempestive d'un conteneur, etc.) ;
- ✘ refus de saut ;
- ✘ etc.

Suivant la situation, l'avion peut avoir à se reposer à pleine charge (avec tous les parachutistes) ou simplement avec une ou deux personnes.

En fonction de la situation, c'est le pilote, le responsable en vol ou le responsable au sol qui prend la décision (parfois les trois en concertation).

Si vous êtes responsables du largage :

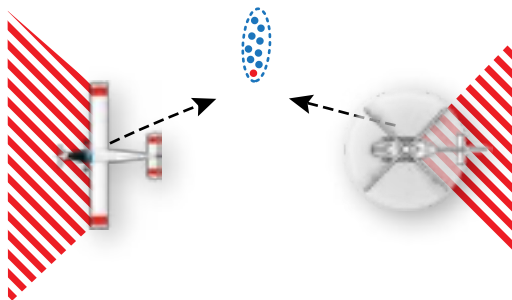
- ✘ Vous pouvez couper les déclencheurs de sécurité (mise hors fonction).

Cette opération est aisée sur les déclencheurs de type FXC mais compliquée sur les déclencheurs de type Cypres ou Vigil car ils sont souvent difficilement accessibles en vol et l'opération est longue à réaliser. Dans la plupart des cas, la descente s'effectuera avec les déclencheurs en fonction. Soyez particulièrement vigilants si l'avion ne dispose pas d'une porte (petit Cessna, etc.).

- ✘ Demandez au pilote de descendre doucement, particulièrement à proximité de la hauteur de déclenchement des systèmes de sécurité.

Les pilotes sont aujourd'hui formés à la problématique du déclenchement possible des systèmes de sécurité lors d'une descente et respectent une vitesse inférieure à 1500 ft/min (≈ 8 m/s) à proximité de la hauteur de déclenchement. Cependant, un petit rappel ne coûte rien.

- ✘ Veillez à ce que personne ne soit dos à l'issue de saut s'il n'y a pas de porte.
- ✘ Veillez à ce que les parachutistes restent équipés pendant toute la descente et ne se déplacent pas à bord.
- ✘ Pensez à prévenir le responsable au sol.
- ✘ Après l'atterrissage, lorsque l'avion est à l'arrêt, débarquez en premier puis faites débarquer les autres en veillant à ce qu'ils se dirigent vers l'arrière de l'appareil (vers l'avant si vous débarquez d'un hélicoptère à rotor de queue).



CAS PARTICULIERS

- ✘ Les élèves.

Si un élève ne peut pas sauter (refus de saut, condition météo, etc.), il ne doit pas redescendre seul.

- Si nécessaire (et si possible) changez-le précautionneusement de place afin qu'il ne gêne pas lors du largage.
- Larguez les autres parachutistes et redescendez obligatoirement avec lui (même si vous aviez prévu de participer à un saut de groupe).
- Consultez le pilote pour savoir à quelle place vous installer pour la descente (centrage de l'aéronef).
- Faites prévenir par radio le responsable au sol.

- ✘ Les problèmes physiologiques.

Suivant la gravité du problème rencontré, vous aviserez si vous pouvez ou non poursuivre le largage.

- En cas de problème relativement sérieux (malaise, évanouissement, etc.), suspendez le largage et faites redescendre l'avion.
- En cas de problème bénin, poursuivez éventuellement le largage et redescendez avec le parachutiste.
- Prévenez par radio le responsable au sol.

Ne laissez pas un parachutiste victime d'un problème physique (même minime) redescendre seul avec l'avion car son état peut s'aggraver lors de la descente.

OUVERTURE INTEMPESTIVE

La procédure peut varier en fonction du type d'aéronef (petit, moyen ou gros porteur) et du degré d'urgence, c'est-à-dire du moment où l'ouverture se produit (pendant la montée, pendant le largage, à la porte, etc.).

En règle générale, sur un avion de type Pilatus :

- ✘ **Pendant la montée** : suspendez la montée et faites redescendre l'avion afin de débarquer le parachutiste victime de l'incident.

Ne larguez pas avec, à bord, un parachutiste dont l'un des parachutes est ouvert (même si le sac de déploiement est toujours dans son conteneur) car :

- la circulation d'air dans la cabine lors du largage peut amener la voilure ou/et l'extracteur à se gonfler.
- en cas de sur-incident nécessitant l'évacuation de l'avion, il ne pourra pas sauter avec un conteneur déjà ouvert (grande probabilité d'interférence avec l'aéronef).

- ✘ **Dans la cabine en cours de largage** : suspendez le largage, refermez immédiatement la porte et faites redescendre l'avion.
- ✘ **Au bord de la porte en cours de largage** : immédiatement, empêchez le sac de déploiement ou/et l'extracteur de prendre l'air et écartez le parachutiste de l'issue de saut puis refermez la porte. Suspendez le largage et faites redescendre l'avion.
- ✘ **À l'extérieur de l'avion** : si l'extracteur et/ou le sac de déploiement sortent de l'avion et prennent le vent relatif alors que le parachutiste est toujours à l'intérieur ou si l'ouverture se produit alors que le parachutiste est à l'extérieur de l'avion (en flotteur), il est probable qu'il n'y ait plus rien à faire. Le parachutiste sera certainement éjecté lorsque sa voilure se mettra en pression. S'il y a interférence avec l'empennage, il faudra sûrement faire évacuer car l'aéronef risque d'être fortement endommagé, le rendant très difficile à piloter voire impossible à maîtriser. L'évacuation reste a priori la meilleure option (sous réserve d'avoir la hauteur nécessaire).

Dans tous les cas, si cela est possible, il est préférable de positionner le parachutiste le plus loin possible de la porte de l'aéronef pour éviter ou limiter toute prise à l'air.

Prévention.

Une ouverture intempestive lors d'un largage peut avoir des conséquences dramatiques. Tout doit être mis en œuvre afin de les prévenir.

1) Vérifiez régulièrement :

- ✘ le bon enfoncement des broches de verrouillage (aiguilles) des conteneurs principal et secours ;
- ✘ la tension et l'état des bouclettes de fermeture (loop) ;

Ces vérifications doivent être effectuées :

- ✘ lors de la vérification de son parachute avant de s'équiper ;
- ✘ lors de la vérification d'embarquement ;
- ✘ lors de la vérification en vol avant la sortie ;
- ✘ en cas de doute après un accrochage ou un frottement.

2) Évitez tout frottement de votre équipement contre une partie de l'aéronef lors de :

- ✘ vos déplacements à bord ;
- ✘ votre mise en place à la porte.

ATTERRISSAGE HORS ZONE

Tôt ou tard, vous risquez d'atterrir hors zone. Cela fait de bonnes histoires à raconter quand tout se passe bien, mais attention aux accidents. Des règles simples permettent de s'en sortir sans problèmes.

La hauteur de prise de décision.

Si, dès l'ouverture, vous avez la certitude que vous allez vous poser hors terrain, choisissez tout de suite une zone dégagée et rejoignez-la.

Dans les autres cas, essayez de revenir vers le terrain. On peut considérer que 500 m est une bonne hauteur de prise de décision (en fonction de la zone). Elle permet généralement de garder une marge suffisante pour rejoindre une zone dégagée.

N'attendez jamais le dernier moment pour prendre une décision. En cas de doute, si vous persévérez trop longtemps, vous risquez de vous apercevoir trop bas que vous ne rejoindrez pas le terrain et de vous trouver alors dans l'impossibilité de vous poser sur une zone dégagée.

Tenez compte aussi du fait qu'il faudra rejoindre le terrain suffisamment haut pour avoir le temps, dans la plupart des cas, de réaliser un circuit d'atterrissage en toute sécurité (même s'il faut le réduire). Un circuit ou des manoeuvres de pilotage effectués trop bas peuvent s'avérer extrêmement dangereux, il convient donc d'anticiper cette phase là, le plus tôt possible.

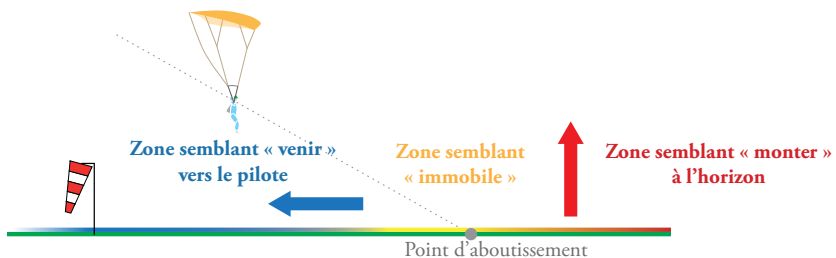
Comment déterminer si l'on peut rejoindre le terrain ou pas ?

Il faut pour cela déterminer votre « point d'aboutissement ». C'est le point au sol vers lequel vous emmène la pente de descente de votre voileure.

Orientez-vous face au terrain et observez-le quelques secondes.

Si vous regardez le sol devant vous, avec un peu d'entraînement, vous pouvez distinguer trois zones :

- ✗ Au loin, une zone qui vous semble « monter » à l'horizon : vous ne l'atteindrez pas.
- ✗ Devant vous, une zone qui semble « venir » vers vous : vous pourrez l'atteindre et probablement la dépasser.
- ✗ Entre les deux, une zone qui vous semble « immobile » : c'est la zone que vous allez « juste » atteindre si rien ne vient modifier votre pente de descente (vent, freinage, etc.). C'est dans cette zone que se situe votre « point d'aboutissement ». **Attention** : si votre terrain d'atterrissage se situe dans cette zone, il est probable que vous n'avez peu ou pas de marge de hauteur afin d'effectuer un circuit d'atterrissage.

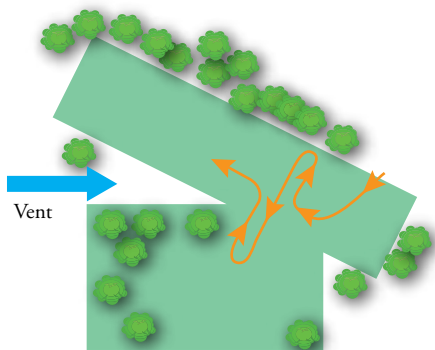


Une fois la décision prise.

- 1) Choisissez une zone dégagée (champ, stade...).
- 2) Observez le site, la nature du sol (champs de maïs, pierres, pente...) et cherchez les obstacles, en particulier les lignes électriques (on voit mal les fils, cherchez les poteaux) mais aussi les clôtures, les arbres, etc.
Attention ! Ne vous fiez pas aux simples couleurs de la zone de poser. En effet, vu de haut, un terrain qui paraissait a priori correct pour l'atterrissage peut, en réalité, s'avérer peu hospitalier. Ce qui, vu de haut, pouvait ressembler à un pâturage, un champ ou une prairie peut, à l'approche, s'avérer être une végétation assez haute (arbustes notamment). Si vous ne connaissez pas le terrain et ses abords, avant le saut, demandez un briefing sur les différentes zones de dégagement et des surfaces à éviter. Enfin, pour gagner du temps sous voile, vous pouvez décider de piloter en freins pendant la phase d'observation.
- 3) Prévoyez votre approche et l'axe d'atterrissage. Il faut se poser dans la grande longueur du terrain en prenant une trajectoire dégagée d'obstacles et, si possible, face à la direction moyenne du vent. Ne cherchez pas à atterrir à tout prix face au vent.

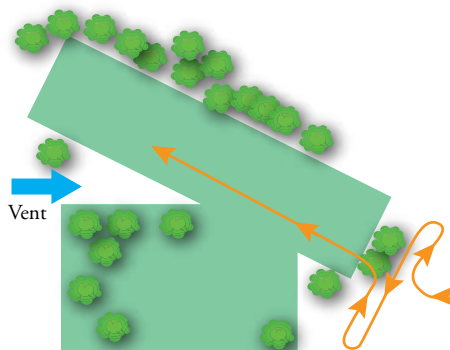
Si le vent est fort.

Gardez de la place derrière vous (si le vent force, vous risquez de reculer) et un peu de place devant vous (en finale, vous risquez d'avancer).



S'il n'y a pas de vent.

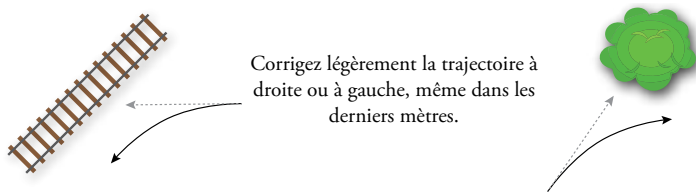
Présentez-vous en entrée de terrain pour garder le maximum de place devant vous. Faites des « S » en entrée de terrain et présentez-vous en finale relativement bas.



LES OBSTACLES

Ne focalisez pas votre attention sur un obstacle.

S'il y a un obstacle sur votre trajectoire, faites une manœuvre d'évitement, même près du sol, en évitant de faire un virage trop brusque. En dernier ressort, si vous n'avez pas pu l'éviter, il faut freiner et se protéger.



Si vous atterrissez sur un arbre, vous risquez de tomber. Si vous restez accroché dans l'arbre, il est préférable d'attendre les secours.

Si vous atterrissez sur une piste de décollage, ramassez votre parachute et dégagez le plus rapidement possible.

Évitez à tout prix les lignes électriques et les plans d'eau, quelle que soit la manœuvre à effectuer.

ATTERIR DANS L'EAU

Atterrir dans l'eau est dangereux, surtout quand il y a du courant et que la température est froide. **Il faut tout faire pour éviter les plans d'eau ou les rivières.**

Si vous constatez que vous risquez de vous poser dans l'eau (en mer par exemple) :

- ✘ Si votre système de sécurité est une FXC, mettez-la sur « off » (une fois immergée, elle risque de déclencher l'ouverture du conteneur de secours).
- ✘ Éventuellement, pour pouvoir sortir de votre harnais une fois dans l'eau, ouvrez la sangle de poitrine en faisant très attention de ne pas basculer par l'avant.
- ✘ Déconnectez le LOR ou le Stevens, cela vous permettra de libérer la voile principale une fois dans l'eau, sans provoquer l'ouverture du parachute de secours.
- ✘ Essayez d'éviter que la voile vous tombe dessus.

Ne libérez surtout pas avant le contact avec l'eau, vous risqueriez de faire une erreur d'appréciation et de tomber de haut.

L'ÉVACUATION D'URGENCE

Bien que peu fréquentes, ces situations arrivent tous les ans. Que faire ? Tout dépend de la situation, de l'incident, de la hauteur, de l'expérience des parachutistes, de la zone survolée.

Les cas d'extrême urgence sont rares. Un instant de calme permet souvent de ne pas évacuer pour rien.

Il arrive que le pilote donne une consigne, mais s'il est occupé à maintenir l'avion en vol, il faut agir. Quand quelqu'un prend une décision, évitez les ordres contradictoires.

EXEMPLES DE SITUATIONS CARACTÉRISTIQUES

SITUATIONS	CONSIGNES ET COMMENTAIRES
L'avion a un problème au décollage.	<ul style="list-style-type: none">• Pas de choix possible : tout le monde reste à bord.• Prenez la position de « crash » et si possible déverrouillez la porte.• Dès que possible, une fois l'avion au sol, sortez et éloignez-vous en allant vers l'arrière de l'avion.
L'avion a un problème en-dessous de 500 m.	<ul style="list-style-type: none">• Suivant la situation, tentez votre chance et sautez.• Ouvrez de préférence le parachute de secours.• Une évacuation en-dessous de 200 m est très aléatoire.• Il n'est pas certain que tout le monde puisse évacuer.
L'avion est dans une situation critique.	<ul style="list-style-type: none">• Si la situation n'est pas récupérable, sautez.• Dans le pire des cas, c'est un « sauve qui peut ! ». Il ne sera peut-être pas possible de coordonner quoi que ce soit.• Autorotation ou piqué : plus vous attendez, plus ce sera difficile.• La rapidité de réaction est déterminante. Si vous n'êtes pas certain de votre hauteur de départ, il est préférable d'opter pour l'ouverture du parachute de secours.
Entre 500 et 1000 m. L'avion plane mais ne rejoindra pas l'aérodrome.	<ul style="list-style-type: none">• Agissez sans perdre de temps.• Même en planant, l'avion perd rapidement de l'altitude (≈ 300 m/minute).• Tout le monde saute. Attention à la hauteur pour les derniers.• Suivant l'urgence, espacez un peu les départs.• Tout le monde ouvre immédiatement (la voile principale ou la voile de secours, selon la hauteur et l'environnement).
Au-dessus de 1000 m. L'avion plane.	<ul style="list-style-type: none">• Tout le monde peut sauter.• Ouverture immédiate (principale envisageable).• Occupez-vous de la sécurité : ouverture, espacement, montage en-dessous, plan d'eau, etc.

Il ne s'agit pas de tous les cas possibles, mais de quelques principes pour réagir. Une même consigne peut être bonne ou mauvaise suivant la situation.

À partir de quel seuil peut-on sauter ?

Il n'y a pas de réponse précise à cette question. La possibilité de sauter ou non est souvent en rapport avec la hauteur et la configuration de l'aéronef.

Si personne ne s'affole, il est probable que tout se passe bien.

Le plus grand danger est de paniquer. Une attitude ferme, et s'il le faut autoritaire, suffit parfois à rétablir le calme et le sang froid à bord.

LA POSITION DE « CRASH »

- ✗ tête dans les épaules ;
- ✗ mains sur la nuque ;
- ✗ coudes au corps.

Si possible dos au sens de la marche.

Prenez une attitude tonique.



TABLEAU RÉCAPITULATIF

SITUATIONS	CONSIGNES
Au décollage	Position de crash.
En-dessous de 200 m	Évacuation très aléatoire. Position de crash.
Entre 200 et 500 m	<ul style="list-style-type: none">• Évacuation possible (peu de marge).• Ouverture du parachute de secours.
Entre 500 et 1000 m	Évacuation : ouverture du parachute de secours ou du principal suivant la hauteur, le niveau et le matériel utilisé.
Au-dessus de 1000 m	Tout le monde saute et ouvre immédiatement le parachute principal.
Au-dessus du relief (ou d'un plan d'eau, d'une zone urbaine)	Avant de sauter, si la hauteur et la situation le permettent, il est parfois préférable d'attendre que l'avion dégage : <ul style="list-style-type: none">• le relief pour que la hauteur soit suffisante,• du plan d'eau ou de la zone urbaine.

AVION

Introduction	200	Les instruments permettant de diriger l'avion	214
Généralités	201	L'anémomètre.....	214
Définition	201	L'altimètre	214
Repérages	201	Le variomètre	215
Description	202	Le compas magnétique.....	215
La cellule.....	203	Le conservateur de cap gyroscopique.....	215
Les ailes.....	203	L'horizon artificiel.....	215
Le train d'atterrissage.....	204	Les écrans digitaux	216
L'empennage	205	Les instruments de conduite du moteur	217
L'équilibre de l'avion.....	207	Les instruments radio et de navigation	218
Les gouvernes de vol.....	209	Généralités	218
Les ailerons.....	209	Les radios VHF	218
La gouverne de direction	209	VOR – ILS - DME	218
La gouverne de profondeur.....	209	Le transpondeur	219
Les volets.....	210	Les écrans digitaux	219
Les moteurs	211	L'hélice.....	220
Généralités	211	Masse et centrage	221
Les moteurs à pistons	211	Masse maximum au décollage	221
Les turbopropulseurs	211	Le centrage.....	222
Les turboréacteurs	212	Le carburant	223
Les commandes du moteur.....	212	Les types de carburants.....	224
Les équipements de l'aéronef	213	Mesurer la quantité de carburant.....	224
Généralités	213	L'avitaillement	225
		Les documents de l'avion	226
		Entretien des aéronefs	227
		Entretien et suivi de navigabilité.....	227
		Potentiels et durée de vie	228
		Remarque.....	229

INTRODUCTION

Sans avion, pas de parachutisme tel que nous le connaissons.

L'avion est non seulement un moyen indispensable, mais aussi un élément fondamental pour la sécurité. Si le pilote ne respecte pas les paramètres de vol ou si l'entretien de la machine n'est pas effectué correctement, vous êtes exposé à des risques bien plus grands qu'en sautant. Naturellement, vous n'avez pas toujours la possibilité d'intervenir, vous devez faire confiance, mais quelques connaissances vous donneront un peu de sens critique.

Le pilotage ne doit pas être spectaculaire, particulièrement en parachutisme, car les avions volent toujours à pleine charge, en configuration de montée optimale.

Outil coûteux et indispensable à l'activité, il n'est pas un jouet. « S'amuser » avec celui-ci peut coûter cher à plusieurs titres. Que cela vienne du pilote (virages engagés juste après le décollage, évolutions près du sol ou du relief, descente en piqué le plus bas possible ou afin de suivre un parachutiste en chute, passages bas à grande vitesse, etc.) ou des parachutistes (accrochage et suspension sur des parties de l'avion en dehors des poignées ou barres de maintien prévues à cet effet), entraîne au mieux des détériorations et des frais conséquents, au pire la possible destruction de l'appareil ainsi que de tragiques dégâts humains.

En parachutage, le pilote doit décoller avec du carburant pour au moins 30 minutes de vol. Si une panne survient vers 3000 m de hauteur, vous sauterez et le pilote pourra probablement regagner le terrain et se poser sans dommages. Mais si elle survient au décollage, quelques litres de carburant manquants... les conséquences peuvent être très graves.

L'exploitant, école associative ou école commerciale, doit avoir comme priorité un souci permanent de recherche de solutions entraînant une sécurité active et passive lors des opérations aériennes de parachutisme.

Pour atteindre l'altitude permettant d'effectuer ses sauts, les parachutistes utilisent essentiellement l'avion, parfois l'hélicoptère, rarement le ballon à air chaud ou l'ULM.

Nous étudierons donc principalement l'avion avec ses deux caractéristiques principales :

- ✘ Solide dans son ensemble, les éléments le constituant sont, individuellement, fragiles du fait de l'optimisation des réductions de masse.
- ✘ Coûteux à l'achat mais aussi en maintenance (obligatoire, régulière et soignée). Le prix des pièces détachées par rapport à celui d'un véhicule automobile de transport de passagers de capacité comparable est multiplié par 10 à 100 et l'entretien par 30 à 100.

Dans ce chapitre, différents points sont abordés, de la description de l'avion à son utilisation et à son entretien. Ces connaissances ne sont pas indispensables pour pratiquer le parachutisme, mais elles le seront dès lors que vous prendrez des responsabilités, que ce soit à titre professionnel ou bénévole, même ponctuellement, et elles compléteront votre culture aéronautique.

GÉNÉRALITÉS

DÉFINITION

Un aéronef est un engin capable de s'élever et de se déplacer dans les airs (dans l'atmosphère).

En fonction de leur moyen de sustentation, on distingue principalement deux catégories d'aéronefs :

- ✘ Les aérostats qui utilisent une force statique (ballons à air chaud, dirigeables, etc.) ;
- ✘ Les aérodynes qui produisent une force (aéro) dynamique afin d'équilibrer leur poids (avions, hélicoptères, ULM, etc.).

Ils sont souvent désignés respectivement par « plus légers » ou « plus lourds » que l'air.

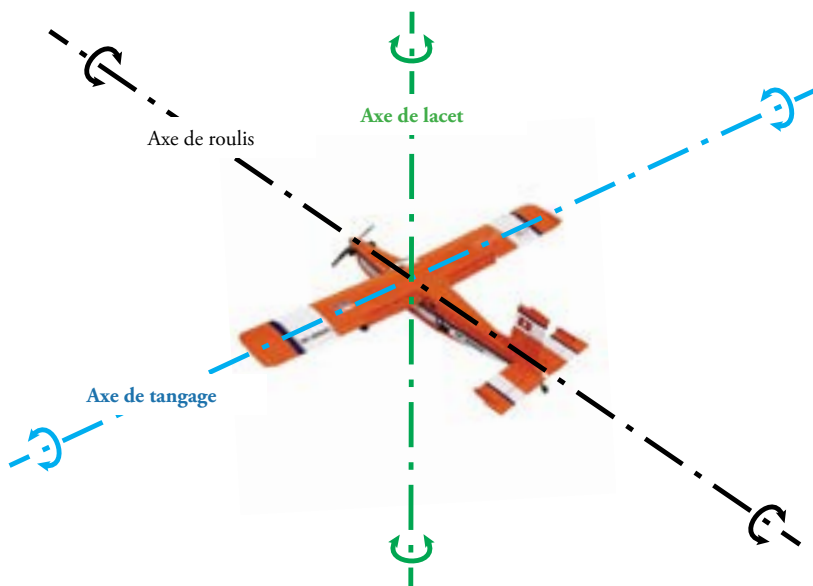
Un parachutiste en chute n'est pas assimilé à un aéronef. Par contre, dès qu'il est sous son parachute, il devient un pilote d'aéronef.

REPÉRAGES

L'avion évolue dans la masse d'air qui l'entoure. Il peut monter, descendre, virer à droite, à gauche ou combiner certaines de ces manœuvres.

Pour nous repérer, nous avons l'habitude de prendre deux référentiels :

- 1) le premier, associé à la terre, qui nous permettra de dire si l'avion monte, descend, tourne ;
- 2) le second, associé à l'avion, nous permettra de dire comment il évolue par rapport à son centre de gravité. Ce repère comprend trois axes :
 - ✘ l'axe de **roulis**, longitudinal, passant par le nez et la queue de l'avion ;
 - ✘ l'axe de **tangage**, latéral, passant par les ailes ;
 - ✘ l'axe de **lacet**, perpendiculaire aux deux autres.



DESCRIPTION

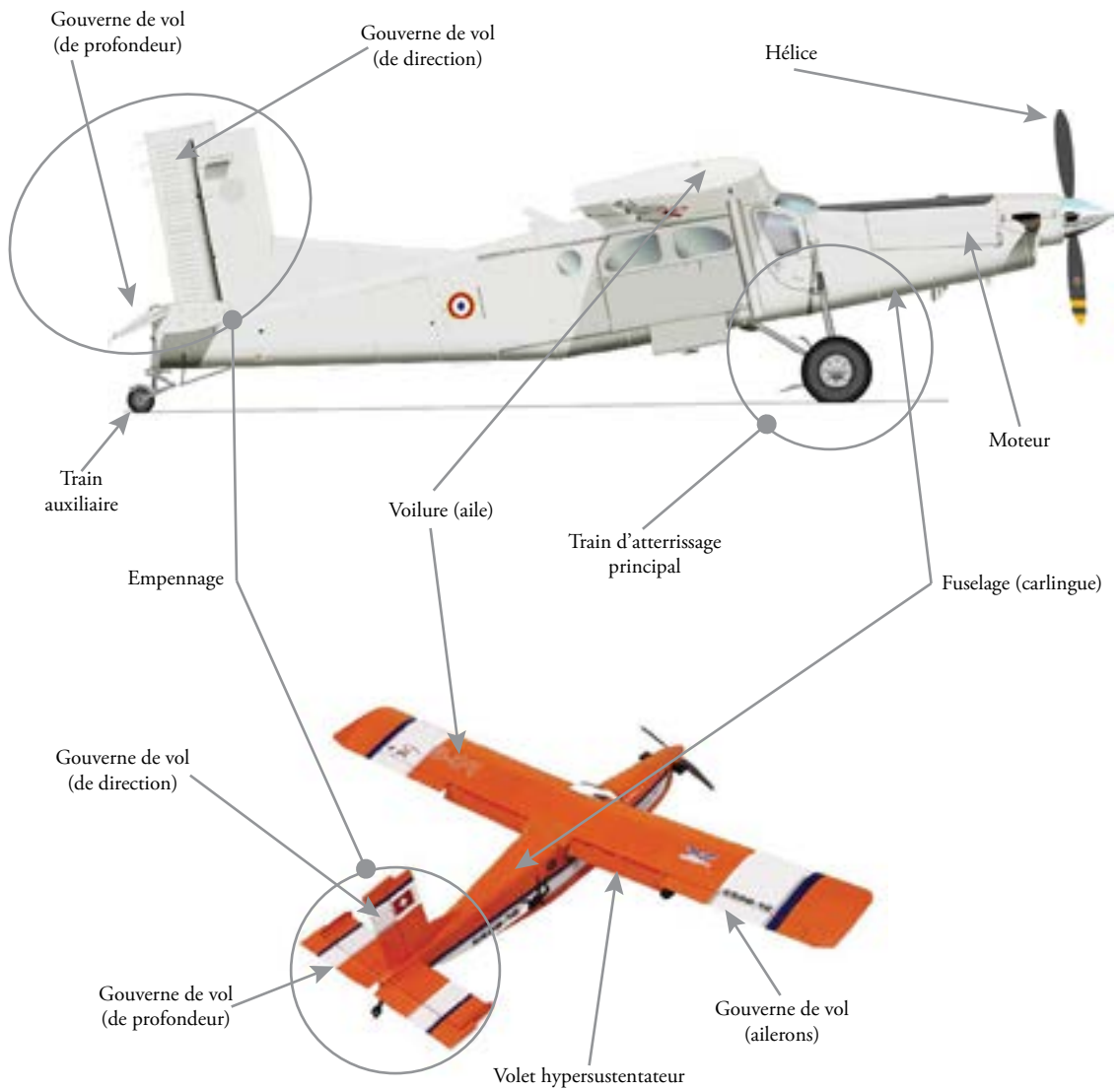
L'avion est composé de deux grandes parties :

- ✕ la cellule ;
- ✕ le(s) moteur(s).

On adjoindra les équipements tels que : hélice, instruments, radios, etc.

La cellule comporte :

- ✕ le fuselage (la carlingue) ;
- ✕ la voilure (les ailes) ;
- ✕ l'empennage ;
- ✕ le train d'atterrissage ;
- ✕ les gouvernes de vol.



LA CELLULE

La cellule (ou carlingue) permet de charger fret ou passagers ou les deux.

En parachutisme, elle doit être adaptée à l'activité. Les sièges passagers sont enlevés et généralement remplacés, sauf pour les très petits avions, par une ou plusieurs banquettes.

Le transport de personnes doit se faire sur des sièges certifiés et la retenue est faite aux moyens de ceintures elles aussi certifiées. Pour le transport de parachutistes, les sièges certifiés ne sont pas obligatoires et des systèmes de retenue adaptés sont acceptables (ils doivent permettre de diminuer les dégâts en cas de crash mais aussi en cas de décélération brutale).

LES AILES

Les ailes sont jointes à la cellule à l'emplanture.

On distingue :

- ✕ les ailes basses ;



PIPER PA32 « Cherokee Six »



PACIFIC AEROSPACE PAC 750 XL

- ✕ les ailes hautes.



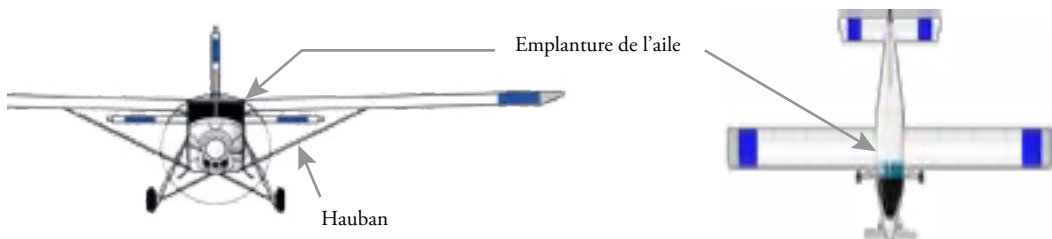
PILATUS PC6 « Porter »



CESSNA C208 « Caravan »

Dans cette définition, les ailes sont généralement « haubanées ».

Le **hauban** est une barre (ou un câble) qui sert à maintenir la position et/ou la forme de la voilure (l'aile). Il répartit les efforts supportés par la voilure et ses liaisons avec le fuselage (l'emplanture).

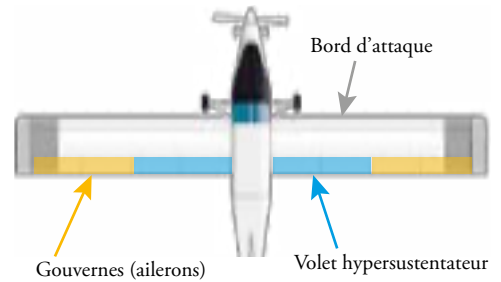


À l'arrière de l'aile, on trouve les gouvernes (ailerons) et les dispositifs hypersustentateurs appelés couramment « volets ».

À l'avant de l'aile se trouve le bord d'attaque.

Les réservoirs de carburant sont la plupart du temps situés dans les ailes.

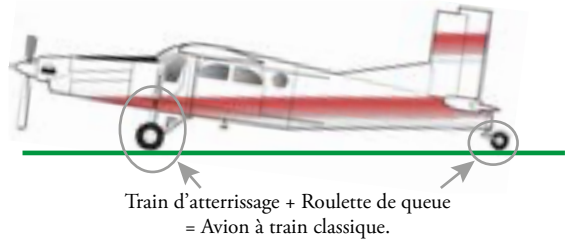
⚠ Les ailes, les haubans, les volets ne sont pas prévus pour que l'on monte, s'accroche, se couche, se pendre après.



LE TRAIN D'ATERRISSAGE

L'avion repose sur un train d'atterrissage. Il comprend :

- 1) un train principal situé sensiblement au milieu de la cellule, à l'arrière (train tricycle) ou à l'avant (train classique) du centre de gravité ;
- 2) une « roulette » :
 - ✗ **de nez**, placée à l'avant comme sur le « Caravan » ou le « Twin Otter » et on parlera d'un **avion à train tricycle** ; ou
 - ✗ **de queue**, placée à l'arrière, comme sur le Pilatus « Porter » ou le Cessna 185 auquel cas on parlera d'un **avion à train classique**.



Pour diriger l'avion au sol (au roulage), suivant le modèle :

- ✗ soit on agit directement sur la roulette au moyen des pédales du palonnier ou d'une commande à main ;
- ✗ soit on agit sur les freins du côté où l'on veut tourner et la roulette s'aligne.

Les trains principaux et auxiliaires sont équipés d'amortisseur.

⚠ L'ensemble est prévu pour amortir et résister efficacement aux chocs en compression (à l'atterrissage) mais il n'est pas conçu pour travailler en traction (étirement). Il n'est donc pas conçu pour supporter le poids d'un parachutiste.



L'EMPENNAGE

L'empennage est composé :

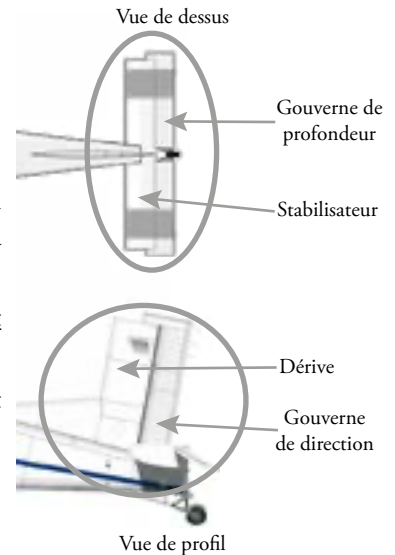
✗ d'un plan horizontal

On peut avoir, soit :

- un plan horizontal **fixe** (le stabilisateur) auquel cas on lui adjoindra une partie mobile : la gouverne de profondeur ;
- un plan horizontal **réglable** (le stabilisateur) et une partie mobile : la gouverne de profondeur ;
- un ensemble plan horizontal réglable servant aussi de gouverne de profondeur.

✗ d'un plan vertical composé de deux parties :

- une partie fixe : la dérive ;
- une partie mobile : la gouverne de direction.



Le plan horizontal contribue à la stabilité sur l'axe de tangage.

Le plan vertical contribue à la stabilité sur l'axe de lacet.

L'ensemble sert à équilibrer l'avion pour qu'il ait un vol rectiligne.

Plan horizontal réglable (PHR).

Le plan horizontal génère en vol une force aérodynamique dirigée vers le bas (sur tous les avions utilisés couramment en largage). Sur certains avions, comme le Pilatus, le plan horizontal est réglable afin de faire varier l'intensité de cette force, ceci dans le but de maintenir une assiette constante (à cabrer, neutre ou à piquer) sans que le pilote ait à fournir un effort trop important sur le manche.


On parle alors de « plan horizontal réglable » (PHR ou THS : trimmable horizontal stabilizer).

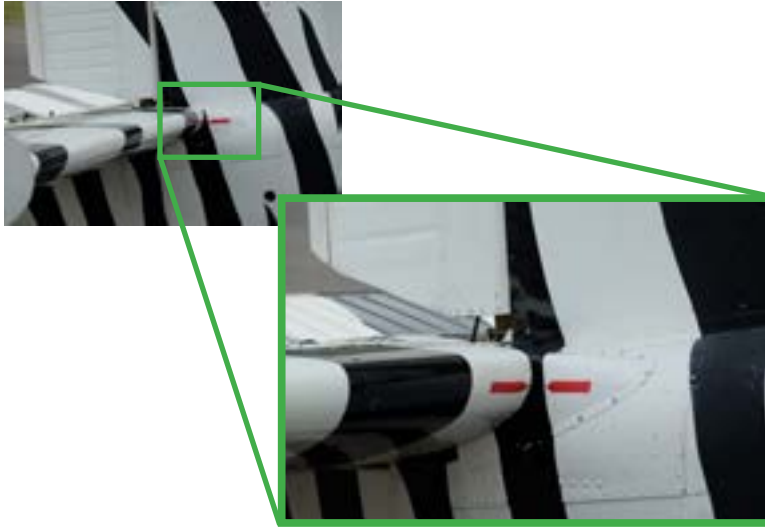
Le pilote doit le manœuvrer (le régler) pour qu'il soit dans une bonne position pour le décollage puis dans une autre pour la montée, puis pour la descente et enfin pour l'atterrissage. Il « trim le PHR » (Trim en anglais veut dire équilibrer).

Le réglage est très différent selon que l'avion se pose ou décolle. Sur tous les avions, un mauvais réglage du « trim » peut entraîner une perte de contrôle au décollage. Si l'avion redécollé sans que le pilote n'ait modifié le réglage qu'il avait lors de l'atterrissage, les conséquences peuvent être catastrophiques.

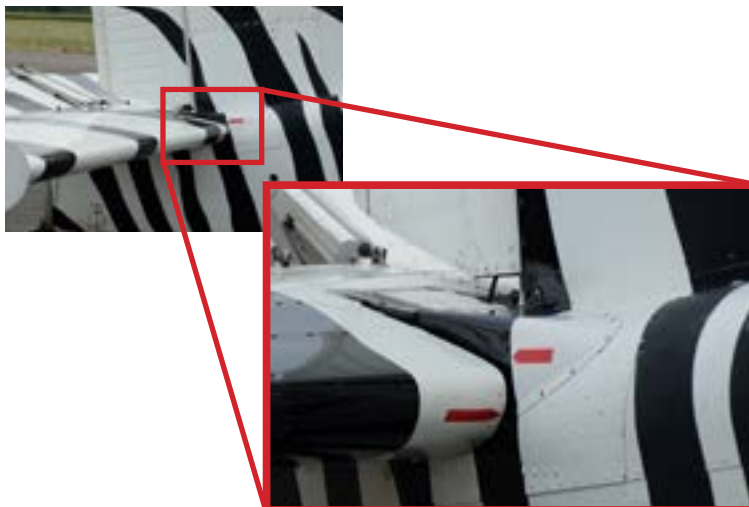
Très sensible à ce réglage, la plupart des Pilatus ont été équipés d'alarmes sonores. Celle-ci retentit si le PHR est mal réglé lors de la mise en puissance au moment du décollage. Cependant, il est fortement conseillé aux parachutistes de contrôler sa bonne position en l'observant avant d'embarquer.

Il doit être sensiblement aligné avec l'axe longitudinal de la carlingue. Parfois, un petit repère (étiquette autocollante) indique approximativement le réglage correct pour le décollage.

 En embarquant, si vous remarquez que le PHR est réglé à piquer, bord d'attaque franchement vers le bas, vous ne devez pas hésiter, même en cas de doute, à en informer le pilote avant le décollage.



PHR correctement réglé pour le décollage



PHR réglé pour l'atterrissage : ne pas décoller dans cette configuration!!

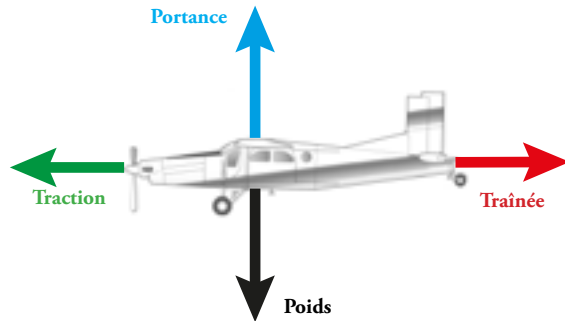
N.B.: Nous ne parlons ici que des cas où l'avion décolle avec des parachutistes à son bord, donc à pleine charge ou presque. Pour un décollage à vide, le réglage du PHR peut être différent.

L'ÉQUILIBRE DE L'AVION

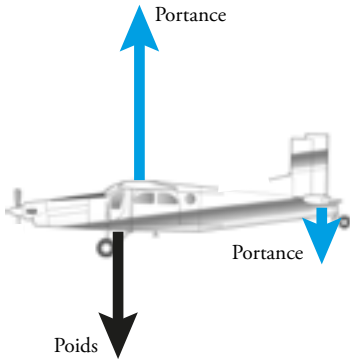
L'équilibre en vol horizontal à vitesse constante est obtenu lorsque la somme des forces appliquées à l'aéronef est nulle.

Portance = Poids

Trainée = Traction



En vol horizontal, les forces aérodynamiques exercées sur les ailes et sur le plan horizontal équilibrent le poids de l'avion et de son chargement.



Nous avons :

- ✗ le poids de l'avion et de la charge dirigés vers le bas ;
- ✗ les forces de portance s'exerçant sur les ailes, vers le haut ;
- ✗ les forces de portance s'exerçant sur le plan horizontal arrière, vers le bas.

Les forces vers le bas équilibrent celles vers le haut.

Le point d'application des forces aérodynamiques est le foyer*.

Le point d'application du poids est le centre de gravité.

* Le foyer d'une aile est le point fixe par rapport auquel le moment des forces de portance (et donc le coefficient de moment C_m) est constant quelle que soit l'incidence. Par rapport au bord d'attaque, et pour les profils subsoniques, le foyer se situe à une distance égale à environ $\frac{1}{4}$ de la longueur de la corde de profil. Enfin, il ne faut pas confondre le foyer et le centre de poussée.

Le centre de gravité n'est pas un point fixe (consommation de carburant, départ de parachutistes, déplacement à bord, etc.) et n'est donc pas toujours aligné avec le foyer. Il se crée alors un couple, plus ou moins important, entre les forces en présence. Il faut donc contrer ce déplacement (ce couple). La solution consiste à créer un couple de même intensité au niveau de la gouverne de profondeur et du plan horizontal réglable.

Il y a, cependant, une limite fixée par le débattement de ces gouvernes (butées aérodynamiques - décrochage). Le centre de gravité devant toujours se situer en avant du foyer pour des raisons de stabilité, il y a donc une limite à son déplacement. Il faut donc respecter un « centrage ».

Le **centrage** est la répartition des masses dans l'appareil (définition approximative).

	CENTRAGE AVANT	CENTRAGE ARRIÈRE
Stabilité	augmente	diminue
Manœuvrabilité	diminue	augmente
Traînée et Consommation	augmentent	diminuent



PENDANT LE LARGAGE

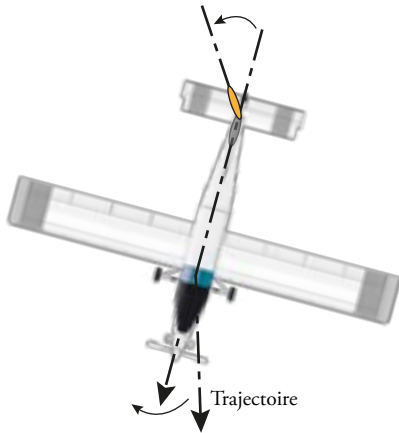
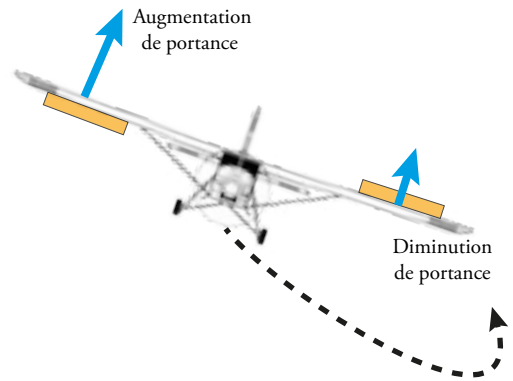
- ✗ Le pilote est confronté à de brusques variations de centrage au moment des sauts.
 - ✗ Les « flotteurs » dévient partiellement la gouverne de profondeur, qui perd de l'efficacité.
 - ✗ L'avion a tendance à perdre de la vitesse.
- ✗ Ne traînez pas à la porte.
 - ✗ Si l'avion décroche, vous risquez en sortant de heurter le plan horizontal, qui se trouve soudain plus bas.

LES GOUVERNES DE VOL

Les gouvernes de vol servent à diriger l'avion : les ailerons, la profondeur, la direction et, un peu à part, les volets.

LES AILERONS

Les ailerons situés en bout d'aile induisent la rotation de l'avion autour de l'axe de roulis. Le pilote l'actionne, par une action latérale sur le manche. Par exemple, quand l'avion est parallèle au sol, l'action sur le manche à gauche va lever l'aileron gauche et baisser l'aileron droit. L'aile gauche va descendre et l'aile droite monter : l'avion tourne à gauche (si la manœuvre est combinée avec la gouverne de direction).



LA GOUVERNE DE DIRECTION

La gouverne de direction, située sur l'empennage arrière, prolonge la dérive qui, elle, est fixe.

Elle engendre la rotation autour de l'axe de lacet.

Elle n'a pas tout à fait la même fonction que le gouvernail d'un bateau. Elle sert surtout à contrôler la symétrie du vol (en ligne droite et en virage) et à contrer un vent de travers au décollage ou à l'atterrissage.

Elle est actionnée au pied par le pilote au moyen du palonnier.

Pour effectuer un virage (un tour) autour de l'axe de lacet, une action sur la gouverne de direction est nécessaire mais pas suffisante. Le pilote devra effectuer conjointement une action latérale manuelle au manche (sur les ailerons) et du même côté au pied sur le palonnier.

LA GOUVERNE DE PROFONDEUR

La gouverne de profondeur, située à l'arrière, prolonge le plan horizontal et permet une rotation autour de l'axe de tangage.

Pour cabrer l'avion, le pilote tirera le manche vers lui. Pour faire piquer l'avion, le pilote poussera le manche vers le tableau de bord.



LES VOLETS

Parmi les dispositifs hypersustentateurs, nous retiendrons principalement les volets.



Le pilote les déploie, plus ou moins, en fonction de la longueur de la piste, de la masse totale et des performances de l'avion.

Ils augmentent la portance et la traînée de la voilure et réduisent les distances de décollage et d'atterrissage.

De même, ils améliorent la pente de montée initiale permettant de franchir des obstacles proches de l'extrémité de la piste.

N.B.: Certains avions qui nécessitent une longueur de piste importante pour pouvoir décoller (par exemple: Le Cessna Caravan) doivent dans certaines conditions (charge importante, piste courte, piste en herbe...) absolument déployer les volets, sous peine de ne pas réussir à décoller à temps.

LES MOTEURS

GÉNÉRALITÉS

Les moteurs sont du type à combustion interne et se répartissent en deux familles :

- ✗ Les moteurs à explosion à 4 temps produisant de l'énergie mécanique.

Une série de pistons, lors d'un déplacement alternatif au sein de cylindres, entraîne un vilebrequin relié à l'hélice.

- ✗ Les turbines à gaz de combustion générant, soit :
 - de l'énergie cinétique (turboréacteurs) ;
 - de l'énergie mécanique (turbopropulseurs).

LES MOTEURS À PISTONS

Les moteurs à pistons équipent surtout les petits avions du genre Cessna 182, 185, etc.

Ces moteurs utilisent la même technologie que les moteurs de véhicules automobiles où un piston va coulisser dans un cylindre suivant le principe du moteur à explosion à 4 temps.

Ils consomment une essence avion un peu plus raffinée que l'essence voiture. Ce carburant est cher et en voie de disparition, ce qui fait que les développements de ces dernières années se portent vers des moteurs à pistons fonctionnant au gazole ou son pendant aéronautique, le kérosène.

LES TURBOPROPULSEURS

Ils équipent les avions de taille moyenne. Ils nous sont familiers sur le Pilatus PC 6 « Porter » ou sur le Cessna 208 « Caravan ».

Leur structure interne se sépare en deux grandes parties :

- ✗ **Le générateur de gaz** est composé d'un compresseur (ensemble de plusieurs roues à aubes).

Il comprime l'air (comburant) et l'envoie dans une chambre de combustion où est injecté le carburant.

- ✗ **La partie motrice** (puissance) entraîne, d'une part le compresseur et, d'autre part l'hélice via un réducteur de vitesse de rotation.

Les gaz chauds, provenant du mélange comburant/carburant enflammé, traversent les roues à aubes de la partie motrice (puissance) dite aussi « partie chaude ».

Ils sont ensuite éjectés à l'extérieur par une ou plusieurs tuyères.

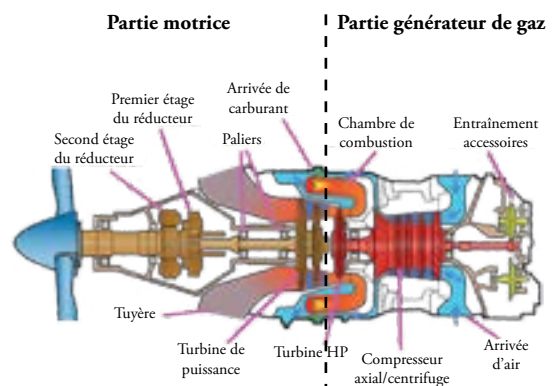


Schéma réalisé d'après un dessin de Pratt & Whitney Canada

Les turbopropulseurs fonctionnent au kérosène. Ils sont plus puissants à poids égal que les moteurs à pistons et sont moins sensibles aux différences de température. Ils sont, par contre, beaucoup plus coûteux à l'achat et à l'entretien.

Ils ont aussi des obligations de révision générale habituellement moins fréquentes (divisées par 2 ou 3 par rapport à un moteur à pistons pour le même temps de vol).

LES TURBORÉACTEURS

Ils équipent de gros avions que l'on utilise rarement en parachutisme sportif et de loisir : AN 72, B707, C17, C5, etc.

Ils fonctionnent suivant le même principe que les turbopropulseurs sauf pour la partie motrice qui n'entraîne que le compresseur puis éjecte ensuite les gaz chauds vers l'arrière.

Ce sont ces gaz éjectés à grande vitesse qui, par réaction, induisent la poussée vers l'avant.

LES COMMANDES DU MOTEUR

Sur les avions utilisés en parachutisme, on retrouve une disposition générale standardisée de ces commandes.

Elles sont au nombre de trois et toujours disposées entre la place pilote et copilote pour être accessibles par l'un ou l'autre.



On distingue :

1) La commande de puissance.

En avançant la manette, le pilote va demander plus de puissance au moteur, pour le décollage par exemple. En la reculant, il va réduire la puissance pour la descente ou lors du roulage.

2) La commande hélice.

Elle sert à régler la vitesse de rotation de l'hélice. Une fois réglée, cette vitesse sera régulée indépendamment de la puissance affichée.

3) La commande coupe carburant.

Elle permet, lors du démarrage ou de l'arrêt du moteur, d'ouvrir ou de fermer l'arrivée du carburant. Sur les moteurs à piston, elle remplit aussi la fonction de réglage de la richesse du mélange comburant/carburant en rapport avec l'altitude.

LES ÉQUIPEMENTS DE L'AÉRONEF

GÉNÉRALITÉS

Nous limiterons notre étude aux instruments, à l'avionique (équipements électriques et électroniques), à l'hélice et à ceux nécessaires aux largages de parachutistes.

Les instruments et l'avionique sont intégrés dans le tableau de bord.

Ils sont répartis en trois grands groupes :

- ✗ les instruments permettant de diriger l'avion ;
- ✗ les instruments pour la conduite et la surveillance du moteur ;
- ✗ les instruments radio et d'aides à la navigation aérienne.



1) Les instruments permettant de diriger l'avion.

Ils sont positionnés directement devant le pilote afin qu'il puisse, alternativement, les regarder et regarder dehors au travers du pare-brise.

2) Les instruments de conduite du moteur.

Ils sont généralement situés plutôt au centre et à droite du tableau de bord.

3) Le panneau « avionique ».

Il est généralement situé au centre du tableau de bord.

LES INSTRUMENTS PERMETTANT DE DIRIGER L'AVION

L'ANÉMOMÈTRE

On l'appelle aussi le « Badin » du nom de celui qui l'a inventé. C'est un des instruments qu'un parachutiste doit repérer.

Il indique la vitesse de l'avion par rapport à l'air dans lequel il circule.

On appelle cette vitesse VI (vitesse indiquée) ou IAS (indicated air speed) ou KIAS (knot indicated air speed). Mais attention ! Cette vitesse « air » est différente de la vitesse par rapport au sol du fait des vents et de l'écart entre les conditions locales et l'altitude pression standard, des erreurs de l'instrument et de la justesse de la chaîne anémométrique. En atmosphère standard, l'erreur est de l'ordre de 1 % tous les 600 ft (≈ 183 m).

Par exemple, sans vent, à 4000 m d'altitude, l'anémomètre indiquera 75 kt alors que vous êtes en réalité à ≈ 90 kt.

Le cadran indique généralement trois parties :

- ✗ L'arc vert où le vol est autorisé sans restriction de manœuvres ;
- ✗ L'arc jaune où le vol est autorisé hors turbulences et évolutions ;
- ✗ Le trait rouge qui marque la VNE (vitesse à ne pas dépasser).



Au-delà de cette vitesse, l'avion peut être soumis à du « flutter* » et se briser.

(***flutter** : phénomènes aéroélastiques avec une entrée en résonance des ailes et/ou des gouvernes de vol conduisant à la rupture de l'élément soumis au phénomène.)

L'ALTIMÈTRE

C'est un manomètre qui, via une capsule barométrique sensible à la pression statique, va indiquer au pilote, en fonction du calage choisi (voir chapitre altimétrie) :



✗ sa hauteur par rapport à l'aéroport ou à la zone d'atterrissage choisie ;

ou

✗ son altitude ;

ou

✗ son niveau de vol.

Le choix du calage de référence se fait au moyen d'une molette de réglage située sur la face avant de l'instrument.

Le cadran est gradué en pieds (ft) et très rarement en mètres (planeurs).

Cet instrument est régulièrement contrôlé et calibré. On peut donc lui faire confiance plus qu'aux altimètres que portent les parachutistes (attention cependant au type de calage choisi par le pilote).

LE VARIOMÈTRE

Non réglable, il indique la vitesse ascensionnelle en pieds par minute (ft/mn), parfois en mètres par seconde (planeurs).



LE COMPAS MAGNÉTIQUE



C'est une boussole.

Il est généralement positionné sur le tableau de bord, en son milieu. Il indique où est pointé le nez de l'avion, un cap magnétique qui n'est pas le vrai cap car il ne tient pas compte de la déclinaison magnétique.

On lui associe une table de compensation qui tient compte des erreurs instrumentales induites par l'avion. On les retiendra pour corriger et déterminer le cap magnétique.

Attention, si vous possédez un parachute muni d'aimant, et si vous êtes en position copilote, il se peut que vous influenciez cet instrument.

LE CONSERVATEUR DE CAP GYROSCOPIQUE.

Ajustable au sol, il permet au pilote de connaître le cap qu'il suit.

Ce cap sera différent de sa route (trace au sol) influencée par les vents.

À cause de la précession des gyroscopes, il doit être régulièrement recalé sur la base des indications du compas magnétique.

L'HORIZON ARTIFICIEL

Il est ajustable au sol et permet au pilote de connaître l'attitude (la situation dans l'espace) de l'avion lorsque les repères extérieurs disparaissent (nuit, nuage, etc.). Il permet de savoir si l'avion adopte une assiette à monter ou à piquer et une inclinaison à droite ou à gauche.



Il est séparé en deux parties :

- × bleu représentant le ciel ;
- × vert, marron ou noir représentant la terre.

Au centre de l'instrument, on trouve :

- × la « maquette » représentant l'avion ;
- × la limite entre bleu et marron représentant l'horizon.

Quand l'avion est en montée, l'horizon descend et la maquette est dans le bleu. Quand l'avion est en descente, l'horizon monte et la maquette est dans le marron. Quand l'avion s'incline d'un côté, l'horizon va s'incliner à l'opposé.

Avec de l'entraînement et une qualification spéciale (IFR : instrument flight rules, littéralement : règles de vol aux instruments), le pilote, sans repères extérieurs, ne se fie qu'à l'instrument.

Par contre, si le bleu est en-dessous du vert et que l'on marche sur le plafond de l'avion, il est temps, pour les parachutistes, de prendre des décisions...

LA BILLE ET L'INDICATEUR DE VIRAGE

On l'appelle aussi « bille aiguille ».

C'est un instrument non réglable.

Il permet de connaître :

- ✗ le taux de virage ;
- ✗ un éventuel dérapage de l'avion d'un côté ou de l'autre.

La maquette représentant l'avion permet de dire si l'avion a les ailes à plat.

Si la bille est à gauche, le vol n'est pas symétrique, cela veut dire que l'avion dérape ou glisse vers la gauche, et vice-versa.



LES ÉCRANS DIGITAUX



La tendance actuelle va vers l'intégration de tous ces instruments électro ou pneumo-mécaniques au sein d'écrans digitaux, soit au sein d'avions neufs, soit par le « rétrofit* » d'avions anciens.

Cet instrument regroupe, entre autre, sur le même écran :

- ✗ l'altimètre ;
- ✗ le variomètre ;
- ✗ l'anémomètre ;
- ✗ l'horizon artificiel ;
- ✗ le conservateur de cap.

Il remplace 5 instruments à lui seul.

***Rétrofit** : réaménagement en Français. Action de mise à niveau par un remplacement d'équipements découlant d'une technologie ancienne ou obsolète par des équipements modernes.

LES INSTRUMENTS DE CONDUITE DU MOTEUR

Ils sont généralement situés plutôt au centre (mais aussi à droite pour certains - exemple : jauges carburant) du tableau de bord et permettent d'obtenir des informations sur :

- ✗ la température interne du moteur ;
- ✗ le couple délivré ;
- ✗ la vitesse de rotation du générateur de gaz et de l'hélice ;
- ✗ la pression et la température d'huile.

Chaque instrument indique une limite à ne pas dépasser pour le paramètre mesuré. Il est totalement anormal qu'un pilote vole au-delà de ces limites.

Demandez au pilote de vous expliquer comment cela fonctionne. Attention, uniquement quand il a un moment tranquille et non en vol.



LES INSTRUMENTS RADIO ET DE NAVIGATION

GÉNÉRALITÉS

Le panneau « avionique » est généralement situé au centre du tableau de bord.

Nous nous attarderons principalement sur :

- ✗ les radios VHF ;
- ✗ les dispositifs de radio navigation.



LES RADIOS VHF

Les radios VHF permettent, en sélectionnant une fréquence « aéronautique », de communiquer avec les services de la navigation aérienne (partie gauche sur la photo ci-dessus).

La radio permet aussi d'afficher des fréquences de radio navigation (partie droite sur la photo ci-dessus).

Une fréquence (123,35 Mhz) est spécifiquement dédiée au parachutisme. Elle permet au directeur de séance de communiquer avec le pilote au sujet des opérations de largage.

La radio sol/avion n'est pas une CB ou un téléphone cellulaire. Son utilisation est réservée aux pilotes ou aux moniteurs formés et autorisés à son utilisation.

Les messages doivent être clairs, concis et en rapport avec l'activité. Pour la liste des courses du buffet du soir, préférez l'utilisation des SMS.

VOR – ILS - DME

Les dispositifs de radio navigation sont, soit intégrés aux postes radio VHF (VOR ou VOR/ILS), soit font l'objet d'un poste séparé (DME, ADF).

Ils permettent au pilote de connaître sa position par rapport à des balises terrestres lorsque le vol n'est pas possible en se repérant au sol.

Combinés à un indicateur au tableau de bord, cela permet, dans certaines conditions, de pouvoir effectuer une navigation aux instruments (IFR).

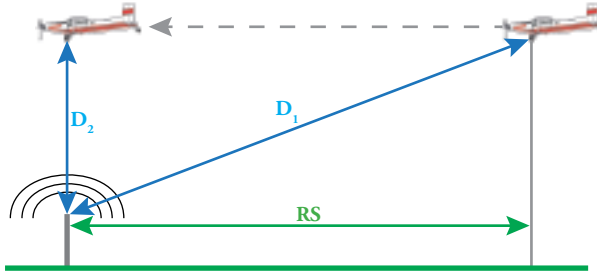
VOR (VHF Omnidirectional Range) : il permet de connaître une route par rapport à une station émettrice au sol (après affichage d'une fréquence de radio navigation). Il permet donc de prendre une direction passant par la station (en rapprochement ou en éloignement de celle-ci).

ILS (Instrument Landing System). Grâce à une station émettrice au sol, il permet de suivre une pente de descente jusqu'à l'entrée de la piste et de se présenter aligné sur celle-ci.



Indicateur VOR/ILS

DME (Distance Measuring Equipment) : il permet de connaître la distance (sur trajectoire) entre l'avion et une station émettrice au sol.



Cette distance (D_1) est la longueur de la trajectoire jusqu'à la balise et non la distance réelle au sol (RS). Quand l'avion est à la verticale de l'antenne d'émission, l'instrument à bord indique sa hauteur (D_2).

Associé à un VOR, cela permet de connaître la position exacte de l'avion :

- ✗ avec le VOR, vous avez la « radiale » de l'avion par rapport à la balise ;
- ✗ avec le DME, vous avez la distance.

LE TRANSPONDEUR

Il est aussi appelé « transpondeur radar ».

Un code à 4 chiffres est attribué par le service de la navigation aérienne. Le code privilégié pour les largages est 7070 mais il peut varier.



L'appareil (le transpondeur) est « interrogé » par un radar de la navigation aérienne et « répond » en donnant, entre autre, son code et son niveau de vol. Sur son écran, l'opérateur radar connaît alors la position « 3D » de l'avion et peut recommander ou exiger des manœuvres afin d'éviter des collisions.

Le transpondeur est un élément essentiel pour la sécurité.

LES ÉCRANS DIGITAUX

Comme pour les instruments de conduite du vol, un « rétrofit » existe aussi pour l'avionique. La tendance actuelle va au regroupement de tous les instruments sur un ou deux écrans digitaux avec possibilité pour le pilote de choisir les « pages » qui lui conviennent.

Sur cet écran, en plus des instruments de conduite du vol, nous trouvons aussi toutes les informations des VHF et du guidage aux instruments.

Pour mieux comprendre comment cela fonctionne, un jour de pluie, demandez au pilote. Cela fera passer le temps.



Si vous êtes intéressé par l'ensemble de la mécanique du vol de l'avion, rapprochez-vous du pilote ou consultez un manuel de formation au pilotage ou les publications que l'on trouve sur divers sites web.

L'HÉLICE

Pour la sécurité des largages, elle doit être positionnée à l'avant de l'appareil.

Elle est solidarisée à l'arbre moteur par un moyeu d'hélice sur lequel sont implantées les pales.

Elle se caractérise par :

- ✕ son diamètre (la longueur des pales et le moyeu) ;
- ✕ le nombre de pales ;
- ✕ la forme des pales (le profil aérodynamique) ;
- ✕ les matériaux de fabrication (bois, métal, composite) ;
- ✕ sa vitesse de rotation.

Ces éléments interagissent entre eux et déterminent les « performances » d'une hélice.

Le nombre de pales d'une hélice est variable en fonction du type d'aéronef et de l'objectif recherché (rendement, diminution du bruit, etc.) ; de deux au minimum (une seule pale ne tournerait pas longtemps !) à huit et parfois plus sur des hélices contrarotatives.



Les pales ont un profil d'aile (profil aérodynamique) permettant de créer une portance et donc une traction vers l'avant. Elles sont vrillées sur leur longueur et leur épaisseur va en diminuant : elles n'ont donc pas un profil constant sur toute leur longueur.

Les hélices d'avion généralement utilisées en parachutisme sont dites à « pas variable » et à « vitesse constante ». Le pilote, au moyen d'une commande d'hélice, va actionner le régulateur d'hélice et régler la vitesse de rotation de l'hélice la plus appropriée au moment du vol : décollage, montée, croisière, etc.

Le régulateur adaptera le pas en fonction essentiellement de la puissance appliquée et de la vitesse.

Deux positions particulières des pales sont à noter :

- ✕ Le « drapeau ». Les pales sont perpendiculaires au sens de rotation, utilisées au sol pendant la mise en route et l'arrêt du moteur ou en vol en cas de panne moteur pour diminuer la traînée des pales.
- ✕ La « Reverse », ou le pas devient négatif et l'hélice freine l'avion au lieu de le tracter. La Reverse est utilisée uniquement après que les 3 roues aient touché le sol lors de l'atterrissage pour diminuer la distance de roulage.

MASSE ET CENTRAGE

Le chargement d'un avion doit respecter deux limites importantes :

- ✗ la masse maximum ;
- ✗ le centrage.

MASSE MAXIMUM AU DÉCOLLAGE

Pour la respecter, il convient de la calculer en partant de l'avion vide, sans le carburant, mais avec les fluides (huile moteur, hydraulique, etc.). Le total permet de connaître la masse à vide et le centrage à vide.

Pour mesurer la masse à vide, on pose simplement l'avion sur ses roues sur des balances et on totalise le poids indiqué par chaque balance. On peut aussi le peser au moyen d'une grue équipée d'un peson.

Pour connaître le centrage à vide, il convient de se référer à un abaque propre à chaque avion.

La masse maximale au décollage est indiquée par le constructeur de l'avion et peut être différente de la masse maximale à l'atterrissage.

Par exemple, pour le Pilatus PC6 B2-H4 « Porter », la masse maximale au décollage est de 2800 kg (contre 2200 kg pour un B2-H2) et de 2660 kg seulement à l'atterrissage.

Pour ne pas dépasser la masse maximale au décollage, on additionnera les masses :

- ✗ de l'avion à vide ;
- ✗ du carburant ;
- ✗ des parachutistes équipés et du pilote.

L'ensemble ne devra pas dépasser la MTOW « maximum take off weight » (masse maximale au décollage).

F-DEMO	--- (stick n°1)	Altitudes	Nbr de para/Voiles
1 12 PAX	Date de validation : 01/01/2026 17:00	4000	12 pax (6 groupes / 10 voiles) WingSuit
	Pilote : Gilles Dubois		
	Encadrant à bord : Kevin Mansion 13 personnes à bord		

Masse aéronef + pilote équipé (Dry Operating Mass (DOM))	1795,0 kg	Heure de décollage et signature du pilote
Masse parachutistes équipés	976,0 kg	
Sous-total hors carburant (ZFW)	2771,0 kg	
Masse carburant au décollage	272,0 kg (344 L)	
Masse totale au décollage	3043 kg	
Masse maximale au décollage (MTOW)	3402 kg	

LE CENTRAGE

Le chargement d'un avion doit aussi respecter « un centrage ».

Le centrage est la répartition des masses dans l'appareil (définition approximative).

Nous avons vu que la force matérialisant le poids s'exerce vers le bas à partir du centre de gravité.

Nous comprendrons aisément qu'en fonction de la répartition des parachutistes (le chargement dans la soute), la position du centre de gravité liée à la répartition des forces (poids) va soit :

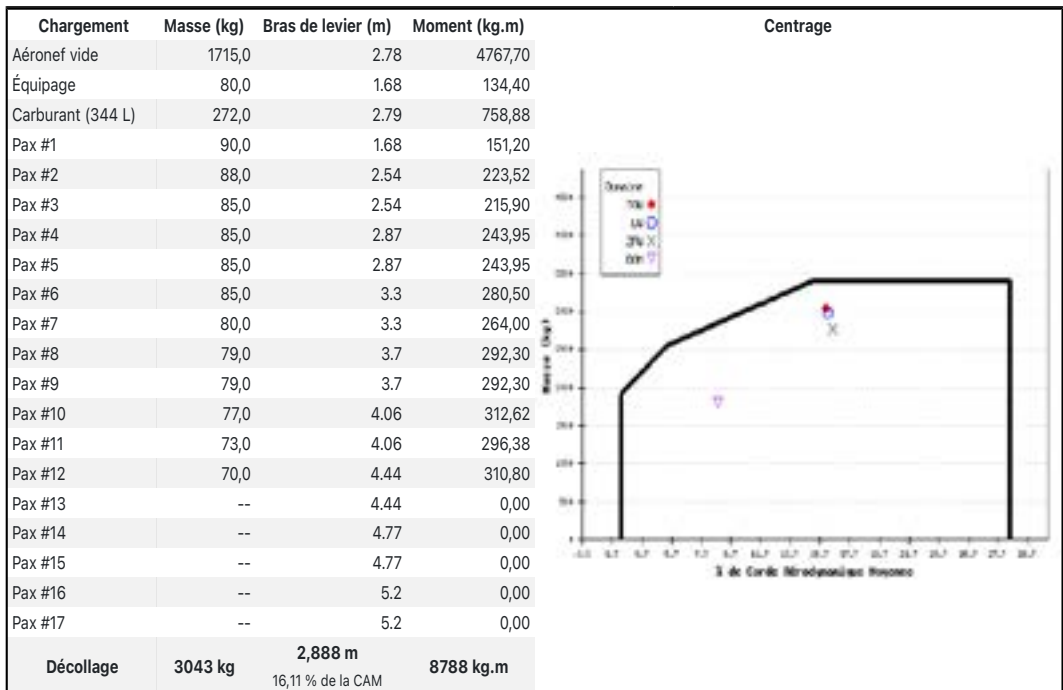
- ✘ reculer (si les « lourds » sont à l'arrière) ;
- ✘ avancer vers le cockpit s'ils prennent place à l'avant.

Deux limites existent : arrière et avant.

Plus on se rapproche de ces limites, plus l'avion devient difficile voire impossible à piloter.

Grâce à la fiche de pesée, le pilote peut définir si la masse et le centrage de l'avion sont dans les limites fixées. Le centrage est d'autant plus sensible dans les aéronefs disposant d'un espace important. Les parachutistes pourraient être amenés à se déplacer ou se placer au mauvais endroit et provoquer, entre autres, un décrochage (ex: Cessna Caravan, Casa...). La problématique existe également si un trop grand groupe se met en place à la porte de l'aéronef.

Le centrage est d'autant plus sensible dans les aéronefs disposant d'un espace important. Les parachutistes pourraient être amenés à se déplacer ou se placer au mauvais endroit et provoquer, entre autres, un décrochage (ex: Cessna Caravan, Casa...). La problématique existe également si un trop grand groupe se met en place à la porte de l'aéronef.



LE CARBURANT

C'est une attention majeure pour le pilote ! Sans carburant, inexorablement, l'avion va descendre.

ATTENTION À LA PANNE !

Transformer un vol motorisé en un vol plané n'est jamais une situation d'avenir !

- ✘ Une panne de carburant en arrivant à 4000 mètres ne posera pas beaucoup de problèmes aux parachutistes qui pourront sauter et se poser aisément.
- ✘ Une panne de carburant à 2000 mètres à 10 km du terrain de sauts posera de sévères problèmes à l'élève PAC lors de son premier saut.
- ✘ Une panne de carburant à 500 ft sol peut être catastrophique pour tout le monde.

Un atterrissage en campagne présentera toujours de forts risques de détériorer partiellement ou totalement l'avion et de blesser ou de tuer les occupants.

On pourrait croire que la panne de carburant est simple à éviter. Pourtant, l'histoire nous montre que cette défaillance existe et est récurrente, y compris en parachutisme.

En parachutisme, afin de ne pas alourdir inutilement l'avion et de respecter les limites de masse et de centrage, on ne fait jamais le « plein ». Pour ne pas se retrouver dans une situation critique ou catastrophique, le pilote calcule la quantité de carburant dont il a besoin pour effectuer les rotations prévues à une hauteur définie. Il ajoute une réserve minimum réglementaire ou opérationnelle (au minimum 30 minutes de vol à une altitude de croisière courante - cette réserve ne doit en aucun cas être entamée en opération normale). Le total lui donne la quantité de carburant à embarquer.

Les jauges des avions manquent souvent de précision et on ne peut se fier complètement aux indicateurs du tableau de bord (incertitude de 20 à 30 %).

Durant le vol, connaissant sa consommation (horaire ou par rotation), le pilote sait s'il peut continuer les vols ou s'arrêter pour compléter le plein. Si les rotations s'enchaînent comme prévu, le contrôle est facile. S'il y a de l'attente au sol, en vol ou si l'encadrement au sol modifie le nombre de vols prévus ou la hauteur de ces vols, la gestion du carburant se complique.

Prenons l'exemple du Pilatus « Porter ».

La base de calcul est de :

- ✘ 3 l/min (ou 180 l/h) en vol de largage avec une forte consommation en montée ;
- ✘ 1 l/min au sol.

(on peut aussi prendre 50 litres par rotation à 4000 mètres).

Certains moteurs de Pilatus « Porter » consomment un peu plus, d'autres moins. Il convient d'ajuster le calcul pour chacun.

- ✘ La réserve de carburant couramment admise en largage est de 70 litres.

Sur ces bases, le pilote embarquera 270 litres pour quatre rotations à 4000 mètres.

Nous voyons que si le pilote effectue un vol non prévu à 4000 mètres, il ne lui restera, à l'issue, que 20 litres, soit environ 6 à 7 mn de vol. En cas d'attente en vol, la situation peut très vite devenir critique.

La gestion en vol du carburant est de la responsabilité du pilote mais ce doit être aussi une préoccupation pour l'encadrement au sol qui ne devra pas hésiter à arrêter les vols si un doute s'installe sur la faisabilité d'une rotation ou non.

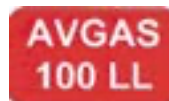
En cas de panne carburant, l'avion planera. A titre d'exemple, la finesse du Pilatus est d'environ 15 et celle du Caravan d'environ 10.

LES TYPES DE CARBURANTS

Les carburants couramment utilisés en parachutisme sont :

- ✗ soit de l'essence avion, communément appelée : **AVGAS 100 LL**.

C'est un carburant semblable à l'essence voiture, un peu plus performant et de couleur bleu pâle.



L'AVGAS 100 LL (100 est l'indice d'octane. « LL » est l'abréviation de « Low Lead » - basse teneur en plomb) est identifiée dans les stations de distribution des aérodromes par son étiquette en lettres blanches sur fond rouge. Les pistolets de distribution sont peints en rouge. Ces identifications voyantes sont destinées à éviter tout risque de confusion avec le JETA1.

- ✗ soit du kérosène, communément appelé : **JETA1**.

C'est un carburant ressemblant au gazole, un peu plus raffiné et de couleur légèrement jaune clair.



Il est identifié dans les stations de distribution des aérodromes par son étiquette en lettres blanches sur fond noir.

Certains moteurs turbopropulseurs, comme ceux du Pilatus « Porter », peuvent fonctionner ponctuellement à l'essence avion (AVGAS) mais aucun moteur à pistons prévu pour l'essence avion ne peut fonctionner au JETA1.

À noter que de nouvelles générations de moteurs à pistons fonctionnent avec plus ou moins de réussite au JETA1.

MESURER LA QUANTITÉ DE CARBURANT

Il existe plusieurs unités pour comptabiliser le carburant :

- ✗ **en litres.**

C'est la plus facile car nous sommes habitués à cette unité pour effectuer le plein de nos véhicules automobiles.

- ✗ **En gallons US.** 1 gallon US = 3,785 litres.
- ✗ **En livres.** Une livre est équivalente à 0,454 kg. Ce mode de mesure n'est jamais utilisé en parachutisme, sauf sur de très gros avions que l'on ne rencontre jamais sur nos écoles.

L'AVITAILLEMENT

L'avitaillement (quantité et type de carburant) est de la responsabilité du pilote.

Parfois sujet à un besoin physiologique personnel d'évacuation ou de complément, le pilote peut déléguer cette tâche à une tierce personne formée à l'exercice.

Si l'on vous demande de faire le plein (de l'avion) et que vous ne l'avez jamais fait, refusez !

Si vous avez été formé, assurez-vous de bien avoir compris ce que veut le pilote. Certains vont vous parler en litres, d'autres en gallons.

Certains vont vous indiquer la quantité complémentaire souhaitée et d'autres vous donneront la quantité totale à embarquer, y compris ce qui reste dans les réservoirs.

Certains vous demanderont de refermer les bouchons de réservoir, d'autres non (afin de jauger eux-mêmes les réservoirs, à l'aide d'une jauge située bien souvent à l'avant de l'avion).

Si la physiologie du pilote est urgemment prioritaire sur la clarté de la commande, vous risquez d'avoir une demande confuse ou parcellaire. Si vous n'êtes pas sûr d'avoir bien compris, attendez d'avoir des instructions complémentaires.

Enfin, quand vous avez terminé, rapportez précisément au pilote ce que vous avez fait.

LES DOCUMENTS DE L'AVION

Comme tout véhicule, l'avion est muni de documents. Ils sont définis par la réglementation européenne dite « AIR OPS ».

Les documents doivent être à bord de l'avion lorsque celui-ci vole mais pour les opérations de parachutage, il est autorisé de ne pas tous les emporter.

On recense principalement :

- ✗ le manuel de vol qui définit comment utiliser l'avion ;
- ✗ le certificat d'immatriculation sur lequel est porté le nom du propriétaire de l'avion ;
- ✗ le certificat de navigabilité (CDN) qui atteste de la possibilité de vol de l'avion ;
- ✗ le certificat acoustique le cas échéant ;
- ✗ la licence radio ;
- ✗ le certificat d'assurance ;
- ✗ le carnet de route sur lequel sont notés les vols (date, heure, lieu, pilote, temps de vol, etc.) ;
- ✗ le compte rendu matériel de l'aéronef (concerne la maintenance) ;
- ✗ les cartes aéronautiques pour les zones survolées et les déroutements éventuels ;
- ✗ les procédures et informations sur les signaux visuels en cas d'intervention d'un aéronef (militaire) intercepteur ;
- ✗ les parties du manuel d'exploitation concernant les opérations en cours, (pour les associations, il s'agit de la LME – liste d'équipements minimum) ;
- ✗ la fiche de pesée ;
- ✗ les manifests des marchandises transportées ;

Lors d'un contrôle des autorités, ne pas être en possession d'un ou des documents est une infraction et peut entraîner la mise à terre de l'avion.

ENTRETIEN DES AÉRONEFS

Certains des aéronefs que nous utilisons ont parfois plus de cinquante ans depuis leur fabrication initiale.

Il est légitime de se demander comment il est encore possible de les utiliser et si on peut avoir confiance. La réponse se trouve dans deux grandes notions :

- ✗ L'entretien régulier ;
- ✗ les potentiels (durée de vie) des éléments de l'aéronef.

ENTRETIEN ET SUIVI DE NAVIGABILITÉ

Le suivi de navigabilité est l'opération consistant à surveiller que toutes les opérations d'entretien requises sont bien effectuées.

La responsabilité de l'entretien incombe au propriétaire ou à l'exploitant de l'aéronef. Pour autant, cela ne veut pas dire que c'est à cet exploitant d'effectuer lui-même les opérations d'entretien.

En parachutisme, les exploitants délèguent l'entretien et le suivi de la navigabilité de leurs avions à des ateliers spécialisés.

Ces ateliers doivent avoir un agrément d'entretien délivré par l'EASA (European Aviation Safety Agency ; en Français : agence européenne de la sécurité aérienne).

La réglementation de référence est le PART 145 définissant comment ces ateliers doivent satisfaire à des standards en matière :

- ✗ de personnels ;
- ✗ d'infrastructures ;
- ✗ de moyens matériels (documentations, outillages, etc.).

Ces moyens permettent d'effectuer les opérations correspondantes à l'agrément délivré.

Le PART 145 doit être complété de la partie G permettant le suivi de la navigabilité.

Les personnels (mécaniciens) doivent posséder une licence délivrée par l'EASA. Elle les autorise à effectuer les opérations d'entretien correspondantes à la formation qu'ils ont reçue. La réglementation est le PART 66.

Le tout est régulièrement contrôlé :

- 1) lors d'audits internes à l'entreprise, dans un premier temps ;
- 2) puis par un organisme indépendant de l'atelier d'entretien et habilité par la DGAC.

La DGAC (Direction Générale de l'Aviation Civile) est l'autorité nationale en charge de l'application de la réglementation concernant les aéronefs.

S'il est noté des écarts mettant en jeu la qualité de l'entretien ou la sécurité, l'atelier est tenu de les corriger dans des délais dépendant de la nature de ces écarts.

L'entretien se fait lors de visites de contrôle définies dans un programme, généralement élaboré par le constructeur de l'avion.

Typiquement, pour nos avions largueurs, ce sera des visites :

- ✘ toutes les 50 ou 100 heures de vol (seules certaines parties de l'avion sont contrôlées) ;
- ✘ tous les ans (le contrôle sera approfondi) ;

Lors des « grandes visites » (l'avion sera totalement démonté, tous les éléments seront inspectés, réparés ou changés si besoin, puis remontés).

POTENTIELS ET DURÉE DE VIE

Suivant sa nature, chaque partie d'un avion a un potentiel ou une durée de vie particulière.

Un **potentiel** :

- ✘ il définit des durées d'utilisation entre deux révisions ;
- ✘ il peut s'exprimer :
 - en heures de vol ;
 - en mois ;
 - en années.

Une **durée de vie** :

- ✘ implique la mise au rebut de l'élément lorsque l'échéance est atteinte ;
- ✘ comme le potentiel, il peut s'exprimer :
 - en années ;
 - en mois ;
 - en heures de vol ;
 - en cycles.

Un **cycle** comprend : une mise en route + un décollage + un atterrissage + un arrêt moteur.

Pour les avions largueurs qui enchaînent les décollages sans arrêter le moteur, des calculs spécifiques sont appliqués aux éléments à cycle.

Éléments sans durée de vie.

Si l'élément considéré n'a pas de durée de vie définie, il doit être régulièrement inspecté. Suivant son état constaté lors des visites d'entretien, l'atelier juge s'il est apte ou non à poursuivre les vols.

Exemple :

- ✘ sur le Pilatus « Porter », les ailes n'ont pas de durée de vie. Tant qu'elles sont jugées en état satisfaisant, l'avion peut continuer à voler.

Durée de vie calendaire.

L'élément considéré a une butée de vie en mois ou en années.

Exemples :

- ✘ Les canalisations d'huile du Pilatus « Porter » ont une durée de vie de 10 ans.
- ✘ Les boulons d'attache du PHR (plan horizontal réglable) ont une durée de vie de 14 ans.

Durée de vie horaire.

L'élément considéré a une butée en heures de vol.

Exemples :

- ✘ Les silentblocs supports moteur du Pilatus « Porter », ont un potentiel de 5000 heures de vol. À l'issue, ils sont rebutés.
- ✘ Les supports de radiateur d'huile du « Porter », servant à le fixer sur la carlingue, ont une durée de vie de 3500 heures. À l'issue, ils sont rebutés.

Durée de vie en cycles.

Cela concerne principalement les moteurs.

L'élément considéré a une butée dépendant du nombre de cycles (un cycle comprend : une mise en route + un décollage + un atterrissage + un arrêt moteur).

Exemple :

- ✘ le disque de puissance du moteur Pratt & Whitney PT6 A34 équipant le PAC 750 XL a une durée de vie de 20 000 cycles. Lorsque tous les cycles sont consommés, le moteur doit être démonté pour changer ce disque qui sera rebuté.

Cumul.

Parfois, certains éléments sont soumis à plusieurs contraintes. Ils peuvent, par exemple, cumuler des durées de vie en heures et en cycles. La plus pénalisante sera alors appliquée. Ces contraintes sont susceptibles d'être modifiées par le constructeur.

Exemple :

- ✘ le moteur Pratt & Whitney A-42 équipant le CESSNA 208 « Caravan » peut effectuer 3600 heures de vol avant révision mais les disques internes ont des limites de cycles s'échelonnant de 10 000 à 20 000 cycles.

En parachutisme, il n'est pas rare de devoir déposer et réviser des moteurs qui ont consommé tous leurs cycles avant que les heures soient échues.

C'est, entre autres, pour cette raison que l'on évite souvent de décoller pour n'effectuer qu'un seul largage.

REMARQUE

Le pratiquant peut se contenter d'une connaissance superficielle de ces contraintes mais l'exploitant voulant investir dans un avion a tout intérêt, soit à maîtriser parfaitement ces notions, soit à s'entourer d'un spécialiste.

Ne pas le faire :

- ✘ expose à des surprises fort coûteuses lors des visites échelonnées ;
- ✘ aura une incidence non négligeable sur le coût du saut ;
- ✘ peut éventuellement risquer de mettre en péril la viabilité de la structure.

MATÉRIEL DE SAUTS

Le harnais	234	La FXC 12000.....	247
Généralités	234	Généralités	247
Le harnais.....	235	Description	247
Le harnais articulé	236	Principe de fonctionnement	248
Les types de conteneur	237	Principe du fonctionnement vario-barométrique de la FXC 12000	249
Principe général de fermeture des conteneurs de secours	238	Principaux critères de déclenchement	250
		Performances barométriques.....	250
Les systèmes d'ouverture manuelle.....	239	Réglage de la hauteur de déclenchement.....	250
Le "hand deploy"	239	Quand faut-il « couper » la FXC 12000 ?	251
Le pull out	240	Précautions d'utilisation	251
Poignée avec extracteur à ressort	241	Quelques autres caractéristiques	251
Les systèmes de rétraction de l'extracteur	242	Les déclencheurs pyrotechniques	253
Les rétractions à élastique	242	Avertissement	253
Rétraction à suspente coulissante.....	243	Généralités	253
		Le boîtier de COMMANDE.....	254
Les déclencheurs de sécurité	245	Le boîtier de CONTRÔLE	255
Généralités	245	Le sectionneur	256
Principe de fonctionnement	245	Entretien et durée de vie.....	257
Limites d'utilisation.....	245	Le Cypres 2	258
		Généralités	258
		Les modèles.....	258
		Principaux critères de déclenchement	259
		Quelques autres caractéristiques	260

Le Vigil	262	Caractéristiques d'une voile	279
Généralités	262	Les angles caractéristiques.....	279
Les modèles.....	262	La « forme ».....	279
Principaux critères de déclenchement	263	L'épaisseur	280
Quelques autres caractéristiques du Vigil Cuatro	264	La surface	280
		La forme.....	280
Les systèmes de sécurité « passifs »	266	L'allongement.....	280
Généralités	266	Les voiles à caissons croisés	281
Le L.O.R.....	266	Les stabilisateurs.....	283
Le RSL.....	267		
Le Stevens	267	La voilure de secours.....	284
Les MARD.....	268		
Les systèmes de débrayage	269	Les connexions voilure - élévateurs	286
		Le maillon rapide	286
Le système trois anneaux.....	270	Les connexions « souples ».....	287
Généralités	270	Les manchons de protection	288
Fonctionnement.....	271		
Contrôle et entretien	272	Les suspentes	290
Mauvais montages du système trois anneaux	273	Généralités	290
Les élévateurs du parachute principal.....	274	Caractéristiques	290
		Matériaux utilisés	290
L'ouverture de la voilure principale.....	275	Répartition des suspentes.....	292
		Montage avec pattes d'oie.....	293
La voilure principale	276	Montage avec suspentes directes	293
Le glisseur	277	Les commandes de manœuvre.....	294
		Entretien et facteurs d'usure	295

LE HARNAIS

GÉNÉRALITÉS

Le harnais est un arrangement de sangles conçu pour épouser la forme du corps et distribuer les forces de manière égale lors de l'ouverture et de la descente sous voileure.

Le harnais assure le maintien du parachutiste en suspension sous la voileure. Il encaisse et répartit l'effort à l'ouverture grâce à des sangles de type 7 et de type 8 qui sont les plus couramment employées.

Pour la fabrication d'un harnais, les constructeurs utilisent des sangles de différentes résistances, soit avec une sangle simple, soit avec une sangle double. On rencontre souvent les montages suivants :

Sangles principales doublées : une sangle type 7 + une sangle type 8 ou deux sangles type 7 doublées ou type 8 assemblées.

La conception d'un harnais traditionnel comprend deux sangles principales qui se prolongent à l'avant par deux sangles cuissardes et à l'arrière par les sangles dorsales ainsi que des sangles secondaires.

Ces sangles concernent les cuisses (sangles cuissardes), le dos (sangles diagonales dorsales et sangle lombaire) et la sangle de poitrine.

La sangle de poitrine interdit le basculement par l'avant. Une sangle dorsale transversale interdit le basculement par l'arrière.

Sur un harnais traditionnel, la sangle principale est en une seule pièce. Elle se prolonge généralement à une extrémité par l'élévateur avant de la voile de secours, à l'autre par la sangle cuissarde.

Le harnais doit, entre autre, répondre aux critères suivants (source : «The Parachute Manual», Vol I, 1984, par Dan Poynter) :

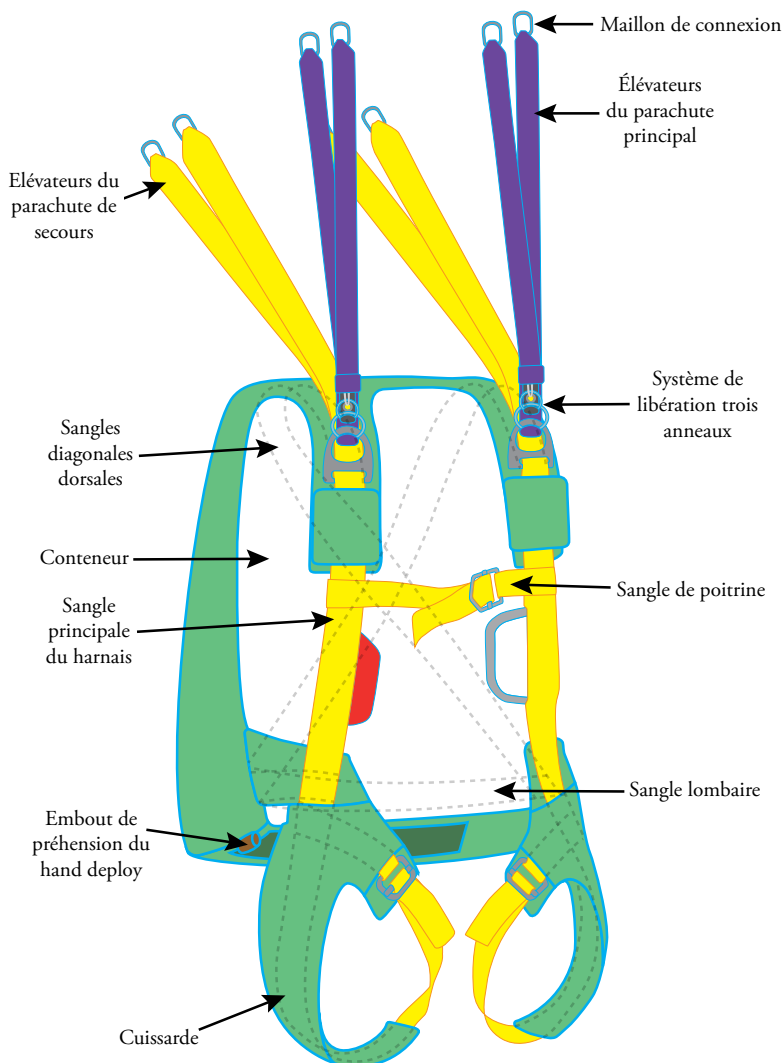
- ✘ les ajustements peuvent être faits par l'utilisateur pendant qu'il est assis ou debout ;
- ✘ le harnais est conçu avec un facteur de sécurité de 1,5 minimum ;
- ✘ le harnais doit retenir le corps en toute sécurité ;
- ✘ le harnais, les élévateurs et les équipements rattachés ne doivent pas gêner la vision et le mouvement ;
- ✘ les libérateurs d'élévateurs doivent être de 2,5 à 5 cm en-dessous de l'os de la clavicule du parachutiste ;
- ✘ aucune sangle ne doit avoir un cheminement qui puisse interférer avec une poignée ;
- ✘ le parachutiste doit être capable de sortir du harnais avec une seule main ;
- ✘ les épaules ne doivent pas glisser à travers le harnais ;
- ✘ le parachutiste ne tombera pas par l'arrière du harnais même quand les genoux se rapprochent de la poitrine ;
- ✘ le harnais doit s'adapter à toute personne mesurant entre 1,57 m et 1,98 m de hauteur et peser entre 50 kilos et 113 kilos ;
- ✘ le harnais doit être confortable à porter et à utiliser ;

- ✗ il ne doit pas y avoir de boucle majeure ou saillie qui puissent être susceptibles d'être accrochées par une porte d'avion, une charnière, etc.
- ✗ aucune partie métallique ne doit reposer directement contre le dos du parachutiste ;
- ✗ aucune partie métallique ne doit entrer en contact avec la tête du parachutiste pendant l'ouverture ;
- ✗ etc.

LE HARNAIS

Les harnais sont généralement construits de telle manière que la sangle principale se compose des éleveurs de secours avant et arrière qui sont solidaires au système 3 anneaux par une couture de 5 épaisseurs de sangles qui relie également la sangle arrière à l'ensemble.

Cette même sangle principale descend pour former les cuissardes. Les sangles latérales dorsales y sont jointes.



Les harnais actuels ne sont pas séparables des conteneurs, d'où l'appellation sac-harnais.

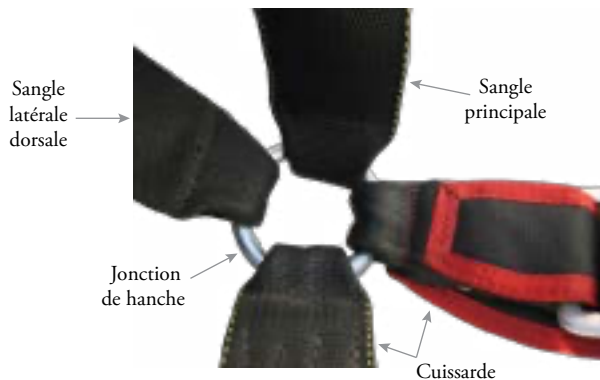
LE HARNAIS ARTICULÉ

Sur de nombreux modèles, des anneaux permettent d'articuler les différentes parties du harnais et d'obtenir un meilleur confort d'utilisation au sol et en chute.

Ce type de fabrication ajoute des coutures mais permet à celles-ci de travailler dans l'axe ce qui augmente leur résistance.

Dans son concept originel, le harnais articulé a été conçu avec un jeu de sangles droite et gauche totalement séparées, incluant des sangles principales supérieures et inférieures ainsi que des sangles arrières dorsales non croisées dans le dossier.

Ce concept permet plus de flexibilité, plus de liberté de mouvement et une meilleure flexion du buste pour l'utilisateur car la flexibilité du harnais est assurée dans tous les sens de torsion.



L'inconvénient est qu'en cas de sévère rotation, l'application des forces sur le harnais articulé peut déformer celui-ci au point de modifier l'emplacement des poignées de libération et de secours.

Les harnais articulés ont un autre point faible. Il s'agit de la liberté de mouvement des cuissardes lorsque le parachutiste est en position assise qui peut provoquer le glissement des sangles de cuissardes derrière les genoux. On pallie souvent ce problème en ajoutant un élastique inter-cuissardes.

LES TYPES DE CONTENEUR



Le sac est cousu sur le harnais et comprend deux parties :

- ✘ le conteneur de la voile de secours ;
- ✘ le conteneur de la voilure principale (au-dessous).

Chacun des conteneurs est constitué par différents rabats dont le nombre et la forme varient suivant la conception du sac.

Les conteneurs de secours ont 4, 5 ou 6 rabats de fermeture.

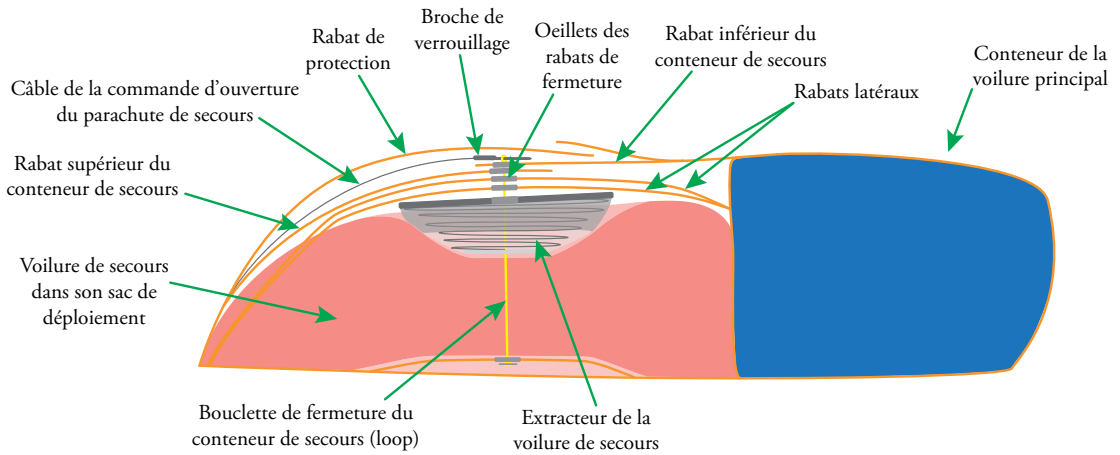
Les sacs à 5 ou 6 rabats de fermeture au total possèdent un ou deux rabats intermédiaires pour garantir le lancement de l'extracteur qui vient s'y appuyer. Une plaque de lancement en plastique est généralement cousue à l'intérieur du rabat inférieur (sur lequel repose l'extracteur) offrant ainsi une base solide.

La disposition des poignées est unifiée sur tous les harnais (à quelques exceptions près que nous ne traiterons pas ici) :

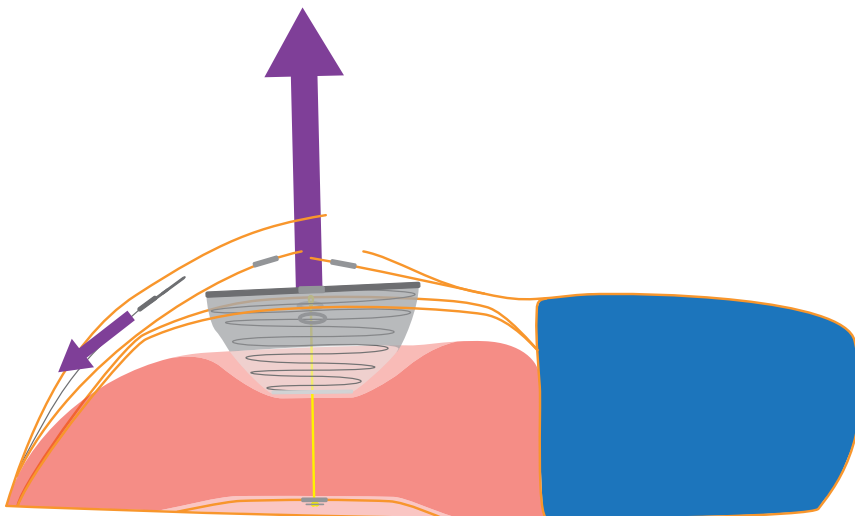
- ✘ la poignée de déclenchement d'ouverture du parachute principal est située à droite ;
- ✘ la poignée de libération de la voilure principale est située à droite ;
- ✘ la poignée de déclenchement d'ouverture du parachute de secours est située à gauche.

L'emplacement de la poignée de déclenchement d'ouverture du parachute principal peut différer d'un matériel à l'autre, ainsi que la hauteur de placement de la poignée de libération.

PRINCIPE GÉNÉRAL DE FERMETURE DES CONTENEURS DE SECOURS



La bouclette de fermeture du conteneur est fixée en fond de sac et traverse tout le conteneur (voilure dans son sac de déploiement et extracteur). Lorsque l'on tire sur la poignée de commande d'ouverture du parachute de secours, la broche de verrouillage (aiguille) est extraite de la bouclette de fermeture et les rabats s'écartent grâce à la poussée exercée par l'extracteur (schéma ci-dessous).



LES SYSTÈMES D'OUVERTURE MANUELLE

Il existe trois systèmes d'ouverture manuelle :

- ✗ le « hand deploy » ;
- ✗ le « pull out » ;
- ✗ la poignée avec extracteur à ressort.

Chacun à son propre domaine d'utilisation et offre des avantages et des inconvénients.

(Les systèmes d'ouverture automatique de la voilure principale par l'intermédiaire d'une sangle SOA ne sont pas traités ici).

LE "HAND DEPLOY"



C'est un **extracteur souple** (sans ressort) plié dans une pochette extérieure au conteneur.

Un **embout de préhension** est fixé au sommet de l'extracteur. Quand le parachute est plié, l'embout de préhension du hand deploy se trouve en fond de sac, côté droit.

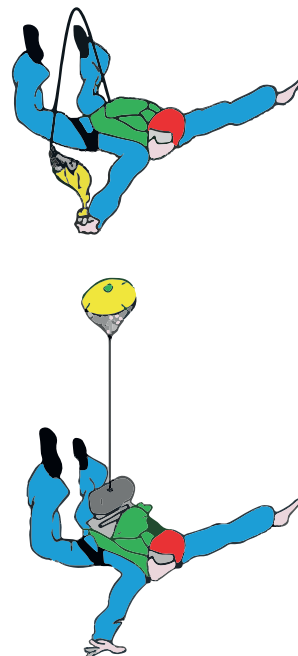
Avec ce système, c'est l'extracteur, une fois gonflé, qui effectue l'ouverture du conteneur et non directement l'utilisateur comme avec une poignée basse (extracteur à ressort) ou un pull out.

Mise en œuvre

Pour ouvrir, on place soi-même le hand deploy à bout de bras, dans le vent relatif. Il est important de le placer dans une zone la plus éloignée du corps, c'est-à-dire à 90°, sur le côté. Le risque serait une interférence entre la ligne d'extraction et les jambes ou le casque du parachutiste. Mal placé, l'extracteur peut aussi rester dans la zone de dépression située au-dessus du parachutiste et empêcher ou retarder l'ouverture de la voilure.

Tant qu'on ne le lâche pas, il ne se gonfle pas (car on le tient par le sommet). Mais attention, la pression de l'air sur la drisse peut provoquer une ouverture prématurée (et donc un risque potentiel d'emmêlage entre les suspentes, la ligne d'extraction, le POD...). Il ne faut donc pas le tenir longtemps.

Lorsque le hand deploy est lâché dans le vent relatif, il « monte » hors de la zone de dépression située au-dessus du parachutiste, ce qui limite le risque de retard à l'ouverture (contrairement à un extracteur à ressort qui doit traverser cette zone). Une fois sa drisse de liaison en tension, il se retourne et se gonfle. Il exerce alors une traction sur la broche de verrouillage (aiguille courbe) du conteneur principal et extrait celle-ci. Le conteneur est alors ouvert et l'extracteur peut continuer son œuvre en tirant le sac de déploiement.



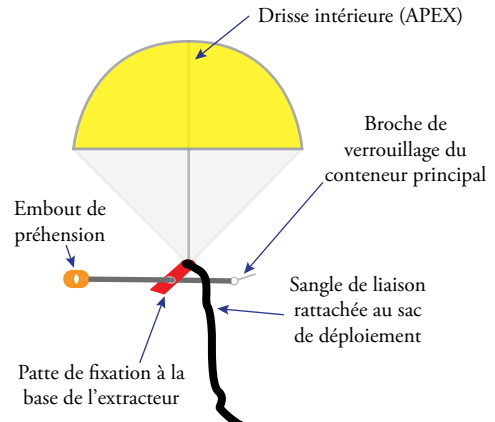
LE PULL OUT

Le pull out est un extracteur souple, plié à l'intérieur du conteneur de la voilure principale et non dans une pochette extérieure comme le hand deploy.

Un embout de préhension dit « patte de lapin » se trouve en bas à droite du conteneur. Il est maintenu au conteneur par des guides.

La liaison entre l'embout de préhension et la base de l'extracteur est réalisée par l'intermédiaire d'une petite «patte» sur laquelle est monté un œillet.

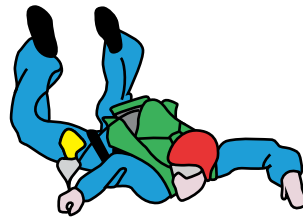
Une petite drisse qui coulisse dans l'œillet relie la broche de verrouillage de verrouillage du conteneur principal directement à la patte de lapin.



Mise en œuvre

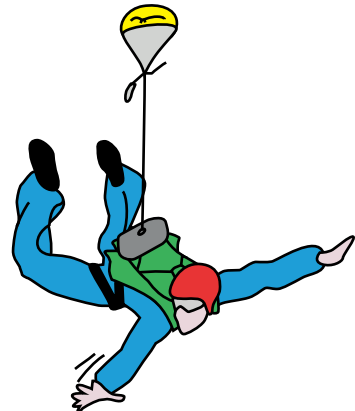
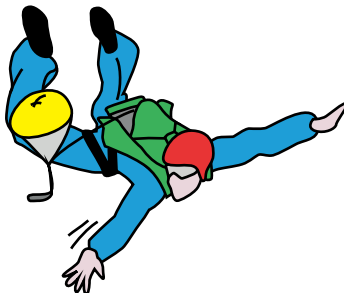
Au pliage, à la différence du hand deploy, l'extracteur est placé à l'intérieur du conteneur de la voilure principale. Il est fermé par une broche de verrouillage qui est droite, contrairement à celle du hand deploy qui est courbe.

D'un seul geste dynamique,



1 on ouvre le sac en tirant sur la poignée, et 2 on place l'extracteur dans le vent relatif en tendant le bras sur le côté...

3 pour le lâcher en dehors de la zone de turbulences.



L'extracteur étant à l'endroit par rapport au vent relatif, il se gonfle immédiatement. Une fois gonflé, il exerce une forte traction. Il ne doit pas être maintenu. Si on essaye de le maintenir, le bras est sollicité vers le haut, ce qui peut entraîner une luxation de l'épaule.

De plus, le conteneur étant ouvert, le sac de déploiement pourrait se dégager de celui-ci avant la montée de l'extracteur. Il en résulterait un risque d'interférence entre ces deux éléments.

La mise en œuvre du pull out demande une très bonne technicité car le geste doit être rapide et précis. Il est donc, de ce fait, beaucoup moins employé que le hand deploy. Néanmoins, il possède des avantages appréciés de certains parachutistes confirmés, le principal étant qu'au cours d'un saut, le dégagement accidentel de la poignée de préhension de son logement ne provoquera pas d'ouverture intempestive contrairement au hand deploy.

POIGNÉE AVEC EXTRACTEUR À RESSORT

L'utilisation du ressort est le premier système inventé pour provoquer l'éloignement de l'extracteur de la dépression située au-dessus d'un corps en chute. À l'intérieur de l'extracteur est monté un ressort allant de sa base à son sommet. Au pliage, l'ensemble est comprimé à l'intérieur du conteneur. Ce dernier est fermé par une ou des broches (aiguilles) de verrouillage, reliées par un câble à une poignée de commande d'ouverture. C'est le système employé sur les parachutes de secours et sur les voilures principales utilisées lors de l'apprentissage en méthode « traditionnelle ».

En école « traditionnelle », lors des sauts en ouverture automatique, la simulation du geste d'ouverture ne peut pas être réalisée avec un hand deploy « témoin » situé sous le conteneur principal. En effet, la plupart du temps, le conteneur est vide au moment de l'exécution du geste. Il ne possède donc plus de rigidité car le sac de déploiement a déjà été extrait, ce qui rend la saisie de la poignée de préhension de l'extracteur « témoin » quasiment impossible. De plus, cela créerait un risque d'interférence entre la main de l'élève et des éléments de la voilure (suspentes, etc.).

Pour ces raisons (entre autres), l'apprentissage du geste d'ouverture s'effectue dans un premier temps sur du matériel équipé d'une poignée (dite « poignée basse ») située sur le harnais. L'utilisation du hand deploy s'effectue alors plus tard, lorsque l'élève a démontré sa maîtrise et sa stabilité sur les trois axes.

Mise en œuvre

En tirant sur la poignée, le parachutiste provoque l'extraction de la broche de verrouillage (ou d'un jonc pour les voilures principales). L'extracteur comprimé se détend, écarte les rabats du conteneur et se propulse dans l'écoulement d'air provoquant le déploiement de la voilure.



La détente et le bondissement doivent être suffisamment puissants pour que l'extracteur sorte de la zone de dépression afin d'éviter un retard à l'ouverture.

LES SYSTÈMES DE RÉTRACTION DE L'EXTRACTEUR

Des systèmes de rétraction de l'extracteur furent créés afin d'éliminer la traînée qu'il occasionne en restant gonflé derrière la voile après l'ouverture.

En fonction des systèmes, la neutralisation de l'extracteur (déventement) peut se produire avant ou après l'étalement de la voile.

En refermant l'extracteur juste après l'ouverture, ils permettent à la voile de garder ses performances. Sur certaines voilures performantes et de petites tailles, la traînée de l'extracteur peut perturber le vol d'une manière non négligeable.

Ces systèmes évitent de diminuer les performances des voilures.

Il existe principalement deux systèmes de rétraction sur les voiles individuelles :

- ✘ les rétractions à élastique ;
- ✘ les rétractions à suspente coulissante (aussi appelées «kill line») ;

LES RÉTRACTIONS À ÉLASTIQUE

Elles sont de plus en plus souvent montées avec un nœud de blocage qui permet de maintenir l'extracteur ouvert pendant la phase de déploiement.

Lors de l'ouverture, le vent relatif est assez puissant pour tendre l'élastique. L'extracteur se gonfle.

En revanche, à la vitesse de vol parachute ouvert (quand la vitesse du vent relatif est faible), l'élastique agit en ramenant la calotte sur la base de l'extracteur et permet à l'extracteur de se dégonfler.

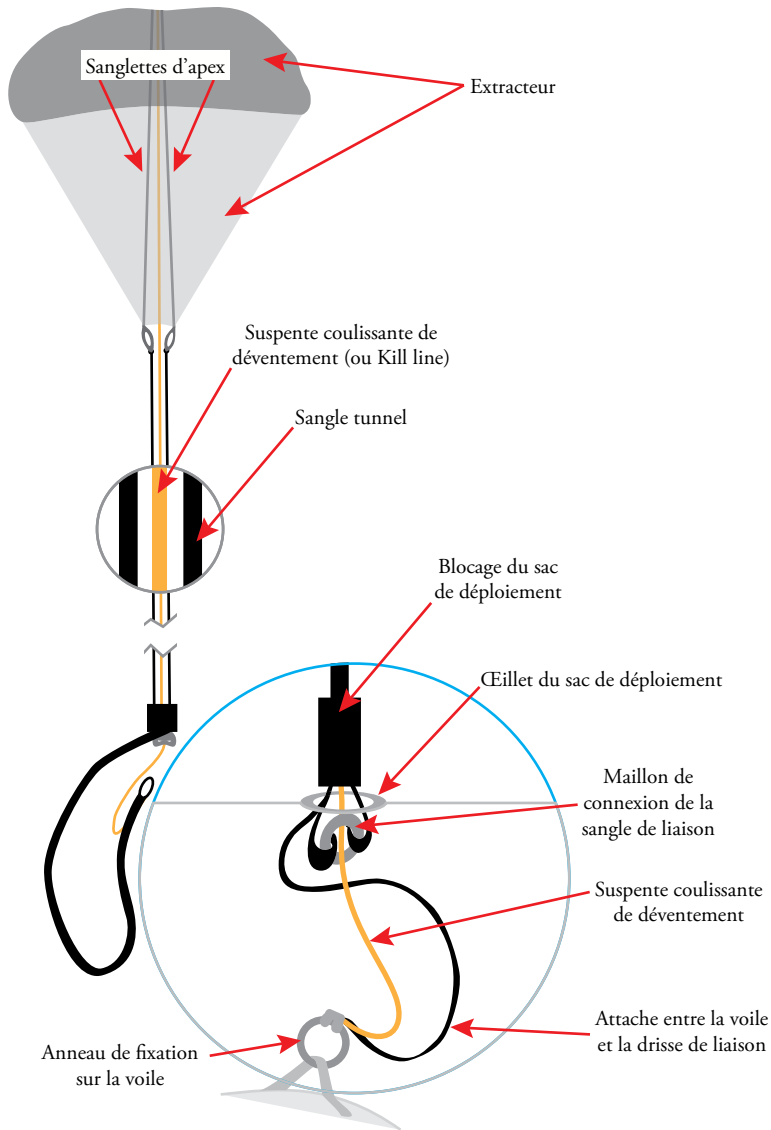
L'inconvénient majeur réside donc dans le temps nécessaire au gonflage de l'extracteur lors d'ouvertures à basse vitesse (et notamment en cas d'évacuation d'urgence).



RÉTRACTION À SUSPENTE COULISSANTE

Une suspenste coulisse à l'intérieur de la sangle de liaison extracteur / voile.

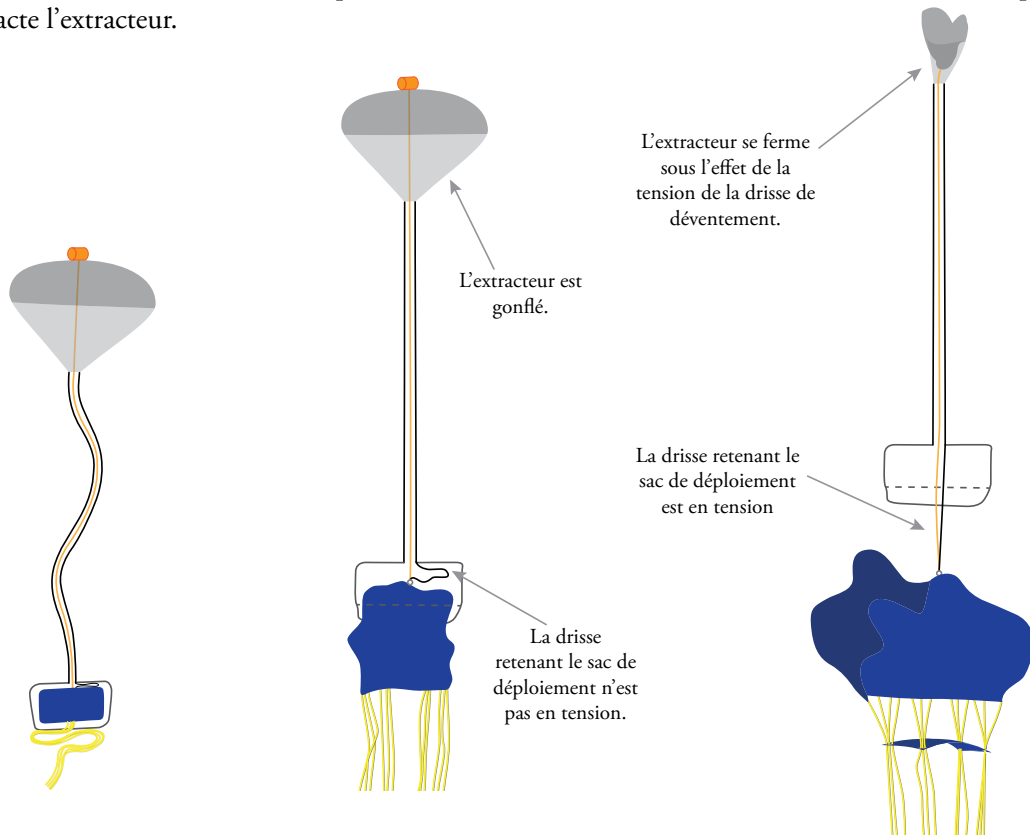
Parfois, celle-ci est bloquée sur la voile avec une tête d'alouette afin d'éviter la perte de l'extracteur en cas de rupture de la suspenste.




Principe de fonctionnement

Une drisse est insérée dans la sangle de liaison extracteur/voile et relie le sommet de l'extracteur à la voile.

Quand la voile sort du sac de déploiement (POD), cette drisse est sollicitée en tension, ce qui rétracte l'extracteur.



Avantage : efficacité et constance de la rétraction comparé au système de rétraction à élastique.

Inconvénient :  **ATTENTION !** Il est impératif, lors du pliage, de remettre la drisse dans sa position initiale (de réarmer le dispositif). En cas d'oubli, l'extracteur a très peu de traînée ce qui provoquera un retard de déploiement important et même, dans la plupart des cas, l'impossibilité pour celui-ci d'extraire le sac de déploiement de son contenu.

Pour pallier ce problème, les hand deploy à rétractions coulissantes sont quelquefois équipés de systèmes « anti-oubli ».

Il s'agit d'un repère sur la suspenste intérieure, visible à travers une petite fenêtre pratiquée sur la drisse de liaison (témoin de réarmement).

L'autre inconvénient de la suspenste coulissante est qu'elle se rétrécit à cause de son frottement dans la sangle de liaison extracteur/voile où elle coulisse à chaque ouverture. Ce rétrécissement dévente partiellement l'extracteur et sa traînée devient insuffisante. Pour cette raison, la suspenste coulissante nécessite d'être changée au bout de 300 à 400 sauts.



LES DÉCLENCHEURS DE SÉCURITÉ

GÉNÉRALITÉS

Les déclencheurs de sécurité ont été conçus pour pallier une défaillance de l'utilisateur.

Ils sont généralement prévus pour déclencher l'ouverture du parachute de secours lorsque le parachutiste passe en-dessous d'une hauteur donnée à une vitesse bien supérieure à ce qu'elle devrait être sous une voile bien ouverte.

En France, l'emport d'un déclencheur de sécurité est obligatoire pour l'ensemble des parachutistes sportifs depuis le 1er janvier 2003. Avant cette date, ils n'étaient obligatoires qu'en phase école.

La généralisation de ces dispositifs grâce, entre autre, à leur facilité d'emport ainsi qu'à leur fiabilité a considérablement réduit le nombre d'accidents mortels dans le monde.

Vous pouvez rencontrer différents modèles (FXC, Vigil, Cypres, Astra, Argus, Mars, etc.) mais leurs principes de fonctionnement restent sensiblement les mêmes, qu'ils soient mécaniques ou électroniques.

Ils sont constitués :

- ✗ **D'un boîtier de réglage** (ou de commande) qui sert à la mise en fonction et au réglage de l'appareil. C'est la partie visible.
- ✗ **D'un boîtier de contrôle** situé dans le conteneur du parachute de secours.
- ✗ **D'un sectionneur pyrotechnique ou d'un câble métallique** qui déclenche l'ouverture du conteneur du parachute de secours.

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Ce sont des appareils « vario-barométriques ».

Un variomètre (mécanique ou électronique), situé à l'intérieur du boîtier de contrôle, détecte les variations de pression durant toutes les phases du saut (en chute et lors de la descente parachute ouvert).

Près du sol, à une hauteur déterminée, soit par construction, soit par un réglage avant le saut (généralement entre 225 mètres et 340 mètres / sol suivant les modèles), si la variation de pression est trop rapide, c'est-à-dire si la vitesse de descente est bien supérieure à ce qu'elle devrait être sous une voile normalement ouverte (si le parachute n'est pas ouvert ou mal déployé), l'appareil déclenche l'ouverture du conteneur du parachute de secours, soit par rétraction d'un câble métallique relié à la broche de verrouillage du conteneur (FXC), soit par sectionnement de la bouclette de fermeture (Vigil, Cypres, Mars, etc.).

LIMITES D'UTILISATION

Chaque modèle a ses propres caractéristiques, son domaine et ses limites d'utilisation.

Consultez systématiquement les manuels édités et mis à jour par les constructeurs afin d'éviter tous risques de mauvaise utilisation pouvant entraîner de graves conséquences.

Un déclencheur ne résout pas tout.

À titre d'exemple :

- ✘ les déclencheurs ont une plage limite de réglage. Pour sauter sur un terrain dont l'altitude topographique est différente de celle de la zone de décollage, conformez-vous strictement aux indications du constructeur ;
- ✘ certains terrains sont près d'une colline. Le déclencheur ne sait pas si vous chutez au-dessus du relief. À la hauteur de déclenchement, vous risquez d'être trop près du sol pour permettre à la voilure de secours de se déployer totalement ;
- ✘ il faut atteindre ou dépasser une vitesse minimum pour qu'il y ait déclenchement. En cas de libération à trop basse hauteur et sans action de votre part sur la poignée de commande d'ouverture du parachute de secours, vous n'aurez peut-être pas le temps d'atteindre cette vitesse à une hauteur suffisante afin que la voilure de secours puisse s'ouvrir complètement et vous freiner ;
- ✘ il faut dépasser une hauteur minimum après le décollage pour que les systèmes de sécurité électroniques (Cypres, Vigil, etc.) soient opérationnels. Ils ne « couvrent » donc généralement pas une évacuation d'urgence à basse hauteur ;
- ✘ ils doivent être arrêtés et remis en marche si l'atterrissage a été effectué à une hauteur inférieure à celle de la zone de sauts où a lieu l'embarquement (posé hors zone, etc.) ;
- ✘ certaines disciplines de notre sport (Wing-Suit, PSV) nécessitent parfois l'emport d'un déclencheur spécifique car avec un déclencheur courant (en mode « confirmé » par exemple), les vitesses atteintes lors des différentes phases du saut peuvent être :
 - soit trop lentes en chute pour déclencher l'ouverture du parachute de secours (Wing-Suit, Skysurf) ;
 - soit trop rapides lors de la mise en survitesse d'une voilure et déclencher intempestivement l'ouverture du parachute de secours (PSV).
- ✘ les déclencheurs commercialisés à ce jour ne libèrent pas la voilure principale. Le risque d'interférence (d'emmêlement) entre les deux voilures subsiste en cas d'ouverture très tardive du parachute principal.
- ✘ Les déclencheurs opèrent à basse hauteur. Une fois sous la voilure de secours, il ne vous restera que peu de temps pour choisir et atterrir sur une zone dégagée.

Vous ne devez donc jamais attendre que le déclencheur agisse à votre place.

ATTENTION !

Les systèmes de sécurité sont des appareils mécaniques ou électroniques.

Comme tous appareils de ce type, ils ne sont pas fiables à 100 %.

De plus, leur conception ne garantit aucunement la couverture de toutes les situations d'incident.

VOUS DEVEZ APPRENDRE À NE COMPTER QUE SUR VOUS-MÊMES.

LA FXC 12000

GÉNÉRALITÉS

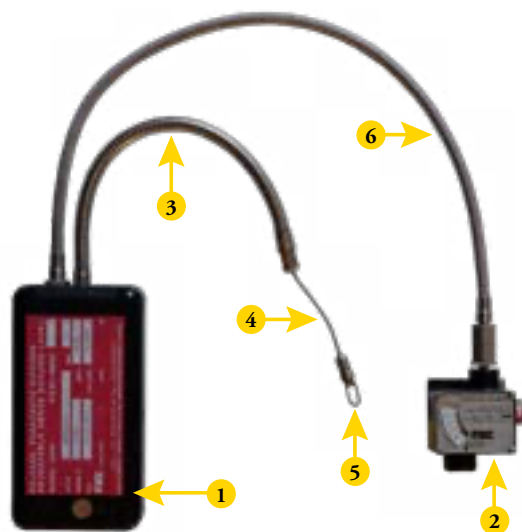
Elle est commercialisée par la société FXC corporation basée aux États-Unis.

Des sociétés européennes assurent parallèlement son entretien.

FXC Corporation produit également une FXC 12000 pour les applications militaires ainsi qu'un système de sécurité pyrotechnique : l'ASTRA. Ces modèles ne seront pas détaillés ici.

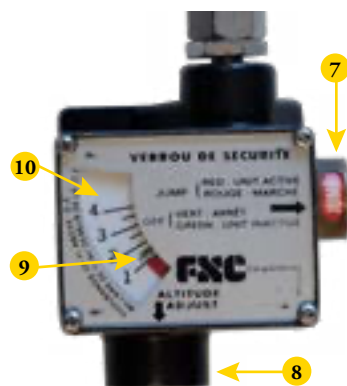
La FXC 12000 est utilisée en école, mais relativement peu par les parachutistes sportifs confirmés. Elle est, en effet, plus volumineuse, plus lourde (≈ 1 kg) et relativement moins précise que les systèmes de sécurité pyrotechnique (Vigil, Cypres, etc.). Son volume la rend difficilement compatible avec les sacs-harnais de petite taille et son système vario-barométrique entièrement mécanique n'est pas adapté à certaines disciplines où de grandes vitesses de chute sont atteintes (free-fly, free-style, etc.). Sa vitesse de déclenchement (à partir de 12 m/s) la rend aussi incompatible avec l'utilisation de voile de petite taille.

DESCRIPTION



- 1 Boîtier de contrôle (ou de déclenchement).
- 2 Boîtier de commande (ou de réglage).
- 3 Gaine de câble de déclenchement.
- 4 Câble de déclenchement.
- 5 Étrier (embout) de traction.
- 6 Tube de raccordement.

- 7 Molette de mise en fonction (OFF/JUMP).
- 8 Vis de réglage de la hauteur de déclenchement.
- 9 Aiguille de contrôle du réglage de la hauteur de déclenchement.
- 10 Cadrant de réglage. Il est gradué de 1000 ft à 4000 ft.



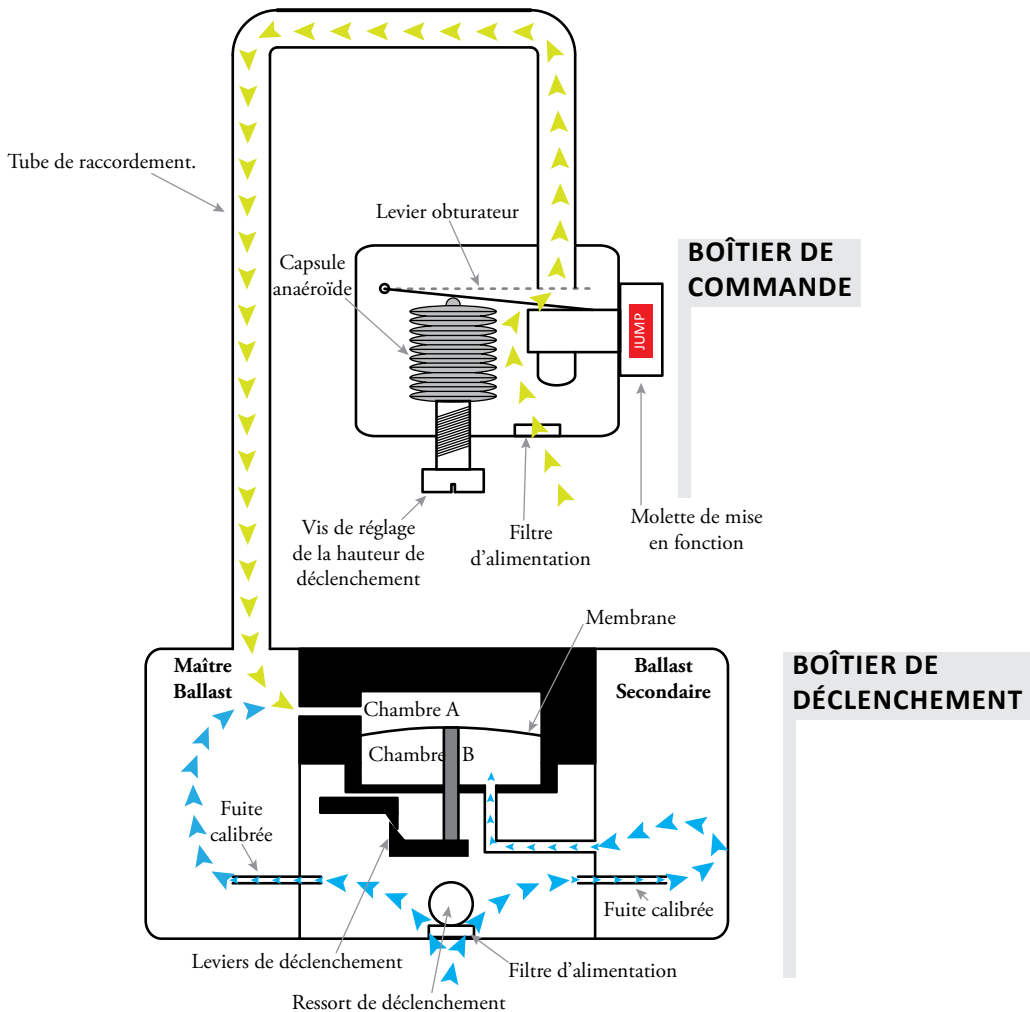
PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

C'est un déclencheur mécanique, vario-barométrique. Il mesure la vitesse et la hauteur et fonctionne à partir d'une vitesse supérieure à 12 m/s, à une hauteur réglée avant le saut.

Il déclenche l'ouverture par rétraction d'un câble de déclenchement relié à(aux) la broche(s) de verrouillage du conteneur de la voileure de secours. Cette rétraction est opérée par un ressort situé à l'intérieur du boîtier de contrôle. Lors du déclenchement, il exerce une force de traction de ≈ 35 daN (en début de traction).

En plus du système mécanique de rétraction de la broche de verrouillage (ressort, leviers, etc.), le boîtier de contrôle héberge aussi le système variométrique. Le système barométrique est logé dans le boîtier de réglage. Les deux systèmes (barométrique et variométrique) sont associés par l'intermédiaire d'un tube de raccordement.

Le schéma ci-dessous montre comment sont conçues et couplées les fonctions barométriques et variométriques. Le sens des flèches (jaunes et bleues) représente la variation de pression lors de la descente (à la montée, le sens est inversé). Il ne présente pas le système mécanique de déclenchement (leviers, ressort, etc.) qui n'apporte rien pour la compréhension du fonctionnement du déclencheur.



PRINCIPE DU FONCTIONNEMENT VARIO-BAROMÉTRIQUE DE LA FXC 12000

HAUTEUR DU SAUT		
MONTEE	AU-DESSUS DE LA HAUTEUR DE RÉGLAGE	<p>L'air pénètre de manière égale dans les chambres A et B (flèches bleues). Leur pression est toujours équilibrée.</p> <p>La membrane conserve sa position.</p> <p>Dans le boîtier de commande, la capsule anéroïde se comprime, mais pas assez pour que le levier obturateur se déplace : le tube de raccordement reste fermé.</p>
	À LA HAUTEUR DE RÉGLAGE	<p>L'aiguille est sur le zéro (elle va ensuite disparaître).</p> <p>La capsule anéroïde est suffisamment détendue (c'est l'objet du réglage pour pousser le levier obturateur et fermer le tube de raccordement).</p> <p>La capsule anéroïde est suffisamment comprimée pour libérer le levier obturateur et ouvrir le tube de raccordement.</p>
	AU- DESSOUS DE LA HAUTEUR DE RÉGLAGE	<p>L'ouverture du tube de raccordement provoque une surpression dans la chambre A (flèches jaunes).</p> <ul style="list-style-type: none"> ✘ Si la vitesse est élevée (> 12 m/s), cette surpression ne peut pas être compensée par la fuite calibrée (tube capillaire) de la chambre B. <p>La membrane se déforme et libère le levier de déclenchement. Le ressort se détend et rétracte le câble de déclenchement.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✘ Si la vitesse est trop faible (< 12 m/s), l'air a suffisamment le temps de pénétrer dans la chambre B par les orifices calibrés pour équilibrer la légère surpression de la chambre A. La membrane conserve sa position. Il n'y a alors pas de déclenchement.
AU SOL		
<p>L'aiguille de réglage est à titre d'exemple sur 1 (1000 ft \approx 300 m).</p> <p>La capsule anéroïde du boîtier de commande, comprimée par la pression atmosphérique, n'agit pas sur le levier obturateur.</p> <p>Le tube de raccordement est donc ouvert et l'air passe depuis le boîtier de commande.</p> <p>Les pressions sont équilibrées dans tous les compartiments de la FXC 12000.</p>		

DESCENTE

PRINCIPAUX CRITÈRES DE DÉCLENCHEMENT

MODÈLE	HAUTEUR DE DÉCLENCHEMENT (H)	VITESSE DE DÉCLENCHEMENT
FXC 12000	En fonction du réglage : de ≈ 300 m à ≈ 1200 m (de 1000 ft à 4000 ft). Le réglage s'effectue généralement à 1000 ft (≈ 300 m).	Elle peut déclencher à partir de 12 m/s et obligatoirement à partir de 20 m/s.

PERFORMANCES BAROMÉTRIQUES

Le système variométrique est plus ou moins sensible selon la vitesse :

- ✗ la tolérance supérieure prend son effet aux grandes vitesses ;
- ✗ la tolérance inférieure prend son effet aux faibles vitesses.

	POUR UN RÉGLAGE À 1000 ft (≈ 300 m)	POUR UN RÉGLAGE DE 2000 ft À 4000 ft (DE ≈ 600 m À ≈ 1200 m)
Tolérance supérieure	+ 400 ft ($\approx + 120$ m)	+ 400 ft ($\approx + 120$ m)
Tolérance inférieure	- 100 ft ($\approx - 30$ m)	- 200 ft ($\approx - 60$ m)

Exemple pour un appareil réglé à 1000 ft (≈ 300 m) :

- ✗ pour une vitesse de 175 ft/s (≈ 53 m/s) déclenchement possible à 1400 ft (1000 ft + 400 ft) (≈ 300 m + 120 m = 420 m) ;
- ✗ pour une vitesse comprise entre 12 et 20 m/s déclenchement possible à 900 ft (1000 ft - 100 ft) (≈ 300 m - 30 m = 270 m).

RÉGLAGE DE LA HAUTEUR DE DÉCLENCHEMENT

En mettant le bouton de mise en fonction sur « **JUMP** », l'aiguille de réglage apparaît sur l'écran. Tournez la vis de réglage située sous le boîtier de commande à l'aide d'une pièce de monnaie pour régler la hauteur de déclenchement. Pour rattraper le jeu du mécanisme, dépassez un peu la valeur souhaitée et faites redescendre l'aiguille jusqu'à celle-ci.

Les hauteurs sont graduées en pieds (ft). Le chiffre **1** signifie 1000 pieds (≈ 300 m). Vous pouvez régler la FXC 12000 jusqu'à **4** (4000 ft ou ≈ 1200 m). Généralement, le réglage utilisé est 1000 ft.

La FXC 12000 doit être réglée avant chaque saut

La pression atmosphérique change continuellement en cours de journée. Ces variations influent sur la dilatation de la capsule anéroïde et modifient donc le réglage.

Il est impératif, lors du contrôle à l'embarquement, de vérifier que l'aiguille est toujours bien positionnée sur la graduation de la hauteur de déclenchement choisie. Si elle ne l'est plus (plus haute ou plus basse), il faut refaire le réglage.

Vérifiez toujours que la molette de mise en fonction est bien tournée « à fond ».

Comment savoir si l'appareil est en fonction ou non ?

Au sol, lorsque la FXC 12000 est en fonction et que vous vous tenez face au boîtier de contrôle, vous devez voir l'inscription « **JUMP** » sur la molette de réglage. De plus, l'aiguille d'indication de réglage (souvent de couleur verte) doit être visible.

En vol, au-dessus de la hauteur de déclenchement, l'aiguille d'indication de réglage disparaît. Seule la position de la molette peut vous indiquer si l'appareil est en fonction ou non.

QUAND FAUT-IL « COUPER » LA FXC 12000 ?


En général, la FXC 12000 est toujours sur la position « **JUMP** » même si le parachute est rangé dans le magasin. Cependant, dans certains cas, il est nécessaire de la « couper », c'est-à-dire de mettre la molette de mise en fonction sur la position « **OFF** » (par un quart de tour) afin d'éviter un déclenchement intempestif.

Cette opération est relativement facile à exécuter car le boîtier de commande et la molette de mise en fonction sont facilement accessibles.

Quelques exemples :

- ✗ si le saut est annulé et que vous redescendez avec l'avion ;
- ✗ si vous prenez place avec votre parachute dans un véhicule « fermé » (par exemple, lors d'un retour après un posé hors zone). La surpression engendrée lors de la fermeture de la porte risque de faire déclencher l'appareil ;
- ✗ si vous rangez votre parachute dans le coffre d'un véhicule ;
- ✗ sous votre voilure correctement ouverte si vous devez effectuer un posé sur l'eau (voir le paragraphe sur l'étanchéité de l'appareil).

PRÉCAUTIONS D'UTILISATION

 Comme avec tous les déclencheurs fonctionnant à partir d'une vitesse relativement basse et compte tenu des tolérances vario-barométriques de la FXC 12000, n'engagez pas de séries de virages rapides avec votre voilure lorsque vous commencez à vous approcher de la hauteur de déclenchement et jusqu'au sol.


De même, prévoyez toujours une fin d'ouverture à environ 400 m au-dessus de la hauteur de réglage de déclenchement.

QUELQUES AUTRES CARACTÉRISTIQUES

Durée de fonctionnement après la mise en marche : contrairement aux systèmes de sécurité de type pyrotechnique, la FXC 12000 est un appareil entièrement mécanique. Aucune pile ni batterie ne sont nécessaires à son fonctionnement et aucune programmation ne stoppe son fonctionnement. Il reste donc en fonction tant que la molette de réglage est en position « **JUMP** ».

Plage de fonctionnement : l'altitude du sol doit être située dans une plage allant du niveau de la mer à ≈ 3000 m (de 0 à 10000 ft).

Étanchéité : l'appareil n'est pas étanche. Il doit être envoyé en révision si l'un de ses éléments a été immergé (boîtier de contrôle ou boîtier de commande).

 En cas de pose sur l'eau : vous devez impérativement mettre la FXC 12000 hors fonction avant de vous poser sur l'eau (molette en position « **OFF** ») car il est fort probable que la surpression engendrée lors du contact avec l'eau déclenche l'ouverture du parachute de secours.

Force de traction du ressort :

- ✖ 35 daN au déclenchement (± 5 daN) ;
- ✖ 13,5 daN résiduels après une course de 5 cm ($\pm 2,5$ daN).

Course du câble de déclenchement : ≈ 5 cm.

Durée de vie : la FXC 12000 n'a pas, à proprement parler, de durée de vie. Chaque pièce peut ou doit être changée lors de l'entretien périodique en usine (selon la pièce et l'état).

Entretien périodique :

- ✖ tous les deux ans, l'appareil doit subir un contrôle périodique en usine (par une société agréée) ;
- ✖ une fois par an, son fonctionnement doit être testé lors du contrôle périodique du parachute. Le plieur déclenche alors l'ouverture du conteneur de secours en créant une surpression au niveau du boîtier de commande. Il lui suffit ensuite de réarmer l'appareil en exerçant, avec quelques précautions, une traction sur le câble de déclenchement jusqu'à entendre le « dé clic » de verrouillage.

Montage sur les sacs-harnais :

Le montage de la FXC 12000 ne peut être fait que sur un sac-harnais pré-équipé.

Il doit être :

- ✖ équipé d'une pochette pour recevoir le boîtier de contrôle (de déclenchement). Elle est installée à l'intérieur du conteneur de la voilure de secours ;
- ✖ équipé d'un pontet pour la fixation du boîtier de commande sur le harnais ;
- ✖ prévu (rabat percé) pour recevoir le pontet de fixation de la gaine de câble de déclenchement.

Certains modèles de FXC 12000 peuvent parfois différer par, entre autres, la longueur de leur câble de déclenchement. Il convient donc toujours, lors d'une première installation de l'appareil sur un sac-harnais, de vérifier le retrait effectif et complet des broches de verrouillage du conteneur de secours en effectuant un déclenchement au sol.

Le ou les étriers (embouts) de traction doivent être vissés « à fond » sur l'extrémité du câble de déclenchement.

Chaque modèle de broche de verrouillage du conteneur de secours possède un type d'étrier qui lui est propre (adapté à sa forme). Attention à ne pas commettre d'erreur lors de l'installation. Dans certains cas, le retrait du câble de déclenchement pourrait ne pas extraire la broche de verrouillage.



Les informations données dans ce chapitre sont, pour beaucoup d'entre elles, issues du manuel d'utilisation du modèle FXC 12000 « Europe ».

Reportez-vous toujours au manuel d'utilisation correspondant à votre FXC 12000.

LES DÉCLENCHEURS PYROTECHNIQUES

AVERTISSEMENT

Il n'est pas possible, dans ce seul ouvrage, de présenter dans le détail l'ensemble des déclencheurs pyrotechniques présents sur le marché. Il existe, en effet, de plus en plus de fabricants, chacun proposant plusieurs modèles aux caractéristiques différentes.

Nous n'exposerons donc que quelques principes généraux ainsi que les caractéristiques principales des appareils les plus répandus sur nos terrains à l'heure actuelle.



En aucun cas, les chapitres développés ici ne peuvent se substituer aux manuels d'utilisation.

Pour une bonne connaissance de ces appareils, de leur spécificité, de leur mode d'emploi, de leur précaution et limite d'utilisation ainsi que de leur maintenance, il est impératif de vous reporter aux manuels d'utilisation édités par les fabricants et fournis avec les appareils ou disponibles gratuitement sur leur site internet.

GÉNÉRALITÉS

Les déclencheurs pyrotechniques déterminent de manière relativement précise la hauteur et la vitesse du parachutiste au moyen de calculs et de mesures électroniques de la pression de l'air et de ses variations lors d'un saut. Si les critères de déclenchement sont rassemblés (vitesse élevée à une faible hauteur), la propulsion d'un élément tranchant (sectionneur pyrotechnique) coupe la(les) bouclette(s) de fermeture du conteneur de secours et déclenche ainsi l'ouverture.

Leur précision accrue, par rapport aux modèles purement mécaniques, réduit ainsi le risque d'une ouverture simultanée des deux voilures ou d'un déclenchement intempestif.

Leur faible encombrement, leur facilité d'utilisation, leur fiabilité ainsi que leur précision ont permis de généraliser leur emport et donc de sauver de nombreuses vies.

Plusieurs fabricants sont présents sur le marché et proposent, la plupart du temps, différents modèles dont les caractéristiques sont adaptées spécifiquement à un certain type d'activité (école, confirmé, tandem, PSV, wing-suit, etc.).

Certains constructeurs proposent aussi des appareils « multi-modes » qui offrent la possibilité de sélectionner, sur un même appareil, un mode de fonctionnement adapté à chaque type de saut effectué dans la journée (confirmé, wing-suit, PSV, etc.).



Si vous alternez différents types de saut dans la journée (Wingsuit, PSV, VR, etc.), prenez garde de ne pas omettre de changer le mode de fonctionnement de votre appareil.

On peut citer parmi les principaux constructeurs et par ordre alphabétique :

SOCIÉTÉ	PRODUIT
AAD nv/sa	VIGIL
Airtec	CYPRES
FXC corporation	ASTRA
MarS a.s.	m2

Chaque déclencheur a des paramètres et des limites de fonctionnement qui lui sont propres. Il est important de connaître les caractéristiques techniques du déclencheur que l'on utilise, en particulier :

- ✗ sa vitesse et sa hauteur de fonctionnement ;
- ✗ la hauteur à partir de laquelle il est « opérationnel » après le décollage ;
- ✗ ses limites et contraintes d'utilisation.

Les déclencheurs pyrotechniques sont constitués de trois éléments principaux :

- ✗ **un boîtier de commande** qui sert à effectuer la mise en route et les différents réglages de l'appareil ;
- ✗ **un sectionneur pyrotechnique** dans lequel passe la bouclette de fermeture du conteneur de secours.
- ✗ **un boîtier de contrôle** situé dans le conteneur du parachute de secours ;

Le boîtier de commande et le sectionneur pyrotechnique sont chacun reliés au boîtier de contrôle par l'intermédiaire d'un câble électrique.

LE BOÎTIER DE COMMANDE

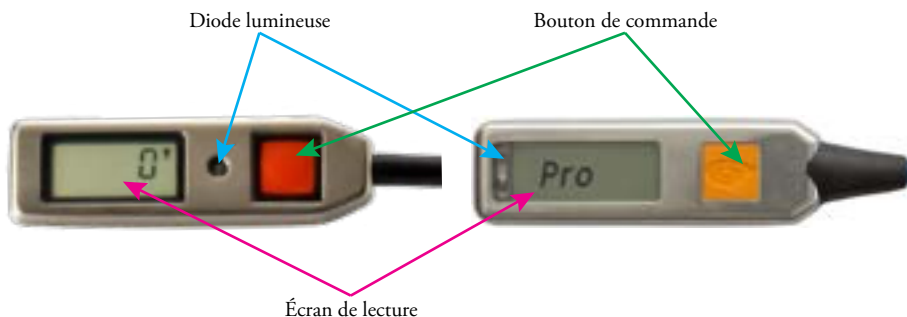
C'est la partie visible du dispositif.

Il est accessible et permet d'effectuer la mise en fonction de l'appareil ainsi que différentes programmations.

Il comporte :

- ✗ un bouton de commande marche/arrêt associé à une diode lumineuse ;
- ✗ un écran de lecture où apparaît, entre autre, l'indication de mise en route (à l'exception de l'ASTRA qui n'en possède pas).

Il est relié au boîtier de commande par l'intermédiaire d'un câble électrique.



En fonction des modèles, il peut permettre, par l'intermédiaire du bouton de commande, d'effectuer certains réglages comme, par exemple, le changement de mode ou encore la modification de la hauteur de déclenchement, etc.

Il peut parfois aussi permettre de connaître le nombre de sauts effectués, la date de la prochaine révision, la date de limite de vie de l'appareil, etc.

Selon les constructeurs, le bouton de commande peut aussi permettre d'identifier le type de déclencheur (élève, confirmé, tandem, etc.) grâce à sa couleur spécifique ou encore grâce à un logo apposé sur celui-ci.

La mise en route s'effectue généralement par pressions successives et régulièrement espacées sur le bouton de commande (après chaque allumage de la diode lumineuse). Ce mode opératoire a pour but d'empêcher une mise en route et surtout une mise hors fonction accidentelle du système.

LE BOÎTIER DE CONTRÔLE

C'est le cœur du déclencheur.

Il est installé dans le conteneur de la voile de secours où il est protégé des chocs.

Il contient la batterie, des capteurs de pression et un microprocesseur associé à un algorithme (programme) qui calcule, en temps réel, la hauteur et la vitesse de chute à partir de la pression barométrique.


L'algorithme est la pièce maîtresse du déclencheur.

Lors d'un saut, de brusques variations de pression peuvent se produire à des moments comme l'ouverture d'une porte d'avion en vol, un changement de position en chute libre, un vol dans la dépression d'un autre parachutiste, etc. Ces variations brutales sont parfois susceptibles d'induire en erreur les appareils mécaniques d'ancienne génération. Les déclencheurs actuels corrigent ces changements de pression au moyen de leur algorithme.

Une quantité importante de données a donc été placée dans sa mémoire. Ces données ont été enregistrées dans toutes les configurations de chute possible (chute à plat, chute dos, loop, dérive, piqué, montée en avion, position flotteur, etc.). Les valeurs de pression mesurées sont alors comparées avec les valeurs d'accélération et de vitesse maximale possibles d'un parachutiste et sont ajustées au besoin.

Ainsi le déclencheur est capable, en mesurant les variations de pressions à l'aide de son capteur, de calculer la vitesse de chute du parachutiste et sa hauteur par rapport au sol quelque soit le déroulement du saut.

Chaque fabricant d'appareil de sécurité développe, bien-sûr, son propre algorithme.

 Le boîtier de contrôle avec son système de captage de pression est positionné dans le dos du parachutiste. En fonction de la position de chute, la pression enregistrée peut différer de la pression réelle. En chute face sol, elle pourra paraître plus faible qu'en chute dos car le parachute se trouve dans une zone dépressionnaire. L'appareil pourrait alors déclencher trop bas. En fonction des différentes technologies propres aux constructeurs, certains d'entre eux ont introduit des programmes qui rehaussent automatiquement les hauteurs de déclenchement de quelques dizaines de mètres. Les hauteurs nominales de déclenchement données par les constructeurs sont donc souvent des hauteurs minimales. Consultez attentivement les manuels d'utilisation.



Ci-dessus : boîtier principal du « m2 multi » de chez MarS a.s.

LE SECTIONNEUR

Il est constitué :

- ✘ d'un corps percé d'un orifice destiné au passage de la bouclette de fermeture.
- ✘ d'une « guillotine » (couteau mobile) disposée à l'intérieur du corps et destinée à sectionner la bouclette de fermeture. Elle est propulsée grâce à l'expansion (détente) brutale d'un gaz. Cette détente est provoquée par une impulsion électrique.



Sectionneur du m2 multi



Sectionneur du Cypres 2

Il est relié au boîtier de commande par l'intermédiaire d'un câble électrique.

Lors du déclenchement, la guillotine est projetée vers l'orifice où passe la bouclette de fermeture du parachute de secours. Elle la coupe instantanément en buttant contre une « enclume » située à l'opposé.


Sur certains sectionneurs, un manchon en plastique est positionné à l'intérieur de l'orifice afin d'assurer le centrage de la bouclette.

La partie tranchante du couteau (guillotine) peut être plate ou circulaire en fonction des choix technologiques des fabricants. Avec un tranchant plat, la bouclette est sectionnée en un seul point mais le positionnement de la guillotine doit être rigoureusement perpendiculaire à l'axe de l'orifice. Avec un tranchant circulaire, l'orientation de la guillotine dans le corps du sectionneur n'a pas d'importance mais la bouclette devra être tranchée en deux points diamétralement opposés.

Le sectionneur est positionné à l'intérieur du conteneur de la voilure de secours ce qui lui permet, comme pour le boîtier de contrôle, d'être protégé des chocs et, dans une autre mesure, des matières indésirables qui pourraient s'introduire accidentellement dans l'orifice destiné au passage de la bouclette de fermeture (brindille, gravier, etc.).

Il est habituellement situé au-dessus de l'extracteur de la voilure de secours afin de limiter les risques de retard à l'ouverture dus aux frottements et à la résistance engendrée par la bouclette de fermeture lors de son cheminement au travers des œillets des rabats après avoir été sectionnée.

Il est cependant aussi positionné en fond de sac sur les parachutes dont l'extracteur de secours est extérieur ou semi-extérieur (Advance SEVEN, Javelin, Wings, SST Racer, etc.). En effet, sur ces sac-harnais, la bouclette de fermeture est très courte et, de plus, l'extracteur n'a pas à soulever et à écarter un grand nombre de rabats pour s'extraire du conteneur (zéro, un ou deux au maximum). Le risque de retard à l'ouverture engendré par le frottement de la bouclette sectionnée est donc bien moindre, sinon nul, sur certains modèles.

 Ne tentez jamais d'ouvrir un sectionneur après un déclenchement. La pression résiduelle après l'activation du couteau est extrêmement importante et perdure dans le temps. Vous risquez de graves blessures.

ENTRETIEN ET DURÉE DE VIE

Comme sur tous appareils, les composants des systèmes de sécurité vieillissent et peuvent dysfonctionner à plus ou moins long terme. C'est particulièrement le cas des composants électroniques qui, souvent, ne peuvent pas être remplacés.

La durée de vie des systèmes de sécurité employant cette technologie est donc limitée.

C'est aussi le cas des batteries qui équipent ces systèmes. Fort heureusement, elles peuvent être remplacées. Ce changement est le plus souvent effectué par le constructeur en usine.


Conscients du fait que ces appareils ne doivent pas dysfonctionner en vol, les constructeurs ont prévu des procédures « d'autocontrôle » qui s'effectuent automatiquement lors de la mise en route. En cas de problème (dysfonctionnement, batterie faible, etc.), l'information s'affiche sur l'écran du boîtier de commande. Dès lors, la mise en route n'est généralement plus possible.

De plus, la plupart des constructeurs propose des révisions à échéances régulières. Elles ont généralement lieu tous les quatre, cinq ou dix ans. Elles sont souvent ponctuées d'une tolérance de plus ou moins six mois.

Encore récemment, ces révisions avaient un caractère obligatoire. Depuis quelque temps, fort de leur expérience, certains fabricants ont rendu ces révisions facultatives tout en les recommandant. Lorsque cette maintenance est effectuée, une mise à jour du logiciel de contrôle de l'appareil peut être aussi faite. Ceci est un gage de sécurité accrue.

Les plieurs de parachute de secours contrôlent aussi le déclencheur de sécurité lors de l'entretien périodique du parachute, une fois par an (repliage du parachute de secours). Ce contrôle ne peut, cependant, s'effectuer que sur l'aspect « extérieur » de l'appareil (état général, intégrité des câbles et du sectionneur, vérification des dates de changement de batterie, etc.). Il ne peut pas se substituer à la révision effectuée par le constructeur en usine.

La plupart des fabricants ont, malgré tout, défini ou parfois seulement « estimé » une durée de vie pour leurs appareils. Cette durée est souvent comprise entre 12 et 20 ans en fonction des modèles. Au-delà de cette durée, il convient de remplacer l'appareil.

 **Il est important de bien connaître et de respecter les règles d'entretien recommandées par le fabricant de votre système de sécurité ainsi que sa durée de vie. Pour cela, reportez-vous au manuel d'utilisation de votre appareil.**

Vous pouvez aussi consulter directement le fabricant ou l'un de ses revendeurs et aussi vous adresser à un plieur de parachute de secours ou à un moniteur.

LE CYPRES 2

GÉNÉRALITÉS



Il est commercialisé par la société Airtec basée en Allemagne.

Cette société fut la première à mettre au point et commercialiser ce type de système de sécurité comportant un microprocesseur associé à un algorithme où le déclenchement de l'ouverture du parachute de secours est effectué par un sectionneur coupant la bouclette de fermeture du conteneur (Cypres 1^{ère} génération en 1991).

CYPRES signifie CYbernetic Parachute Release System (système de déclenchement automatique qui s'ajuste lui-même).

Il en existe aujourd'hui 6 modèles, adaptés aux différents types de pratique du parachutisme sportif. D'autres modèles existent. Ils ne seront pas exposés dans ce chapitre car adaptés à des domaines d'activités extra-sportives, notamment militaires.

LES MODÈLES

Ils se distinguent extérieurement par leur bouton de mise en fonction sur le boîtier de commande.

CYPRES 2 Student : conçu pour l'école et les élèves.

CYPRES 2 Expert : conçu pour les confirmés.

CYPRES 2 Tandem : conçu pour les parachutes biplaces (tandem).

CYPRES 2 Speed : conçu pour le PSV (Pilotage Sous Voile).

CYPRES 2 Wing Suit (WSC) : conçu pour la pratique en Wing Suit. Il possède deux modes de fonctionnement : Speed ou Expert. Il peut convenir aussi à la pratique du « sky surf ».

CYPRES 2 C Mode : conçu afin de pouvoir choisir entre plusieurs modes (élève – confirmé – tandem – speed).



PRINCIPAUX CRITÈRES DE DÉCLENCHEMENT

MODÈLE	HAUTEUR DE DÉCLENCHEMENT (H) (± 10 m)	VITESSE DE DÉCLENCHEMENT	Hauteur d'activation au-dessus de la zone de décollage et de posé
CYPRES 2 Student	Entre 300 m et 225 m en fonction de la vitesse ⁽¹⁾ Plus de déclenchement possible si $H \leq 40$ m	À partir de 13 m/s à 300 m ⁽¹⁾ À partir de 35 m/s à 225 m ⁽¹⁾	450 m
CYPRES 2 Expert	225 m Plus de déclenchement possible si $H \leq 40$ m	À partir de 35 m/s	450 m
CYPRES 2 Tandem	570 m Plus de déclenchement possible si $H \leq 40$ m	À partir de 35 m/s	900 m
CYPRES 2 Speed	225 m Plus de déclenchement possible si $H \leq 100$ m	À partir de 46 m/s	450 m
CYPRES 2 Wing Suit⁽²⁾ (WSC)	225 m Plus de déclenchement possible si : $H \leq 40$ m en mode Expert $H \leq 100$ m en mode Speed	À partir de 20 m/s en phase wing suit À partir de 35 m/s (ou 46 m/s en mode Speed) en phase « sous voile »	450 m
CYPRES 2 C Mode	En fonction du mode sélectionné (Student – Expert – Tandem – Speed)		


(1) Plus la vitesse est faible et plus le déclenchement s'effectuera haut.

(2) Aussi longtemps que le CYPRES 2 Wing Suit fonctionne en phase « wing suit », le déclenchement s'effectue à une vitesse de chute supérieure à 20 m/s à partir d'une hauteur de 225 m et jusqu'à 40 m. Entre une hauteur de 2000 m et 450 m, si la vitesse de descente est inférieure à 8,5 m/s mais supérieure à 2,5 m/s pendant plus de 10 secondes (cette durée peut être modifiée), alors l'appareil passe en phase « sous voile » avec des critères de déclenchement différents :

- ✘ en mode « Expert » (paramétrage par défaut du CYPRES 2 Wing Suit) : le déclenchement s'effectuera alors à partir d'une hauteur de 225 m et jusqu'à 40 m dans le cas où la vitesse de chute est supérieure à 35 m/s ;
- ✘ en mode « Speed » : le déclenchement s'effectuera à partir d'une hauteur de 225 m et jusqu'à 100 m, si la vitesse de chute est supérieure à 46 m/s.

- ✘ Le CYPRES 2 Wing Suit est composé de deux éléments distincts :
 - le déclencheur : comme tous les déclencheurs, il est installé dans le conteneur de secours (sectionneur et boîtier de contrôle) et sur le sac-harnais (boîtier de commande).
 - un émetteur sonore : il doit être installé dans le casque à la manière d'un altimètre sonore.

Le déclencheur et son émetteur sonore fonctionnent de pair et ne peuvent pas être dissociés.

 Si vous êtes équipé d'un CYPRES 2 Wing Suit, certaines précautions particulières sont à prendre en compte en cas de redescente avec l'avion. Consultez attentivement le manuel d'utilisation.

QUELQUES AUTRES CARACTÉRISTIQUES

Durée de fonctionnement après la mise en marche : 14 heures.

Durant ces 14 heures, l'appareil mesure la pression atmosphérique deux fois par minute afin de rester toujours correctement calibré par rapport au niveau du sol.

Au bout de 14 heures, l'appareil s'éteindra automatiquement.

Étanchéité : jusqu'à 2,5 m pour une durée maximum de 24 heures (eau douce ou salée).

Attention : si l'appareil a été en contact direct avec l'eau, il est nécessaire de changer le filtre.

Plage de fonctionnement : elle s'étend de -650 m à +8000 m d'altitude.

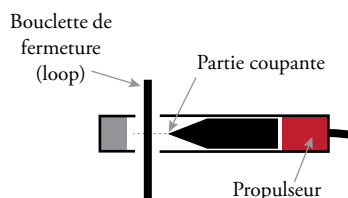
Modification de la hauteur de déclenchement : elle peut s'effectuer dans une plage de ± 1000 m (± 350 m pour le modèle Wing Suit) par pallier de 10 m (pour les modèles depuis novembre 2006).

Précautions d'utilisation :

- ✘ mettez en marche l'appareil uniquement lorsque vous êtes au sol sur la zone de sauts ;
- ✘ ne descendez jamais au-dessous de l'altitude du lieu de décollage ou de la zone de sauts prévue.
- ✘ quand le terrain de décollage et la zone de sauts sont au même endroit, éteignez impérativement puis rallumez l'appareil lorsque :
 - vous rentrez sur la plate-forme de sauts autrement que sous voile (par ex. : en voiture, à pied après un posé en dehors de la zone).
 - le temps entre le décollage et le posé sous voile (départ du sol / retour au sol) est supérieur à 1h30 min.
- ✘ Si le terrain de décollage et la zone de sauts sont en deux lieux bien distincts : avant chaque saut, éteignez puis remettez en marche l'appareil sur le terrain de décollage et changez la hauteur de déclenchement de manière appropriée.

Recommandation générale : en cas de doute, réinitialisez votre appareil (arrêtez-le et remettez-le en marche).

Le sectionneur :



La partie tranchante du couteau du CYPRES est « rectiligne » contrairement à d'autres qui sont circulaires. La boulette n'est donc sectionnée qu'en un seul point limitant ainsi le risque d'une coupure incomplète (contrairement à la forme circulaire qui sectionne en deux points opposés). Il doit donc être rigoureusement positionné perpendiculairement à l'axe de l'orifice. Chaque sectionneur est donc radiographié afin d'être contrôlé avant sa mise sur le marché.

Entretien périodique (contrôle technique) :

- ✗ pour les appareils dont la date de fabrication est antérieure à décembre 2015, le contrôle technique est obligatoire au bout de 4 ans et au bout de 8 ans après la date de fabrication d'origine. La durée de vie est de 12,5 ans ;
- ✗ pour les appareils fabriqués en 2016, le contrôle technique est recommandé au bout de 4 ans et au bout de 8 ans après la date de fabrication. La durée de vie est de 12,5 ans ;
- ✗ pour les unités dont la date de fabrication est janvier 2017 et après, le contrôle technique est recommandé au bout de 5 ans et au bout de 10 ans après la date de fabrication. La durée de vie est de 15,5 ans ;

La société Airtec détermine les durées de vie des CYPRES sur son expérience actuelle et sur la connaissance de ses appareils. Ces durées de vie sont susceptibles d'évoluer.



LE VIGIL

GÉNÉRALITÉS



Il est commercialisé par la société AAD nv/sa (Advanced Aerospace Designs) basée en Belgique.

Il en existe aujourd'hui plusieurs versions et modèles qui, le plus souvent, résultent d'évolutions et de modifications au fil du temps.

Ils sont, pour la plupart, « multi-modes » et adaptés aux principaux types de pratique.

Une version adaptée aux armées est aussi disponible. Elle ne sera pas exposée dans ce chapitre.

LES MODÈLES

Vigil I : appareil multi-modes (Pro – Student – Tandem).

C'est le premier appareil commercialisé. Il est conçu pour les confirmés (Pro), l'école et les élèves (Student) et le tandem (Tandem).



Vigil II : appareil multi-modes (Pro – Student – Tandem).

Deux manuels d'utilisation sont disponibles en fonction de la date de fabrication (avant ou après novembre 2006).



Vigil 2+ : appareil multi-modes (Pro – Student – Tandem).




Vigil 2+ Xtreme : conçu pour le PSV (Pilotage Sous Voile).



Vigil Cuatro : appareil multi-modes (Pro – Student – Tandem - Xtreme).



PRINCIPAUX CRITÈRES DE DÉCLENCHEMENT

 Les valeurs figurant dans le tableau ci-dessous sont issues des différents manuels d'utilisation de chaque modèle. Pour plus de précisions, reportez-vous à ceux-ci en fonction de la date de fabrication de l'appareil.

MODÈLE	HAUTEUR DE DÉCLENCHEMENT ⁽¹⁾ (± 20 m)	VITESSE DE DÉCLENCHEMENT	Hauteur d'activation au dessus de la zone de décollage
	En fonction du mode sélectionné		
Vigil I	Pro : à partir de 256 m jusqu'au sol Student : à partir de 317 m jusqu'au sol Tandem : à partir de 622 m jusqu'au sol	Pro : à partir de 35 m/s Student : à partir de 20 m/s Tandem : à partir de 35 m/s	46 m
Vigil II	Pro : à partir de 256 m Student : à partir de 317 m Tandem : à partir de 622 m Pas de déclenchement possible si $H \leq 46$ m	Pro : à partir de 35 m/s Student : à partir de 20 m/s Tandem : à partir de 35 m/s	46 m
Vigil 2+	Pro : à partir de 335 m Student : à partir de 396 m Tandem : à partir de 701 m Pas de déclenchement possible si $H \leq 46$ m	Pro : à partir de 35 m/s Student : à partir de 20 m/s Tandem : à partir de 35 m/s	27,5 m
Vigil 2+ Xtreme	À partir de 335 m jusqu'à 91 m	À partir de ≈ 43 m/s	27,5 m
Vigil Cuatro	Idem au Vigil 2+ et Xtreme en fonction du mode sélectionné		

(1) Remarque sur les hauteurs de déclenchement

Si, par exemple, le Vigil I ou II est activé en mode « Pro », il est prévu qu'il déclenche l'ouverture à 256 m si la vitesse est égale ou supérieure à 35 m/s. Ce niveau d'activation minimum n'est pas forcément garanti quelle que soit la position du parachutiste.

En effet, le capteur de pression est situé dans le conteneur du parachute de secours, lui-même situé dans le dos du parachutiste. En fonction de sa position en chute (face vers le sol ou sur le dos), la pression atmosphérique enregistrée par le capteur peut varier jusqu'à 10hPa (≈ 80 m).

Donc, en position dos vers le sol, le capteur enregistrera la pression réelle en-dessous du parachutiste et la hauteur de déclenchement sera correcte. Par contre, si le parachutiste est dans une position face vers le sol, le capteur, se trouvant dans la zone de dépression, enregistrera une pression moindre ; pression équivalente à une hauteur pouvant être de 80 m plus élevée. Dans ce cas, le Vigil activerait plus tard ou 80 m plus bas, c'est-à-dire à une hauteur réelle de 176 m ce qui est nettement trop bas.

Pour cette raison, l'appareil déclenche à + 80 m au-dessus de l'altitude d'activation nominale.

L'appareil déclenche à ≈ 256 m seulement si le parachutiste est face sol (unité de contrôle dans la dépression) et à une hauteur de 80 m plus haut ≈ 336 m si le parachutiste est dans une position dos au sol (ou debout).

QUELQUES AUTRES CARACTÉRISTIQUES DU VIGIL CUATRO

⚠ Il n'est pas possible, dans ce chapitre, d'énumérer l'ensemble des caractéristiques particulières de chaque modèle. Les appareils évoluant au fil du temps, celles-ci diffèrent parfois d'une génération de modèle à l'autre. Reportez-vous impérativement aux manuels d'utilisation du fabricant afin de connaître les informations spécifiques propres à chacun d'eux (Vigil I, II, 2+, Xtreme).

Durée de fonctionnement après la mise en marche : 14 heures pour les modèles fabriqués après 2013. Ceux antérieurs restent en fonctionnement ce qui nécessite que l'utilisateur les éteigne afin qu'ils ne restent pas en permanence « actif ».

Durant ces 14 heures, l'appareil mesure la pression atmosphérique deux fois par minute afin de rester toujours correctement calibré par rapport au niveau du sol. Au bout de 14 heures, l'appareil s'éteindra automatiquement.

Historique des sauts : accessible sur l'écran du boîtier de commande.

Étanchéité : jusqu'à 1,8 m pour une durée maximum de 24 heures (0,5 m pendant 30 minutes pour le Vigil II).

Plage de fonctionnement : elle s'étend de -600 m à +9200 m d'altitude.

Modification de la hauteur de déclenchement : elle peut s'effectuer dans une plage de ± 2000 m par palier de 50 m.

Précautions d'utilisation :

- ✗ mettez en marche l'appareil uniquement lorsque vous êtes au sol sur la zone de sauts ;
- ✗ éteignez puis rallumez l'appareil lorsque l'atterrissage a lieu sur une zone avec une différence de hauteur de $\pm 27,5$ m par rapport à la zone de décollage ;
- ✗ éteignez l'appareil s'il doit être transporté dans un véhicule « fermé » (n'oubliez pas de le remettre en fonction lorsque vous êtes de retour sur la zone de sauts).
- ✗ l'avion ne doit pas voler plus de 100 secondes à une hauteur de $\pm 27,5$ m par rapport à la zone de décollage.

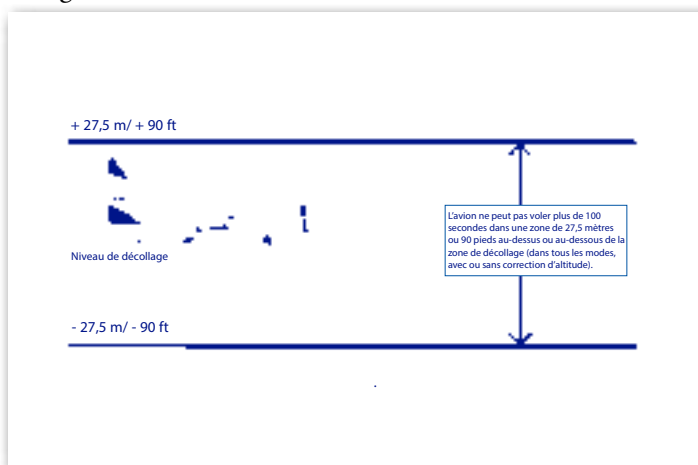
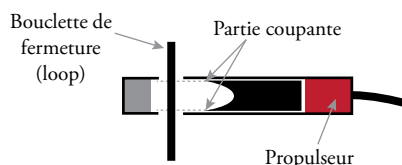


Schéma extrait du manuel de l'utilisateur du Vigil® Cuatro v2017.06

Recommandation générale : en cas de doute, réinitialisez votre appareil (arrêtez-le et remettez-le en marche).

Le sectionneur :



La partie tranchante du couteau du Vigil est circulaire. Il doit sectionner la bouclette de fermeture du conteneur secours à deux endroits opposés. Son orientation dans le corps du sectionneur n'a donc pas d'importance.

Contrôle technique en usine : si apparition d'un message sur le boîtier de commande.

Batterie : l'espérance de vie de la batterie est au minimum de 5 ans ou 2000 sauts.

Elle doit être remplacée :

- ✗ à l'apparition d'un message sur le boîtier de commande ;
- ✗ au bout de 10 ans.

L'appareil doit alors être renvoyé en usine.

Durée de vie de l'appareil : en 2017, elle est « estimée » par le constructeur à 20 ans.

La société AAD détermine la durée de vie des Vigils ainsi que leur maintenance sur son expérience actuelle et sur la connaissance de ses appareils. Ces durées de vie sont susceptibles d'évoluer.

A.A.D. Multimode



**Vigil® Cuatro User's Manual
US v2017.06**

LES SYSTÈMES DE SÉCURITÉ « PASSIFS »

GÉNÉRALITÉS

Il existe différents systèmes (LOR, RSL, Stevens, etc.) dont la fonction est de provoquer automatiquement l'ouverture du conteneur de la voile de secours après libération de la voile principale.

Ces systèmes « mécaniques » sont communément et parfois improprement appelés systèmes de sécurité « passifs » ou « Stevens » ou encore « RSL » (Reserve Static Line : SOA du parachute de secours – SOA : Sangle d'Ouverture Automatique).

Ces systèmes de déclenchement d'ouverture du conteneur de secours qui agissent immédiatement après une libération de la voile principale sont complémentaires aux déclencheurs de sécurité (Cypres, Vigil, FXC, etc.) mais ne les remplacent pas. Ils ne couvrent pas tout à fait le même domaine d'intervention.

Les plus courants sont le LOR 2 et le RSL. Citons aussi le Stevens et les MARD.



Bien que ces systèmes agissent rapidement, l'utilisateur doit effectuer complètement la procédure de secours : libérer et tirer lui-même la poignée de déclenchement d'ouverture du parachute de secours, sans précipitation mais sans attendre.

Ne vous reposez pas sur ces systèmes car ils ne fonctionnent pas dans toutes les configurations d'incidents, notamment quand le conteneur de la voile principale reste fermé (pas de départ des élévateurs) ou quand il n'y a pas de libération des deux paires d'élévateurs.

LE L.O.R.

Le L.O.R. (Libération Ouverture Réserve) a été conçu par la société Parachutes de France.

Principe de fonctionnement

De part et d'autre de l'encolure du sac-harnais, une petite sangle relie chaque paire d'élévateurs à l'une des deux broches de verrouillage du conteneur du parachute de secours.

Quand il y a libération de la voile principale, au moment du départ des élévateurs, les deux sangles sont entraînées. Elles se mettent en tension et entraînent à leur tour avec elles les broches de verrouillage, provoquant ainsi l'ouverture du conteneur.

Le LOR ne fonctionne que si les deux élévateurs se libèrent effectivement du harnais. Si un seul des élévateurs part, l'une des deux broches reste engagée et le conteneur ne s'ouvre pas. Cela réduit le risque d'interférence entre les deux voiles en cas de libération dissymétrique.



LE RSL

RSL signifie en anglais : Reserve Static Line que l'on pourrait traduire par SOA du parachute de secours (SOA : Sangle d'Ouverture Automatique).

C'est le système que l'on trouve installé sur la grande majorité des parachutes, le LOR 2 étant plus complexe car il nécessite l'utilisation de deux boucles de fermeture de secours au lieu d'une seule ainsi que de deux broches de verrouillage.

C'est le même principe que le LOR 2 mais avec une seule sangle montée sur l'une des deux paires d'élévateurs :

- ✗ soit à droite : en prévision d'une association (couplage) à un M.A.R.D. (à l'exception de certains tandems où elle est montée à droite et sert de « répétiteur secours main droite ») ;
- ✗ ou à gauche : en effet, il est probable que la paire d'élévateurs gauche se libère un peu après la droite car le cheminement du jonc de la poignée de libération et de sa gaine est plus long (elle fait le tour de l'encolure). La gaine est donc plus sujette à une compression.

Sur certains modèles de sacs-harnais, le RSL peut être directement relié à la broche de verrouillage (connexion directe). Elle est alors légèrement courbée afin de pouvoir être extraite quel que soit le sens de traction.

Sur d'autres modèles, elle peut être reliée au câble de la poignée de secours par l'intermédiaire d'un anneau métallique (photos ci-dessus et ci-contre).

Deux anneaux métalliques « guides » sont alors fixés sur le rabat.

L'un pour assurer l'extraction de la broche de verrouillage quel que soit le sens de traction (celui du bas) et l'autre afin d'éviter un éventuel accrochage de la boucle métallique du RSL avec l'extrémité de la gaine de câble de la poignée de secours (celui du haut).




LE STEVENS

Le nom est souvent improprement employé pour désigner les RSL d'une manière générale.

À l'origine, il y a fort longtemps lors de l'apparition des premiers parachutes « tout dans le dos », c'était une sangle reliant un élévateur de la voilure principale à la poignée d'ouverture du parachute de secours. Le Stevens (du nom de son inventeur) n'est pratiquement plus utilisé sauf sur les parachutes TSE (Tear Drop). Il a été adapté sur certains parachutes (SST Racer) de la façon suivante :

Une sangle relie les deux élévateurs et passe sous la gaine de câble de la poignée de déclenchement du parachute de secours.

La gaine n'est pas fixée à l'extrémité située du côté des broches de verrouillage. Elle peut aussi avoir la possibilité de se séparer en deux parties. Le départ de la voilure principale et de ses élévateurs arrache la gaine puis tire sur le câble de la poignée de secours ce qui extrait la broche de verrouillage, provoquant l'ouverture du conteneur de la voilure de secours.

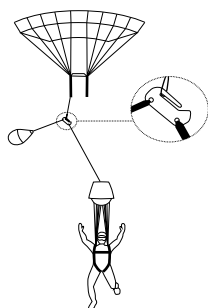
 Dans certaines configurations, le Stevens peut se révéler dangereux sur le sac-harnais SST Racer.

Prenons l'exemple de la séquence d'ouverture suivante : déclenchement de l'ouverture du conteneur de la voile principale suivi d'un retard à l'ouverture qui entraînent une procédure de secours. Dans ce cas, la voile principale est toujours dans son conteneur ouvert et il est fréquent qu'elle en sorte et se gonfle une fois la voile de secours ouverte suite au choc engendré par son ouverture ou par le changement de position de l'utilisateur lors de la PDS. **Il y a alors un risque d'étranglement et de fermeture de la voile de secours** car la voile principale, ses élévateurs et la sangle du Stevens forment une boucle fermée qui peut encercler le cône de suspension de la voile de secours et « l'étrangler ».

LES MARD

Les MARD (Main Assisted Reserve Deployment – que l'on pourrait traduire en français par : assistance au déploiement de la voile de secours par la voile principale...) utilisent le système RSL en y associant l'extraction directe du sac de déploiement de la voile de secours lors du départ des groupes d'élévateurs de la voile principale.

Ils existent sous différentes appellations commerciales (Skyhook, Boost, Rax, Ace, Trap system, etc.).



Ci-dessus :
représentation du
MARD Skyhook

Un RSL conventionnel se limite à retirer la broche de verrouillage du conteneur et laisse l'extracteur bondir et extraire la voile de secours.

Les MARD assurent l'extraction directe du sac de déploiement de la voile de secours par une liaison débrayable de la voile principale sur une partie de la sangle de liaison extracteur - voile de secours. Le rôle de l'extracteur de la voile de secours est alors joué par la voile principale.

Cette liaison se débraye automatiquement si l'ouverture du conteneur de la voile de secours est effectuée par l'intermédiaire de la poignée afin de laisser l'extracteur jouer son rôle (lors d'un secours « sec » par exemple).

Par ce principe, l'abaissement est diminué notamment en cas de libération à basse vitesse. Le M.A.R.D. accélère l'ouverture de la voile de secours après libération en diminuant l'abaissement d'environ 50 mètres comparé à un RSL classique. Le gain de temps est principalement réalisé par la sollicitation du M.A.R.D. pour obtenir la mise en tension des suspentes du secours ($\approx \frac{3}{4}$ de seconde au lieu de ≈ 3 secondes). Le parachute de secours s'ouvre alors juste à l'endroit où la voile principale était une demi-seconde plus tôt.

Environ une demi-seconde après la libération, les suspentes de la voile de secours sont en tension (en fonction de la traînée offerte par la voile principale).

Le MARD déploie la voile de secours en moins de 30 mètres approximativement après la libération au lieu d'environ 90 mètres pour un système RSL.

Cependant, les MARD complexifient parfois la construction et le fonctionnement des parachutes.

L'intérêt principal de ce système réside essentiellement dans le cas d'une libération d'une voile principale à très basse hauteur, là où un système tels que le LOR ou le RSL ou encore un déclencheur de sécurité ne serait plus d'aucune utilité, c'est-à-dire en dessous de ≈ 100 mètres / sol.

LES SYSTÈMES DE DÉBRAYAGE

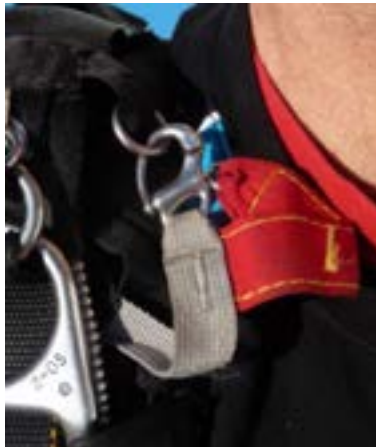
Afin de pouvoir éventuellement libérer la voile principale sans provoquer l'ouverture immédiate de la voile de secours, les systèmes de sécurité « passifs » sont débrayables par l'intermédiaire d'un mousqueton ou d'un maillon rapide situé à proximité du système trois anneaux. Si le mousqueton est déconnecté au sol avant un saut, il faudra veiller à ce qu'il ne reste pas « flottant » afin d'éviter tous risques d'interférence.

Lorsqu'un parachute est équipé d'un système de sécurité passif, il n'est pas autorisé de le déconnecter (DT n°52), qu'il s'agisse d'un sac de location ou non, sauf dans le cadre de la pratique du voile contact où il est au contraire obligatoire de déconnecter tout système de sécurité passif (par débrayage du mousqueton prévu à cet effet), pour des raisons évidentes de sécurité.


Deux autres cas pourraient également nécessiter une action de débrayage:

- par vent très fort au sol, si le parachutiste se fait trainer au sol après l'atterrissage, avant de libérer la voile principale;
- en cas d'atterrissage dans l'eau, avant de libérer la voile principale.

Les sauts effectués avec une caméra (fixée sur le casque la plupart du temps) doivent se faire avec le système de sécurité passif en fonction, si le parachute en est équipé. En contrepartie, le système de fixation doit être conforme à la DT n°52 et ne doit pas présenter de risque d'accroche, notamment par une suspente ou une ligne d'extraction.



Système de débrayage sur un LOR 2

 Suite à une déconnection, prenez garde à le remonter correctement. Vérifiez ou faites vérifier qu'il est correctement réinstallé.

LE SYSTÈME TROIS ANNEAUX

GÉNÉRALITÉS

Il assure la liaison entre les élévateurs de la voilure principale et le harnais. C'est le système de libération de la voilure principale (avec la poignée de libération).

Il est constitué, de chaque côté, de trois anneaux métalliques de tailles différentes qui passent les uns dans les autres. Le plus gros est solidaire du harnais, le moyen et le petit, de l'élévateur. L'ensemble est verrouillé par les joncs de la poignée de commande de libération qui passent chacun dans une bouclette textile traversant le petit anneau et l'élévateur. L'effort d'ouverture est appliqué à la liaison élévateurs / harnais.

Le système trois anneaux permet une démultiplication (diminution) des forces avant la bouclette de verrouillage qui, sans cela, ne résisterait pas à l'effort d'ouverture. Si pourtant elle devait résister, la poignée de commande de libération serait alors difficile, voire impossible à tirer.

Sur les dispositifs trois anneaux des sacs-harnais destinés à l'école, les deux premiers anneaux offrent une démultiplication des forces par ≈ 10 ; elle-même démultipliée par ≈ 100 par l'assemblage au troisième anneau. La bouclette de verrouillage permet aussi une démultiplication par 2.

La démultiplication totale du système est donc de ≈ 200 par élévateur.

Ces valeurs sont valables pour le système « classique ».

Ainsi, sous une voilure ouverte, si la masse totale en charge du parachutiste tout équipé est de 100 kilos, la force appliquée sur chaque élévateur est de ≈ 50 daN et celle appliquée sur chaque jonc de libération de 0,25 daN ($50 \text{ daN}/200 = 0,25 \text{ daN} \approx$ à une masse de 250 grammes).

Cela ne signifie pas que seule une force de 0,5 daN appliquée à la poignée de libération est suffisante pour libérer. Il faut ajouter à cela la force résultante des frottements des joncs dans leur gaine de câble.



Système trois anneaux sur mini-élévateur vue de face



Système trois anneaux sur mini-élévateur vue de dos

FONCTIONNEMENT



1) Le petit anneau passe dans le moyen, qui passe dans le gros. Le câble de la poignée de libération (en jaune) verrouille le système par l'intermédiaire d'une bouclette textile.



2) Quand on tire la poignée de libération, qui est située sur le côté droit du harnais, on déverrouille la bouclette de verrouillage. Sous la tension, le petit anneau est libéré,



3) puis le moyen,



4) ce qui permet le départ des élévateurs.

Il existe différentes versions de système trois anneaux.

Une version utilisant de plus petits anneaux est appelée le « mini 3 anneaux ». Elle est associée à des « mini-élévateurs » construits avec des sangles plus étroites (de type 17) et installée sur les parachutes destinés aux confirmés. Cette version demande à ce que la sangle soit renforcée pour résister au perçage destiné à l'œillet qui affaiblit la sangle de type 17 (photos page précédente – vues de face et de dos).

Une autre version est construite avec les anneaux non apparents sur les élévateurs (dite trois anneaux « inversés » - photo ci-contre). Quand le parachute est plié, ils font face au harnais.

Ce système d'élévateur inversé consiste à renvoyer le perçage du trou destiné au passage de la bouclette de verrouillage d'élévateur sur une sangle cousue à l'élévateur, préservant ainsi l'intégrité (la solidité) de celui-ci qui est déjà relativement étroit.

Pendant, dans certaines configurations d'incidents, il existe un risque que les anneaux ne puissent librement pivoter si les élévateurs restent plaqués contre les sangles du harnais.



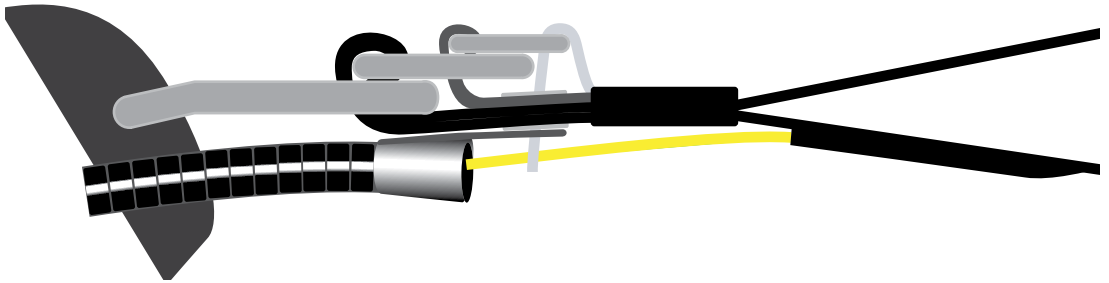
Il existe aussi des systèmes où la forme des anneaux n'est pas circulaire comme sur le système « mini-force » de la société Aérodyne dont l'anneau du milieu est « allongé », ceci dans le but annoncé d'optimiser les forces mécaniques mises en jeu et de gagner environ 25 % d'effort en moins à la libération.

Les parachutes tandem utilisent en revanche des anneaux d'un diamètre plus important que le système trois anneaux classique. Certains modèles de tandem sont même équipés de systèmes composés de quatre anneaux.



CONTRÔLE ET ENTRETIEN

La précision et la solidité de la fabrication des élévateurs sont cruciales pour conserver l'avantage mécanique du système trois anneaux.



Quand le système est en tension, il faut :

- ✗ que les 3 anneaux soient parallèles ;
- ✗ qu'ils soient en contact « métal contre métal » ;
- ✗ que la bouclette de verrouillage exerce une juste tension ;
- ✗ que la distance nominale entre les axes des anneaux soit respectée.

Si l'un de ces points n'est pas respecté, le système peut parfois perdre partiellement ses capacités à démultiplier les forces (exemple : photo ci-contre).

Entretien.

En situation d'équilibre, en suspension dans le harnais, l'effort de traction de la poignée de libération est normalement de 2 à 3 daN. Il peut atteindre 5 ou 6 daN et parfois plus, sous l'effet d'une accélération (rotation) ou de torsades.



Ci-dessus : le petit anneau et le moyen ne sont pas en contact.

Des joncs sales et des gaines de câble encrassées ou contenant des matériaux indésirables (brindilles, graviers, etc.) peuvent augmenter ces valeurs, jusqu'à rendre la libération impossible.

Une brindille coincée dans la bouclette de verrouillage, ou un marquage du câble gainé qui constitue les joncs, peut bloquer le système de libération.

Face à ce risque, le seul remède est de bien entretenir le libérateur (pour ne pas ajouter une cause de blocage).


Il ne faut jamais attendre pour faire la procédure de secours en cas de nécessité, surtout si vous êtes en rotation rapide.

Ne posez pas votre parachute sur l'herbe ou dans un endroit sale. Choisissez une surface propre et mettez sous le sac une bâche de pliage ou un tissu de protection. Ne traînez pas le sac au sol.

De temps en temps démontez (ou faites démonter) votre système trois anneaux :

- ✘ manipulez (malaxez) les sangles à l'extrémité de chaque paire d'élévateurs au point de fixation des anneaux pour les assouplir ;
- ✘ nettoyez les joncs de la poignée de libération (attention : un produit inadapté ou mal utilisé colle les saletés. Un simple chiffon et de l'eau tiède suffisent souvent) ;
- ✘ contrôlez l'état des joncs (un « marquage » ou une aspérité peut empêcher leur glissement) ;
- ✘ contrôlez l'état de la bouclette de verrouillage, des œilletons, de l'embout de gaine, des anneaux, de la poignée et de son ruban auto-agrippant (velcro) ;
- ✘ contrôlez la fixation des gaines de joncs de libération sur le harnais (il arrive qu'elles se décalent, ce qui entraîne un risque de libération dissymétrique ou de non libération) ;
- ✘ changez la poignée de libération dès qu'elle présente des signes d'usure.

Les constructeurs définissent la plupart du temps, dans leur manuel, le type d'entretien à effectuer par le propriétaire du parachute et sa périodicité (souvent tous les 50 sauts).

 Ces opérations demandent un minimum de connaissances. Si vous n'avez pas les compétences requises, confiez votre matériel à un technicien spécialisé.

À chaque contrôle périodique (lors du repliage de la voilure secours), le système trois anneaux doit obligatoirement être démonté, nettoyé, entretenu et contrôlé.

MAUVAIS MONTAGES DU SYSTÈME TROIS ANNEAUX

Si vous ne prenez pas les précautions nécessaires, vous risquez d'effectuer un mauvais montage. Certaines erreurs peuvent bloquer le système de libération ou provoquer une libération intempestive.

Trois exemples de mauvais montage sont présentés ci-dessous. Ce sont ceux que l'on rencontre le plus souvent mais il peut en exister d'autres.

Quelques règles simples permettent d'éviter tout problème :

- ✘ si vous démontez le système de libération, faites-le au sol, voilure principale étalée ;
- ✘ faites contrôler le montage par une autre personne avant de replier le parachute ;
- ✘ ne libérez pas la voilure principale pour faire un démêlage (apprenez plutôt à démêler !) ;
- ✘ contrôlez le système de libération avant chaque saut.

Premier exemple :

Le petit anneau passe dans le moyen et dans le gros.

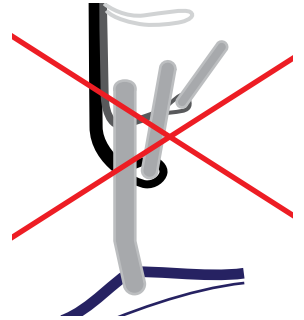
L'effort appliqué à la bouclette est excessif.

À l'ouverture, le câble de libération peut passer à travers l'œillet de l'élève. Le système se bloque, il n'est plus possible de libérer.

Une libération intempestive peut également se produire.

Cet incident peut détériorer les élévateurs ou les anneaux : rupture de fils, décousure, déformation. Le matériel doit être contrôlé.

Pour déceler ce mauvais montage, il faut bien vérifier le cheminement des anneaux (en regardant de côté).

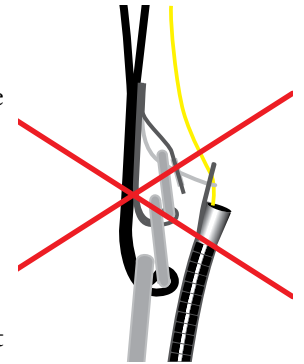


Second exemple :

Le jonc (câble gainé) traverse l'œillet de l'embout de la gaine du câble de libération.

La bouclette n'assure plus le verrouillage.

Vous risquez une libération intempestive.



Troisième exemple :

En montant la paire d'élévateurs gauche sur le côté droit du harnais et inversement, la voilure se trouve à l'envers. Cela n'empêche pas l'ouverture mais vous volerez à reculons ; les réflexes sont inversés, un peu comme si vous circuliez en voiture en marche arrière ! Il est alors souvent préférable de faire une procédure de secours surtout avec une voilure rapide.

LES ÉLÉVATEURS DU PARACHUTE PRINCIPAL

Ils relient la voilure au harnais via le système 3 anneaux.

Ils sont principalement constitués de sangles de type 8 pour les élévateurs les plus larges des parachutes des élèves, ou de type 17 pour les élévateurs étroits des parachutistes confirmés (mini-élève).

Il existe des types de sangles encore plus étroites pour les voilures de pilotage (PSV). La résistance à l'air et le volume de pliage peuvent ainsi être diminués.

La résistance des élévateurs étroits étant affaiblie, il est nécessaire d'employer des matériaux renforcés pour leur construction.

Les dispositifs permettant de monter et de verrouiller les commandes de manœuvre sont fixés sur les élévateurs arrière.

Sur les élévateurs avant se trouve parfois des poignées facilitant le pilotage aux élévateurs.

L'OUVERTURE DE LA VOILURE PRINCIPALE

La voile principale pliée est placée dans un sac de déploiement ou un fourreau sur lequel sont lovées les suspentes. Ce sac de déploiement est ensuite positionné dans son conteneur qui est ensuite fermé et maintenu verrouillé par un jonc ou une aiguille en fonction du système d'ouverture employé (voir chapitre sur les systèmes d'ouverture).

Doit-on employer le terme de « voile » ou de « voileure » ? Les deux, suivant ce que l'on veut désigner !

- ✘ Le terme « voile » désigne la partie en tissus.
- ✘ Le terme « voileure » désigne l'ensemble voile et suspentes. Les suspentes sont parfois aussi appelées « gréement ».

La séquence d'ouverture peut être décomposée en deux phases : **le déploiement** qui correspond à la mise en tension de l'extracteur et de la voileure (voile et suspentes) suivi de **l'étalement** qui correspond à son épanouissement.

Séquence d'ouverture avec hand-deploy :



L'extracteur, une fois gonflé, ouvre le conteneur et extrait le sac de déploiement, provoquant le délovage et la mise en tension des suspentes.

Il se dégonfle dès que la voile sort du sac de déploiement s'il est équipé d'une rétraction coulissante ou dès qu'elle empêche le vent relatif de l'alimenter.

Après la mise en tension des suspentes, la voile sort du **sac de déploiement** avant de s'étaler et de se mettre en pression.

Le **glisseur** temporelise l'étalement donc l'ouverture.

Quatre groupes de suspentes, chacun relié à l'un des quatre élévateurs, le traversent dans des œillets disposés à chaque coin.

On le remonte sous la voile lors du pliage. Après le déploiement, le vent relatif freine sa descente, empêchant ainsi un épanouissement trop brutal de la voileure. En fin d'ouverture, il repose sur les élévateurs.

Les **suspentes** constituent le gréement de la voileure. Elles contribuent aussi, dans une moindre mesure, à adoucir le choc à l'ouverture en fonction de leur élasticité (type de tressage et matière les constituant).

Quatre **élévateurs** relient la voileure au harnais par l'intermédiaire de connections rigides (maillons rapides inox) ou souples (connections « textile ») côté voileure et par le système trois anneaux côté sac-harnais.

Les deux commandes de manœuvre se trouvent sur les élévateurs arrière. Elles sont accessibles dès que les suspentes sont en tension.

Le temps que met la voileure pour s'ouvrir (se déployer et s'épanouir) est variable ; généralement entre ≈ 2 et ≈ 4 secondes.

LA VOILURE PRINCIPALE



Le glisseur : après l'ouverture, il repose sur les élévateurs. Il est en général de forme rectangulaire mais il peut prendre aussi parfois une forme de « cloche » (photo ci-contre). Il est parfois « rétractable » (photo ci-dessus).

Les élévateurs : au nombre de 4, ce sont des sangles qui relient la voile (voile + suspentes) au harnais.

Les poignées de commandes de manœuvre : elles se trouvent sur les élévateurs arrière.



LE GLISSEUR

Il a pour fonction principale de temporiser l'ouverture et, dans une moindre mesure, « d'ordonner » le suspentage.

Il est en général de forme rectangulaire et « plate » mais peut parfois prendre une forme de « cloche ».

À chaque coin, on trouve des œillets métalliques destinés à être traversés par les groupes de suspentes et les commandes de manœuvre. Certaines voilures sont équipées de glisseur munis de six œillets. Deux de ces œillets, à l'arrière, sont destinés au passage des commandes de manœuvre.

Lors de l'ouverture, à la fin du déploiement (mise en tension de l'extracteur et de la voile) et avant l'étalement (épanouissement de la voile), le flux aérodynamique (vent relatif) exerce une pression sous le glisseur qui maintient celui-ci sous la voile l'empêchant de s'étaler trop brutalement diminuant ainsi le choc à l'ouverture. Le glisseur dévie aussi une partie du flux aérodynamique arrivant sur l'intrados et alimentant les caissons.

L'optimisation de la surface du glisseur conditionne de manière importante le contrôle de la phase d'ouverture.

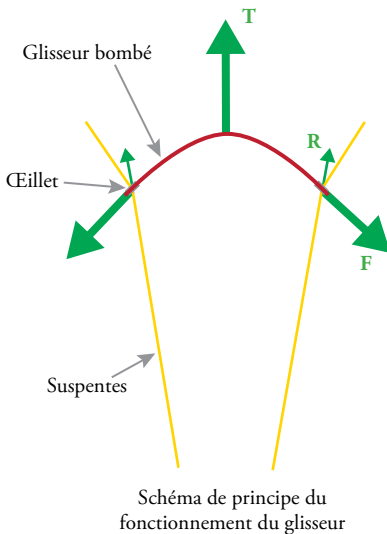
Sa taille et sa forme conditionnent la temporisation de l'ouverture d'une voile :

- ✗ horizontalement, le glisseur oppose un frein à l'écartement des suspentes.
- ✗ verticalement, la traînée ralentit la chute du glisseur ;

Un glisseur ne peut donc pas être changé sans influencer sur la phase d'ouverture.

Lors de l'étalement de la voile, les suspentes vont exercer une forte tension sur le glisseur.

Sur le plan horizontal, la résistance mécanique du glisseur va s'opposer aux tensions qui lui sont appliquées par les quatre groupes de suspentes : il va ralentir l'étalement de la voile. Pour cette raison, un glisseur doit être résistant. Il est donc galonné sur son pourtour afin de pouvoir supporter un effort important.



Les flèches vertes représentent :

- ✗ **T** est la résultante aérodynamique de l'air qui s'engouffre sous le glisseur (de bas en haut) lorsque le glisseur est en haut ou lorsqu'il descend le long des suspentes ;
- ✗ **F** est la force de réaction due au contact des suspentes sur les œillets. Quand le glisseur est haut, les suspentes tirent de plus en plus fort vers l'extérieur. Ces forces augmentent jusqu'à devenir plus importantes que **T**, le glisseur descend donc vers le bas ;
- ✗ **R** représente la force de frottement entre les suspentes et les œillets qui tend à « freiner » la descente du glisseur. Formellement parlant, on peut considérer que cette force est partie intégrante de la précédente (**F**).

Les moyens de rétraction du glisseur



Pour diminuer la résistance à l'air (la traînée) lors du pilotage, la plupart des glisseurs équipant les voilures des parachutistes confirmés peut être rétracté après l'ouverture et descendu à la base des élévateurs pour être placé derrière la tête jusqu'à l'atterrissage (photo ci-contre).

Certains dispositifs spéciaux permettent même parfois de le déconnecter de la voile ainsi que l'extracteur et le sac de déploiement. N'oubliez pas de le remettre dans sa position initiale lors du pliage !

Les butées de glisseur.

Il s'agit souvent de pastilles ou d'anneau métallique insérés à la base des stabilisateurs afin d'empêcher les œillets du glisseur de trop remonter lors de l'ouverture, risquant ainsi de détériorer le tissu de la voile ou de rester bloqués. Selon le type de construction d'attache des suspentes, ces butées peuvent être positionnées différemment.

CARACTÉRISTIQUES D'UNE VOILE

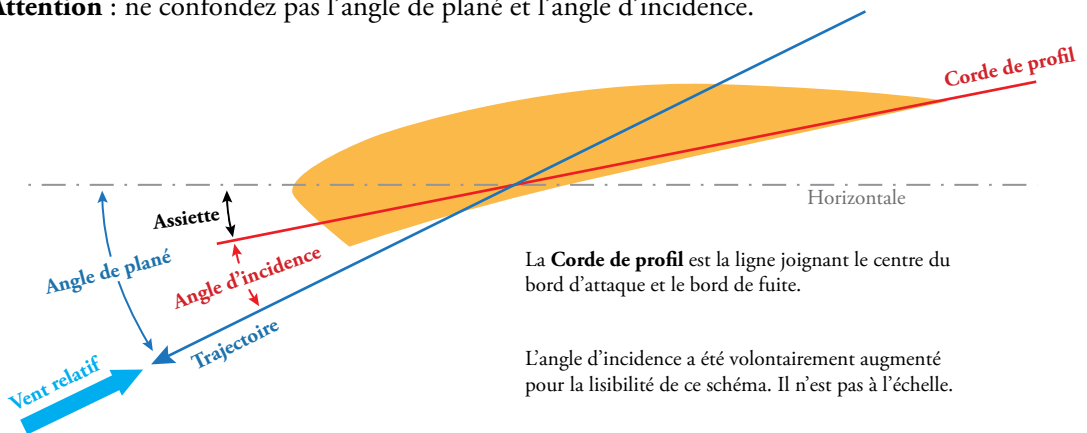
LES ANGLES CARACTÉRISTIQUES

Les trois angles caractéristiques sont :

- ✗ L'assiette : angle entre la corde de profil et l'horizontale.
- ✗ L'angle d'incidence : angle entre la corde de profil et la trajectoire.
- ✗ L'angle de plané : angle entre l'horizontale et la trajectoire.

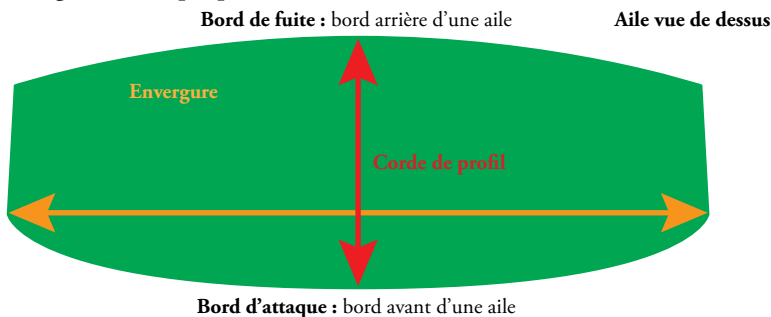
Angle de plané = assiette + angle d'incidence.

Attention : ne confondez pas l'angle de plané et l'angle d'incidence.



LA « FORME »

Elle peut être rectangulaire, elliptique, etc.



Le **profondeur** est la longueur de la corde de profil.

L'**envergure** est la plus grande distance d'une extrémité à l'autre d'une aile perpendiculairement à l'axe longitudinal.

L'**allongement** = envergure / corde = $(\text{envergure})^2 / \text{surface}$.

Les ailes de grand allongement auront généralement de meilleures finesses (voir chapitre aérodynamique), mais un trop grand allongement peut créer des problèmes de tenue de la voile en torsion.

Toute surface traînante aura tendance à réduire la finesse. Ainsi, le glisseur et l'extracteur qui se gonfle une fois la voile en ligne de vol sont de forts facteurs de dégradation de la finesse, d'où l'utilisation de systèmes de rétraction.

De même, le «cône» de suspentes induit une traînée. Moins il y aura de suspentes, et plus elles seront fines, meilleure sera la finesse.

L'ÉPAISSEUR

L'épaisseur du profil influence la traînée induite (et dans une moindre mesure la portance). Elle joue donc sur la vitesse sur trajectoire ainsi que sur la finesse. Une forte épaisseur réduit la vitesse et la finesse.

LA SURFACE

La surface d'une voile influence de la même manière la portance et la traînée (en conservant un profil constant). Elle influence donc directement la vitesse sur trajectoire sans influencer la finesse. En pratique, les grandes voiles ont une meilleure finesse car la traînée du pilote (qui lui ne change pas de taille) est proportionnellement plus faible.

LA FORME

La forme de la voile (vue de dessus) influence la répartition des masses et donc les inerties de rotation.

Elle a, par ailleurs, une influence sur la répartition des résultantes aérodynamiques et influence grandement la réactivité des voiles.

L'ALLONGEMENT

$$\text{L'allongement} = \text{envergure} / \text{corde} = (\text{envergure})^2 / \text{surface.}$$

Plus ce coefficient est important, plus la voile sera allongée.

Les performances d'un profil sont calculées pour un allongement infini. Dans la réalité, l'aile est nécessairement d'une envergure finie.

L'écoulement de l'air est perturbé le long des « bords » de l'aile, au niveau des saumons (tourbillons marginaux). L'air en surpression à l'intrados a tendance à vouloir revenir sur l'extrados où règne une dépression. Ce phénomène est d'autant plus important que la voilure est d'allongement faible et de forme rectangulaire.

En conservant la même surface de voile mais en allongeant l'aile, c'est-à-dire en éloignant les extrémités, on obtient une grande partie des filets d'air centraux moins perturbés. On éloigne ainsi les tourbillons marginaux qui perturbent l'écoulement des filets d'air au-dessus et en-dessous de l'aile. Ceci amène une traînée supplémentaire, dite traînée induite.

La théorie prévoit que la traînée induite par les tourbillons marginaux sera minimale pour une aile de forme elliptique.

Dans le cas des ailes souples, un allongement important amène un inconvénient supplémentaire : la tendance à la torsion. La rigidité de l'aile étant limitée, une action sur la commande d'un seul côté aura tendance à « vriller » la voile, lui faisant perdre ses qualités.

Les voiles de faible allongement (entre 1,9 et 2,5 et de grande surface) sont des voiles lentes.

Les ailes de précision d'atterrissage et les voilures école appartiennent à cette catégorie.

Ces parachutes sont rectangulaires et ont le plus souvent 5, 7 ou 9 caissons.

Leur surface est grande et la charge alaire faible.

Une voile de grand allongement est d'autant plus efficace qu'elle est peu épaisse, comme c'est le cas des ailes de planeur.

Les voiles à grand allongement ($> 2,5$) et de petite surface volent vite et ont une finesse supérieure.

Elles sont le plus souvent elliptiques ou semi-elliptiques, virent très rapidement et ont tendance à partir brutalement en décrochage.

Les voiles de haute performance sont normalement constituées avec un rapport de 3 : 1. Survient alors le problème de maintien de la stabilité de l'aile dans les virages.

Les ouvertures de ces voiles sont généralement plus difficiles à contrôler dans la mesure où elles sont souvent elliptiques ou semi-elliptiques. Elles sont plus sensibles à des changements d'axe.

Les avantages acquis par un grand allongement, à savoir la vitesse et la nervosité, sont contrecarrés par les problèmes énumérés précédemment ainsi que par un accroissement de la traînée provoquée par des suspentes plus longues et plus nombreuses pour maintenir le profil.

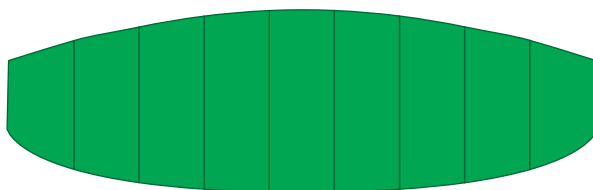
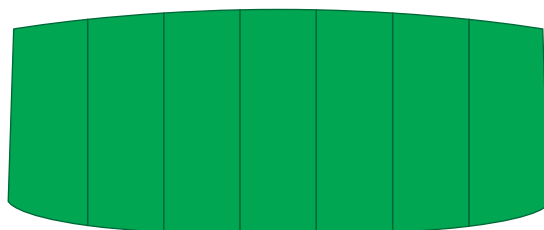
LES VOILES À CAISSONS CROISÉS

Les caissons croisés permettent de conserver la forme de la voile et permettent à une petite voile de produire une meilleure ressource car il y a moins de distorsion durant le posé.

Ces derniers jouent fondamentalement le même rôle que les parois communément appelées « inter-caissons » mais ils sont cousus de façon à être en diagonale à l'intérieur des caissons afin de rigidifier le profil et ainsi avoir une meilleure pénétration dans l'air.

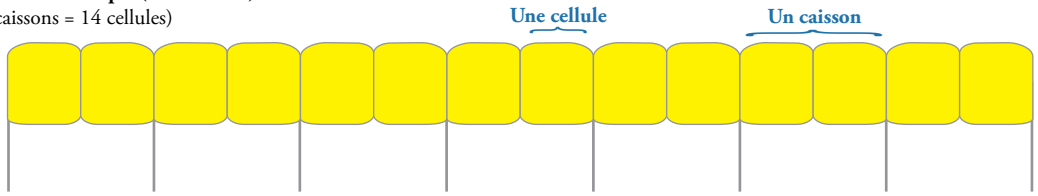
Cette construction améliore les performances et l'aérodynamisme de certaines voiles.

Comparés aux structures de voiles classiques qui comportent deux cellules par caisson car au-delà de ce nombre il y a de trop grandes déformations, les caissons croisés permettent de rigidifier le profil de l'aile et de limiter le nombre de suspentes, ce qui est idéal pour une voile rapide au profil fin.



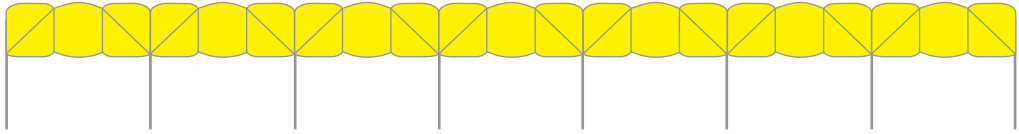
Structure classique (bi cellulaire)

(7 caissons = 14 cellules)



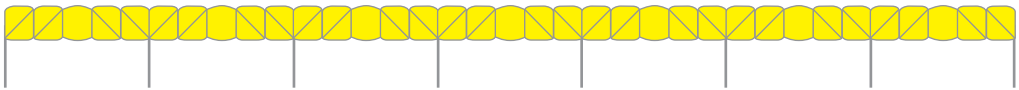
Structure caissons croisés (ou « Cross Brace »)

(7 caissons = 21 cellules)



Structure Z brace

(7 caissons = 35 cellules)



Le concept « Cross Brace » structure les voiles de haute performance d'aujourd'hui car cette construction améliore l'aérodynamisme : elle comporte moins de suspentes donc moins de traînée.

Ce concept a préfiguré les générations de voiles elliptiques où les caissons sont composés de trois cellules avec, entre chaque rangée de suspentes, des cloisons diagonales mais en rajoutant un bord d'attaque semi-fermé en plus de l'emploi du tissu porosité zéro ce qui rend le profil plus pur et le rendu aérodynamique plus performant.

Le comptage des caissons croisés devient différent d'une voile classique bi-cellulaire : une voile classique de 7 caissons comporte 14 cellules (2 par caisson) et de même une voile de 9 caissons comporte 18 cellules.

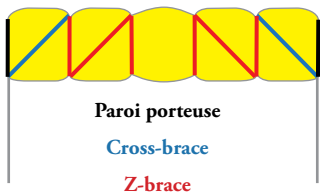
On parle alors de 21 cellules pour une voile comportant 7 caissons telle que la Velocity de PD (un caisson croisé étant composé de 3 cellules).



La cellule centrale est fermée et les deux autres sont semi-ouvertes, laissant apparaître ce fameux caisson croisé (photo ci-contre).

Actuellement, les « caissons croisés » sont utilisés sur des modèles existants de voiles haute performance à la forme elliptique.

Le concept est poussé plus loin avec le système Z-brace qui permet de redécouper les caissons en un nombre encore plus grand de cellules. Vu de face, 4 des 5 cellules dessinent un Z, en considérant les structures internes montées en diagonale.



Cela donne une voile de 9 caissons de 35 à 45 cellules, permettant d'obtenir ainsi une « charpente » intérieure plus importante et mieux agencée au bénéfice d'un profil plus aérodynamique.

Vue schématisée du concept Z-brace

Exemples



Exemple de voile à caissons bi cellulaire : la Icarus Student de Jyro



Exemple de voile à caissons croisés : la JPX-Petra de Jyro

LES STABILISATEURS

Ce sont des panneaux latéraux disposés de chaque côté de la voile, généralement du bord d'attaque au bord de fuite. Dans certains ouvrages, ils sont parfois appelés « canalisateur de flux ». Ils réduisent, entre autre, la traînée induite.

Pour la plupart des voiles, ils existent sous différentes formes. Ils peuvent être cousus sur toute la longueur du caisson ou « décollés » (cousus juste en certains points) comme sur les voiles de précision d'atterrissage, laissant alors l'air s'échapper sur les côtés.

Les stabilisateurs procurent progressivement moins de bénéfices lorsque l'allongement de l'aile augmente.

À noter que sur certaines voiles, comme celles de type JFX ou JVX, les stabilisateurs sont absents.

LA VOILURE DE SECOURS

De par leur destination, ces ailes doivent être d'un emploi sûr, de façon à obtenir une ouverture saine et rapide dans tous les cas. Ainsi, leur conception donne la priorité à la sécurité de fonctionnement.

Ces voilures sont construites avec du nylon basse porosité (ripstop F-111 ou équivalent).

Elles ont généralement un faible allongement et 7 caissons (ou 9 caissons sur les voiles de secours tandem). D'anciennes générations de voilure de secours ont parfois seulement 5 caissons.

Avant tout, ces parachutes de secours doivent avoir les avantages suivants :

- ✘ une ouverture rapide et sûre (3 secondes ou 90 mètres maximum) ;
- ✘ résister à des ouvertures à grande vitesse ;
- ✘ vol stable et « paisible » ;
- ✘ permettre un atterrissage en toute sécurité.

Elles n'offrent donc pas de grandes performances mais ce n'est pas l'objectif recherché. De plus, nous pilotons rarement notre voilure de secours ; nous ne la connaissons pas ou mal et nous disposons de peu de temps après son ouverture pour se familiariser avec son pilotage. Il est donc préférable qu'elle nous préserve de surprises désagréables.



Une voilure de secours sur un parachute école doit pouvoir être pilotée facilement par un élève.

Pour ne pas être dérouté par un « comportement » trop différent de la voilure principale et pour respecter la charge alaire, la voilure de secours doit avoir une surface relativement proche de la principale. De plus, cela facilitera leur cohabitation si elles sont ouvertes en même temps.

Par sécurité, l'ensemble extracteur – sangle de liaison – sac de déploiement n'est pas solidaire de la voile. Cela lui permet de se déployer complètement et de s'étaler, même si l'extracteur est accroché à l'utilisateur et/ou à une partie de l'équipement.

Après l'ouverture, l'ensemble de la ligne d'extraction (extracteur, sangle de liaison et sac de déploiement) se sépare de la voile et descend vers le sol de son côté.

La sangle de liaison entre l'extracteur et le sac de déploiement doit être suffisamment longue et large pour que sa traînée soit suffisante afin d'extraire le sac de déploiement même si l'extracteur interfère avec le parachutiste ou l'équipement.



Sur le sac de déploiement, la platine de lovage des suspentes est protégée par un rabat velcro. Cette protection a pour but d'éliminer les risques d'accrochage d'une suspente sur l'équipement ou sur le parachutiste si celui-ci n'est pas stable lors de l'ouverture. On retrouve ce même type de protection sur les fourreaux de voile principale utilisés en école.

La voile de secours est contrôlée minutieusement au minimum une fois par an à chaque contrôle périodique ainsi qu'après chaque ouverture (en particulier lorsqu'il s'agit d'une ouverture à pleine vitesse).

Elle n'a pas de durée de vie, à proprement parler, mais une majorité de constructeurs demande son retrait ou son retour en usine au bout d'un certain nombre de repliages et/ou d'ouvertures afin d'effectuer des contrôles (porosité, vieillissement, état, etc.) avant leur éventuelle remise en service pour une durée déterminée.

Les élévateurs de la voile de secours font partie intégrante du harnais.

Lors du choix de la voile de secours, il est important de tenir compte de la catégorie de certification et des recommandations du fabricant, notamment quant à la charge maximum autorisée ainsi qu'à l'expérience minimale requise. Les certificats d'homologation, respectant les standards minimum pour composants et équipement de parachutes, ne sont d'ailleurs valables que si les indications du fabricant sont respectées.

LES CONNEXIONS VOILURE - ÉLÉVATEURS

On trouve généralement deux types de connexion entre les suspentes de la voileure (le gréement) et les élévateurs :

- ✕ des connexions par l'intermédiaire de maillons rapides ;
- ✕ des connexions « souples ».

Chacun possède ses avantages et ses inconvénients.

LE MAILLON RAPIDE



Maillon Rapide® est une marque. Elle est fabriquée par la société PÉGUET basée en Haute-Savoie.

Il en existe de toutes matières mais ceux utilisés pour les voilures individuelles sont généralement en inox car leur charge utile et leur charge de rupture sont bien supérieures aux autres matières. Ils sont alors marqués « INOX ».

Le Maillon Rapide® bénéficie de la mention « MAILLON RAPIDE » située à l'opposé du filetage. La charge de rupture y est aussi gravée.

Ils doivent être vissés à fond à la main puis verrouillés au moyen d'une clé en respectant le couple de serrage préconisé. Si l'on force trop, ils peuvent se détériorer et perdre leur résistance. Certains maillons ont une butée d'arrêt pour empêcher le serrage excessif.



Quel maillon pour quelle voileure ?

MODÈLE INOX	N° 3,5	N° 4	N° 5	N° 6
CHARGE UTILE	220 kg	280 kg	450 kg	650 kg
CHARGE DE RUPTURE	1100 kg	1400 kg	2250 kg	3250 kg
COUPLE DE SERRAGE	0,60 N.m	0,70 N.m	0,80 N.m	1,20 N.m
VOILURE	Principale uniquement	Principale et secours	Principale (voilure école) et secours	Tandem principale et secours

Avantages :

- ✗ facilité de montage et de démontage ;
- ✗ inusable ;
- ✗ ne détériore pas les suspentes. L'Inox n'est pas abrasif contrairement aux connexions souples en textile. Il ne détériore donc que très peu les suspentes lors des frottements au niveau de leur jonction sur celui-ci.

Inconvénients :

- ✗ L'un des inconvénients des maillons rapides est qu'ils peuvent, avec le temps, se desserrer, se dévisser et s'ouvrir. Une fois ouvert, le maillon peut se déformer lors de l'ouverture (photo ci-contre) ;

Les maillons rapides doivent être contrôlés régulièrement lors des pliages pour voir si l'écrou ne s'est pas dévissé. Aucun filet ne doit être apparent. Ce contrôle est aussi obligatoirement opéré sur les voilures de secours lors du contrôle périodique (une fois par an).



- ✗ Sur une voile principale, il doit être installé muni d'un manchon de protection. Sans ce manchon :
 - il risque de détériorer les anneaux du glisseur qui viennent en butée contre les élévateurs qui, eux-mêmes, une fois abîmés, détérioreront les suspentes ;
 - il risque, lors de l'ouverture, de « travailler » dans le sens de la largeur où sa résistance est moindre. Un manchon de protection type « tuyau » (semi-rigide) assurera son orientation permanente dans le sens de la longueur.

Ce type de manchon de protection limitera aussi le desserrage et, de plus, empêchera qu'une suspente ne vienne s'accrocher derrière la bague de serrage du maillon.

LES CONNEXIONS « SOUPLES »



Elles sont parfois appelées « softlinks ».

Elles sont généralement fabriquées avec les mêmes matières servant à la fabrication des suspentes (Spectra 1000 ou 1500, etc.).

Il en existe de nombreux modèles, une majorité de constructeurs de voilures concevant leur propre connexion. Elles reprennent cependant toutes sensiblement le même principe de montage : la connexion chemine par deux fois dans l'élévateur et les suspentes, avant d'être verrouillée par une boucle.

Cette dernière boucle doit être rangée et parfois cousue dans l'enchapure de l'élévateur afin de ne pas présenter de risque d'accrochage.

Certaines sont destinées à être installées sur des voilures principales et d'autres sur des voilures de secours. Elles se distinguent, la plupart du temps, par une étiquette de couleur spécifique et/ou par une inscription en fonction de leur destination (principale ou secours).

Les connexions souples destinées aux voilures principales sont normalement compatibles avec toutes ces voilures (sauf indication contraire du fabricant).



Les connexions souples destinées aux voilures de secours doivent être assemblées uniquement avec la voile de secours avec laquelle elles ont été certifiées (les connexions souples ne sont pas, à l'heure actuelle, certifiées comme éléments séparés).

Avantages :

- ✗ une fois installées, elles ne risquent pas de se défaire d'elles-mêmes (si le montage est effectué correctement) ;
- ✗ elles sont plus résistantes que les maillons rapides ;
- ✗ de par leur faible encombrement, elles facilitent le passage des élévateurs dans les œillets du glisseur (ce qui n'est souvent pas possible avec des maillons rapides munis de manchons) ;
- ✗ elles ne détériorent pas les œillets du glisseur.

Inconvénients :

- ✗ leur montage et leur retrait sont un peu plus complexes et longs que ceux des maillons rapides (mais ils ne nécessitent pas d'outil) ;
- ✗ elles s'usent ;

C'est sans doute leur principal inconvénient et cette usure a déjà été à l'origine de rupture de connexions souples montées sur les voilures principales. Cette usure provient principalement des frottements contre les œillets du glisseur mais aussi, dans une moindre mesure, de leur contact permanent avec les suspentes et les élévateurs lorsque l'ensemble est en tension (à noter qu'elles vont elles-mêmes aussi user les élévateurs et la base des suspentes auxquelles elles sont connectées).

Il faut donc contrôler régulièrement leur état (ainsi que celui des élévateurs et de la base des suspentes).

- ✗ le fait qu'elles facilitent le passage des élévateurs dans les œillets du glisseur n'est pas toujours une bonne chose sur les voilures destinées aux élèves. Le glisseur peut, en effet, parfois descendre rapidement et venir directement en butée contre les poignées de commande de manœuvre et occasionnellement rendre leur déverrouillage difficile.

LES MANCHONS DE PROTECTION

Ils sont le plus souvent fabriqués à base de silicone ou plastique translucide (type « tuyau » - photos ci-après) ou encore à base de textile (photo ci-contre).

Ils sont installés sur les maillons rapides afin, principalement, de protéger les œillets du glisseur ainsi que la base des suspentes.



Les manchons type « tuyau » :



- ✘ ils limitent aussi le desserrement des maillons rapides et assurent leur bonne orientation (dans le sens de la longueur) lors de l'ouverture. De même, ils empêchent l'accrochage d'une suspente sur la bague de serrage des maillons.
- ✘ Ils doivent enserrer les maillons fermement et être fixés aux élévateurs par un point de couture afin d'éviter qu'ils ne puissent remonter le long des suspentes pendant la phase d'ouverture, risquant de stopper l'étalement de la voile. Pour cette raison, ils sont interdits en France sur les voilures de secours.
- ✘ Le diamètre et la taille des manchons doivent être adaptés à la taille du maillon rapide, lui-même adapté à la taille des suspentes et de la sangle d'élévateurs.
- ✘ La matière les constituant doit être relativement souple de manière à ne pas détériorer les suspentes lorsqu'elles frottent contre l'extrémité de celui-ci.

Remarque.

L'utilisation de connexions souples dispense de protéger les œillets du glisseur des chocs mais il est cependant parfois utile de protéger les connexions souples des frottements répétés des œillets.

Il existe, pour cela, des manchons de protection textile spécialement conçus pour ce type de connexion.

LES SUSPENTES

GÉNÉRALITÉS

Elles constituent, avec les commandes de manœuvre, le gréement de la voile.

Elles sont reliées à leurs extrémités à la voile et au système de connexion leur permettant d'être rattachées aux élévateurs.

CARACTÉRISTIQUES

Les suspentes et les commandes de manœuvre doivent avoir les caractéristiques suivantes :

- ✗ Une bonne résistance à la rupture afin d'encaisser les efforts d'ouverture répétée.
- ✗ Une bonne résistance à l'abrasion (usure due au frottement). Les suspentes sont particulièrement exposées lors du délovage et du pliage (si l'on tire le sac vers soi en les faisant traîner au sol).
- ✗ Une élasticité contrôlée pour maintenir la voile bien en forme avec un calage constant.
- ✗ Une bonne tenue aux variations de température et d'humidité. Les voilures sont exposées pendant les sauts et lors de leur stockage à des conditions très variables.
- ✗ Une bonne résistance aux UV.
- ✗ Un faible diamètre permettant de réduire la traînée aérodynamique et le volume plié.

Leur structure est de deux types :

- ✗ Tressée et creuse (utilisée sur les parachutes). Ce sont des brins d'une fibre donnée, tressés directement.
- ✗ Composée d'une gaine tressée et d'une âme à plusieurs brins (utilisée sur les parapentes). Seule la gaine, creuse, est tressée. Elle assure la résistance à l'abrasion, à l'humidité et aux rayonnements (UV). Les brins libres à l'intérieur (l'âme) assurent la résistance à la rupture.

MATÉRIAUX UTILISÉS

Les matériaux employés pour la confection des suspentes sont désignés par le type de fibre (polyester, polyéthylène, aramide, etc.) ou par un nom commercial (Kevlar, Optima, etc.).

La mémoire de forme de certains cônes de suspension est telle qu'une voile peut subir une élongation de suspentes d'une dizaine de centimètres à l'issue d'un saut et être mesurée à longueur identique le lendemain. L'étirement des suspentes, lors d'une ouverture, contribue à amortir le choc à l'ouverture.

Le matériau souvent utilisé pour les suspentes des voilures école est le polyester (DACRON) qui offre des capacités d'amorti à l'ouverture que ne possèdent pas le polyéthylène (OPTIMA ou MICROLINE), l'aramide (KEVLAR) ou le polyester aromatique (VECTRAN).

Bien sûr, le choix se fera en fonction des caractéristiques mécaniques et de leur tenue au fil du temps et des sauts.

Les suspentes en Dacron sont plus élastiques que celles en Microline Spectra, Vectran, Kevlar et HMA (High Modulus Aramid). Cependant, le HMA et le Vectran sont les matériaux qui retournent le mieux à leur longueur d'origine. C'est la raison pour laquelle ils sont de plus en plus utilisés sur les voilures très performantes car celles-ci sont plus sensibles que les autres à toute modification du calage résultant du rétrécissement et/ou de l'allongement des suspentes.

Les suspentes Kevlar (aramide) ont une élasticité quasi nulle ce qui peut rendre les chocs à l'ouverture relativement importants. Elles sont, de plus, très sensibles à l'abrasion et se détériorent très vite. Elles sont donc de moins en moins utilisées sur les voilures principales.

En vieillissant, une suspente tend à s'allonger, puis très vite à se raccourcir. Pré-étirer les suspentes réduit ces effets, en particulier l'allongement. Mais à terme, le raccourcissement est inévitable.

Quelque soit le matériau utilisé pour leur confection, les suspentes se dégradent au fil des sauts, souvent bien plus vite que la voile. Certaines matières textiles s'allongent ou se rétractent à l'utilisation à cause de la chaleur créée par la friction des anneaux du glisseur. Il faut donc régulièrement changer l'ensemble du gréement (cône de suspension).

Si l'entretien n'est pas effectué dans les temps, le risque est que le calage se modifie, provoquant des allongements et/ou des raccourcissements dissymétriques et donc des ouvertures aléatoires au fil des sauts ou des ruptures de suspentes.

La périodicité de ce changement peut varier de 100 (HMA de faible diamètre sur certaines voilures à très haute performance) à 1000 sauts en fonction du type de suspentes.

Les plus utilisées sont regroupées dans le tableau ci-dessous.

NOM	TYPE	MATÉRIAU DE BASE	RÉSISTANCE À LA RUPTURE
Optima	Tressée creusée	Polyéthylène	525 lb* : 238 daN 725 lb : 328 daN
Dacron	Tressée creusée	Polyester	400 lb : 180 daN 500 lb : 227 daN 600 lb : 272 daN 900 lb : 409 daN
Spectra Microline	Tressée non traitée	Polyéthylène	525 lb : 238 daN 725 lb : 328 daN 940 lb : 426 daN 1800 lb : 816 daN
Kevlar	Tressée non traitée	Aramide	700 lb : 315 daN
Vectran	Tressée	Polyester aromatique	580 lb : 263 daN 750 lb : 340 daN 1000 lb : 450 daN 1600 lb : 725 daN
HMA	Tressée	Aramide	352 lb : 159 daN 440 lb : 199 daN 946 lb : 429 daN

1 lb (livre) = 0,45 kg»

1 daN (décanewton) = force exercée par un poids de 1kg en conditions de gravité «normale».

Ci-dessus, différentes résistances de suspentes sont présentées. Pour un même type et matière de suspente, c'est le diamètre de celle-ci qui va influencer sur sa résistance.

Les suspentes Dacron :

- ✗ relativement élastiques, elles amortissent et résistent bien au choc engendré par l'ouverture ;
- ✗ leur section est assez importante (à résistance égale par rapport à d'autres matériaux). Elles engendrent donc plus de traînée et un volume de pliage plus important.

Les suspentes Spectra Microline :

- ✗ elles ne sont pas très stables en dimension au cours de leur vie. Le calage de la voilure peut se modifier au fil des sauts ;
- ✗ elles résistent très bien à l'abrasion.

Les suspentes Vectran :

- ✗ leur dimension reste stable (peu d'étirement) ;
- ✗ leur section est assez faible (à résistance égale par rapport à d'autres suspentes). Elles engendrent donc moins de traînée et un faible volume au pliage ;
- ✗ elles sont légèrement sensibles à l'abrasion comme beaucoup de matériaux à base d'aramide.

Les suspentes HMA (High Modulus Aramid) :

- ✗ comme le Vectran, leur dimension reste stable (peu d'étirement) ;
- ✗ à résistance égale, leur section est plus faible que celles en Vectran ;
- ✗ elles sont très sensibles à l'abrasion.

RÉPARTITION DES SUSPENTES

Le gréement est l'ensemble constitué par les suspentes et les commandes de manœuvre. Il est souvent appelé « cône de suspension » en référence aux parachutes hémisphériques. Sur une aile, il ne forme plus vraiment un cône au sens géométrique du terme.

Chaque rangée de suspentes possède sa mesure de longueur de suspentes différente ce qui définit son calage. Cet angle est fixe et déterminé par le constructeur une fois pour toutes. Ces longueurs très précises des suspentes (à un centimètre près pour les voilures « écoles », moins pour les autres voilures) donnent sa forme à la voile et assurent le maintien du profil (par exemple, les suspentes avant sont plus courtes que les suspentes arrière).

Les efforts d'ouverture générés au bord de fuite convergent sur le brin (suspente) principal de chaque commande de manœuvre qui doit avoir une résistance suffisante. C'est pour cette raison que ce brin principal est souvent d'une section plus importante que les autres.

Il existe deux types de montage des suspentes sur une voilure (ou de suspentage) :

- ✗ avec pattes d'oie
- ✗ en suspentes directes.

Sur certaines voilures, ces deux types de montage sont associés : certaines lignes de suspentes sont avec pattes d'oie et d'autres en suspentes directes.

Aujourd'hui, la plupart des voilures principales ou de secours est équipée de gréement avec des pattes d'oie afin de réduire le poids, le volume de pliage et la traînée.

Les lignes de suspentes (en suivant la corde) sont désignées par des lettres. A pour les suspentes avant, puis B, C et D.

MONTAGE AVEC PATTES D'OIE

Chaque suspente se divise en 2. Pour 1 suspente partant de l'élévateur, 2 arrivent à la voile.

Le brin principal d'une suspente avant supporte donc les efforts des brins secondaires des lignes A et B (idem pour l'arrière).

Les suspentes A, et particulièrement les centrales, supportent le maximum de la charge à l'ouverture.

Lorsqu'une suspente casse, il est fréquent qu'elle rompe au niveau de la patte d'oie (à la jonction des brins secondaires) car c'est aussi le point de jonction des forces.

Parfois, les suspentes avant (A et B), de chaque côté du caisson central, sont montées en suspentes directes (sur les voilures de voile contact par exemple) et sur les secours car ce type de construction permet de résister aux ouvertures « brutales ».

Une rupture au niveau de la patte d'oie (ou sur le brin principal) va modifier considérablement le profil de la voile comparé à une rupture d'une suspente directe.

Certaines voiles elliptiques (montées avec des pattes d'oie), n'ont que trois points d'attache à l'intrados sur les caissons latéraux. Une suspente est donc montée en direct, l'autre avec une patte d'oie.

Les pattes d'oie permettent d'augmenter le nombre de points d'attache à l'intrados sans augmenter exagérément le volume et la traînée des suspentes. Plus il y a de points d'attache à l'intrados :

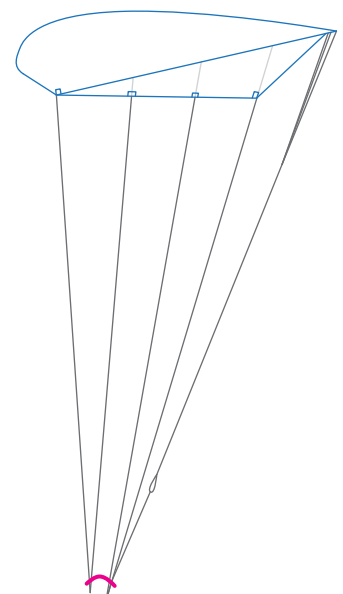
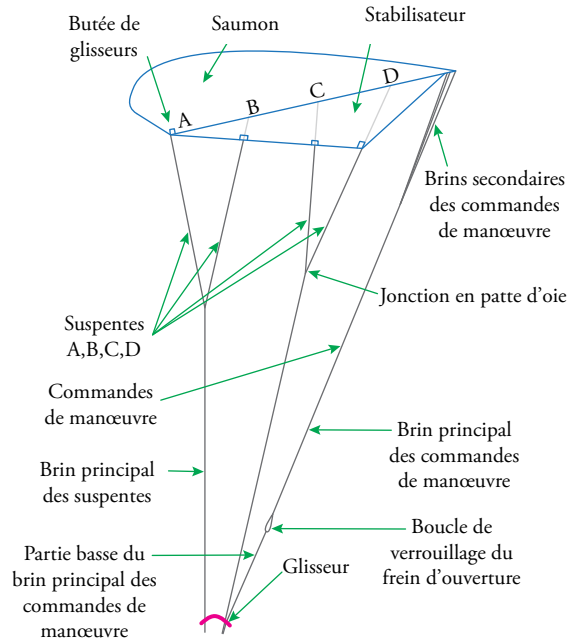
- ✗ plus la forme de la voile est régulière.
- ✗ plus les efforts sont répartis.
- ✗ moins la voile se déforme en cas d'une rupture de suspente (attention, une rupture sous la patte d'oie intéresse deux points d'attache).

MONTAGE AVEC SUSPENTES DIRECTES

Les suspentes vont directement de la voile aux élévateurs (schéma ci-contre).

Il y en a donc un plus grand nombre sur chaque élévateur. Le suspentage direct a l'avantage, par rapport à celui en patte d'oie, de ne pas trop déformer le profil de la voile en cas de rupture.

On trouve ce type de montage sur certaines voilures de très haute performance (PSV) utilisant des suspentes Vectran et HMA de très faible section.



Les suspentes avant du caisson central (et les suspentes extérieures) des voilures de voile contact sont montées aussi en « directes ». Plusieurs raisons à cela :

- ✗ la présence de pattes d'oie empêcherait les pratiquants d'effectuer les prises « basses » de suspentes avec les pieds et/ou de « glisser » pour descendre jusqu'à leur coéquipier situé en-dessous.
- ✗ Les suspentes directes se retrouvent placées plus en avant que les suspentes avec pattes d'oie (ces dernières forment un angle qui les placent plus en retrait) ce qui facilite les prises avec les pieds et le visuel.

De plus, elles ont souvent une section plus importante que les autres suspentes de la voile. Cela facilite le visuel (elles sont aussi souvent de couleurs différentes) et diminue les risques de dommages sur les membres des pratiquants.

LES COMMANDES DE MANŒUVRE

Les commandes de manœuvre servent à diriger et moduler la vitesse de la voile. Elles sont habituellement construites avec une section supérieure appelée UST (Upper Steering lines) et une section inférieure (Lower Steering Lines).

Les commandes de manœuvre ont tendance à se torsader sur elles-mêmes, ce qui les raccourcit et favorise la formation de « clés » lors de l'ouverture. Il est nécessaire de les détorsader régulièrement.

Beaucoup de parachutistes utilisent des voiles avec des commandes de manœuvre trop courtes. Ceci est généralement dû à deux raisons : les poignées de commandes de manœuvre sont attachées trop haut sur le brin principal ou celles-ci ont subi un certain rétrécissement. Lorsque les commandes de manœuvre sont raccourcies, elles tirent le bord de fuite de la voile alors que les poignées de commandes sont complètement en haut (position « bras haut »). Ainsi, la voile vole toujours avec un certain pourcentage de freins (aussi faible soit-il). Une voile est plus performante avec un peu de « mou » dans les commandes de manœuvre lorsqu'elles sont en butée vers le haut.

Pour un réglage correct, les commandes de manœuvre doivent dessiner une courbe (flèche) sur toute leur longueur lorsque la voile est en vol avec les commandes relâchées. Le pilote doit alors tirer de 5 à 6 centimètres environ vers le bas avant qu'elles commencent à solliciter le bord de fuite de la voile.

Différents systèmes permettent de freiner la voile lors du pliage, en bloquant les commandes en position freinée (le pourcentage du freinage varie selon la voile). Une double implantation de commandes existe aussi sur certaines voilures principales Tandem (PF, NZ Aerosports, Icarus et PD).

Lors de l'ouverture, en configuration freinée, les commandes de manœuvre supportent des efforts importants. Leur brin principal est donc souvent d'une section plus importante que les autres, d'autant qu'il doit aussi résister à la friction de passage du glisseur.

ENTRETIEN ET FACTEURS D'USURE

Il faut particulièrement contrôler les brins principaux des commandes de manœuvre, les boucles de verrouillage de freins, les suspentes externes et centrales, qui sont les éléments les plus sollicités lors de l'ouverture.

Une usure légère est acceptable. Par contre, si plusieurs fils composant la suspente sont cassés, elle doit être remplacée. L'aspect pelucheux des fils composant la suspente indique des fibres rompues et détachées.

Outre l'usure normale (tensions, frottements lors du délovage et de l'ouverture (glisseur), exposition aux UV, variations de température et d'humidité, etc.), les suspentes sont exposées lors des manipulations au sol. Soyez attentif en ramassant la voilure et en pliant. Traîner les suspentes au sol provoque une usure due à l'abrasion et un risque d'accroc sur une pierre ou sur des ronces. Apportez une attention particulière aux suspentes qui peuvent être en contact avec du ruban auto-agrippant (Velcro) non protégé.

Il faut éviter de mouiller les suspentes et, dans ce cas, ne pas les faire sécher au soleil.

Enfin, signalons une nouvelle fois l'intérêt de stocker son parachute dans de bonnes conditions de température et d'humidité : éviter les locaux très froids, très chauds ou très humides.

PHYSIOLOGIE

Les effets de l'altitude.....	298	Approche des aspects médicaux de la « peur »	du saut	306
Hypobarie	298	Les réponses à la peur		307
Hypoxie	300	La peur du saut		307
Hypothermie.....	303	Prévention de la peur.....		307
Les effets des accélérations	304	Santé et parachutisme	308	
Vision	304	Traumatologie.....	310	
Équilibre	304	Traumatismes évidents (majeurs).....		310
Système nerveux central	304	Micro traumatismes.....		310
Le stress	305	Cas particulier : la luxation d'épaule.....		311
		Facteurs humains	312	

LES EFFETS DE L'ALTITUDE

Depuis Torricelli, de Saussure et Paul Bert, on connaît les effets barométriques, hypoxiques et hypothermiques de l'altitude.

HYPOBARIE

La pression atmosphérique standard est définie selon :

$$P_a = \text{pression air sec} + \text{pression vapeur d'eau}$$

Unités : hectopascal (hPa) international ou millimètre de mercure (mmHg)

On définit une Atmosphère standard (ISA) calculée arbitrairement : 1013.25 hPa (ou 760 mm Hg) au niveau de la mer, à 15° C, avec un taux de variation de température de 6,5° C tous les 1000 m, à la limite inférieure de la stratosphère, soit 11000 m comme modèle atmosphérique permettant d'établir les variations de pression, de température, de densité et de viscosité pour de multiples altitudes.

La variation de pression n'est pas linéaire, la décroissance diminue d'autant plus que l'altitude est importante.

Les gaz contenus dans l'organisme existent sous trois formes :

Gaz sous forme libre

À température constante, le volume d'un gaz varie en fonction inverse de la pression (loi de Boyle-Mariotte) soit $PV = \text{Constante}$, ceci sans tenir compte de la saturation en vapeur d'eau des gaz inclus dans les compartiments corporels, gaz contenus sous forme libre dans des cavités closes ou semi-closes de l'organisme.

L'expansion gazeuse est limitée par les composantes élastiques des parois. Ces variations de volume dues aux variations de pression génèrent des pathologies regroupées sous le vocable de barotraumatismes, touchant le plus souvent le système ORL (oreille moyenne, sinus), le tube digestif, les dents, moins souvent le poumon.

L'oreille moyenne est fermée en externe par le tympan. Elle contient la chaîne ossiculaire et est en relation interne avec l'oropharynx (carrefour aéro-digestif) par la trompe d'Eustache (fin conduit tapissé d'une muqueuse de type respiratoire).

Si ce conduit est enflammé (rhume, tabac, allergie, etc.), il se pose en valve unidirectionnelle (laisse sortir l'air sous pression et bloque le sens montant). C'est ce qui se produit lors de la montée en altitude : l'air contenu se dilate, s'évacue par l'oropharynx ; à la descente, il faut inciter l'air en rebours (pression positive dans l'oropharynx, bécance tubaire volontaire) pour équilibrer la pression de part et d'autre du tympan. Si l'équilibre n'est pas réalisé, le tympan se rétracte en se bombant dans l'oreille moyenne sous l'effet de la dépression relative, définissant l'otite barotraumatique (OBT).

Otite barotraumatique : 5 grades

- 1 hyperhémie du tympan, hypoacousie temporaire ;
- 2 aspects hémorragiques, présence de liquide séreux ou hémorragique en AR du tympan, rétraction ;
- 3 et 4 majoration des signes hémorragiques et rétractiles
- 5 perforation(s) du tympan.

Ces OBT peuvent entraîner secondairement des otites septiques, voire otites chroniques, baisse de l'audition. Il en est de même pour les cavités sinusiennes (frontales, maxillaires).

Exemple : en chute assis, vers 2 500 m, forte douleur sinusienne maxillaire, voile rouge sur les lunettes, remise à plat, ouverture, hémorragie nasale.

Le système digestif est sensible aux variations de pression (outre les indécitesses connues), de fortes douleurs à type de coliques peuvent apparaître ou distension gastrique. Ces douleurs peuvent altérer la sécurité du saut (vomissements, attention centrée sur la douleur, etc.).

Des bulles d'air ou de gaz de fermentation bactérienne peuvent se révéler lors de la montée, en particulier au niveau dentaire (carie du collet, couronne, prothèse, etc.) avec des douleurs intenses.

Exemple : lors d'une compétition de VR4, un compétiteur ressent une douleur dentaire brutale vers 3 000 m. Le saut et le programme ont été mal réalisés car il était déconcentré à cause de la douleur (attention centrée sur celle-ci). Une carie sous le collet dentaire a été détectée lors de la consultation qui a suivie.

Faire vérifier l'état dentaire et signaler que l'on est soumis à des variations de pression sont indispensables.

Le système respiratoire peut être soumis à des effets pathologiques des variations de pression, en particulier le poumon emphysémateux (bulles intra-pulmonaires) avec le risque de pneumothorax, suffocant ou non.

Gaz dissous

Il existe une situation particulière : associer plongée (au-delà de 10 m) et parachutisme.

Les gaz inhalés se dissolvent dans les tissus au fil de la plongée selon la loi de Henry (la quantité de gaz dissoute dans un liquide est proportionnelle à la pression partielle de ce gaz dans la phase gazeuse en contact avec le liquide).

Les gaz métaboliques (O_2 , CO_2) ne sont pas impliqués. Le seul gaz inerte impliqué est l'azote, très soluble dans les graisses. Si la remontée est trop rapide, bullage tissulaire, vasculaire définissant l'aéro-embolisme avec des manifestations bénignes (articulaires, cutanées) ou graves (pulmonaires, cardiaques, neurologiques).

Même si les tables de plongée sont respectées au niveau de la mer, monter en altitude correspond à une baisse de pression et favorise le bullage de gaz résiduels. En site favorisé, on saute d'abord, on plonge après ou on respecte un délai de 24 h entre les activités, sinon le risque vital est engagé.

Gaz combinés

Ce sont les gaz respiratoires (O_2 , CO_2).

- ✖ Le déficit en oxygène (O_2) est l'hypoxie ; son absence est l'anoxie.
- ✖ L'excès de dioxyde de carbone (CO_2) est l'hypercapnie ; le déficit est l'hypocapnie.

HYPOXIE

L'oxygène est le comburant nécessaire à toutes nos chaînes physiologiques. Il est présent dans l'air inspiré à 21 % de concentration quelle que soit l'altitude mais pas en pression partielle (Pa), là est la différence !

La pression partielle d'un gaz est égale au produit de la pression totale par la proportion du gaz dans le mélange.

- ✗ À 0 m : pression 760 mmHg, $760 \times 0,21 = 159,6$ mmHg
- ✗ À 6000 m : pression 349,2 mmHg, $349,2 \times 0,21 = 73,35$ mmHg

La pression partielle varie dans le même sens que la pression barométrique. Mais dans l'air alvéolaire (intra-pulmonaire), du fait de la présence du CO_2 et de la vapeur d'eau, la pression partielle en O_2 (PAO_2) est réduite à 103 mmHg.

Une autre notion à prendre en compte est la saturation artérielle (Sa) en oxygène. L'oxygène dans le sang est présent sous forme dissoute (0,3 ml/100 ml) et combiné à l'hémoglobine (1,3 ml/1 gHb soit 20,1 ml à 15 g), mais la saturation n'est pas totale, soit 97 % de l'hémoglobine totale disponible.

- ✗ À 0 m $\text{PAO}_2 = 103$ mmHg, $\text{SaO}_2 = 97$ %
- ✗ À 3000 m $\text{PAO}_2 = 60$ mmHg, $\text{SaO}_2 = 90$ %
- ✗ À 4500 m $\text{PAO}_2 = 45$ mmHg, $\text{SaO}_2 = 77$ %

On rappelle que :

Pressions partielles gazeuses

	Pression (P) en mmHg			
	Air atmosphérique sec	Alvéole pulmonaire	Sang artériel	Sang veineux mêlé
P O_2	159	103	95	40
P CO_2	0	40	40	46
$\text{P H}_2\text{O}$	0	47	47	47
P N_2 (azote)	601	573	573	573
P total	760	760	755	706

Il faut aussi tenir compte de l'âge :

Pression partielle artérielle d'oxygène normale

Âge (ans)	PaO_2 moyenne (limites) en mmHg
20-29	94 (84-104)
30-39	91 (81-101)
40-49	88 (78-98)
50-59	84 (74-94)
60-69	81 (71-91)

ALTITUDE	Pression artérielle en O ₂ en mm de mercure	Saturation de l'hémoglobine en O ₂		
8000 m	22	58 %	Zone critique	Secousses musculaires. Actes absurdes. Syncope possible. Décès possible.
7000 m	25	60 %		
6000 m	28	67 %		Seuil critique
5000 m	36	75 %	Zone de compensation incomplète	Troubles sensoriels (vision, etc.). Céphalées intenses. Troubles de coordination.
4000 m	42	82 %		Seuil dangereux
3000 m	53	87 %	Zone de compensation complète	Troubles de l'attention, du jugement, de la coordination fine. Céphalées
1500 m	73	95 %		Seuil de réaction
Niveau de la mer	95	98 %	Zone de neutralité	Hyperventilation.

Les seuils sont donnés à titre indicatif et varient d'un individu à l'autre.

Outre l'hypoxie hypoxémique (altitude, dépression respiratoire), il existe d'autres formes :

- ✘ l'hypoxie anémique par réduction de la capacité du sang à transporter l'oxygène (anémie, intoxication CO, hémoglobine anormale) ;
- ✘ l'hypoxie ischémique par atteinte du transport de l'oxygène (insuffisance cardiaque, hypotension posturale, accélérations) ;
- ✘ l'hypoxie histotoxique (intoxication au cyanure, toxines bactériennes).

Il a été établi par expérience que les cellules nerveuses sont les plus sensibles à l'hypoxie, elle-même définie en :

- ✘ suraigüe ou fulminante (décompression brutale) avec syncope inaugurale ;
- ✘ aigüe par exposition lente (quelques minutes) en altitude moyenne (5000 à 6000 m), en prolongée (heures) à des altitudes de 2500 à 3000 m.

Les réponses d'adaptation à l'hypoxie visent à maintenir l'apport en oxygène aux tissus par augmentation de la ventilation pulmonaire en augmentant la fréquence (polypnée) d'environ 20 % à 4500 m, en augmentant le débit cardiaque par sa fréquence (tachycardie) d'environ 30 % à 4500 m.

Les signes subjectifs initiaux sont peu caractéristiques : céphalées, dyspnée, assoupissement, malaise diffus, etc.

Les signes d'état sont focalisés sur le système nerveux : troubles du comportement, perte de connaissance, troubles visuels (couleurs, accommodation), troubles moteurs (dextérité, coordination).

À part l'hypoxie fulminante, l'hypoxie aigüe est insidieuse et nécessite une attention, voire une surveillance de chacun et des autres dès que l'on atteint l'altitude et/ou le temps de séjour en zone à risque :

- ✘ Zone de compensation complète : 1500 à 3000 m ;
- ✘ Zone de compensation incomplète : 3500 à 6000 m ;
- ✘ Zone critique : à partir de 6000 m.

La réglementation aéronautique définit le seuil de 8000 ft comme valeur réglementaire pour la pressurisation des avions de transport ; le seuil de 10 000 ft impose l'inhalation d'oxygène par l'équipage avec dérogation de 30 min jusqu'à 13 000 ft et à partir du FL 125 (12 500 ft) pour l'aviation générale (UE n°965/2012 ; UE n°800/2013 ; NCO.OP.190).

En parachutisme, on raisonne en hauteur par rapport au sol. Il ne faut donc pas oublier l'altitude de départ pour l'intégrer dans les mesures préventives de l'hypoxie d'altitude (emport d'oxygène pilote et passagers). Il faut prévoir les aléas aéronautiques (paliers d'attente, stand by largage, etc.) et savoir parfois redescendre à un palier inférieur d'attente.

Syndrome d'hyperventilation

En vol, l'hyperventilation peut entraîner des troubles sévères, sans relation avec l'hypoxie mais par élimination de CO₂ supérieure à sa production tissulaire générant une hypocapnie.

Le CO₂ se combine à l'eau pour former de l'acide carbonique (H₂CO₃) instable qui se dissocie en ions H⁺ et HCO₃⁻ assurant l'équilibre acido-basique du sang et autres fluides, mesuré en pH. Le fonctionnement cellulaire est fortement dépendant du pH du milieu considéré et toute variation de ce pH les affecte directement, générant des troubles essentiellement neurologiques et musculaires.

L'hypocapnie se révèle par des paresthésies (picotements désagréables), spasmes musculaires, mouvements involontaires ; au maximum, crise de tétanie associée ou non à une perte de connaissance.

Les causes de déclenchement sont multiples : mal des transports débutant, anxiété, stress de situation, hypoxie débutante surcompensée, efforts sur inhalateurs d'oxygène (masque étanche). Le traitement passe par la restauration d'un taux de CO₂ normal : ralentir volontairement son rythme respiratoire (retenir sa respiration 20 sec par cycle, ou 6 à 7 inspirations/min), ré inhalation de CO₂ (technique du sac papier).

Ces malaises peuvent survenir inopinément, même chez le pratiquant entraîné.

HYPOTHERMIE

En atmosphère standard (ISA), on considère une baisse de température de 6,5° C par tranche de 1000 m. Il faut aussi tenir compte de la vitesse de l'air auquel on est exposé (température ressentie ou index éolien) et du degré d'hygrométrie (augmentation de la conductivité thermique et évaporation qui majore la déperdition thermique).

Ces valeurs calculées sont théoriques et ne tiennent pas compte des variations de couches (phénomène d'inversion) et de la présence de nuages traversés.

Les mécanismes de lutte contre le froid visent à augmenter la quantité de chaleur disponible et à limiter les déperditions. L'activité musculaire volontaire et involontaire (frissons) augmentent la production ; la vasoconstriction des vaisseaux cutanés limite la déperdition cutanée (la tête est un grand échangeur, 50 à 70 % de la perte calorique).

Les conséquences physiques sont : localement des lésions cutanées des zones exposées (gelures), accident ischémique par compression externe (doigts si striction axillaire par plusieurs couches vestimentaires et le harnais) ; au plan général par la baisse de dextérité, de réactivité, ralentissement idéo-moteur.

En parachutisme, l'hypothermie profonde (≤ 33 °C) est rarissime, en dehors d'ouverture intempestive en haute altitude et en saison froide, ou d'aspiration par un cumulonimbus (cas historiques).

La protection passe par une couverture des zones exposées, sans striction, ni épaisseur diminuant l'habileté gestuelle et par une alimentation équilibrée en termes de calories disponibles et hydratation.

LES EFFETS DES ACCÉLÉRATIONS

Depuis l'apparition des parachutes de type « aile », les performances en vol augmentent et génèrent des troubles touchant la vision, l'équilibre et le système nerveux central.

VISION

La vision centrale (celle de précision) et la vision périphérique (perception de l'environnement) sont diminuées en chute.

À 50 m/s, le champ visuel est d'environ 30° (180° au sol). Le rétrécissement du champ augmente avec la vitesse, d'où le balayage nécessaire de l'espace de chute en champ périphérique pour acquérir toutes les informations et gérer la sécurité.

Sous voile, la limitation est due aux casque, lunettes, élévateurs, etc. Si on génère une forte accélération angulaire, en particulier avec les voilures rapides, il peut apparaître un champ très rétréci, puis un voile gris (perte des couleurs, assombrissement), puis exceptionnellement un voile noir avec perte de la vision et taches lumineuses. Ceci est dû à la baisse de perfusion cérébrale sous accélération positive par séquestration de la masse sanguine en périphérie.

ÉQUILIBRE

L'équilibre géré par le système labyrinthique de l'oreille moyenne, est constitué de 3 canaux semi-circulaires, chacun couvrant un axe d'équilibre. Ces canaux sont remplis d'un liquide semi-visqueux contenant des particules calciques (otolithes) et des cils sensibles aux variations de position reliés à une fibre nerveuse constituant, en finale, le nerf auditif.

Ce système a un caractère non linéaire (effet de seuil) et adaptable (arrêt de la perception sur un temps bref). Si l'on ajoute un taux d'inertie, tous les facteurs potentiels d'une illusion sensorielle sont présents.

Exemple : en rotations à droite de 360° accélérées, on bouge la tête à gauche : illusion de tourner à gauche, on accentue à droite !!

SYSTÈME NERVEUX CENTRAL

Son activité est soutenue par la pression de perfusion, avec un certain degré d'autonomie mais dépendant de la masse sanguine circulante. Sous facteur de charge, et avec la compression des cuissardes, la masse est séquestrée en périphérie par baisse du retour veineux et la pression chute, amenant une sensation de malaise, voire une perte de connaissance.

LE STRESS

Ce n'est pas le sens populaire qui est retenu mais le sens physiologique adopté par les anglosaxons définissant une réaction physiologique à un facteur agresseur externe (douleur, bruit, froid, chaleur, peur, etc.).

La réponse globale de l'organisme est une mise en alerte de tous les sens, de réactions motrices, de réactions neuro-végétatives (inconscientes) par une cascade neuroendocrinienne dont le chef de file est l'adrénaline, sécrétée par les glandes surrénales, disponible instantanément.

Le stress physiologique se caractérise par 3 phases :

- ✘ alarme ;
- ✘ état ou adaptation ou résistance ;
- ✘ épuisement des réactions.

L'adrénaline entraîne :

- ✘ une augmentation de la fréquence cardiaque et de la tension artérielle ;
- ✘ une augmentation de la fréquence respiratoire ;
- ✘ excitation, tremblements, sueurs, diarrhées ;
- ✘ une augmentation de la glycémie (inhibition de l'insuline).

Secondairement, l'élévation de l'ACTH (adrénocorticotrophine), sécrétée en central par l'hypothalamus, stimule les surrénales pour sécréter les hormones corticostéroïdes, plus longues d'action (mobilisation du métabolisme énergétique, augmentation du travail cardiaque, etc.).

En parachutisme, ces réactions permettent de lutter contre le froid et d'avoir nos sens en éveil (vigilance, réactivité, pugnacité, etc.).

La phase d'épuisement apparaît par un abattement, un épuisement des réactions et des réserves de l'organisme.

De ceci découle qu'avant un saut, il faut :

- ✘ avoir un apport énergétique ;
- ✘ se protéger contre le froid ;
- ✘ limiter les excitants.

En ce qui concerne les réactions psychologiques, aucune solution universelle n'existe.

« Vivre » mentalement tout le saut (de l'embarquement au retour au hangar), augmenter progressivement les difficultés, débriefer l'ensemble du saut y compris le ressenti, amèneront un recul progressif des interactions négatives en montrant que l'on gère de plus en plus et de mieux en mieux des situations nouvelles.

APPROCHE DES ASPECTS MÉDICAUX DE LA « PEUR » DU SAUT

Si l'on se réfère à l'imagerie populaire, la littérature et le cinéma, le saut dans le vide est vu, soit comme une approche quasi pathologique, voire morbide, avec un rituel permettant de vaincre cette « peur » d'une fin imminente, soit comme un exercice de dépassement de soi en situation inconnue. C'est être très réducteur, le plus souvent par méconnaissance de l'activité.

La peur peut se définir comme une sensation pénible, causée par une situation, un mal ou un danger, reliés à des modifications physiologiques, physiques et comportementales typiques, apparaissant aussi parfois dans des situations où aucun facteur dangereux évident n'est identifié.

Différents degrés sont identifiés :

- ✗ **L'appréhension** : la mise en face d'une situation, activité, lieu, etc. génère une sensation rapide d'inquiétude, facilement contrôlée ;
- ✗ **L'anxiété** : tout est connu, tous les moyens sont là et débute une phase de doute sur les solutions possibles, de crainte sur les ennuis possibles ou sur la gestion d'un échec ;
- ✗ **L'angoisse** : les difficultés sont élevées ou considérées comme insurmontables.

Le saut constitue pour l'individu une activité nouvelle, reconnue potentiellement dangereuse. Il est donc normal que le saut induise de l'anxiété jusqu'à ce que sa technique soit assimilée et maîtrisée.

Dès que le parachutiste est assuré de pouvoir gérer un saut standard, il cesse d'avoir de l'appréhension ou de l'anxiété (en chute ou sous voile, où n'existent que des problèmes bien connus : axe, position, ouverture, circuit, etc.). Cependant, même dans cette situation, le saut met l'individu dans une position où la conscience du danger environnant permanent est prise comme une réalité, où la certitude que sa sécurité dépend uniquement de son jugement et de sa technique est aussi une réalité.

Comme cette situation se répète à chaque saut, la peur peut être attendue « normalement » quand ce danger est grand ou prend des aspects nouveaux. Ceci amène que la peur ne peut être dite « anormale » que si elle était absente auparavant dans des circonstances identiques et n'est pas existante chez d'autres parachutistes exposés aux mêmes circonstances.

LES RÉPONSES À LA PEUR

Manifestations physiques : troubles digestifs, urinaires, cardiaques, respiratoires, du sommeil, cauchemars, de l'appétit, etc.

Manifestations psychiques : irritabilité, critique, agressivité, détachement. Ces manifestations sont plus ou moins associées à des conduites exagérées, additives ou suraiguës.

Manifestations psycho-sociales :

- ✗ inefficacité par absence de réaction attendue et appropriée face à une situation connue ;
- ✗ réaction de « fuite » par somatisation (expression d'un trouble psychique ou psychologique en un symptôme d'ordre physique) ;
- ✗ états phobiques (peur démesurée et irrationnelle) ;
- ✗ conversion d'un élément inexistant en cause d'annulation du saut par inaptitude physique ;
- ✗ mal de l'air d'origine psychique, souvent au début chez des élèves ayant un certain degré de dysfonctionnement psychique les rendant sensibles à la peur.

LA PEUR DU SAUT

Chez l'élève

La technique d'apprentissage répond à un schéma logique, du plus simple au plus compliqué, en duo puis solo autorisé. Ces phases sont répétées à chaque niveau de la progression.

Cette méthode permet d'exposer progressivement l'élève au stress du saut et d'éliminer l'appréhension qui précède chaque situation nouvelle. Cette méthode doit être respectée car, comme il n'y a pas de sélection préalable, la méthode de progression permet (entre autre) de juger les capacités à apprendre dans un temps raisonnable ; de déceler un manque de réelle motivation ou une personnalité manquant de « qualités » pour résister aux diverses tensions.

Chez le confirmé

Tout allait bien : confiance technique et libre de toute appréhension dans les aspects normaux du saut. Plus tard, suite à un événement sensibilisant à la conscience du danger (désorientation, collision évitée, accident de tiers, etc.), s'est développée une anxiété sur un aspect particulier du saut.

Elle peut demeurer localisée à un seul aspect du saut ou s'étendre à d'autres phases. Elle se manifeste souvent par des troubles obsessionnels, des répétitions, voire une fuite. Une explication technique, un saut accompagné ou encore, si nécessaire, une prise en charge médicale spécialisée sont des moyens de régler ce passage.

PRÉVENTION DE LA PEUR

Elle découle de ce qui peut provoquer la peur.

La confiance dans la méthode d'apprentissage, la fiabilité du matériel, la confiance manifestée des autres (groupe, encadrement technique, etc.), le fait de ne pas s'exposer à des situations non préparées auparavant (type de saut, lieu, météo, etc.) et être en bonne forme, sont des facteurs qui limiteront la peur.

Savoir renoncer à un saut si tous les voyants de forme, expertise, matériel, météo ne sont pas au « vert » est la preuve d'une maturité de la pratique.

SANTÉ ET PARACHUTISME

Dans le monde du sport amateur, dont le parachutisme, on rencontre tous les profils : du sédentaire et ses excès au fanatique du fitness qui « explose les watts » avant son petit-déjeuner « végan » !

Faire un régime drastique, pour que son poids soit compatible avec la surface de voile désirée (facteur IMC), peut rapidement amener aux carences et à l'hypoglycémie.

Un apport régulier et adapté en glucides lents, lipides et protéines est nettement suffisant, s'il est adapté aux circonstances et aux conditions (entraînement, saison, débutant ou confirmé, pratique intensive, etc.).

L'analyse de pertes de connaissance sous voile a mis en évidence des facteurs communs :

- ✗ débutant ;
- ✗ saison froide ;
- ✗ fin de matinée ou d'après-midi ;
- ✗ pas d'alimentation intermédiaire.

La cause retrouvée (après élimination d'une cause cardiologique, neurologique) est une hypoglycémie, non reconnue sur ses signes prémonitoires (faim, malaise, fatigue, sudation, troubles visuels).

Une prise alimentaire intermédiaire en sucres lents (pain, céréales) est recommandée, en se méfiant des sucres rapides (sucre, bonbon, jus de fruit) qui génèrent un rebond insulinaire préjudiciable.

Le plus important est de savoir où l'on se situe. Les pilotes anglais ont développé l'acronyme « I'M SAFE » : (Illness, Medication, Stress, Alcohol, Fatigue, Eating) transformé en français par « MA FORME » :

- ✗ **M** : médicaments (ceux qui altèrent la vigilance). Il convient d'ajouter les drogues, les excitants ;
- ✗ **A** : alcool. (Pas de consommation depuis 8h, 12h, 24h ?);
- ✗ **F** : fatigue. (Sommeil, sensation) ;
- ✗ **O** : opérationnel (forme, maladie aiguë, incapacité partielle) ;
- ✗ **R** : repas (qualité, quantité, heure) ;
- ✗ **M** : mental ;
- ✗ **E** : équilibre, excitation (stress mental, soucis divers).

1 ou 2 critères non satisfaits devraient raisonnablement amener un report du saut.

Le parachutisme est caractérisé par un effort explosif en chute et un posé nécessitant une tonicité des membres inférieurs (MI).

Il n'y a pas d'entraînement spécifique à préconiser, mais maintenir les capacités cardio-vasculaires par la marche rapide (type nordique), footing, vélo, etc. stabilise en même temps la tonicité des membres inférieurs.

Le point capital est l'échauffement en début de séance et avant chaque saut (si plus de 30 min d'arrêt), en choisissant un sens (haut /bas ou inverse) allant des cervicales aux chevilles, en passant par les épaules, coudes, poignets.

Différentes enquêtes ont mis en évidence la grande fréquence d'absence d'échauffement lors des traumatismes observés. Cet échauffement met les mécano-récepteurs articulaires en éveil, chauffe les muscles et les tendons, limitant les risques de blessures musculaires.

En fin de séance (et pas avant) des étirements lents, progressifs et sans excès limitent l'apparition de ces pathologies.

Avant de monter dans l'avion, je vérifie...

MA FORME

Médicaments
Je ne suis pas sous l'effet de médicaments ou drogues susceptibles d'avoir des effets sur ma vigilance, mon efficacité, mon jugement !

Alcool
Mon alcoolémie est bien à zéro.

Fatigue
Je ne suis pas fatigué, je n'ai pas de dette de sommeil.

Opérationnel
Je suis en condition optimale sur le plan physique.
Je n'ai pas de handicap occasionnel. OK sur le plan ORL.

Repas
Je n'ai mangé ni trop, ni trop peu (risque d'hypoglycémie)

Mental
Je suis serein sur le plan psychologique, non stressé sans surcharge émotionnelle, ni tourment...

Equilibre
Je suis calme, en pleine possession de mes moyens.

Document édité par la Commission Médicale de l'Association Française de Parapente

TRAUMATOLOGIE

Dans l'imagerie populaire, le parachutisme est associé à un sport très accidentogène. Cependant, les progrès techniques et la réglementation ont amené le changement de dénomination de « sport à risques » en « sport à environnement spécifique », au même titre que la plongée en scaphandre, la voile au-delà de 200 milles nautiques d'un abri, le canyonisme, le ski et l'alpinisme ainsi que leurs activités assimilées, la spéléologie, le surf de mer, le vol libre, le canoë-kayak et ses disciplines associées en rivière de classe supérieure à 3. Chacune de ces disciplines comporte certains risques de blessures qui lui sont spécifiques.

En parachutisme (comme dans d'autres disciplines), le risque le plus grave est l'accident fatal. Un extrait du rapport de la Commission Internationale de Parachutisme (CIP) relève 283 décès en 48 ans en France (de 1963 à 2011) pour 19 millions de sauts, avec une très nette baisse à partir de 2007 (-60 %) et 30 décès entre 2010 et 2016 (une grande majorité sont des parachutistes « confirmés »).

Dans une étude à paraître, on recense sur une période de 6 ans :

- ✗ 49,9 % des blessures dans la catégorie des débutants (dont 43 % dans les 10 premiers sauts) ;
- ✗ 43 % dans la catégorie des confirmés ;
- ✗ 7 % dans la catégorie des sauts en tandem.

« Incidence » globale de blessures :

- ✗ 48 pour 100 000 sauts dans la catégorie des confirmés ;
- ✗ 137 pour 100 000 sauts dans la catégorie des débutants ;
- ✗ 50 pour 100 000 sauts dans la catégorie des sauts en tandem.

Les traumatismes observés sont, soit « évidents » (majeurs), soit « mineurs » (en y associant les micros traumatismes répétés).

TRAUMATISMES ÉVIDENTS (MAJEURS)

L'atterrissage est la phase critique du saut. Les lésions, lors de cette phase, concernent pour 62 % les membres inférieurs dont la cheville (53 %). 33 % des traumatismes des membres inférieurs sont des fractures et 24 % sont des entorses. Le reste regroupe les contusions simples et les dermabrasions (« râpage » de la couche superficielle de la peau).

Les membres supérieurs sont répertoriés dans 17 % des cas et le rachis dans 14 %.

Bien sûr, pour un blessé, il peut y avoir une association lésionnelle définissant le polytraumatisme (c'est pour cette raison que le total est supérieur à 100 %).

MICRO TRAUMATISMES

Ils sont générés par l'accumulation des ouvertures et des atterrissages plus ou moins durs, sans les remarquer. Cependant, la présence de douleurs musculaires, articulaires, rachidiennes en est le témoin, au fil du temps.

Si l'on ne peut les éviter, on peut les retarder par des précautions simples : adapter le pliage afin d'éviter les ouvertures « sèches », atterrir en douceur, pratiquer systématiquement un échauffement en début de séance et avant chaque saut, surveiller son hydratation (prévention des tendinites).

CAS PARTICULIER : LA LUXATION D'ÉPAULE

Pathologie redoutée en chute, l'articulation de l'épaule est celle qui se « disloque » le plus fréquemment.

La tête humérale n'est pas bloquée par d'autres os. Les points de faiblesse sont la capsule articulaire. Les ligaments peuvent subir une distorsion ou une déchirure. Les points de sortie sont en avant, en arrière et en bas. La luxation peut se produire sur un choc (sports de contact), une chute (ski, volley) ou lors d'un effort violent sur l'articulation (« armé » du bras en athlétisme ou au handball ; vent relatif en chute, choc à l'ouverture, atterrissage violent en parachutisme).

La luxation antéro-interne, sous-coracoïdienne est la plus fréquente en milieu sportif avec des signes caractéristiques :

- ✗ douleur et impotence du bras ;
- ✗ épaule « vide », signe de l'épaulette (perte de l'arrondi, aspect vertical) ;
- ✗ comblement du sillon delto-pectoral en avant ;
- ✗ parfois, présence de paresthésies (picotements) dans l'avant-bras et le cou.

La conduite sur le terrain doit être limitée et stricte : conduire en urgence le blessé vers un centre médical après avoir immobilisé le bras dans une écharpe (ou le bas du teeshirt). Ne pas donner à boire ou à manger (possibilité d'anesthésie ultérieure). La réduction sur place est réservée à la présence de complications vasculaires (perte du pouls radial).

La réduction est effectuée après le bilan radiologique. Suit une immobilisation de 3 semaines avant la rééducation.

Le risque de récurrence est élevé : 90 % chez les 25-35 ans ; 15 % au-delà de 45 ans.

Si l'on veut poursuivre l'activité parachutiste, il faut revoir un spécialiste de l'épaule et envisager la solution chirurgicale à distance si l'épaule reste instable.



**TOUTE RÉCIDIVE DE LUXATION DE L'ÉPAULE
ENTRAÎNE L'INAPTITUDE AU PARACHUTISME.
LA CHIRURGIE S'IMPOSE ALORS.**

FACTEURS HUMAINS

Depuis que l'on analyse les événements graves en parachutisme, on s'aperçoit que le matériel est de moins en moins en cause, la météo rarement mais le parachutiste souvent !

Caractère de tous les domaines de l'activité humaine, il y a potentiellement des faits qui tournent mal.

La multitude des décisions et actions gestuelles est le nid des dangers et des interprétations, erreurs, fautes, qui génère l'événement indésirable que certains appellent « accident ». Or, la définition propre de l'accident est « un événement inattendu sans cause apparente ». Il existe des accidents dont certains sont évitables. La grande majorité n'arrivent pas par hasard ou en raison de facteurs aléatoires. C'est le plus souvent une accumulation d'incidents ou de réactions inadaptées qui mène à un résultat très prévisible : l'impact traumatogène.

Exemple : mise en survitesse près du sol par un virage à 180° => impact violent => polyfractures.

Raison invoquée par l'accidenté : commandes de manœuvre trop longues.

Dans les faits : 1er saut sur une nouvelle zone située à 600 m d'altitude, à 14 h, en été. Mise en survitesse sans tenir compte de l'altitude de la zone de sauts. Longueur des commandes de manœuvre aux normes constructeur. Accident ou accumulation de facteur accidentogène ? La réponse va de soi. Nous sommes ici dans le cas d'un accident où le matériel n'est pas en cause mais où l'accumulation de facteurs non pris en compte par le parachutiste (nouvelle zone, zone située en altitude, forte chaleur) a amené à cette situation.

Le parachutiste est seul au sommet de la chaîne de décision et de responsabilité en ce qui concerne son saut. L'organisation au sol et les réglementations sont ses aides mais elles sont non décisionnaires. Si tout fonctionne, c'était un bon saut mais face à des anicroches, c'est au parachutiste de trouver la solution. Au final, c'est presque toujours le parachutiste qui subira les conséquences les plus graves s'il n'en est pas capable.

Depuis quelques années, les ouvrages sur les facteurs humains en aéronautique sont nombreux, avec des approches variées. Une constante est la caractérisation des attitudes et personnalités avec le moyen de contrôle :

ATTITUDE	TRADUCTION COMPORTEMENTALE	CONTRÔLE
Antiautoritaire	Ne me dites pas ce que je dois faire !	Les règles existent pour une bonne raison.
Impulsif	Faire quelque chose, vite !	Penses d'abord, agis ensuite !
Invulnérable	Il ne va rien m'arriver.	Quoi que ?
Machiste	Je vais montrer ce que je sais faire.	Prendre des risques inutiles est idiot.
Résigné	À quoi bon ?	Je ne suis pas sans défenses.

Voyez-vous des visages défilier pour chaque item ? Appliquent-ils ces préceptes ?

RÉGLEMENTATION

GÉNÉRALE

Introduction	314	La hiérarchie des textes	328
Les textes qui organisent le parachutisme sportif	315	La responsabilité	329
Le code du sport.....	315	La responsabilité civile.....	329
Les règles fédérales.....	315	La responsabilité pénale.....	329
Les autres sources législatives ou réglementaires	316	Remarques d'ordre général	330
Les fédérations sportives agréées et délégataires	317	Responsabilité de l'éducateur.....	330
Les fédérations sportives agréées	317	L'obligation de moyens et l'obligation de résultats	330
Les fédérations sportives délégataires	318	Responsabilité des organisateurs	330
La FFP : une fédération délégataire.....	319	Responsabilité des dirigeants	331
Le fonctionnement de la FFP	319	Responsabilité du sportif.....	331
Les acteurs de la vie fédérale	320	Les règles techniques et d'encadrement du parachutisme sportif	332
Organigramme de la FFP	320	L'arrêté du code du sport : article A322-147 et suivants	332
Les électeurs et les élus de la FFP.....	321	Les règles techniques fédérales	333
La direction technique nationale (DTN)	322	Les directives techniques.....	334
Le personnel salarié de la fédération.....	322	Méthodes d'enseignement, brevets fédéraux et encadrement des séances de sauts.....	335
Les missions de la FFP.....	323	La réglementation sur ffp.asso.fr.....	336
Les principes fondamentaux en matière juridique.....	324	Où trouver la réglementation ?	336
Le moniteur de parachutisme peut-il ignorer le droit ?	324	Onglet « réglementation »	336
Le droit public, le droit privé, le droit pénal, de quoi s'agit-il ?	324	Onglet « les directives techniques »	338
La hiérarchie des normes	325	Où trouver les circulaires de sécurité ?	338
Comment est organisée la justice ?.....	326		
Quelle place occupe l'Union Européenne dans le système juridique français ?	326		

INTRODUCTION

Il n'est pas très important de connaître la réglementation au moment d'ouvrir son parachute.

Souvent jugée difficile et rébarbative, la connaissance des textes est pourtant le seul moyen de savoir ce que l'on a le droit de faire.

Pour fonctionner, une école de parachutisme doit respecter de nombreuses règles. Il ne s'agit pas ici d'en lister l'ensemble, nous indiquerons néanmoins les domaines principaux.

Puis, il convient de comprendre la place et le rôle des fédérations sportives dans le sport français et plus particulièrement celui des fédérations délégataires. Elles ont plusieurs missions, confiées par l'État, dont celle de rédiger les règles de la pratique. La sécurité des pratiquants, les règles de l'encadrement de l'école et la prise en compte des évolutions techniques et pédagogiques sont au cœur de la problématique.

Nous expliquerons ensuite les principes fondamentaux en matière juridique. Ils permettent de s'orienter entre des textes de nature différente (loi, décret, arrêté, etc.) et sont indispensables à la compréhension du rôle des assurances et de la responsabilité au sens large. Une place est également accordée aux règles définies par l'État en matière de parachutisme ainsi qu'à celles qui émanent de la FFP.

Qu'il ait une forme associative ou commerciale, le parachutisme a besoin de dirigeants et de moniteurs. Ces derniers sont soit des bénévoles, soit des professionnels. Nous expliquerons ces différents statuts et les obligations qui incombent à chacun.

Enfin, notre activité fait partie d'un espace réglementé par le ministère qui gère l'aviation civile, les aérodromes, l'espace aérien. Un chapitre est consacré à ces aspects.

LES TEXTES QUI ORGANISENT LE PARACHUTISME SPORTIF

LE CODE DU SPORT

Le parachutisme est, pour le ministère en charge des sports, une activité physique et sportive (APS).

Le Code du sport, né en 2006, regroupe l'ensemble des textes législatifs et réglementaires relatifs au sport. Le parachutisme sportif doit s'y soumettre.

Le premier article rappelle le rôle du sport dans la société :

« Les activités physiques et sportives constituent un élément important de l'éducation, de la culture, de l'intégration et de la vie sociale. ».

« Elles contribuent notamment à la lutte contre l'échec scolaire et à la réduction des inégalités sociales et culturelles, ainsi qu'à la santé. ».

« La promotion et le développement des activités physiques et sportives pour tous, notamment pour les personnes handicapées, sont d'intérêt général. ».

« L'égal accès des hommes et des femmes aux activités sportives, sous toutes leurs formes, est d'intérêt général. ».

Le Code du sport consacre des articles spécifiques à la pratique du parachutisme dans les établissements d'APS (Activités Physiques et Sportives). Il s'agit de l'article A 322-147 et suivants.

LES RÈGLES FÉDÉRALES

Pour l'aider dans sa tâche, l'État s'appuie sur les fédérations sportives délégataires. C'est dans ce cadre que la FFP élabore des règles de pratique destinées à ses licenciés. **Ces règles ne peuvent pas être moins contraignantes que le Code du Sport.**

L'ensemble des règles relatives au parachutisme est consultable sur le site internet de la FFP (<http://www.ffp.asso.fr/reglementation>).

L'objectif premier de ces règles est une pratique la plus sécurisée possible tout en permettant les innovations indispensables au développement. Le parachutisme, sans règles de fonctionnement, engendrerait certainement une accidentologie importante et des abus.

LES AUTRES SOURCES LÉGISLATIVES OU RÉGLEMENTAIRES

Au-delà du sport, le parachutisme est une activité économique à part entière qui engendre des échanges de produits, de services ainsi que des emplois. À ce titre, il doit respecter des dispositions qui ne sont pas en totalité présentes dans ce manuel, par exemple celles relatives :

- ✗ au code de la **santé publique** (protection de la santé et de l'environnement, dopage, etc.) ;
- ✗ au code **général des impôts** ;
- ✗ au code **du commerce** (prohibition des pratiques anticoncurrentielles, etc.) ;
- ✗ au code **de l'éducation** (les formations et les professions des APS) ;
- ✗ au code **de l'urbanisme** (dispositions particulières aux zones de bruit des aérodromes) ;
- ✗ au code **de la consommation** (obligation générale de sécurité, protection des consommateurs, etc.) ;
- ✗ au code **de l'aviation civile** (espace aérien, aéronefs, pilotes) ;
- ✗ au code **du travail** (contrat de travail, repos, congés, Convention Collective Nationale du Sport).

Dans différents domaines, le droit européen s'applique, soit directement, soit au travers de principes repris par le droit français.

LES FÉDÉRATIONS SPORTIVES AGRÉÉES ET DÉLÉGATAIRES

Le Code du sport dispose que les fédérations sportives sont constituées conformément à la loi du 1er juillet 1901 (C. sport, art. L. 131-2). Empruntant la forme de l'association, elles ont une nature juridique privée et « elles exercent leur activité en toute indépendance ».

Les fédérations sportives sont un interlocuteur privilégié de l'État. Elles sont soumises à son contrôle et ses statuts doivent comporter des dispositions qui garantissent son fonctionnement démocratique, la transparence de sa gestion et l'égal accès des femmes et des hommes à ses instances dirigeantes (C. sport, art. R 131.3).

Les statuts comprennent également des dispositions obligatoires prévues à l'annexe I-5 relatives, notamment, au but et à la composition de la fédération, ses organes fédéraux, ses dotations et ressources annuelles, etc.

Ces précautions sont justifiées par le fait que la pratique sportive, malgré parfois ses excès, est un facteur de cohésion nationale.

C'est cette notion d'intérêt général qui justifie l'implication de l'État, notamment en reconnaissant juridiquement un rôle primordial aux fédérations. On dit qu'elles ont une mission de service public ainsi que des prérogatives de puissance publique.

Ce sont pour ces raisons que le ministère des sports ne reconnaît qu'une fédération par sport. Elle peut alors être délégataire de l'État ou simplement agréée et doit mettre en œuvre une politique sportive qui a pour objectif l'intérêt général.

LES FÉDÉRATIONS SPORTIVES AGRÉÉES

Elles sont notamment chargées :

- ✘ de promouvoir l'éducation par les activités physiques et sportives ;
- ✘ de développer et organiser la pratique de ces activités ;
- ✘ d'assurer la formation et le perfectionnement de leurs cadres bénévoles ;
- ✘ de délivrer les licences et titres fédéraux.

Seules les fédérations agréées peuvent prétendre au bénéfice d'aides de l'État (financières et en personnels).

LES FÉDÉRATIONS SPORTIVES DÉLÉGATAIRES

Seules les fédérations agréées peuvent être délégataires. Une seule fédération dans une discipline donnée est directement chargée de l'exécution proprement dite d'une mission de service public. Les fédérations délégataires reçoivent une délégation du Ministère en charge du sport pour :

- ✘ organiser les compétitions sportives à l'issue desquelles sont délivrés les titres internationaux, nationaux, régionaux ou départementaux ;
- ✘ procéder aux sélections correspondantes et proposer l'inscription sur les différentes listes du Ministère (sportifs de haut niveau, entraîneurs, juges, arbitres, etc.) ;
- ✘ définir les règles techniques et administratives propres à leur discipline ;
- ✘ fixer les règles relatives à l'organisation des compétitions, à l'exception des domaines touchant à l'ordre public, et dans le respect des dispositions législatives et réglementaires propres à certains domaines (violence, dopage, pouvoir disciplinaire, règlement médical, etc.).

Elles disposent ainsi d'un monopole sur ces missions.

LA FFP : UNE FÉDÉRATION DÉLÉGATAIRE

Le Code du sport indique que la FFP est délégataire des activités suivantes : disciplines artistiques, ascensionnel terrestre, handifly, pilotage sous voile, précision d'atterrissage, vol en soufflerie, voile contact, vol relatif, voltige individuelle, wingsuit.

LE FONCTIONNEMENT DE LA FFP

Le fonctionnement de la vie fédérale est décrit dans cinq documents.

Les statuts.

Les statuts sont un document dans lequel figurent, d'une part ses éléments d'identité (titre, but et adresse du siège social) et, d'autre part l'ensemble des règles de fonctionnement.

Les statuts constituent un contrat qui s'applique entre les membres de la fédération.

Le règlement intérieur.

Le règlement intérieur a pour but de préciser, en détail, le fonctionnement de la fédération dans le cadre de ses statuts.

Le règlement disciplinaire général.

Il doit être conforme au règlement type prévu à l'article R. 131-3 du Code du sport et à l'annexe I-6.

Donner une véritable efficacité aux règles fédérales implique l'organisation d'un pouvoir disciplinaire chargé de sanctionner les licenciés (sportifs, dirigeants, etc.) qui les auront transgressées.

Ce pouvoir disciplinaire possède une vertu préventive car il dissuade de méconnaître la règle, et une fin répressive et exemplaire, en punissant celui qui a enfreint la norme. Il doit dissuader et empêcher la récidive.

Le règlement disciplinaire particulier en matière de dopage.

Il doit être conforme aux prescriptions de l'article L. 232-21 (3^e al.) du Code du Sport.

Dans une perspective sportive, le terme « dopage » manque toujours d'une définition officielle unanimement acceptée et est souvent considéré comme l'usage de substances listées interdites par les organismes responsables.

La lutte contre le dopage défend le principe du respect de l'équité sportive et celui de la protection de la santé des sportifs.

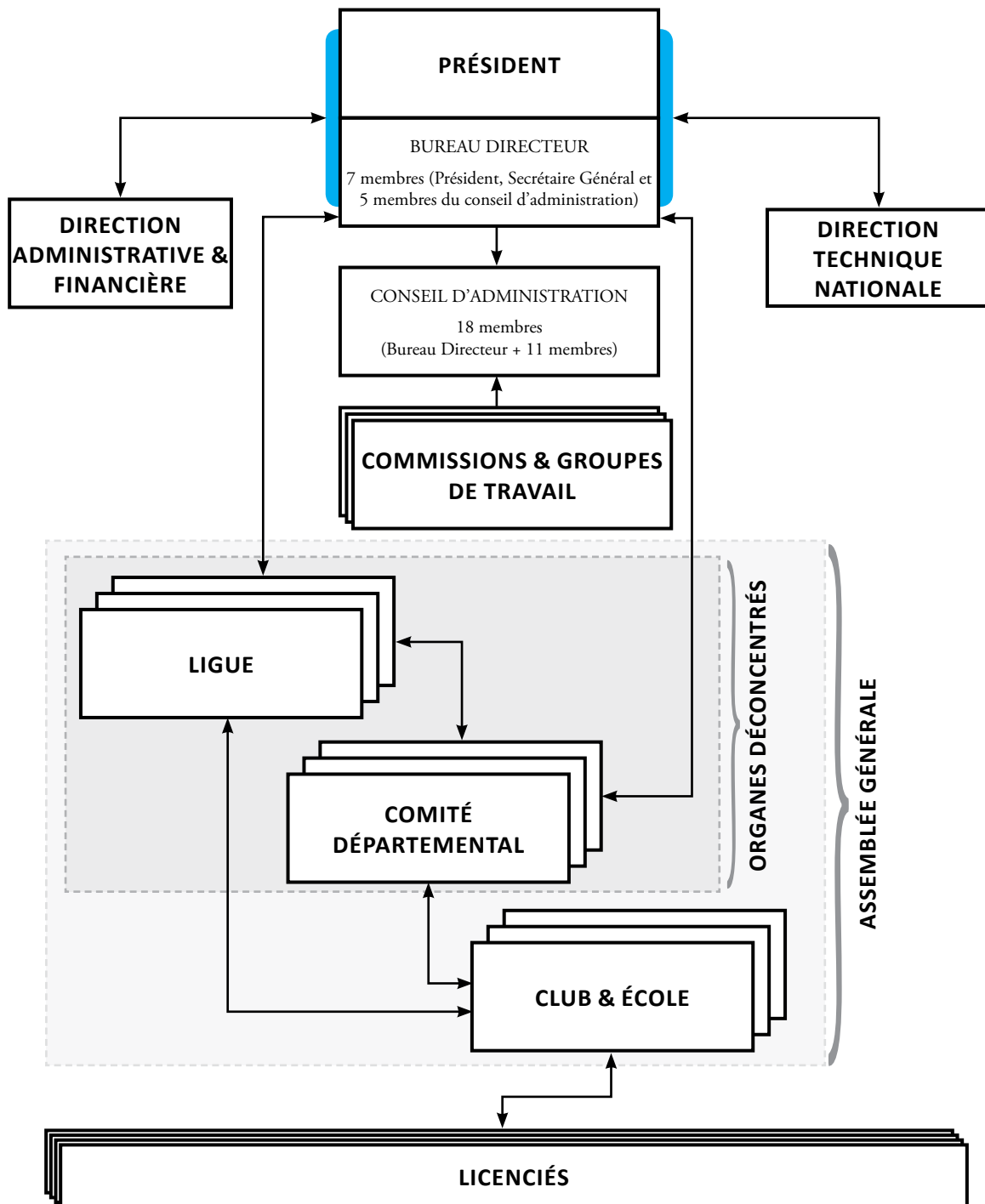
Le règlement médical.

Il précise dans ce domaine :

- ✗ la délivrance de la 1^{ère} licence et renouvellement du certificat médical ;
- ✗ la participation aux compétitions ;
- ✗ les médecins habilités à effectuer les visites d'aptitude ;
- ✗ les conditions générales d'aptitude ;
- ✗ les conditions relatives aux moniteurs tandem ;
- ✗ les dérogations ;
- ✗ les personnes en situation de handicap.

LES ACTEURS DE LA VIE FÉDÉRALE

ORGANIGRAMME DE LA FFP



LES ÉLECTEURS ET LES ÉLUS DE LA FFP

L'assemblée générale (AG).

Art. 10.4 des statuts de la FFP.

L'Assemblée Générale définit, oriente et contrôle la politique générale de la fédération.

Elle entend chaque année les rapports du conseil d'administration sur la gestion et sur la situation morale et financière de la fédération.

Elle approuve les comptes de l'exercice clos et vote le budget.

Elle fixe les cotisations dues par les associations affiliées, les organismes accrédités et les licenciés à titre individuel.

L'Assemblée Générale est seule compétente pour se prononcer sur les acquisitions, les échanges et les aliénations de biens immobiliers, sur la constitution d'hypothèques et sur les baux de plus de neuf ans. Elle décide seule des emprunts excédant la gestion courante.

L'Assemblée Générale Extraordinaire est seule compétente pour modifier les dispositions des présents statuts ou décider de la dissolution de la fédération.

Sur proposition du conseil d'administration, l'Assemblée Générale adopte le règlement intérieur, le règlement financier, le règlement disciplinaire et le règlement disciplinaire particulier en matière de lutte contre le dopage ainsi que tout règlement particulier relatif, notamment, à l'enseignement et à la pratique du parachutisme. [...]

Le bureau directeur (BD) et le président de la fédération.

Article 11 des statuts. Le bureau directeur est composé du président de la fédération, d'un secrétaire général, d'un trésorier et de cinq autres membres parmi lesquels deux membres licenciés ayant la qualité particulière de représentant des sportifs de haut niveau.

Le bureau directeur exerce l'ensemble des attributions suivantes :

- ✘ Étudier, si nécessaire avec l'aide des commissions fédérales et des services administratifs, juridiques et techniques, toutes questions qui devront être soumises à la décision du conseil d'administration et devant lequel elles seront rapportées avec tous les éléments utiles à la décision.
- ✘ Traiter de lui-même les questions dont l'importance ne justifie pas l'intervention du conseil d'administration ou celles dont l'urgence ne permet pas d'attendre la prochaine réunion du conseil d'administration. Dans ce cas, il appartient au bureau de rendre compte au conseil d'administration des décisions qu'il a été amené à prendre.
- ✘ Mettre en œuvre ou veiller à la mise en œuvre des décisions prises, soit par le conseil d'administration, soit par lui-même.
- ✘ Traiter toutes questions à la demande du conseil d'administration que les présents statuts n'attribuent pas à un autre organe de la fédération.
- ✘ Assurer l'administration courante, le bon fonctionnement de la fédération et de ses différents services, les rapports avec les pouvoirs publics, les fédérations et organismes français et étrangers, la Fédération Aéronautique Internationale et plus généralement avec toutes personnes physiques ou morales concernées.

Le conseil d'administration (CA).

Le conseil d'administration, incluant le bureau directeur, est élu par tous les membres de l'Assemblée Générale à bulletins secrets pour une durée de quatre ans.

Le conseil d'administration exerce, en qualité d'organe délibérant de droit commun, l'ensemble des attributions que les statuts n'attribuent pas à l'assemblée générale ou à un autre organe de la fédération.

LA DIRECTION TECHNIQUE NATIONALE (DTN)

Elle est composée de personnels du ministère des sports qui sont placés auprès de la fédération. Ce sont, en grande majorité, des professeurs de sport dirigés par le directeur technique national (le DTN).

La DTN est constituée :

- ✘ d'entraîneurs nationaux (EN) dont la mission est :
 - d'encadrer les membres des équipes de France ;
 - de participer à l'animation de la filière d'accès au sport de haut niveau de la fédération.
- ✘ de conseillers techniques nationaux (CTN) dont la mission est de mener au niveau national des tâches :
 - d'observation et d'analyse ;
 - de conseil et d'expertise ;
 - d'encadrement de sportifs ;
 - de formation des cadres ;
 - d'organisation et de développement de l'activité sportive de la fédération.

En matière de formation de l'encadrement technique et pédagogique (moniteurs d'État et fédéraux, initiateurs, titulaires d'un certificat de qualification professionnelle, etc.), la FFP et la DTN s'appuient sur des personnes qui sont des professionnels du secteur (formateurs de cadres techniques ou tuteurs).

LE PERSONNEL SALARIÉ DE LA FÉDÉRATION

Il est constitué d'une responsable administrative et financière, de secrétaires en charge de la vie administrative du siège et de techniciens en charge de tâches spécifiques.

LES MISSIONS DE LA FFP

Dans le cadre de ses missions, la FFP est à l'origine de la création et de l'aménagement de règles diverses :

- ✘ Les règles techniques sont regroupées au sein de directives techniques (DT - méthodes d'enseignement de l'école française, contenus des brevets fédéraux, règles de pratique et fonctionnement des écoles) et de circulaires de sécurité (CS). L'ensemble de ces règles est consultable sur le site internet de la FFP (<http://www.ffp.asso.fr>).
- ✘ Les règlements sportifs de compétition.
- ✘ Le règlement du contrôle médical. En application du Code du Sport, il concerne les pratiquants et les sportifs de haut niveau.
- ✘ Le règlement fédéral de lutte contre le dopage est adopté en application de la loi de lutte contre le dopage.
- ✘ L'organisation des compétitions nationales et la délivrance des titres correspondants.

Les ligues régionales et les comités départementaux de la FFP.

La Ligue régionale de parachutisme est la première structure déconcentrée de la Fédération. Par là même, elle se doit d'appliquer la politique et les directives de la Fédération.

Ses limites géographiques correspondent à celles d'une Région administrative.

La Ligue régionale est une association régie par la Loi de 1901 (de 1908 pour l'Alsace et la Moselle).

Elle jouit d'une autonomie sportive, financière et administrative dans la limite des statuts et règlements fédéraux. Ces textes sont disponibles sur le site internet de la FFP.

L'objet de la Ligue est de développer et de contrôler, dans la région, la pratique sous toutes ses formes (formation des moniteurs fédéraux par exemple).

Le comité départemental est la réplique de la ligue au niveau du département.

LES PRINCIPES FONDAMENTAUX EN MATIÈRE JURIDIQUE

LE MONITEUR DE PARACHUTISME PEUT-IL IGNORER LE DROIT ?

Le droit est l'ensemble des règles, souvent écrites, qui permet aux hommes de vivre, dans la mesure du possible, en société et en paix. Il ne prétend pas changer ce que sont fondamentalement les êtres humains mais il permet peut-être d'éviter de vivre en permanence des excès et d'éviter un certain nombre de conflits..

Le moniteur de parachutisme, qu'il soit salarié ou non d'une école, est en permanence en contact avec des élèves, des dirigeants, des administrations (jeunesse et sports, aviation civile, etc.). Ces relations peuvent parfois devenir conflictuelles.

De plus, il est très souvent amené à faire des choix techniques qui le conduisent à la limite de ce qui est autorisé par les réglementations.

Ces deux points montrent à eux seuls que le moniteur de parachutisme ne peut être totalement hermétique aux règles qui organisent l'activité ainsi qu'à celles qui organisent les relations entre les différents acteurs.

Mais si le droit, c'est avant tout un ensemble de règles que l'on doit respecter sous peine de sanctions prononcées par les juges, c'est aussi une organisation qu'il convient d'appréhender dans sa généralité.

Il s'agit de comprendre quelques notions fondamentales qui faciliteront, sans aucun doute, l'assimilation d'une matière vécue souvent comme difficile.

LE DROIT PUBLIC, LE DROIT PRIVÉ, LE DROIT PÉNAL, DE QUOI S'AGIT-IL ?

Comme le droit a, pour finalité, d'organiser la vie en commun, il doit le faire pour chacun de ses aspects.

Le droit public.

Il organise les relations entre les citoyens et les administrations de l'État (par exemple, lorsque le préfet autorise une manifestation aérienne).

Cette branche a des conséquences concrètes pour le citoyen, notamment en cas de contestations.

Les libertés fondamentales, comme la liberté de se réunir, de s'associer, de s'exprimer, etc. sont protégées par la constitution de la République qui est également rangée dans cette branche.

Le droit privé.

Il organise les relations entre les personnes privées (vous et moi).

Il peut s'agir, par exemple, des relations commerciales ou de la protection de la propriété privée.

Le moniteur de parachutisme est particulièrement concerné par cette branche du droit, notamment si une recherche de responsabilité est faite suite à un accident corporel (responsabilité civile).

Le droit pénal.

Bien que faisant partie du droit privé, il se distingue par le fait qu'il protège la société des agissements d'un ou de plusieurs de ses membres jugés nuisibles envers elle.

Nous y trouvons par ordre de gravité :

- ✘ les crimes ;
- ✘ les délits ;
- ✘ les contraventions.

La particularité de cette branche du droit est que les sanctions prononcées par les juges sont des amendes et/ou des peines de prison.

Plusieurs articles du code pénal concernent le moniteur de parachutisme, par exemple, celui relatif à la mise en danger délibérée d'autrui, suite à une violation d'une obligation de sécurité ou de prudence (responsabilité pénale).

LA HIÉRARCHIE DES NORMES

La loi, le décret, l'arrêté, la circulaire : quelles sont les différences ?

Pour organiser notre société, le droit s'appuie essentiellement sur l'écrit. Ceci permet non seulement une diffusion la plus large possible de l'information, mais également une stabilité, un référentiel que pourront utiliser les citoyens, l'administration ou le juge, par exemple en cas de contentieux.

Ces écrits font l'objet d'un classement et possèdent plusieurs caractéristiques :

Ils sont classés par ordre d'importance en quatre grandes familles.

- ✘ Les traités internationaux (ceux relatifs à l'Union Européenne par exemple).
- ✘ La Constitution de la République Française de 1958 (qui prévoit le rôle des institutions et le partage du pouvoir entre les différents acteurs politiques) et la déclaration des droits de l'Homme et du citoyen de 1789.
- ✘ Les textes législatifs (les lois) par exemple la loi sur le sport. Ils sont votés par les députés et les sénateurs.
- ✘ Les textes réglementaires (décret, arrêté, circulaire, instruction) sont issus du pouvoir exécutif c'est-à-dire les ministres, les préfets, les maires ...
- ✘ Les circulaires (destinés à des personnels de l'administration), la jurisprudence, les recommandations et règlements intérieurs.

Ils ne peuvent se contredire entre eux.

On parle de la hiérarchie des textes.

Pour que le système fonctionne, il ne faut pas que les textes situés en bas de la hiérarchie contredisent ceux situés plus haut. Par exemple, il ne faut pas que l'instruction qui précise la mise en place de la formation du BPJEPS (Brevet Professionnel de la Jeunesse, de l'Éducation Populaire et du Sport) contredise l'arrêté qui l'a créé. Lui-même ne peut à son tour contredire la loi sur le sport qui elle-même ne peut faire mentir la constitution ou les traités internationaux.

Plusieurs « organismes » sont chargés de vérifier que les textes sont cohérents entre eux. Il s'agit, pour mémoire, du Conseil Constitutionnel et du Conseil d'État. Cette cohérence est fondamentale, elle permet de vivre dans un régime politique non totalitaire.

COMMENT EST ORGANISÉE LA JUSTICE ?

Les règles de droit ont vocation à s'appliquer. Ce sont les juges qui sont chargés de trancher les litiges qui peuvent survenir.

En fonction de la nature du contentieux, les tribunaux compétents sont différents.

- ✗ Les contentieux **entre particuliers** sont jugés par le **tribunal d'instance** (TI) ou devant le **tribunal de grande instance** (TGI). C'est le montant de la somme financière en jeu qui détermine le choix.
- ✗ Les contentieux **entre l'administration et les particuliers** sont jugés par le **tribunal administratif**.
- ✗ **Au niveau pénal**, c'est la gravité des faits reprochés (qui doivent obligatoirement être répertoriés dans le code du même nom) qui détermine le tribunal compétent.
 - Les **contraventions** sont jugées devant le **tribunal de police**.
 - Les **délits** sont jugés devant le **tribunal correctionnel**.
 - Les **crimes** sont jugés devant la **cour d'assises**.

Pour essayer d'éviter autant que possible les erreurs d'appréciation des magistrats, les justiciables peuvent demander que leur affaire soit jugée de nouveau en appel (cour d'appel), voire une troisième fois devant la cour de cassation.

QUELLE PLACE OCCUPE L'UNION EUROPÉENNE DANS LE SYSTÈME JURIDIQUE FRANÇAIS ?

Avant les premiers traités européens (1947), les pays qui constituaient l'Europe étaient totalement souverains. Par conséquent, ce qui se passait à l'intérieur des frontières relevait uniquement du bon vouloir des peuples qui le constituait.

Progressivement, l'Europe intervient dans la vie quotidienne de l'ensemble de ses habitants.

Le principe, aujourd'hui, est la libre circulation :

- ✗ des biens ;
- ✗ des services ;
- ✗ des capitaux.

La création d'une monnaie européenne illustre bien ce phénomène.

Elle agit, par exemple, en matière d'environnement, d'agriculture, de recherche, d'éducation, de transport, etc.

Pour écrire et faire appliquer le droit européen, l'Union utilise des textes qui ont des valeurs juridiques différentes.

1) **Le règlement européen.**

Chaque État membre doit l'appliquer tel qu'il est écrit. Les juges de chaque pays ont l'obligation de l'appliquer, même si une loi nationale est en contradiction avec lui.

Il n'existe pas, à ce jour, de règlement européen sur le sport.

2) **La directive.**

Elle impose aux États membres d'atteindre un but dans un délai donné. Pour cela, chaque État devra écrire ce but dans un texte national (loi, décret, etc.).

Par exemple, c'est une directive qui crée un système général de reconnaissance des formations professionnelles et un décret de 1997 qui organise la reconnaissance des diplômes sportifs étrangers.

3) **La décision.**

C'est un acte obligatoire directement applicable, adressé à une personne ou à une catégorie de personne bien identifiée.

4) **La recommandation.**

Elle invite les États membres à agir dans une direction. Elle n'est pas contraignante.

LA HIÉRARCHIE DES TEXTES

Le tableau ci-dessous représente les principaux textes, classés par ordre hiérarchique.

Un texte ne peut pas aller à l'encontre d'un autre qui est hiérarchiquement plus fort.

Par exemple, un arrêté ne peut pas énoncer des dispositions contraires à la loi. De même, la loi française ne peut plus être en contradiction avec un règlement européen.

LES TRAITÉS INTERNATIONAUX

Exemple : les traités sur l'Europe (Rome, Maastricht, Amsterdam, Nice...)

LES TEXTES EUROPÉENS

Le règlement	Il est directement applicable dans les États membres.
La directive	Elle fixe aux États membres des objectifs à atteindre dans un délai imparti. Les États doivent la transcrire dans des textes nationaux.
La décision	Elle est destinée, soit à un État membre, soit à une entreprise ou à un particulier. Elle est directement applicable.
Recommandation et avis	Ils n'ont pas de caractère obligatoire.

LA CONSTITUTION ET LA LOI FRANÇAISE

Elle est votée par le parlement (l'Assemblée Nationale et le Sénat) qui représente le pouvoir législatif.

LES RÈGLEMENTS FRANÇAIS

Ils sont créés par le pouvoir exécutif (le gouvernement).

Ils peuvent préciser les modalités d'application des lois ou portent sur des domaines qui ne sont pas réservés au parlement par la Constitution.

Ils font, eux aussi, l'objet d'une hiérarchie. Dans l'ordre décroissant :

- ✘ les décrets ;
- ✘ les arrêtés ;
- ✘ les circulaires + instructions.

LES TEXTES FÉDÉRAUX

Ce sont des textes qui ne concernent, a priori, que les membres de la fédération, avec une exception dans le domaine de la compétition où la fédération est la seule habilitée.

Pour régler des contentieux, la justice fait souvent référence aux textes fédéraux.

LA RESPONSABILITÉ

Un parachutiste, qu'il soit moniteur ou simple pratiquant, comme tout citoyen, est responsable de ses actes. Lorsqu'il est à l'origine d'un préjudice, il doit réparer.

Être responsable, juridiquement, c'est répondre devant la loi.

On distingue la responsabilité civile et la responsabilité pénale.

LA RESPONSABILITÉ CIVILE

Le droit civil organise les rapports entre les individus, dans leur vie sociale. Il prévoit que l'on peut obtenir réparation des dommages subis.

La responsabilité civile est l'obligation de réparer les dommages causés à autrui.

La responsabilité civile ne peut être mise en jeu qu'à trois conditions :

- 1) L'existence d'une faute (selon les régimes, elle est présumée ou doit être prouvée par la victime). La faute est en principe considérée comme un manquement à une obligation.
- 2) L'existence d'un dommage (physique, matériel, financier, préjudice moral, etc.).
- 3) Un lien de causalité entre la faute et le dommage.

La responsabilité civile donne lieu au paiement de dommages et intérêts.

Il est possible de s'assurer en responsabilité civile.

Les conséquences pécuniaires des dommages causés à autrui sont payées par l'assurance.

On distingue :

- ✘ **La responsabilité contractuelle.** C'est la non-exécution de ce à quoi on s'est engagé.
- ✘ **La responsabilité délictuelle.** C'est la non-application d'une prescription légale ou réglementaire ou une attitude non conforme (négligence, inattention, maladresse).

LA RESPONSABILITÉ PÉNALE

Le droit pénal empêche ou réprime les manquements aux règles édictées par la société.

Lorsque la société, pour assurer sa propre sécurité, édicte une règle qui interdit de commettre un acte et que cet acte est néanmoins accompli, il faut sanctionner celui à qui il est imputable.

Il existe plusieurs degrés de fautes pénales.

- ✘ la contravention ;
- ✘ le délit ;
- ✘ le crime.

L'objet de la responsabilité pénale est de punir et d'empêcher quelqu'un de nuire à autrui ou à la société.

L'infraction pénale n'existe que si elle est prévue par un texte (le code pénal ou une loi) qui la définit et fixe le montant des peines.

Il n'est pas possible de s'assurer en responsabilité pénale.

On n'est responsable pénalement que pour soi-même.

La mise en danger délibérée se définit comme une imprudence, une inattention, une maladresse ou un manquement à une obligation, réalisée consciemment par l'auteur, contrairement à la négligence et à l'imprudence où l'auteur n'a pas conscience des risques. Elle alourdit les peines encourues.

Le législateur a même prévu une infraction qui punit toute personne ayant exposé directement autrui à un risque de mort ou de blessure par la violation délibérée d'une obligation de sécurité ou de prudence (c'est l'unique cas d'un délit qualifié de non intentionnel ne nécessitant pas la survenance d'un résultat dommageable).

REMARQUES D'ORDRE GÉNÉRAL

- ✗ La responsabilité civile n'est mise en jeu que s'il y a un dommage.
- ✗ La responsabilité pénale est mise en jeu même en l'absence de préjudice.
- ✗ Un dommage, résultant d'une faute pénale, autorise le juge à demander des dommages et intérêts.

RESPONSABILITÉ DE L'ÉDUCATEUR

L'éducateur est tenu à :

- ✗ Une obligation de surveillance, qui s'exerce avec autant d'acuité, que l'élève est jeune et sujet à l'indiscipline et aux débordements, que l'environnement ou l'activité exercée présente des dangers objectifs.
- ✗ Une obligation de créer des situations pédagogiques en rapport avec les capacités de l'élève. Il faut une adéquation entre les possibilités de celui qui apprend et la réalisation proposée, tenant compte de la maturité de l'élève, de son affectivité et de ses capacités motrices, des difficultés techniques spécifiques à l'activité, de l'environnement géographique et météorologique, etc.

La relation entre l'éducateur et l'élève est assimilée à un contrat. Selon la jurisprudence dominante, l'enseignant est tenu à une obligation de moyens.

L'OBLIGATION DE MOYENS ET L'OBLIGATION DE RÉSULTATS

Si l'on considère que l'enseignant est tenu à une obligation de moyens, en cas de litige, c'est au plaignant d'apporter la preuve que l'enseignant n'a pas répondu à cette obligation.

Dans un contrat de transport pour lequel on retient l'obligation de résultat, le transporteur est, a priori, responsable, sauf s'il parvient à prouver le contraire. La charge de la preuve est inversée.

RESPONSABILITÉ DES ORGANISATEURS

Les organisateurs de manifestations ou d'activités engagent leur responsabilité, celle de leurs préposés et celle de la structure qu'ils représentent. Cette responsabilité peut être liée à l'utilisation d'installations sportives.

RESPONSABILITÉ DES DIRIGEANTS

Elle provient souvent de fautes de gestion ou de manquements aux obligations dans les domaines fiscal, social ou dans le droit du travail.

RESPONSABILITÉ DU SPORTIF

Elle peut résulter d'un acte non conforme à l'esprit du jeu ou aux règles de la discipline.

La théorie du risque accepté (le sportif connaît les risques auxquels il s'expose) peut être prise en considération dans l'appréciation des responsabilités dans des activités à risques.

LES RÈGLES TECHNIQUES ET D'ENCADREMENT DU PARACHUTISME SPORTIF

Nous avons vu précédemment que les règles peuvent avoir des origines différentes.

En parachutisme, on distingue :

- ✗ **les règles qui émanent du Code du sport**, et notamment un arrêté daté du 30 avril 2008 modifié plusieurs fois.

Ce texte régleme la pratique du parachutisme sportif ainsi que l'activité de la chute libre en soufflerie. Comme il s'agit d'un arrêté, il convient de noter qu'il s'applique à tous les acteurs du secteur, qu'ils soient licenciés à la FFP ou non.

- ✗ **les règles formulées par la fédération délégataire** s'appliquent, en priorité, aux licenciés de la FFP. On notera qu'elles ne peuvent pas être moins contraignantes que celles du Code du Sport.

L'ARRÊTÉ DU CODE DU SPORT : ARTICLE A322-147 ET SUIVANTS

Organisé en paragraphe, il décline les règles à appliquer dans tous les établissements d'activité physique et sportive organisant la pratique du parachutisme.

- 1) Champ d'application.
- 2) Les séances de sauts (en école, en autonomie, les sauts particuliers, les conditions météo, la hauteur d'ouverture du parachute, etc.).
- 3) Les zones d'atterrissage.
- 4) Les équipements.
- 5) L'encadrement.
- 6) Les moyens matériels.
- 7) Les procédures d'enquête en cas d'accident.

Les articles A322-165 et suivants organisent la pratique de l'activité de chute libre en soufflerie.

LES RÈGLES TECHNIQUES FÉDÉRALES

Elles sont déclinées sous la forme de **directives techniques** (DT) et sont numérotées par ordre croissant en fonction de la date de création.

Lorsqu'il est nécessaire de modifier les règles, la directive concernée est annulée et remplacée par une autre. En revanche, toutes sont archivées afin de retrouver aisément la nature des règles en vigueur à une période donnée.

Le Code du Sport ne prend pas en compte la totalité des problématiques engendrées par l'activité. De plus, modifier un arrêté est plus complexe et plus long que créer ou modifier des règles fédérales. Par conséquent, il n'est pas étonnant que ces dernières soient plus précises et couvrent un domaine plus large que le Code du Sport.

Sans être à proprement parler des règles techniques fédérales, il convient de citer aussi :

- ✘ les circulaires de sécurité (document fédéral) ;
- ✘ les bulletins de service/sécurité (document provenant des constructeurs) ;
- ✘ les flash-sécurité et les flash sécurité aéro (documents fédéraux).

Ces documents concernent surtout l'utilisation des matériels (avions, parachutes, déclencheurs, etc.). Ils s'adressent, en priorité, aux plieurs de parachutes de secours, réparateurs, moniteurs et directeurs techniques mais peuvent aussi intéresser tout pratiquant soucieux de parfaire sa connaissance.

LES DIRECTIVES TECHNIQUES

Le lecteur peut prendre connaissance du contenu de l'ensemble des directives techniques (DT) sur le site de la FFP dans la rubrique réglementation.

Les intitulés des plus récents sont :

N° ET DATE	OBJET
DT 59 1er avril 2026	Pratique de la Wingsuit
DT 58 30 juin 2025	Utilisation d'un harnais permettant une transition d'un point d'accroche haut à un point d'accroche bas des élévateurs de la voile principale (type "Mutant").
DT 57 11 septembre 2023	Matériels réglementés dans l'activité « Parapente »
DT 56 28 mars 2023	Méthode de pratique – Procédure de décollage au treuil par vent de travers – Ascensionnel
DT 55 9 juin 2021	Matériels réglementés dans l'activité « Ascensionnel »
DT 54 25 février 2021	Les trois étapes de vérification d'une voile principale
DT 53 25 février 2021	Pliage des parachutes principaux individuels & Pliage des parachutes principaux tandem
DT 52 2 février 2026	Emport d'appareil(s) de prise de vue
DT 51 16 mars 2020	Casques utilisés par les pratiquants non autonomes
DT 50 17 avril 2025	Maintenance et pliage des parachutes sportifs
DT 49 1er avril 2026	Méthodes d'enseignement, brevets fédéraux et encadrement des séances de sauts
DT 48 08 février 2024	Réglementation relative à l'utilisation des voilures principales
DT 45 08 février 2024	Formation et évaluation de pilotes de chariot en vol ascensionnel
DT 44 05 févr. 2016	Prévention des risques de rupture des composants du Vé de traction dans la pratique du parachutisme ascensionnel
DT 43 12 mars 2015	Pratique du saut en tandem avec des personnes à mobilité réduite
DT 42 23 févr. 2015	Prévention des risques dans la pratique du parachutisme ascensionnel

MÉTHODES D'ENSEIGNEMENT, BREVETS FÉDÉRAUX ET ENCADREMENT DES SÉANCES DE SAUTS

Les règles fédérales précisent, le cas échéant, celles issues du Code du Sport. En revanche, elles ne peuvent, en aucun cas, être plus permissives (cf. chapitre relatif à la hiérarchie des normes).

Toutes les informations les concernant sont contenues dans un document qui décrit et réglemente :

- ✗ les méthodes d'enseignement du parachutisme sportif ;
- ✗ les brevets fédéraux ;
- ✗ l'encadrement des séances de sauts.

Ce document est régulièrement mis à jour lorsque la réglementation change (création d'un nouveau brevet, évolution des règles de sécurité, etc.). Il fait alors l'objet d'une nouvelle directive technique (il est actuellement joint à la DT 49).

Sa connaissance est essentielle pour l'encadrement comme pour les pratiquants.

Les méthodes d'enseignement.

Les deux méthodes de progression actuelles, la PAC (Progression Accompagnée en Chute) et la méthode « traditionnelle » (premiers sauts en ouverture automatique), sont décrites jusqu'au brevet A avec les différents niveaux à franchir, les capacités à obtenir et les règles de sécurité à respecter.

Les brevets fédéraux.

Chaque brevet y est décrit dans le détail avec :

- ✗ ses prérequis ;
- ✗ ses critères d'évaluation ;
- ✗ ses conditions d'obtention ;
- ✗ ses règles de sécurité (limite maximale de vent au sol, hauteur minimum de parachutage et d'ouverture, encadrement à bord, équipement, etc.) ;
- ✗ ses prérogatives ;

Les sauts spéciaux.

Un tableau répertorie les principaux types de sauts spéciaux ainsi que les brevets minimum requis permettant de les effectuer.

Les règles fédérales complètes concernant la réalisation de sauts spéciaux (équipements, précautions particulières, sécurité, etc.) figurent sur le site internet de la FFP dans la rubrique « réglementation ».

Les règles de sécurité et d'encadrement des séances de sauts.

Les règles de sécurité et d'encadrement, propres à chaque type de séance de sauts en fonction des niveaux et brevets des pratiquants, sont résumées dans un tableau.

LA RÉGLEMENTATION SUR FFP.ASSO.FR

OÙ TROUVER LA RÉGLEMENTATION ?

À ce jour, il n'y a pas d'onglet spécifique à la réglementation sur la page d'accueil du site de la FFP (ffp.asso.fr). Vous le trouverez dans l'onglet « TECHNICIENS & AÉRONAUTIQUE ».

Deux choix possibles en fonction de votre recherche :

- ✗ RÉGLEMENTATION.
- ✗ DIRECTIVES TECHNIQUES.

ONGLET « RÉGLEMENTATION »

Vous y trouverez des liens vers l'ensemble des textes réglementaires (lois, codes, arrêtés, statuts, règles fédérales, etc.) ainsi que des fiches de synthèse résumant les points essentiels de certains d'entre eux.

L'ensemble des informations est classé en 14 grands chapitres.

1) Les principes généraux.

Des liens vous permettant d'accéder entre autres :

- au Code du Sport ;
- au Code de l'Aviation Civile.

2) Statuts de l'encadrement technique, diplômes étrangers, qualifications européennes.

3) Formations, diplômes et qualifications de l'encadrement technique en France.

Ces deux derniers chapitres concernent plus particulièrement l'encadrement (moniteurs, dirigeants, employeurs, etc.).

4) Les règles de l'activité et de l'encadrement.

C'est ici que vous trouverez la plupart des règles fédérales.

Citons, par exemple, celles concernant :

- la tenue de sauts ou équipement de sauts ;
- les sauts spéciaux ;
- la pratique de la vidéo chute (DT 52) ;
- les sauts avec wing suit (DT 49) ;
- les limites d'utilisation des voiles principales (DT 48 applicable au 9 février 2024) ;
- etc.

Mais aussi certaines directives techniques comme celle concernant les méthodes d'enseignement, brevets fédéraux et encadrement des séances de sauts (DT n° 49, applicable au 1er avril 2026) ainsi que les arrêtés réglementant :

- Les manifestations aériennes ;
- La pratique du parachutisme et de la soufflerie (Code du Sport, arrêté du 28 février 2008 modifié par l'arrêté du 25 mars 2016) ;
- Etc.

5) Les parachutes.

Figurent ici les textes qui concernent les parachutes (certification, etc.).

6) Espace aérien, avions et pilotes.

Concerne la réglementation aérienne.

7) La Fédération Française de Parachutisme.

- Missions et organisation.
- Statuts de la FFP.
- Règlement intérieur de la FFP (18 novembre 2023).
- Charte des écoles (20 novembre 2023) et ses annexes techniques.
- Règlement disciplinaire (18 novembre 2023).
- Etc.

8) Les établissements d'activité physique et sportive (APS).

- [...]
- Règles FFP concernant les moyens techniques pour l'agrément des écoles de parachutisme.
- Etc.

9) La licence, les assurances, les incidents et accidents de parachutisme.

- Le contrat d'assurance à remettre aux licenciés.

10) Médical – lutte contre le dopage.

11) Pratique du parachutisme sportif par les militaires.

12) Ascensionnel.

13) Parapente.

14) Records.

ONGLET « LES DIRECTIVES TECHNIQUES »

Toutes les directives techniques (DT), depuis leur création en 1994, y sont classées et consultables.

OÙ TROUVER LES CIRCULAIRES DE SÉCURITÉ ?

Sur la page d'accueil du site de la FFP dans l'onglet « TECHNICIENS & AÉRONAUTIQUE » puis dans l'onglet « MATÉRIEL ».

Les circulaires de sécurité (CS) concernent surtout l'utilisation des matériels (avions, parachutes, déclencheurs, etc.).

Elles sont principalement éditées lors de l'apparition de problèmes sur les parachutes ou suite à des incidents.

Comme les directives techniques, elles sont numérotées et classées en ordre croissant en fonction de leur date de parution. Il en existe à ce jour 211. La première a été éditée en 1988.

RÉGLEMENTATION AÉRIENNE

Préambule	340	Les services de la navigation aérienne .	348
Organisation générale de l'aviation civile	341	Le service du contrôle.....	348
Organisation mondiale.....	341	Le service d'information	348
Organisation européenne	341	Le service d'alerte	348
Organisation française.....	341	L'aérodrome.....	349
Les règles de l'air.....	342	Les types d'aérodromes.....	349
Règles liées aux conditions de vol	342	La documentation : la carte VAC.....	349
Règles liées au survol des villes, des biens et des personnes	343	Exemples.....	350
Règles liées à l'organisation et au découpage de l'espace aérien	344	L'exploitation des aéronefs.....	353
Règles liées aux priorités	347	Les pilotes	354

PRÉAMBULE

Le parachutiste sportif pense fréquemment que la réglementation aérienne ne le concerne pas : il se trompe.

En tant qu'utilisateur, d'une part de l'espace aérien et, d'autre part de son parachute considéré comme un aéronef, il ne peut s'affranchir, ni de la connaissance, ni du respect de ces règles.

Certes, seule une petite partie lui est applicable mais une sensibilisation a minima lui permettra de chercher et trouver ce qui le concerne.

ORGANISATION GÉNÉRALE DE L'AVIATION CIVILE

ORGANISATION MONDIALE

L'OACI est l'Organisation Aérienne Civile Internationale (ICAO en anglais).

Émanation des Nations-Unies, œuvrant avec 191 pays signataires de la convention de Chicago (1946), elle élabore des normes et pratiques recommandées pour l'aéronautique civile.

ORGANISATION EUROPÉENNE

L'AESA est l'Agence Européenne pour la Sécurité Aérienne (EASA en anglais).

Elle est basée à Cologne et a été créée en 2008 par le parlement européen (règlement 216/2008)

Elle a pour mission de mettre en application des règles communes définies par le parlement pour l'ensemble des pays européens afin de garantir un haut niveau de sécurité.

Cela concerne aussi bien :

- ✘ les pilotes ;
- ✘ les aérodromes ;
- ✘ les règles de l'air ;
- ✘ les contrôleurs aériens ;
- ✘ la certification et la maintenance des aéronefs et des équipements ;
- ✘ les opérations aériennes ;
- ✘ etc.

L'harmonisation implique que les règlements européens se substituent progressivement aux règlements nationaux.

Il est recommandé de se reporter au site internet de l'EASA pour une lecture exhaustive de la réglementation. Le tableau ci-dessous indique les différents secteurs réglementés.

ORGANISATION FRANÇAISE

La DGAC (Direction Générale de l'Aviation Civile) est basée à Paris avec des antennes en inter régions.

C'est un service de l'État français chargé, entre autres :

- ✘ de mettre en application la réglementation européenne transposée dans le droit français ;
- ✘ de maintenir un haut niveau de sûreté et de sécurité aérienne ;
- ✘ de rendre des services aux usagers en assurant le contrôle de la navigation aérienne au moyen de ses centres en route et de ses tours de contrôle.

LES RÈGLES DE L'AIR

Elles sont définies dans le règlement 923/2012 SERA (Standardized European Rules of the Air) et ses amendements.

Elles sont reprises et complétées par la DGAC.

Elles sont consultables sur le site internet du SIA (Service de l'Information Aéronautique).

Parmi l'ensemble, certaines présentent un intérêt pour les parachutistes.

RÈGLES LIÉES AUX CONDITIONS DE VOL

Elles dépendent de la visibilité.

On distingue deux grands cas :

- ✗ **Les règles de vol aux instruments (IFR : Instruments Flight Rules)** dépendant de conditions météorologiques IMC (Instrument Meteorological Conditions). Le parachutisme sportif ne s'effectuant que rarement en IFR, nous n'étudierons pas ces règles et invitons celui qui s'y intéresse à se reporter à la réglementation afférente.
- ✗ **Les règles de vol à vue (VFR : Visual Flight Rules)** dépendant de conditions météorologiques VMC (Visual Meteorological Conditions). Ces règles diffèrent suivant l'espace aérien traversé (A, B, C, D, E, F et G).

Les espaces aériens B et F n'existent pas en France.

Nous pouvons les résumer dans le tableau ci-dessous.

CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES DE VOL À VUE		
	Espace aérien contrôlé	Espace aérien non contrôlé
Classes	A ⁽¹⁾ B C D E	F G : au-dessus du plus haut des 2 niveaux : 3000 ft AMSL ⁽³⁾ ou 1000 ft ASFC ⁽⁴⁾ F G : à et en-dessous du plus haut des 2 niveaux : 3000 ft AMSL ⁽³⁾ ou 1000 ft ASFC ⁽⁴⁾
Distance par rapport aux nuages	1500 m horizontalement 300m (1000 ft) verticalement	Hors des nuages et En vue de la surface
Visibilité en vol	8 km à et au-dessus du FL 100 ⁽²⁾ 5 km en-dessous du FL 100 ⁽²⁾	La plus élevée des deux valeurs : 1500 m (800 m pour les hélicoptères) ou Distance parcourue en 30 secondes de vol

(1) Les minima VMC dans l'espace aérien de classe A sont donnés à titre d'indication aux pilotes ; ils n'impliquent pas l'acceptation des vols VFR dans l'espace aérien de classe A. Lorsqu'un aéronef doit évoluer en VMC en espace de classe A, il doit respecter les mêmes conditions qu'en espace de classe B.

(2) ou 3050m (10000 ft) si l'altitude transition est supérieure à cette valeur.

(3) AMSL : au-dessus du niveau moyen de la mer (Above Mean Sea Level).

(4) ASFC : au-dessus du sol (Above SurFaCe).

Il convient d'ajouter deux spécificités pour les règles de vol à vue :

✗ **le VFR spécial (VFR S).**

- Peut être entrepris avec des minima météorologiques inférieurs à ceux du VFR.
- Ne peut être entrepris qu'en espace contrôlé.
- Est soumis à « clairance » de l'organisme de contrôle en contact.

✗ **le VFR de nuit (VFR N).**


- Est soumis à des minima météorologiques différents de ceux du VFR de jour.

RÈGLES LIÉES AU SURVOL DES VILLES, DES BIENS ET DES PERSONNES

Suivant la nature de ce qui est survolé, hormis pour les actions de décollage et d'atterrissage, les pilotes d'aéronefs sont tenus de respecter des minima pour les survols.

Le tableau ci-dessous résume ces conditions :

SURVOL DE CERTAINES INSTALLATIONS OU ÉTABLISSEMENTS		
Installations ou établissements survolés	Hauteur minimale de survol	
<ul style="list-style-type: none"> ✗ usines isolées ; ✗ installations à caractère industriel ; ✗ hôpitaux, centres de repos ; ✗ tout établissement ou exploitation portant une marque distinctive* ✗ vol suivant une direction parallèle à une autoroute et à proximité de celle-ci. 	<ul style="list-style-type: none"> ✗ 300 m pour les avions monomoteurs à piston et les hélicoptères ; ✗ 1000 m pour les autres avions. 	
SURVOL DES AGGLOMÉRATIONS		
Type d'avion	Hauteur minimale de survol	Largeur moyenne de l'agglomération ⁽¹⁾
Monomoteurs et hélicoptères	500 m (1700 ft)	Largeur < 1200 m
Multi moteurs	1000 m (3300 ft)	Largeur < 1200 m
Tous avions	1000 m (3300 ft)	1200 m < largeur < 3600 m
	1500m (5000 ft)	Largeur > 3600 m ⁽²⁾

* couronne blanche sur fond rouge carré. 

(1) Les agglomérations sont représentées sur la carte aéronautique au 1/500 000 OACI éditée par l'Institut Géographique National par des symboles traduisant leur largeur moyenne.

(2) Cas particulier : le survol de la ville de Paris est interdit sauf dérogation délivrée à titre exceptionnel.

RÈGLES LIÉES À L'ORGANISATION ET AU DÉCOUPAGE DE L'ESPACE AÉRIEN

Les FIR (Flight Information Region)

Elles s'étendent du sol au FL 195. En France (métropolitaine), c'est un découpage du territoire national en 5 zones : Bordeaux, Marseille, Reims, Brest et Paris. Les FIR sont gérées par un centre en route de la navigation aérienne (CRNA).

L'espace aérien est découpé verticalement en trois parties dont deux intéressent l'aéronautique civile (la troisième débutant au FL 660) :

L'UTA (Upper Traffic Area).

C'est la région supérieure de contrôle s'étendant du FL 195 au FL 660.

Cet espace aérien ne peut normalement pas être utilisé en VFR.

Le parachutisme sportif ne se pratique pas dans cet espace sauf dérogation. Nous n'étudierons pas cet espace.

La LTA (Lower traffic Area).

C'est la région inférieure de contrôle s'étendant du sol au FL 195.

Cet espace est découpé de plusieurs manières :

1) En classes d'espace.

Ces classes dépendent généralement de la densité du trafic.

Un premier découpage montre que l'on peut voler :

- du sol au FL 115 : dans des espaces de classes A ; B ; C ; D ; E ; F ; G ;
- du FL 115 au FL 195 : dans un espace de classe D (sauf dans certains secteurs de régions montagneuses : Alpes, Pyrénées, Verdon) ;
- du FL 195 au FL 660 : dans un espace de classe C.

Les classes d'espace engendrent :

- le fait d'être dans un espace contrôlé ou non ;
 - ♦ Contrôlé : A ; B ; C ; D ; E (la classe A est interdite au VFR sauf autorisation très exceptionnelle)
 - ♦ Non contrôlé : F ; G
- l'acceptation ou non des vols VFR par les services du contrôle ;
- des règles différentes de distances par rapport aux nuages (voir plus haut) ;
- des services différents de contrôle rendus ;
- Des limitations de vitesses.

Un deuxième découpage montre :

2) Les zones à statut particulier.

- **Les zones P** (interdites) : zones militaires, centrales nucléaires, etc. Sauf autorisation très spécifique, elles sont strictement interdites de pénétration.
- **Les zones R** (réglementées) : elles sont soumises à des règles afin de pouvoir les pénétrer. Ces règles peuvent parfois aller jusqu'à l'interdiction de pénétration dans certaines conditions (notamment horaires).. Généralement, ce sont des zones militaires.
- **Les zones D** (dangereuses) : elles ne sont pas interdites de pénétration mais présentent un danger particulier.
- **Les zones réglementées ou dangereuses temporaires** (ZRT ; ZDT) : l'accès est interdit ou réglementé lorsqu'elles sont actives. Elles sont limitées dans le temps (Tour de France cycliste par exemple).
- **Les zones à statut particulier** : par exemple, les parcs nationaux dont le survol est généralement interdit en-dessous de 1000 mètres sol, car empêchant la reproduction d'espèces rares.

3) Les airways.

Ce sont des voies aériennes où le pilote effectue son trajet en suivant des aides à la navigation.

4) Les régions terminales de contrôle.

Elles permettent le départ et l'arrivée des aéronefs. On distingue :

- **TMA** : région terminale de contrôle. Le service du contrôle y organise le transit des aéronefs vers ou depuis les aéroports. Le plancher d'une TMA n'est jamais le sol ;
- **CTR** : zone de contrôle (Tour de contrôle) où le service du contrôle régule les décollages et les atterrissages sur l'aéroport. Il organise aussi les transits dans le volume dont il a la gestion. Cet espace s'étend du sol jusqu'à un plafond qui peut parfois être le plancher de la TMA.

CLASSES D'ESPACE	VOLS ADMIS	SERVICES FOURNIS PAR LES ORGANISMES DE LA CIRCULATION AÉRIENNE			OBLIGATION RADIO	SOUMIS À CLAIRANCE	LIMITATION DE VITESSE ⁽¹⁾
		Contrôle	Information	Alerte			
A*	IFR	Séparation IFR/IFR	Oui	Oui	Oui	Oui	250 kt
C	IFR	Séparation IFR/IFR IFR/VFR	Oui	Oui	Oui	Oui	250 kt
	VFR	Séparation VFR / IFR Information de trafic ⁽²⁾ VFR/VFR	Oui	Oui	Oui	Oui	250 kt
	VFR N	Séparation VFR N / IFR Information de trafic ⁽²⁾ VFR N/VFR N	Oui	Oui	Oui	Oui	250 kt
	VFR S (CTR)	Séparation VFR S/IFR Information de trafic ⁽²⁾ VFR S/VFR S	Oui	Oui	Oui	Oui	250 kt
D	IFR	Séparation IFR/IFR Information de trafic ⁽²⁾ IFR/VFR	Oui	Oui	Oui	Oui	250 kt
	VFR	Information de trafic ⁽²⁾ VFR/IFR VFR/VFR	Oui	Oui	Oui	Oui	250 kt
	VFR N	Séparation VFR N/IFR Information de trafic VFR N/VFR N	Oui	Oui	Oui	Oui	250 kt
	VFR S (CTR)	Séparation VFR S/IFR Information de trafic VFR S/VFR S	Oui	Oui	Oui	Oui	250 kt

CLASSES D'ESPACE	VOLS ADMIS	SERVICES FOURNIS PAR LES ORGANISMES DE LA CIRCULATION AÉRIENNE			OBLIGATION RADIO	SOU MIS À CLAIRANCE	LIMITATION DE VITESSE ⁽¹⁾
		Contrôle	Information	Alerte			
E	IFR	Séparation IFR/IFR IFR/VFR N Information de trafic IFR/VFR	Oui	Oui	Oui	Oui	250 kt
	VFR	Non mais information de trafic ⁽³⁾ VFR/IFR	Oui	Oui	Non	Non	250 kt
	VFR N	Séparation VFR N/IFR Information de trafic VFR N/VFR	Oui	Oui	Oui	Oui	250 kt
G	IFR	Non	Oui	Oui	Oui	Non	250 kt
	VFR	Non	Oui	Oui	Non	Non	250 kt

(1) Sous FL 100 (ou 10000ft si TA > 10000ft AMSL). (TA : Altitude de Transition)

(2) et suggestion de manœuvre d'évitement à la demande du pilote.

(3) Autant que possible.

* La classe d'espace A est interdite au VFR.

RÈGLES LIÉES AUX PRIORITÉS

Elles sont clairement définies dans le règlement SERA (Standardized European Rules of the Air). Ces règles sont reprises dans l'enseignement de la partie sous-voile, en parachutisme. Toutefois, l'anticipation et le bon sens priment.

De manière générale :

- ✘ priorité à celui qui est le moins manœuvrant ou celui qui ne voit pas.

Plus précisément :

- ✘ priorité pour celui qui est en train de se poser par rapport à celui qui est derrière lui ou plus haut que lui ;
- ✘ priorité pour celui qui vient de la droite ;
- ✘ obligation d'évitement par la droite quand deux aéronefs sont face à face.

En cas de dépassement :

- ✘ l'aéronef dépassé a la priorité ;
- ✘ le dépassement se fera par la droite.

LES SERVICES DE LA NAVIGATION AÉRIENNE

LE SERVICE DU CONTRÔLE

Il a pour missions :

- ✘ d'empêcher les collisions en vol entre aéronefs ;
- ✘ de fluidifier la circulation des aéronefs ;
- ✘ d'empêcher les collisions au sol entre aéronefs, mais aussi entre aéronefs et autres obstacles.

Le service assure aussi l'information et l'alerte.

LE SERVICE D'INFORMATION

Il a pour mission d'informer les pilotes.

Il transmet entre autres des informations sur :

- ✘ la météorologie en route et à l'arrivée ;
- ✘ l'aérodrome à destination ;
- ✘ des phénomènes exceptionnels (éruption par exemple) ;
- ✘ les services d'aide à la navigation aérienne (VOR ; ILS ; etc.) ;
- ✘ la présence d'autre aéronef et le risque de collision potentiel.

Le service assure aussi l'alerte.

LE SERVICE D'ALERTE

Il a pour mission d'alerter les secours.

Trois niveaux sont successivement mis en action :

- ✘ INCERFA ;
- ✘ ALERFA ;
- ✘ DETRESFA.

En parachutisme, nous sommes généralement en contact avec le service du contrôle. En effet, à partir du FL 115, à de rares exceptions près, tout le monde est en espace contrôlé de classe D

L'AÉRODROME

LES TYPES D'AÉRODROMES

Trois types d'aérodromes sont répertoriés.

1) Les aérodromes ouverts à la CAP (Circulation Aérienne Publique).

Ils peuvent être :

- contrôlés ;

Ils ne sont accessibles qu'aux aéronefs munis de radio permettant une communication bilatérale et généralement d'un transpondeur (Grenoble Isère par exemple). Un contrôleur aérien va « orchestrer » la circulation aérienne. Les pilotes, sauf difficulté spécifique, se conforment aux consignes.

- non contrôlés ;
 - ♦ Avec un service AFIS (Aérodrome Flight Information Service - service d'information de vol d'aérodrome) (Gap Tallard par exemple). Un agent AFIS va fournir des informations au pilote utilisant la plate-forme (vent, restrictions, obstacles, etc.).
 - ♦ Sans service AFIS (Lapalisse par exemple). Personne ne donne d'information aux pilotes. Il leur appartient d'assurer leur sécurité.

2) Les aérodromes à usage restreint.

Ils sont réservés aux usagers basés et identifiés, parfois aussi aux utilisateurs d'aérodromes voisins (Nancy Azélot par exemple). D'autres usagers peuvent utiliser la plate-forme sous condition et sous réserve d'autorisation.

3) Les aérodromes privés.

Seul le propriétaire utilise l'aérodrome, mais il peut inviter autrui (Bouloc par exemple).

LA DOCUMENTATION : LA CARTE VAC

La référence documentaire est la carte VAC (Visual Approach Chart - carte d'approche et d'atterrissage à vue).

Elle est éditée et tenue à jour par le SIA (Service Information Aéronautique) dépendant de la DGAC.

Elle contient les informations pertinentes concernant l'utilisation de la plate-forme, tant pour le parachutisme que pour les autres activités aéronautiques avec lesquelles il convient de cohabiter.

L'exploitant, ses pilotes et les parachutistes autonomes (titulaires du BPA) se doivent de connaître la carte VAC. L'affichage dans l'établissement par l'exploitant d'une version à jour n'est pas inutile.

Parmi les informations pertinentes, nous pouvons distinguer :

1) La longueur des pistes.

Cela permet au parachutiste d'avoir une visualisation rapide d'une référence de longueur et d'apprécier, par report, s'il effectue un largage à la bonne distance de la zone d'atterrissage. Cela lui permet aussi de savoir s'il ne se trouve pas à une verticale d'un danger.

2) L'orientation des pistes.

Cela permet au parachutiste de demander au pilote un axe de largage spécifique.

3) Les circuits, position et hauteur suivies par les autres utilisateurs.

Attention aux risques de collision avec d'autres aéronefs ou planeurs en cas de largage « un peu long » ou « décalé ».

4) Les horaires pendant lesquels les parachutages sont autorisés.

Typiquement SR-SS, soit du lever de soleil (SR : Sun Rise) au coucher du soleil (SS : Sun Set).

5) Le niveau maximum de largage (FL 155 par exemple) sauf protocole particulier.

EXEMPLES

Si nous prenons pour exemple la plate-forme de Gap-Tallard, nous pouvons voir sur la carte VAC :

- ① La plate-forme est située à une altitude de 1960 ft (600 mètres).
- ② La piste fait 945 mètres de long.
- ③ Piste : 02 – 20. Orientation de la piste : N-NE/S-SO (025° - 205°)
- ④ À un peu plus d'une longueur de piste (à l'est, à l'ouest et au nord), des élévations de terrain se situent à plus de 2200 ft avec des sommets à 2425 ft, 2350 ft, etc. Cela représente des élévations comprises entre 200 ft (≈ 60 m) et 500 ft (≈ 150m) par endroit par rapport à la zone d'atterrissage. Attention aux déclencheurs de sécurité. Au-dessus de ces secteurs, un sauvetage par l'intermédiaire de leur action devient aléatoire et même éventuellement impossible en fonction de la hauteur restante.

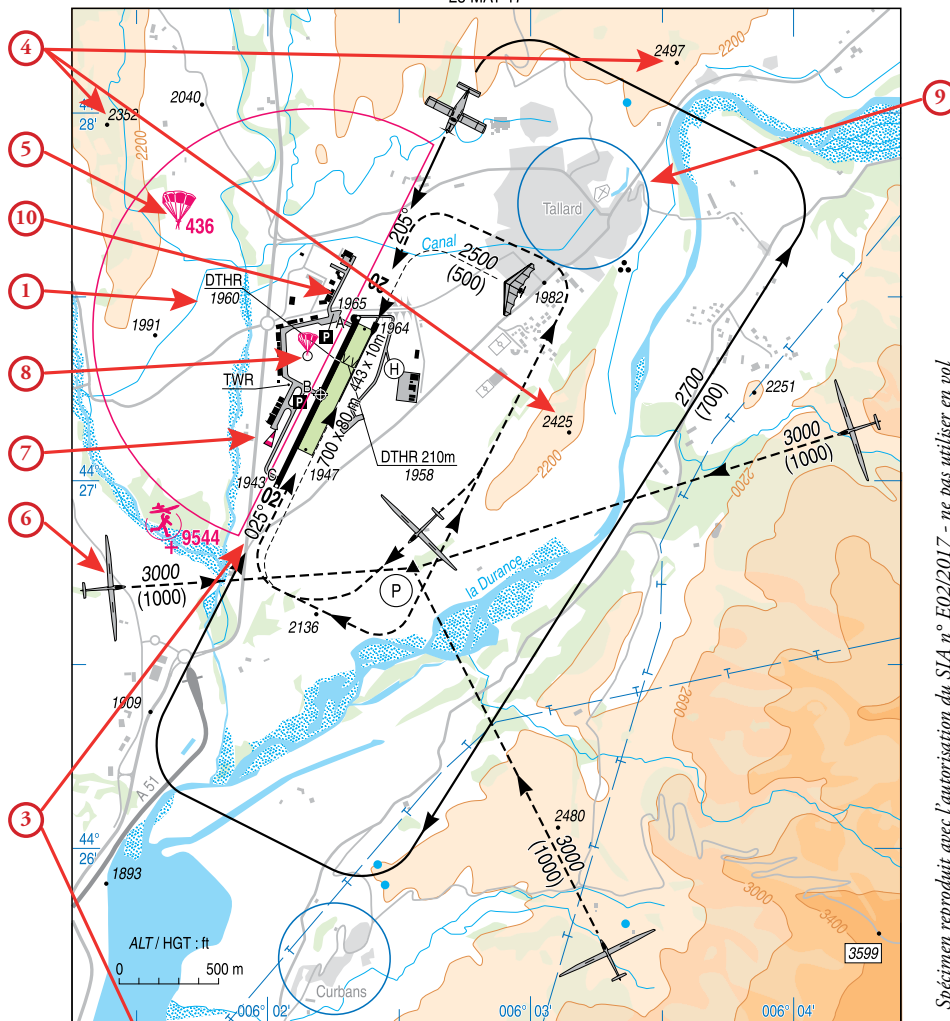
Il faudra, soit être très précis au largage (ne jamais larguer au-dessus de ces secteurs), soit régler les déclencheurs à une hauteur supérieure.

- ⑤ Activité parachutisme.
- ⑥ Spécialisation des circuits planeur.
- ⑦ Manche à air.
- ⑧ Cible para.
- ⑨ Zone d'habitation dont le survol doit être évité.
- ⑩ Hangar à Lulu.

GAP TALLARD
AD 2 LFNA ATT 01

ATTERRISSAGE A VUE
Visual landing

25 MAY 17



RWY	QFU	Dimensions Dimension	Nature Surface	Résistance Strength	TODA	ASDA	LDA
02L	025	945 x 30	Revêtue Paved	26 F/B/W/T	945	945	945
20R	205	945 x 30	Paved	26 F/B/W/T	945	945	715
02R	025	700 x 80	Non revêtue Unpaved	-	700	700	700
20L	205	700 x 80	Unpaved	-	700	700	490

Aides lumineuses : RWY 02/20 : NIL Lighting aids : RWY 02/20 : NIL



AMDT 07/17 CHG : Aire November Est.

© SIA

Spécimen reproduit avec l'autorisation du SIA n° E02/2017 - ne pas utiliser en vol

LES CARTES VAC SONT CONSULTABLES SUR LE SITE INTERNET DU SIA
WWW.SIA.AVIATION-CIVILE.GOUV.FR

L'EXPLOITATION DES AÉRONEFS

La commission Européenne a produit le règlement 965/2012 (dit « AIR OPS ») pour l'exploitation des aéronefs.

Le parachutisme a été classé dans les exploitations spécialisées avec des distinctions suivant le statut social de l'exploitant.

Nous trouvons les règles principalement dans :

- ✘ son annexe VIII PART-SPO. (SPecialised Operations) pour les exploitants commerciaux ;
- ✘ son annexe VII pour le PART-NCO (Non Commercial air Operations) pour les exploitants non commerciaux (les associations à but non lucratif).

Cependant, selon la nature de l'activité, certains exploitants non commerciaux sont toutefois contraints de se conformer aux règles PART-SPO.

Entre ces deux types d'exploitation, les règles diffèrent fortement en ce qui concerne le système de gestion et la documentation que doit tenir à jour l'exploitant. Par contre, elles n'ont que des différences à la marge en ce qui concerne les activités spécifiques de parachutisme.

Attention, l'AIR-OPS et les PARTS VII et VIII ne s'appliquent qu'à ce qui est en rapport avec l'aéronef et ne concernent pas le parachutiste ou son parachute.

Par exemple, le placement des parachutistes dans l'avion doit être pris en compte dans la documentation de l'exploitant mais ce que fait le parachutiste en chute ou sous voile importe peu.

Entre autres, l'AIR OPS évoque pour ce qui concerne les parachutistes :

- ✘ L'emport et la gestion du carburant ;
- ✘ Le chargement des avions (masse et centrage) ;
- ✘ L'emport et l'utilisation d'oxygène ;
- ✘ Les équipements spécifiques utilisés pour l'exploitation prévue (coupe-sangle, fumigènes si requis, etc.) ;
- ✘ L'utilisation des zones de sauts.

LES PILOTES

Les pilotes habilités à la conduite des avions largueurs dépendent du règlement 1178/2011 « AIR CREW » et de ses annexes, plus particulièrement les PARTS FCL et MED définissant les licences, les formations et les contraintes médicales.

Basiquement, pour effectuer des parachutages, il faut que le pilote :

- ✘ soit titulaire d'une licence CPL (Commercial Pilot Licence) ou ATPL (Airline Transport Pilot licence) pour travailler contre rémunération ;
- ✘ soit titulaire d'une licence PPL (Private Pilote Licence) pour être bénévole au sein d'une association ;
- ✘ soit titulaire d'un certificat médical à jour :
 - de classe 1 pour les titulaires d'une licence CPL ou ATPL ;
 - de classe 2 pour les titulaires d'une licence PPL ;

(la périodicité du renouvellement dépend de la classe et de l'âge du pilote).

- ✘ soit titulaire de la qualification correspondant à l'avion utilisé
 - SE (single engine) pour les monomoteurs :
 - ◆ SEP : à piston (exemple : Cessna 182) ;
 - ◆ SET : à turbine. Généralement associé à une qualification de classe (exemple : Pilatus PC6 SET).
 - ME (pour les multimoteurs) :
 - ◆ MEP : à piston ;
 - ◆ MET : à turbine.
- ✘ ait satisfait à un contrôle périodique de compétences (prorogation) ;
- ✘ ait suivi une formation sur la connaissance et la reconnaissance des matières dangereuses, assorties de révisions récurrentes, dispensées par un organisme approuvé par l'autorité aéronautique ;
- ✘ ait suivi un stage d'adaptation aux spécificités de l'exploitant assorti de révisions récurrentes ;

Le pilote peut aussi être titulaire d'autres qualifications :

- ✘ IR : vol aux instruments ;
- ✘ FI : instructeur ;
- ✘ FE : examinateur ;
- ✘ Etc.

STRUCTURES INTERNATIONALES ET COMPÉTITION

La Fédération Aéronautique Internationale (FAI) 356

La commission internationale de parachutisme (CIP) 356

Licences et brevets internationaux 357

La licence FAI 357

Les brevets FAI 357

Brevets étrangers 358

États-Unis 358

Angleterre 358

Les compétitions et les records 359

Les compétitions sous l'autorité de la FAI 359

Hiérarchie des compétitions 359

Catégories de compétitions 359

Fréquence 360

Le trophée Patrick de Gayardon 360

Les records 361

Les disciplines de compétition 362

Précision d'atterrissage (PA) 362

Volte individuelle (V) 363

Vol relatif (VR) 364

Voile contact (VC) 365

Disciplines artistiques (DA) 366

Vitesse 366

Pilotage sous voile (PSV) 367

Wingsuit (WS) 368

Para-ski 368

Les disciplines de compétition en soufflerie 369

Les disciplines du parachutisme en Indoor 369

Les disciplines dédiées au Indoor 370

Le Handifly 371

LA FÉDÉRATION AÉRONAUTIQUE INTERNATIONALE (FAI)

La FAI (www.fai.org) regroupe 86 pays représentés par les aéroclubs nationaux au titre de membres actifs.

Chaque activité aéronautique est représentée par une commission spécialisée.

Elles sont au nombre de 11 parmi lesquelles :

- ✕ acrobatie aérienne ;
- ✕ aéromodélisme ;
- ✕ aérostation ;
- ✕ aviation générale ;
- ✕ construction amateur ;
- ✕ parachutisme ;
- ✕ vol libre ;
- ✕ etc.

La France est représentée par l'Aéroclub de France qui délègue les pouvoirs de représentation en commissions aux Fédérations Françaises regroupées au sein du CNFAS (Conseil National des Fédérations Aéronautiques Sportives - www.cnfas.fr).

LA COMMISSION INTERNATIONALE DE PARACHUTISME (CIP)

Connue en dehors de la France sous l'acronyme « IPC » pour « International Parachuting Commission ».

Elle regroupe 64 pays.

Son rôle principal est la gestion des compétitions et des records dans toutes les catégories reconnues comme du parachutisme par la FAI.

La commission est constituée de 12 comités et d'un groupe de travail ayant en charge les disciplines et les secteurs administratifs nécessaires au déroulement des compétitions : établissement des règlements, jugement, contrôle finance, etc.

COMITÉS		
Jugement	Réglementation	Technique et sécurité
Voile contact (VC)	Vol relatif (VR)	Para Ski
Vitesse	WingSuit (WS)	Soufflerie
Disciplines artistiques (DA)	Pilotage sous voile (PSV)	Précision d'atterrissage et voltige (PA/V)
	GRUPE DE TRAVAIL	
	Finance	

LICENCES ET BREVETS INTERNATIONAUX

LA LICENCE FAI

Pour participer à une compétition internationale, il faut être titulaire d'une licence FAI et être présenté par son NAC (National Airsport Control).

L'aéroclub de France délègue au CNFAS (Conseil National des Fédérations Aéronautiques Sportives - www.cnfas.fr) et aux Fédérations Françaises les pouvoirs sportifs.

Les Fédérations à titre individuel administrent leurs licences FAI.

Pour la France, c'est la FFP qui gère le parachutisme (compétitions, records, jugement, etc.).

La licence FAI est un titre d'appartenance à la famille aéronautique et ne comporte pas de lien avec une assurance.

Sa délivrance n'entraîne pas l'obligation d'une visite de non contre-indication au parachutisme mais suppose une licence nationale qui elle, du moins en France, l'impose.

LES BREVETS FAI

La CIP édite une hiérarchie de compétences au travers des « Certificats of proficiency » (certificats de compétence) que l'on peut comparer à nos brevets.

Ils donnent une indication minimum mais ne sont pas des prérequis pour les participations en compétitions. Chaque NAC est responsable des athlètes inscrits en compétition, de leur niveau technique et de leur niveau de performance.

CERTIFICAT FAI	CORRESPONDANCE FRANÇAISE
A Certificate : Parachutist.	Brevet A Sous réserve de vérifier le nombre de sauts inscrits sur le carnet de sauts (12 sauts minimum) : Si non vérifiable, contrôler les Modules A _C et A _V .
B Certificate : Freefall Parachutist.	Brevets B / B2 et/ou B4 Sous réserve de vérifier le nombre de sauts minimum propre à chaque brevet. Module BV à contrôler si besoin.
C Certificate : Experienced Parachutist.	Brevets B / B2 et/ou B4 Sous réserve de vérifier les compétences sous voile (carnet de sauts ou test).
D Certificate : Senior Parachutist.	Brevet C avec B2 et/ou B4 Après évaluation des compétences en vol (fonction de responsable en vol).

BREVETS ÉTRANGERS

ÉTATS-UNIS

L'USPA (United States Parachute Association – www.uspa.org) est approximativement l'équivalent de la FFP.

LICENCE USPA	CORRESPONDANCE FRANÇAISE
A Licence	Entre Brevets A et B2 En fonction de son nombre de sauts et de son activité. (Il n'existe pas de module spécifique sous voile, car ce sujet est traité lors des 8 niveaux préalables à la « A licence ». Il doit néanmoins savoir se poser dans une zone de 10 m de rayon).
B Licence	BPA avec B1 ou B2 acquis En fonction de son nombre de sauts et de son activité.
C Licence	Brevet C Après rappels des procédures FFP à bord des avions.
D Licence	Brevet C Attention : le titulaire de la « D licence » peut effectuer des sauts de démonstration, ce qu'il ne peut pas faire avec un Brevet C français. (Les prérogatives en matière de sauts de démonstration sont en-dessous de notre brevet D, sauf à posséder la qualification USPA « PRO » à laquelle il ne peut accéder qu'après l'obtention de la « D licence ».)
USPA PRO (professional exhibition rating)	Brevet D

ANGLETERRE

La BPA (British Parachute Association – www.bpa.org.uk) est comparable à la FFP.

LICENCE BPA	CORRESPONDANCE FRANÇAISE
A Licence	Brevet A
B Licence	Brevet A
C Licence	Brevet C
D Licence	Brevet C

Remarque

Les directeurs techniques des Écoles Françaises de Parachutisme restent libres de compléter ou de faire passer les modules manquant avant de valider une correspondance de brevets.

LES COMPÉTITIONS ET LES RECORDS

LES COMPÉTITIONS SOUS L'AUTORITÉ DE LA FAI

Organisées directement par elle ou par contrat avec un organisateur privé (fédération étrangère, société, etc.), les compétitions sont, dans la grande majorité des cas, organisées sous le contrôle de l'aéroclub national ou de la fédération sportive concernée.

HIÉRARCHIE DES COMPÉTITIONS

Les compétitions sont réparties hiérarchiquement de la façon suivante :

- ✗ **Compétitions nationales.**

Ouvertes aux seuls membres de la Fédération ou Aéroclub concernés

- ✗ **Compétitions continentales.**

Ouvertes aux fédérations ou aéroclubs appartenant à une région telle que la FAI les détermine (Europe, Asie, etc.).

À noter que les régions FAI ne correspondent pas en totalité avec celles définies par l'ONU : par exemple, l'Europe, intègre, en plus de l'Europe politique, les pays du continent tels que la Russie, mais aussi Israël.

Il s'agit donc là de régions « sportives » plus que de régions purement géographiques ou politiques.

- ✗ **Championnat du monde.**

Compétition ouverte à toutes les fédérations ou aéroclubs au cours duquel un titre de champion du monde est décerné.

- ✗ **Jeux Mondiaux de l'Air.**

Compétition qui regroupe plusieurs sports aériens.

Elle est ouverte à toutes les fédérations ou aéroclubs suivant des critères de sélections propres à chaque édition des WAG (World Air Games).

CATÉGORIES DE COMPÉTITIONS

En complément, les compétitions inscrites au calendrier FAI sont classifiées en deux catégories :

1ère catégorie.

Sont regroupées les compétitions de type Jeux Mondiaux de l'Air, championnat du monde et continentaux (d'Europe) mais aussi les compétitions internationales dénommées « coupes du monde » dont les caractéristiques sont d'être strictement réservées aux délégations nationales des fédérations ou des aéroclubs.

En fonction des règlements propres à chaque discipline, une ou plusieurs équipes ou bien un ou plusieurs représentants sont acceptés pour ce type de compétitions.

Il faut un minimum de 4 nations représentées pour délivrer le titre de Champion (sauf dérogation).

2ème catégorie.

Sont regroupées les compétitions ouvertes aux Fédérations ou Aéroclubs et à des individuels, à la discrétion des organisateurs (exemple : le championnat de France).

FRÉQUENCE

La fréquence des compétitions comme les Championnats du monde est de 2 ans. Elle est de 4 ans pour les Jeux mondiaux de l'air.

Les années intermédiaires sont consacrées aux compétitions de type coupe du monde.

LE TROPHÉE PATRICK DE GAYARDON

Le trophée Patrick de Gayardon, créé par la France en 2003 et adopté par la FAI la même année, récompense la meilleure nation parachutiste à l'occasion du Mondial de Parachutisme.

Le Mondial de Parachutisme est une compétition de 1ère catégorie qui regroupe les disciplines historiques telles que PA/V, VR, VC et Artistiques auxquelles un organisateur peut rajouter, la wingsuit, le speed ou le PSV.

Les médailles obtenues par chaque pays donnent un nombre de points à la fin de la compétition qui valide le vainqueur du trophée.

3 éditions du Mondial de parachutisme (2003 à Gap Tallard, 2012 à Dubaï et 2016 à Chicago) ont vu la France remporter le trophée.



Sacre de la France pour la 2ème fois en tant que Meilleure Nation Parachutiste lors du Mondial 2012 à Dubaï

LES RECORDS

En matière de record, la FAI administre, pour le parachutisme, principalement 2 classes de records bien distinctes :

1) les records de performance.

Pour les records de performance, comme par exemple, le saut le plus haut ou la plus grande formation en VR, VC, Free Fly ou Wingsuit, un cahier des charges spécifique se doit d'être respecté. Cependant, ce type de record peut être établi dans n'importe quel pays et n'importe quand au cours de la saison.

Suivant le type de record, un certains nombres de juges qualifiés FAI (juges internationaux) doivent être présents pour valider la performance. De même, chaque participant doit être en possession d'une licence FAI.

2) les records de compétition.

Pour cette catégorie, comme par exemple le plus grand nombre de points sur une manche de VR4 ou le total des temps de voltige individuelle pour un voltigeur, etc., les records ne peuvent être réalisés qu'au cours de compétitions de 1^{ère} ou 2^{ème} catégorie en présence d'un minimum de juge FAI (défini au règlement spécifique de chaque spécialité).



Ci-dessus un exemple en voile contact Séquence à 2 où l'équipe de France a battu le record du Monde en réalisant 56 formations en 60 secondes lors du championnat d'Europe 2017. La compétition étant classée de 1^{ère} catégorie et réalisée en présence d'un collège de juges FAI, la performance a pu être homologuée.

À noter qu'à l'occasion d'un changement de réglementation, les records établis ne peuvent plus être battus et restent donc inscrits dans le marbre. De nouveaux records sont donc établis à partir de la nouvelle réglementation. À ce jour, Marco Pfeuger en 5,18 secondes détient le record du Monde de Voltige sur une manche.

Pour plus de détails et l'actualité des records actuels et anciens, la FAI dédie une page de son site internet : www.fai.org/records

LES DISCIPLINES DE COMPÉTITION

PRÉCISION D'ATERRISSAGE (PA)

La précision d'atterrissage consiste à se poser sur une cible de 2 cm de diamètre située au centre d'une palette électronique de 32 cm de diamètre. Lorsque le compétiteur touche la cible, la performance de 00 cm s'affiche. On appelle ce score parfait un « carreau ». La performance est mesurée de centimètre en centimètre à partir du bord de la cible à atteindre. Lors du posé, c'est le premier impact du corps qui est mesuré, et le compétiteur ayant additionné le moins de cm lors de l'ensemble des manches réalisées dans la compétition sera déclaré vainqueur.

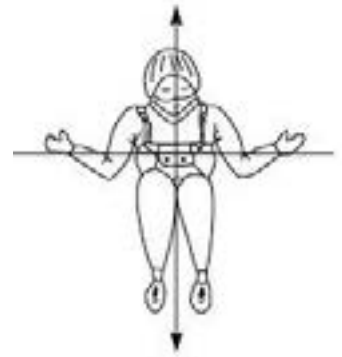
D'une manière générale, les compétitions se déroulent en dix manches et font l'objet d'un classement individuel et par équipe. Les huit premières manches servent à déterminer le classement par équipe et sont suivies d'une demi-finale et d'une finale pour décerner le titre individuel.



Équipe de France de PA - Championnat du Monde 2014 - photo Pheobus

VOLTIGE INDIVIDUELLE (V)

La voltige consiste à réaliser le plus rapidement possible un enchaînement de 6 figures sur un programme défini (deux tours alternés suivi d'un salto arrière, l'ensemble répété deux fois). Après une prise de vitesse d'une dizaine de secondes, le compétiteur démarre son programme de six figures tout en essayant de respecter le cadre réglementaire de leur exécution. Les sauts sont filmés du sol puis évalués par un jury qui chronomètre la prestation et y adjoint des pénalités si les figures n'ont pas été réalisées correctement. Le vainqueur sera le compétiteur totalisant le temps d'exécution le plus court sur l'ensemble des manches de voltige validées.



Position de voltige avec les axes de référence

ÉPREUVE	CATÉGORIE	HAUTEUR DE DÉPART*
PA individuelle	Hommes / Femmes / Juniors	800 m (peut être ramenée à 700 m)
PA par équipe	Hommes / Femmes par équipes de 4 (ou 5, auquel cas seules les 4 meilleures performances sont comptabilisées)	1000 m (peut être ramenée à 900 m)
Voltige individuelle	Hommes / Femmes / Juniors	2200 m

* Sous réserve des réglementations propres à chaque pays.

Il existe un classement par épreuve et par catégorie Hommes, Femmes et Juniors, un classement au combiné individuel PA/V par catégorie Hommes, Femmes et Juniors et un classement combiné par nation PA/V.



Thomas Jeannerot en entraînement en Voltige - photo O. Plat

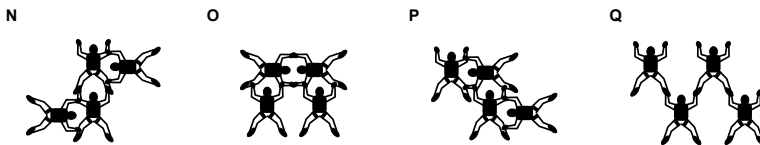
VOL RELATIF (VR)

Le vol relatif (VR), à plat ou en « 3D » (VRV : Vol Relatif Vertical) consiste, pour des équipes de 4 ou de 8 compétiteurs à réaliser et à répéter dans un temps imparti une succession de figures tirées au sort.

Les sauts (dix manches) sont filmés en chute par un vidéoman, membre de l'équipe.

ÉPREUVE	COMPOSITION	HAUTEUR DE DÉPART ET TEMPS DE TRAVAIL*
VR4 Open	Équipe mixte de 4 compétiteurs et 1 vidéoman (+ éventuellement 1 remplaçant).	3050 m (10 000 ft) 35 secondes
VR4 Féminin	Équipe exclusivement composée de 4 compétitrices et 1 vidéoman (H ou F) (+ éventuellement 1 remplaçant).	3050 m (10 000 ft) 35 secondes
VR8 Open	Équipe mixte de 8 compétiteurs et 1 vidéoman (+ éventuellement 1 remplaçant).	3950 m (13 000 ft) 50 secondes
VRV	Équipe mixte de 4 compétiteurs et 1 vidéoman (+ éventuellement 1 remplaçant).	3950 m (13 000 ft) 35 secondes

*les hauteurs de départ et le temps de travail peuvent être diminués au minimum à 2150 mètres (7000 ft) pour le VR4 (et 20 secondes) et 2750 mètres (9000ft) pour le VR8 (et 30 secondes) et le VRV (et 20 secondes) sur demande du directeur de compétition et avec l'accord du contrôleur FAI en cas de conditions météorologiques défavorables au déroulement de la compétition.



Exemple de figures libres du programme de vol relatif à 4

Les athlètes peuvent faire double appartenance quand le programme le permet entre le VR4, le VR8 et le VRV; elle n'est pas permise pour le VR4 Open et VR4 Féminin.



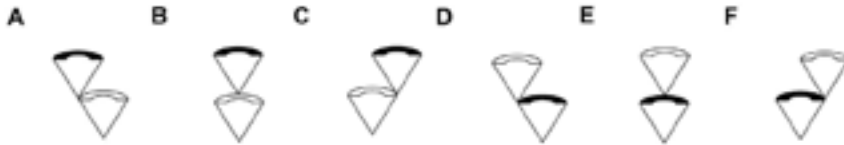
Équipe de France de Vol Relatif à 4 Open - photo M. Bernier

VOILE CONTACT (VC)

Le voile contact consiste, pour des équipes de 2 ou 4 compétiteurs, à réaliser avec leur voilure un enchaînement de figures tirées au sort et à les répéter dans un temps imparti.

En Rotation, une seule figure (une pile : plan ou stack) doit être répétée un maximum de fois en la reconstruisant en permanence du haut vers le bas.

En Séquence, les figures sont constituées de prises faites sur les suspentes centrales et extérieures du bord d'attaque.



Les figures en voile contact Séquence à 2

Les sauts (huit manches) sont filmés en vol par un vidéoman, membre de l'équipe.

Les athlètes peuvent faire double ou triple appartenance.

ÉPREUVE	COMPOSITION	HAUTEUR DE DÉPART ET TEMPS DE TRAVAIL
VC2 Séquence	Équipe mixte de 2 compétiteurs et 1 vidéoman (+ éventuellement 1 remplaçant).	2150 m (7000 ft) 60 secondes
VC4 Séquence	Équipe mixte de 4 compétiteurs et 1 vidéoman (+ éventuellement 1 remplaçant).	2500 m (8000 ft) 90 secondes
VC4 Rotation	Équipe mixte de 4 compétiteurs et 1 vidéoman (+ éventuellement 1 remplaçant).	2750 m (9000 ft) 120 secondes

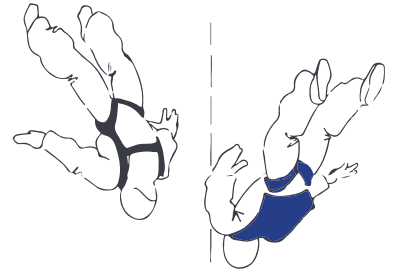


Équipe de France de Voile Contact à 2 - photo L.S. Montfort

DISCIPLINES ARTISTIQUES (DA)

Les disciplines artistiques (freefly et freestyle) consistent pour des équipes de 2 ou de 3 compétiteurs à effectuer un enchaînement de figures, imposées ou libres, dans les 3 dimensions. Chaque figure reçoit une cotation, chaque enchaînement se voit attribuer un score. Pour les sauts de libre, 2 grands critères sont notés : la Technique et la Présentation. Le rôle du vidéoman est pris en compte.

Les athlètes peuvent faire double appartenance freefly et freestyle.



ÉPREUVE	COMPOSITION	HAUTEUR DE DÉPART ET TEMPS DE TRAVAIL
Free Style (FS)	Équipe mixte avec 1 compétiteur et 1 vidéoman	3950 m (13000ft)
Free Fly (FF)	Équipe mixte de deux compétiteurs et 1 vidéoman	45 secondes



Équipe de France de Freefly «Airwax» - photo S. Chambet

VITESSE

La vitesse est une discipline individuelle avec distinction de genre. Elle consiste à effectuer une course (une chute) verticale le plus rapidement possible. Chaque parachutiste est équipé d'un système électronique de mesure de la vitesse qui sera analysé par un collègue de juges.

Le record du monde actuel est de 601 km/h.

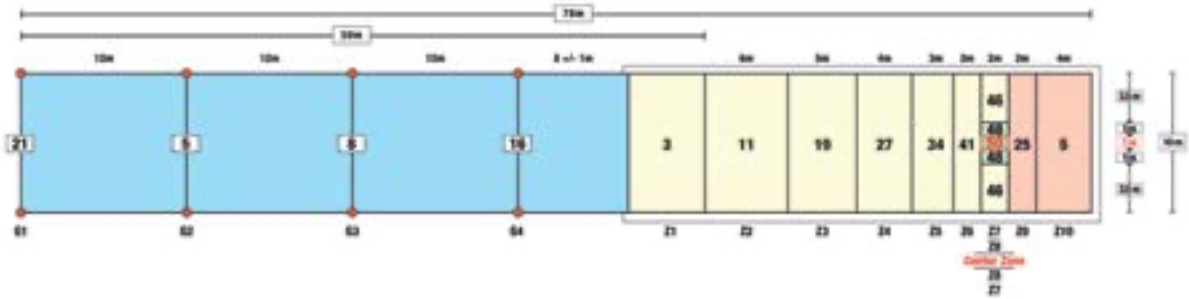
ÉPREUVE	CATÉGORIE	HAUTEUR DE DÉPART ET TEMPS DE TRAVAIL*	PLAGE DE MESURE DE VITESSE
Vitesse	Hommes / Femmes / Juniors	3950 m (13000 ft)	de 2700 m à 1700 m

*les hauteurs de départ et le temps de travail peuvent être diminués à 3650 mètres (12000 ft) sur demande du directeur de compétition et avec l'accord du contrôleur FAI en cas de conditions météorologiques défavorables au déroulement de la compétition.

PILOTAGE SOUS VOILE (PSV)

Le pilotage sous voile consiste à piloter sa voile sur un « parcours » ou zone dédiée à cet effet pour y effectuer des performances liées à la vitesse, à la justesse des trajectoires et à la précision.

Les « parcours » ou zones dédiées comprennent une partie aquatique, de type plan d'eau naturel ou artificiel qui rentre dans la codification de la performance (exemple : traverser le plan d'eau d'une porte d'entrée à une porte de sortie, en virage en touchant la surface de l'eau sur un zone spécifique).



Parcours pour l'épreuve de Précision (Accuracy) avec les 4 lignes d'eau à toucher (G1 à 4) et les zones de posé (Z1 à 10) associées à leurs points respectifs, le but étant de toucher les 4 lignes d'eau et de poser debout dans la «Center Zone».

Il existe un classement par épreuve, un classement au combiné des trois épreuves et un classement combiné par nation.

ÉPREUVE	HAUTEUR DE DÉPART
Vitesse (Speed)	1200 m : 1 à 2 compétiteurs par passage, 1500 m : 3 à 4 compétiteurs par passage, 1750 m : 5 à 6 compétiteurs par passage.
Distance (Distance)	
Précision (Accuracy)	



Cédric Veiga Rios, équipe de France de Pilotage sous Voile

WINGSUIT (WS)

Discipline individuelle ou en équipe avec distinction de genre. Elle consiste à effectuer des vols où le compétiteur est équipé d'une combinaison volante (ailée), communément appelée wingsuit. Deux disciplines existent : la performance (discipline individuelle avec toutefois un classement par équipe, reposant sur des épreuves de vitesse, de distance et de temps) et l'acrobatie (discipline en équipe de 2 performers et d'un vidéoman).

Les hauteurs de départ varient de 3000 m à 3500 m.



Equipe de France «Cacolac» - Champions du monde 2024 en WS acrobatique

PARA-SKI

Discipline sportive combinée, à caractère hivernal. Elle associe une compétition de précision d'atterrissage avec une compétition de slalom géant.



LES DISCIPLINES DE COMPÉTITION EN SOUFLERIE

LES DISCIPLINES DU PARACHUTISME EN INDOOR

Liée au développement des souffleries verticales, on retrouve l'émergence de compétition indoor dans les disciplines « avion » suivantes :

- ✦ **vol relatif (VR) à 4** (open et féminin) ;
- ✦ **vol relatif vertical (VRV)**.

Les conditions de pratique sont légèrement différentes comparées à l'avion. Le temps de travail reste le même (35 secondes) mais le programme de figures à réaliser peut varier en fonction de la taille de la soufflerie (cela est de moins en moins vrai, puisque les programmes « outdoor » ont tendance à remplacer les figures non adaptées au vol en soufflerie, par de nouvelles figures, plus adaptées). Aussi, la séquence de départ change puisqu'il ne s'agit plus là d'un saut d'avion. Le chronomètre part dès que les 2 pieds d'un des équipiers quitte le sol.

Un titre junior est aussi décerné pour les équipes composées de compétiteurs âgés de 12 à 18 ans.



Equipe de France Vol Relatif à 4 Indoor Open - photo Ewan Cowie Photography;

LES DISCIPLINES DÉDIÉES AU INDOOR

Les spécificités liées aux souffleries ont permis la naissance de nouvelles disciplines 100 % dédiées au Indoor.

- ✗ **Solo free style** (FS). 60 secondes de vol (pas d'opérateur vidéo). À l'image du Freestyle pratiqué d'avion, des manches sont imposées, d'autres sont libres et la technique de jugement est identique.

Un classement junior existe pour les compétiteurs âgés entre 12 à 18 ans.

- ✗ **Vol dynamique** (Solo speed, D2W et D4W). Cette discipline est née en 2012, fondée par un petit groupe de freeflyers professionnels qui organise, de façon indépendante, une série de compétitions sous la bannière D4W. Elle devient une discipline FAI en 2015. Elle se pratique seul (solo speed), à 2 (D2W) et à 4 (D4W).

Les équipes s'affrontent sur deux types d'épreuves :

- des manches de vitesse, où les flyers doivent effectuer le plus rapidement possible un enchaînement de figures imposées, sorte de course en trois dimensions, avec des pénalités en seconde en cas de trajectoire coupée ou de mouvement incorrectement effectué.
- des manches libres, en musique, jugées sur leur créativité, leur difficulté technique, leur beauté, leur fluidité et la qualité de leur exécution.

Les compétitions sont constituées d'une série de trois manches qualificatives (deux de vitesse et une de libre), où chaque équipe vole l'une après l'autre, et d'un tournoi, où les équipes s'affrontent en « battle ».



Vol Dynamique à 2 (D2W) - photo iFly Lyon © X. Leonti

LE HANDIFLY

Le handifly est une para-discipline déléguée à la FF. Parachutisme depuis 2022 qui se pratique en parachutisme, en ascensionnel et en soufflerie. Deux spécialités de compétition existent, dans lesquelles le temps brut de chaque compétiteur est pondéré par un coefficient individualisé établi en fonction de la nature des déficiences.

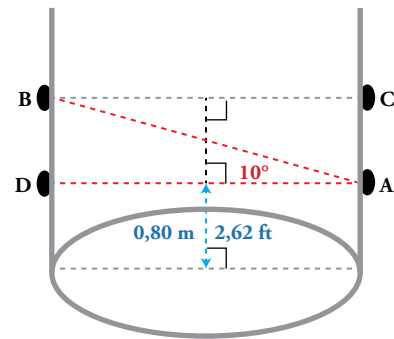
La spécialité de voltige handifly en parachutisme (HP) consiste à enchaîner une voltige (4 tours alternés sur le plan horizontal) le plus rapidement possible. Durant la phase chronométrée, le moniteur et le cameraman doivent rester neutre sans influencer sur la performance.



Charlotte Marchais et Arno Picart – photo Benoit Alziari



photo Aero Gravity



La spécialité de handifly race en soufflerie (HS) consiste à réaliser le plus rapidement possible un parcours imposé en validant des cibles électroniques lumineuses A, B, C, D placées sur la paroi de la soufflerie. Les compétiteurs peuvent être aidés à entrer et sortir de la soufflerie (phases non chronométrées).

ÉPREUVE	COMPOSITION	HAUTEUR DE DÉPART ET TEMPS DE TRAVAIL*
Voltige Handifly (tandem)	Équipe composée d'un performer en situation de handicap moteur ou sensoriel, d'un moniteur tandem et d'un cameraman en chute libre	4000 m 40 secondes maximum
Handifly Race (soufflerie)	Épreuve individuelle ouverte à toutes personnes en situation de handicap (moteur – sensoriel – intellectuel)	75 secondes maximum

* Les hauteurs de départ et le temps de travail maximum peuvent être diminués jusqu'à 3000 m.

Si la hauteur est abaissée en dessous de 3500 m, la voltige consiste seulement aux 3 premiers tours alternés du groupe concerné et le temps de travail maximum est 30 secondes.





REMERCIEMENTS

De nombreuses personnes ont participé à la réalisation de cet ouvrage et il m'est impossible de toutes les citer. Je leur adresse mes plus profonds et sincères remerciements. Sans eux et leur compétence ainsi que leur disponibilité rien n'aurait été possible.

Les personnes ci-dessous, citées par ordre alphabétique, ont assurés la rédaction complète ou partielle de certains chapitres ou/et leurs relectures et leurs corrections. D'autres nous ont apporté leur collaboration ponctuellement en fonction de leur domaine de compétence.

Aurelie Ascheri	D.E.S.J.E.P.S.
Damien Bellissens	Technicien FFP
Mathieu Bernier	Direction Technique Nationale
Marcel Bertrand	(ex)Direction Technique Nationale
Willy Boeykens	Société AAD
Nadine Bordas	Société Airtec
Sophie Boulongne	Direction Technique Nationale
Sébastien Chambet	Direction Technique Nationale
Franck Cotigny	Direction Technique Nationale
Guillaume Dubois	Sportif de haut niveau et gestionnaire multimédia à la FFP
Gérard Fetter	Société Airtec
Éric Fradet	Direction Technique Nationale
Patrice Girardin	Direction Technique Nationale
Michel Guiavarch	Médecin urgentiste et membre du comité directeur de la FFP
Éric Hirschmiller	Pilote
Domitille Kiger	Ex sportive de haut niveau
Aurelien Lemaire	Sportif de Haut Niveau et Ingénieur en aéronautique
Christian Lubbe	Direction Technique Nationale
Frank Mahut	Directeur Technique National Adjoint
Kévin Mansion	Direction Technique Nationale
Jaques Marty	B.E.E.S 1er degré, Pilote
Stéphane Millet	B.E.E.S 1er degré, Ingénieur
Julien Peelman	Ingénieur. Société Jyro
Alexandra Petitjean	Sportive de haut niveau
Jean-Michel Poulet	Directeur Technique National
Jean-François Prunier	Direction Technique Nationale
Frédéric Rami	Direction Technique Nationale
Philippe Schorno	Direction Technique Nationale
Sylvie Stézalski	Secrétaire de Direction à la FFP

Sylvie STÉZALSKI a assuré la correction orthographique et grammaticale de l'ouvrage.

Guillaume DUBOIS a collaboré journallement avec moi durant deux ans à la mise en page, à la réalisation de la plupart des schémas. Il a aussi assuré la relecture, du point de vue technique, de l'ensemble des chapitres. Merci pour ta disponibilité, ton travail et surtout... ta patience...

David Roth (Président de la FFP), Marie-Claude Feydeau (Vice-Présidente) ainsi que Jean-Michel Poulet (Directeur Technique National), m'ont permis de travailler sur cet ouvrage dans des conditions privilégiées. Je les en remercie.

CRÉDITS

Bibliographie du chapitre Physiologie :

- ✘ Précis de Médecine Aéronautique et Spatiale, E. EVRARD, 1975, Maloine Ed.
- ✘ Physiologie aéronautique, H. MAROTTE, 2004, SEES Ed.
- ✘ Performance humaine et ses limites, J. PRATT, 2004, Cepadues Ed.
- ✘ Médecine du Sport, P. ROCHCONGAR, H. MONOD, 2009, Masson Ed.
- ✘ Le parachutisme et son environnement, Y. CHALOIN, 1996, FFP.

Photo F-BTCG par M. Murcia ;

Carte TEMSI et WINTEM © Météo France (à ne pas utiliser en vol) ;

Photos « parachutiste en virage voile turquoise/blanche/jaune » et « sortie d'avion Caravan bleu/blanc », « parachutiste sous voile de secours », « équipe de France de Voile Contact à 2 » et « entraînement en Vol Relatif Indoor » par L.S. Montfort et © 189.photography ;

Photo « parachutiste en décrochage voile jaune/rouge » et photos « description voile principale » par T. Martinez ;

Photos « parachutiste au posé voile rouge », « Pilatus F-GLEU "Zèbre" (Instruments, PHR, jambe de train) », « C-208B F-GXMP (hélice) » et « FXC » par Y. Devauraz ;

Photo « ouverture de la voile principale » par A. Pouches ;

Schémas « Les systèmes d'ouverture - mise en œuvre » par J.P. Knaff ;

Photo « sortie en tandem » par J. Parsy ;

Photos déclencheurs « Cypres » par Airtec GmbH & Co. KG Safety Systems ;

Photos déclencheurs « Vigil » et extrait du manuel du « Vigil® Cuatro » par AAD nv/sa ;

Photos déclencheurs « m2 » par MarS a.s. ;

Photos « sac-harnais Atom noir/bleu », « témoin de kill-line », « 3 anneaux de profil avec défaut petit/moyen anneaux » et « ligne extraction de secours » par G. Dubois ;

Vue 3D de la « Icarus Student » et de la « JPX-Petra » par J. Peelman / NZ Aerosports ;

Cartes VAC LFNA Gap Tallard et LFJV Pau Lasclaveries : spécimens reproduits avec l'autorisation du SIA n° E02/2017 (à ne pas utiliser en vol) ;

Photo « Trophée Patrick de Gayardon » et « équipe de France de PA - Championnat du Monde 2014 » par Phoebus Communication ;

Photo « Thomas Jeannerot en entraînement en Voltige » par O. Plat ;

Photo « équipe de France de Vol Relatif à 4 féminin » par M. Laynaud ;

Photo « équipe de France de Free fly "Airwax" » par S. Chambet ;

Photo « Cédric Veiga Rios, équipe de France de Pilotage sous Voile » par C. Veiga Rios ;

Photo « Entraînement en WingSuit à 2 » par A. Perroux ;

Photo « Vol Dynamique à 2 (D2W) » par iFly Lyon © X. Leonti ;

Avec images de « Le parachutisme et son environnement » - Y. Chaloin, images de « Le manuel du matériel d'aujourd'hui » - E. Fradet, images de « Notions de base - Premiers sauts et perfectionnement », Y. Devauraz © F.F.P. DOCUMENTATION.

Cet ouvrage est largement inspiré de celui écrit par Yves Chaloin, paru en 1996 sous le titre : « Le parachutisme et son environnement », plus connu par les plus anciens d'entre nous sous l'appellation du « Petit Chaloin illustré ».

Yves est professeur de sport et a été membre de la Direction Technique Nationale de la FFP. La qualité et l'importance de son travail m'ont servi de base et de modèle pour la réalisation de cette nouvelle édition.

J'ai une pensée toute particulière à son égard.

Bonne route camarade !

Yves DEVAURAZ