



Cours d'Altimétrie

Avril 2007

1 - Préalable

Ce cours s'adresse à tous les pilotes ou futurs pilotes visant à acquérir une formation ou un complément d'information sur les questions relatives à l'altimétrie pour les pilotes privés.

Ce support est destiné aux intervenants dispensant ce cours. Il ne présente que la structure du cours que chacun pourra améliorer selon ses sentiments. Il est complété par un document destiné à être distribué aux élèves contenant :

- les conditions météorologiques minimales de vol à vue,
- les conditions de survol des obstacles,
- les niveaux de vol, l'altitude et le niveau de transition,
- un tableau sur les corrections de calage,
- un tableau descriptif de l'atmosphère standard,
- divers supports d'exercices ou d'aide aux transformations calage QFE, QNE, 1013...

Il est à noter que les informations réglementaires données au travers de ce cours sont le résultat d'une mise à jour constante, mais ne se substituent en aucun cas à des informations plus récentes que l'élève aura pris soin de vérifier.

2 - Introduction

Une bonne introduction à l'altimétrie peut être donnée en présentant la séquence correspondante du CD Lilienthal diffusé par la FNA.

3 - Définition de l'atmosphère standard

3.1 - Cours

On se reportera au tableau distribué en séance ou à l'Annexe A "L'atmosphère standard", page 10.

L'atmosphère standard est défini par :

- la pression moyenne au niveau de la mer : 1013,25 hPa,
- la température moyenne au niveau de la mer : +15 °C,
- le gradient vertical de température : 2°C/1000 pieds ou 6,5°C/1000m du niveau de la mer jusqu'à 11000m (env. 36000 pieds), puis température constante de -56,5°C au dessus.

Info: *On sait que la vitesse du son est une fonction de la température absolue (T en °K). On en déduit que la vitesse du son diminue avec l'altitude.*

Info: *Où se trouve le point de référence (0m) de l'IGN en France? Réponse : Dans le Vieux Port de*

Marseille.

3.2 - Exercices

Donner le ΔISA pour :

→ FL = 65, $\Theta = 10^\circ C$,
Réponse: $\Delta ISA = +8^\circ C$

→ FL = 45, $\Theta = -5^\circ C$,
Réponse: $\Delta ISA = -11^\circ C$

4 - Les instruments

4.1 - L'altimètre

On se reportera au schéma du «Manuel du Pilote».

→ Principe : déformation d'une capsule anéroïde en fonction de la pression.

→ Graduation : pieds (ft) ou mètre (m)

→ Conversions :

☞ 1m = 3,28ft, 1ft = 0,3m

☞ ft -> m : $X(ft) \cdot \frac{3}{10} = Y(m)$

☞ m -> ft : $X(m) \cdot \frac{10}{3} = Y(ft)$

☞ 1013,25 hPa = 29,92 inches Hg

☞ 1hPa = 28ft au niveau de la mer : voir croissance de la valeur de 1hPA en pieds en fonction de l'altitude dans le tableau. Cela prouve que la pression décroît avec l'altitude, mais de façon non linéaire.

Info: 1NM vaut environ 6000ft (exactement 6074). On expliquera brièvement le fonctionnement du DME (distance oblique) et la valeur indiquée à la verticale de la station.

4.2 - Le variomètre

Voir principes dans le «Manuel du Pilote».

On insistera en particulier sur le retard d'affichage de l'information de vitesse verticale, retard dû au principe même de fonctionnement de l'instrument (perte de charge dans un tube capillaire).

→ Conversion : 1m/s = 200ft/min = 2 Kts

Note: Pour les deux instruments, on prendra soin de montrer les erreurs de lecture lorsque la prise de pression statique de secours est utilisée. Généralement la pression est prise à l'intérieur du cockpit avec une pression légèrement inférieure à la pression réelle. Les valeurs indiquées sont donc supérieures pour l'altimètre, et seulement visible pour le vario au moment de la mise en utilisation de la prise de secours. On se reportera au Manuel de Vol de chaque avion pour connaître les corrections à effectuer dans ce cas.

4.3 - Exercices

Convertir en ft ou m :

→ 1500m,
Réponse: 5000ft

→ 3000ft,
Réponse: 900m

- 1NM,
Réponse: 6000ft

5 - Les calages altimétriques

5.1 - Définition

Nous avons vu que la pression varie d'un lieu à un autre. Il est donc nécessaire de trouver une référence. Cette référence s'appelle un calage. Plusieurs calages existent selon l'utilisation qui en est faite :

→ **QNH**

Calé au QNH, l'altimètre donne l'**altitude** de l'avion par rapport à la mer (AMSL : Above Mean Sea Level). Son intérêt est la navigation, le franchissement d'obstacle, l'arrivée... Une fois posé, l'altimètre calé au QNH indique l'altitude topographique de l'aérodrome.

→ **QFE**

Ce calage permet de lire la **hauteur** de l'avion par rapport à un aérodrome (AAL : Above Aéro-drome Level). L'altimètre indique 0 lorsque l'avion est posé. Ce calage a un intérêt uniquement local à l'aérodrome pour lequel le calage est donné.

Info: *Seuls les français utilisent ce calage.*

Info: *Ce calage a une limite donnée par l'échelle de l'altimètre. En effet, pour des limites mécaniques, la référence minimale de l'altimètre ne peut être inférieure à 950 hPa. Donc, pour un aérodrome dont l'altitude est supérieure à environ 2000ft, il est nécessaire de «travailler» au QNH.*

Info: *AAL (ou QFE) ne doit pas être confondu avec AGL (Above Ground Level) ou ASFC (Above SurFaCe) indiquant la hauteur de survol au-dessus de la surface (sol ou mer).*

Des relations régissent ces calages :

- $QFE \leq QNH$
→ $QNH = QFE + \text{altitude topographique de l'aérodrome}$

Voir l'Annexe B "Tableau des corrections de calage", page 11.

→ **STD ou 1013 hPa**

Ce calage, dit standard, permet à tous les avions de voler par rapport à une même référence selon des surfaces isobares appelées niveau de vol. Ce calage de référence est 1013hPa.

→ **Pseudo-Altitude** (*Ex-Surface S, ancienne dénomination... avant le 1^{er} janvier 2007*)

Elle est définie par le plus élevé des deux niveaux suivants : 900 m (3000 pieds) AMSL (Above Mean Sea Level) ou 300 m (1000 pieds) AGL (Above Ground Level). Elle donne une limite verticale pour les conditions VMC (voir espaces aériens) et permet de définir le premier niveau de vol utilisable pour les IFR (avec marge de 500ft).

→ **QNE**

Ce n'est pas à proprement parlé un calage, mais la valeur lue sur l'altimètre, alors calé sur 1013 hPa. Il est principalement utilisé en montagne, mais de moins en moins.

5.2 - Application

Ces calages sont appliqués aux cartes météo : TEMSI (niveau de vol ou QNH), aux messages TAF et METAR (QFE) au survol des obstacles, limitations... On définit ainsi les niveaux de vol, l'altitude et le niveau de transition :

→ **Altitude de transition**

en France 5000ft sauf en montagne, applicable aux vols IFR et VFR. Il est souvent codifié "Zt". Cette altitude est utilisée autour des aérodrome (TMA) et publiée sur les cartes d'approche.

→ **Niveau de transition**

Ce niveau est donné par les différents services de la circulation aérienne. Il est défini comme étant le premier niveau IFR utilisable au-dessus de l'altitude de transition et codifié "Nt". Le niveau de transition est donné par les organisme de contrôle (APP, TWR) ou d'information (ATIS, AFIS).

→ **Couche de transition**

C'est la couche située entre l'altitude de transition et le niveau de transition. Il n'y a pas de niveau VFR utilisable dans la couche de transition.

→ **Niveau de vol**

Exprimé en centaines de ft, codifié "FL" (Flight Level). Sans consigne particulière, un niveau de vol est donné par rapport au calage standard (1013hPa).

☞ IFR = tout niveau (ex : 30, 40, 50...),

☞ VFR = tout niveau + 5 (ex : 35, 45, 55...),

Note: *Quand une altitude de transition est applicable (TMA), on applique la règle semi-circulaire à des "niveaux de vol QNH" au-dessous de l'altitude de transition et au-dessus de 3000ft ASFC).*

Note: *En VMC, sauf indication contraire, le vol doit s'effectuer en niveau de vol au-dessus de 3000ft ASFC (donc libre au-dessous).*

5.3 - Exercices

→ Calculer le QFE :

Altitude de l'aérodrome : 650ft

QNH = 1023hPa

Zi = 3000ft

Réponse: 1000hPa

→ Calculer le QNH de Lasbordes (459ft, 16hPa) :

QFE = 1000 hPa

Réponse: 1016hPa

→ Est-il possible de se poser calé au QFE :

QNH = 1016 hPa,

Zt = 2093ft

Réponse: non

2093ft = 75hPa, 1016 - 75 = 941, donc non affichable sur l'altimètre.

6 - Variations autour de l'atmosphère standard et corrections

L'altimètre et le variomètre sont conçus selon les principes de l'atmosphère standard. Comme cet atmosphère n'est jamais celui que le pilote commun rencontre lors de ses envolées, la valeur qu'indique l'altimètre doit soit, être corrigée, soit être considérée avec prudence.

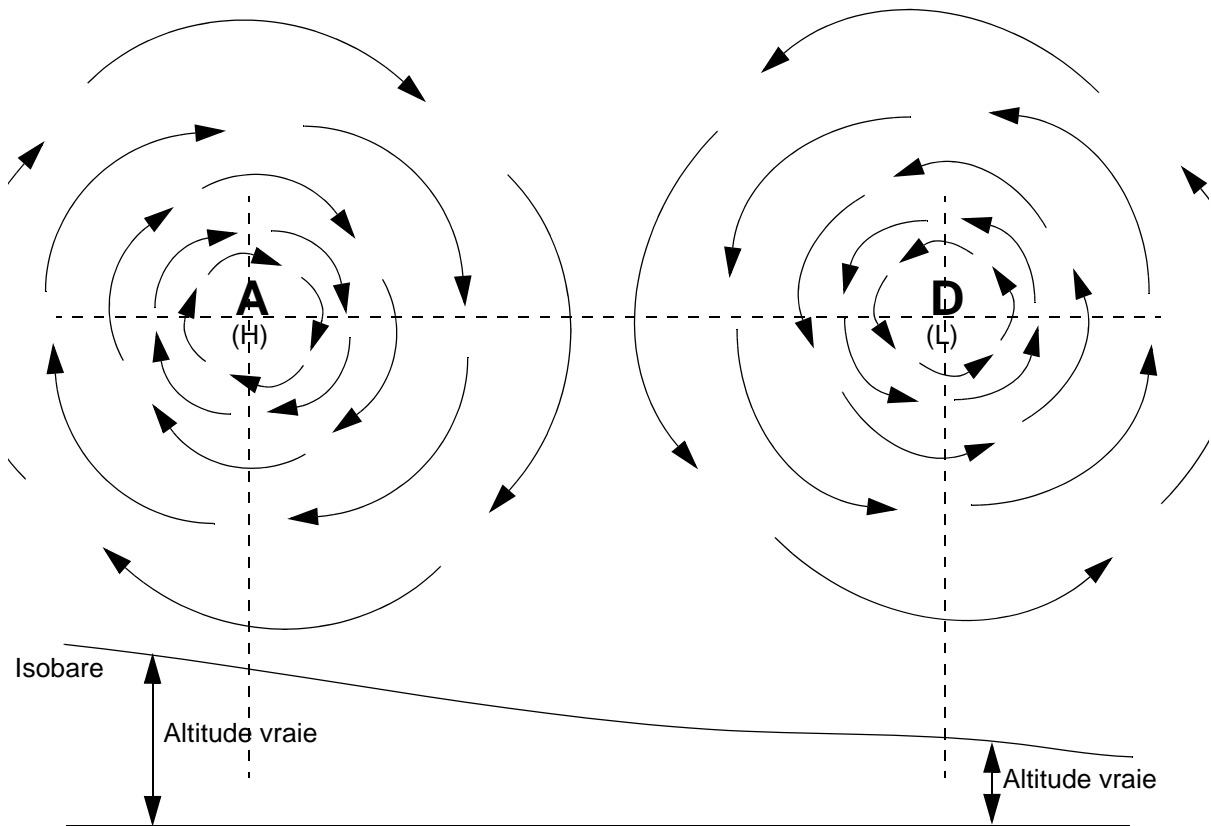
6.1 - Variation de l'altitude vraie en fonction de la pression

La valeur indiquée sur l'altimètre dépend de la pression atmosphérique. Donc, lorsqu'un avion se déplaçant d'une zone anticyclonique (Haute Pression) vers une zone dépressionnaire (Basse Pression) vole à une altitude indiquée constante (sur une isobare; par exemple à un niveau de vol indiqué constant), son altitude vraie diminue.

Dans l'hémisphère Nord, le vent tourne dans le sens des aiguilles d'une montre autour d'un anti-cyclone et dans le sens inverse autour des dépressions. De ce fait, lorsqu'un avion vole d'une zone anti-cyclonique vers une zone dépressionnaire, le vent vient de la gauche.

D'où l'expression :

Dérive Droite => DANGER



La pression atmosphérique n'est donc pas constante à un moment donné en des lieux différents. Il y a donc nécessité de vérifier régulièrement les valeurs de pression atmosphérique lors d'un voyage :

- contact avec le service d'information en vol,
- contact avec le service d'information terminale,
- observation des cartes météorologiques,
- ...

6.2 - Variation de l'altitude en fonction de la température

De la même manière, la variation de la température avec l'altitude ne suit généralement pas la loi définissant l'atmosphère standard. Il y a donc lieu de corriger la valeur lue sur l'altimètre pour disposer d'une altitude plus proche de la réalité.

Deux expressions existent, l'une approximative, mais suffisante :

$$\rightarrow Z_v(ft) = Z_i(ft) + 4(\Theta - \Theta_{std}) \cdot Z_i(Kft)$$

avec Z_i = altitude indiquée sur l'altimètre,
 $(\Theta - \Theta_{std}) = \Delta ISA$ en d° Celsius,
 $Z_i (Kft)$ en milliers de ft.

l'autre plus précise, mais plus complexe :

$$\rightarrow Z_v(ft) = Z_t(ft) + (Z_{QNH}(ft) - Z_t(ft)) \cdot \frac{T_{ext}(^{\circ}K)}{T_{std}(^{\circ}K)}$$

avec Z_t = altitude de la station donnant le QNH,
 Z_{QNH} = valeur donnée par l'altimètre calé au QNH,
 T_{ext} = température extérieure en d° Kelvin,
 T_{std} = température standard correspondante en d° Kelvin.

D'où l'expression :

Plus Chaud -> Plus Haut -> Plus Vite

6.3 - Correction d'altitude

La pression de l'air diminue avec l'altitude, cela veut aussi dire que la densité de l'air diminue avec l'altitude. Il y a donc lieu d'appliquer une correction à la vitesse indiquée. En effet, l'anémomètre donne une valeur différentielle entre la pression statique et la pression totale.

La correction à appliquer est :

- ajouter 1% de la valeur de la vitesse indiquée par tranche de 600ft d'altitude.
- Nota : la correction de vitesse en fonction de la température est de $\pm 1\%$ par tranche de 5°d par rapport à l'ISA.

7 - Espace aérien

7.1 - Règles de vol

Selon l'altitude de vol, différentes règles de vol sont à respecter :

→ **En-dessous de 3000ft ASFC**

Le vol peut se faire selon convenance en respectant le plancher de vol.

→ **Entre 3000 ASFC et l'altitude de transition**

Le calage utilisé est le **QNH**. On applique la règle semi-circulaire, à savoir pour une route magnétique (Rm) entre 0° et 179°, il faut voler selon un niveau QNH impair + 5 (ex : 3500ft). Entre 180° et 359°, il faut voler selon un niveau Pair + 5 (ex : 4500ft).

Info: *Pour se souvenir du niveau, il suffit de savoir que pour un vol vers l'Est le niveau de vol est Impair avec un «I» comme Italie; un vol vers l'Ouest doit être fait à un niveau Pair avec un «P» comme Portugal.*

→ **Au-dessus de l'altitude de transition ou de 3000ft ASFC si supérieure à l'altitude de transition**

Le calage utilisé est le calage **Standard** (1013hPa) et on applique la règle semi-circulaire.

→ **Si pas d'altitude de transition**

Utilisation du niveau de vol (calage standard) le plus bas au-dessus de 3000ft ASFC.

Note: *Le premier niveau de vol IFR utilisable doit laisser une marge de 500ft au-dessus de Sup(3000ft AMSL, 1000ft ASFC). Il peut donc y avoir conflit avec les VMC... Réglementation non remise à jour. Cependant, le contrôle ne pas va autoriser d'IFR au-dessus de 3000ft ASFC.*

Voir aussi l'Annexe C "Les conditions météorologiques minimales de vol à vue", page 12.

7.2 - Plancher de vol, altitude de sécurité, survol des obstacles

Un avion doit voler à 500ft au moins au-dessus d'un obstacle. Cette règle définit une Marge de Franchissement d'Obstacles (MFO).

Cependant, sauf pour les besoins du décollage, de l'atterrissage et des manoeuvres qui s'y rattachent, les aéronefs doivent voler à un niveau supérieur ou égal au plus haut des niveaux obtenus en appliquant quatre règles :

1 - Niveau minimal imposé par les règles de vol appliquées :

1 - au-dessus des zones à forte densité, des villes ou autres agglomérations ou de rassemblement de personnes en plein air à 300 m (1000 pieds) minimum au-dessus de l'obstacle le plus élevé situé dans un rayon de 600 m autour de l'aéronef,

2 - sinon à 150 m (500 pieds) minimum au-dessus du sol ou de l'eau et à une distance ≥ 150 m de toute personne, de tout véhicule ou navire à la surface ou de tout obstacle artificiel.

- 2 - Hauteur suffisante permettant, en cas d'urgence, lors du survol des villes ou d'autres agglomérations, d'effectuer un atterrissage sans mettre indûment en danger les personnes et les biens à la surface.
- 3 - Hauteurs minimales qui peuvent être fixées par arrêté pour le survol des villes et autres agglomérations, ou des rassemblements de personnes ou d'animaux en plein air ainsi que le survol de certaines installations ou établissements (voir cartes au 1/500000ième),
- 4 - Hauteurs minimales fixées par d'autres textes réglementaires (par exemple survol des parcs et réserves naturelles).

8 - Exercices

→ Niveau utilisable

QNH = 1023hPa,

RM = 060

Quel est le premier niveau VFR utilisable?

Réponse: FL 35

Quelle est la différence entre 3000ft AMSL et le niveau trouvé?

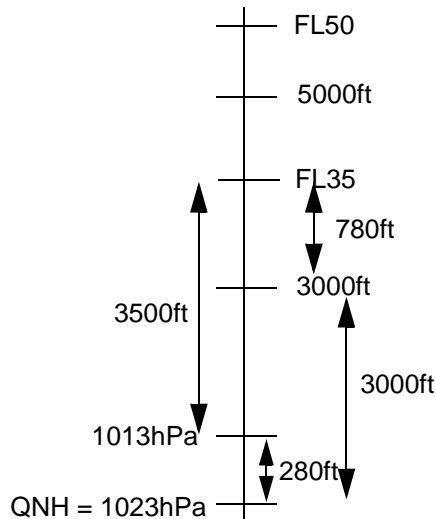
Réponse: 780ft

ZT = 5000ft; Quel est le premier niveau VFR utilisable?

Réponse: 3500ft QNH

Quelle est l'épaisseur de la couche de transition?

Réponse: 280ft



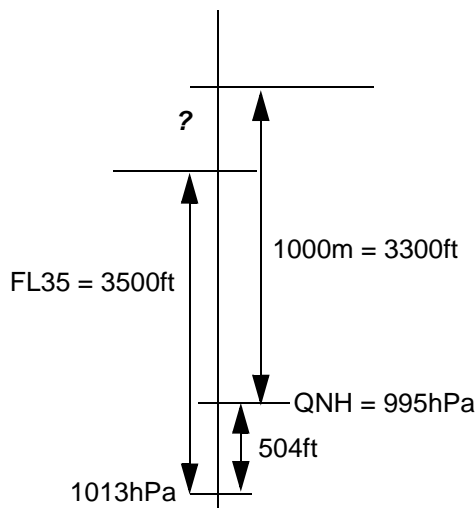
→ Peut-on franchir l'obstacle?

FL = 35

Obstacle = 1000m

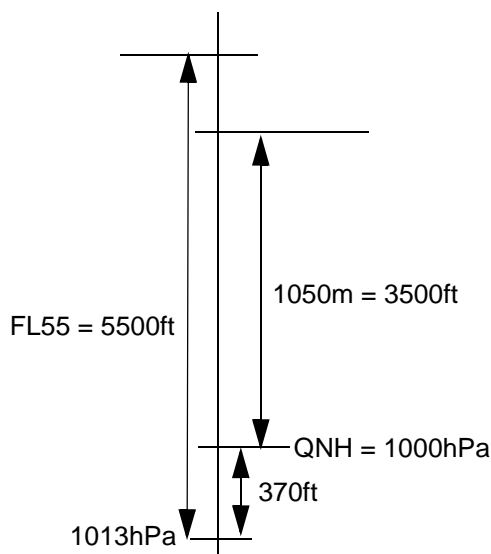
QNH = 995hPa,

Réponse: non



Note: Il manque 304ft pour passer et au moins 800ft si on veut appliquer une MFO.

- Quel est le niveau de vol?
QNH = 1025hPa,
Zi = 3300ft
Réponse: FL30
- Quel est le premier niveau de vol VFR utilisable?
Rm = 090°
Altitude obstacle = 1050M (3500ft)
QNH = 1000hPa
Réponse: FL55



Note: La RM étant vers l'Est, seul un niveau de vol Impair + 5 est utilisable, donc le FL55

- Calcul de Zv
Zi = 6500ft
Θ = +10°C
Réponse: 6700ft
 $\Theta_{std}(6500ft) = +15^\circ - (2^\circ \cdot 6,5) = +2^\circ\text{C} \Rightarrow \Delta ISA = +8^\circ\text{C} (10 - 2)$
 $Zv = 6500 + 4 \cdot 8 \cdot 6,5 = 6500 + 208 = 6708ft$
- Coupe de l'espace aérien
Il s'agit de tracer la coupe verticale de l'espace aérien (différentes zones...) entre Albi et St Gaudens. Sont distribués :

- ☞ une carte au 1/1000000 de la région,
 - ☞ un extrait du manuel décrivant les zones de la région,
 - ☞ une feuille de réponse décrivant le relief sur le trajet.
- Réponse: voir feuille de réponse renseignée à distribuer à la fin.*

- Annexe A - L'atmosphère standard

	Altitude Zp		Pression Ps		Température Ts		Masse Volumique ρ Kg/m ³	Densité		Vitesse du son a (Kts)
	ft	m	hPa	in.Hg	°C	°K		$\delta = \rho/\rho_0$	$\sqrt{\delta}$	
A t m o s p h è r e S t a n d a r d I S A	53 083	16 180	100	2,95	- 56,5	216,6				574
	45 000	13 716	148,2	4,36	- 56,5	216,6	0,238	0,194	0,440	574
	44 000	13 411	155,4	4,57	- 56,5	216,6	0,245	0,204	0,452	574
	43 000	13 106	163,0	4,79	- 56,5	216,6	0,262	0,214	0,463	574
	42 000	12 802	171,0	5,03	- 56,5	216,6	0,275	0,225	0,474	574
	41 000	12 497	179,4	5,28	- 56,5	216,6	0,289	0,236	0,486	574
	40 000	12 192	188,2	5,54	- 56,5	216,6	0,303	0,247	0,497	574
	39 000	11 887	197,5	5,81	- 56,5	216,6	0,318	0,259	0,509	574
	38 662	11 784	200	5,91	- 56,5	216,6				574
	38 000	11 582	207,1	6,10	- 56,5	216,6	0,333	0,272	0,522	574
	37 000	11 278	217,3	6,40	- 56,5	216,6	0,349	0,285	0,534	574
	36 000	10 973	228,0	6,71	- 56,2	216,9	0,366	0,299	0,547	574
	35 000	10 668	239,1	7,04	- 54,2	218,9	0,380	0,311	0,558	577
	34 000	10 363	250,6	7,38	- 52,3	220,8	0,395	0,323	0,568	579
	33 000	10 058	262,6	7,74	- 50,3	222,8	0,411	0,335	0,579	582
	32 000	9 754	275,1	8,11	- 48,3	224,8	0,426	0,348	0,590	584
	31 000	9 449	288,1	8,49	- 46,3	226,8	0,442	0,361	0,601	587
	30 066	9 164	300	8,86	- 44,6	228,5				589
	30 000	9 144	301,5	8,89	- 44,4	228,7	0,459	0,375	0,612	589
	29 000	8 839	315,4	9,30	- 42,4	230,7	0,476	0,389	0,624	592
	28 000	8 534	329,9	9,73	- 40,4	232,7	0,494	0,403	0,635	595
	27 000	8 230	344,9	10,17	- 38,4	234,7	0,512	0,418	0,647	597
	26 000	7 925	360,4	10,63	- 36,5	236,6	0,530	0,433	0,658	600
	25 000	7 620	376,5	11,10	- 34,5	238,6	0,550	0,449	0,670	602
	24 000	7 315	393,2	11,60	- 32,5	240,6	0,569	0,465	0,682	605
	23 000	7 010	410,5	12,11	- 30,5	242,6	0,589	0,481	0,694	607
	22 000	6 706	428,3	12,64	- 28,5	244,6	0,610	0,498	0,706	609
	21 000	6 401	446,8	13,18	- 26,6	246,5	0,631	0,515	0,718	612
	20 000	6 096	466,0	13,75	- 24,6	248,5	0,653	0,533	0,730	614
	19 000	5 791	485,8	14,34	- 22,6	250,5	0,676	0,551	0,742	617
	18 287	5 574	500	14,76	- 21,2	251,8				618
	18 000	5 486	506,3	14,94	- 20,6	252,5	0,699	0,570	0,755	619
	17 000	5 182	527,5	15,57	- 18,7	254,4	0,722	0,589	0,767	622
16 000	4 877	549,4	16,22	- 16,7	256,4	0,746	0,609	0,779	624	
15 000	4 572	572,1	16,89	- 14,7	258,4	0,711	0,629	0,793	626	
14 000	4 267	595,5	17,58	- 12,7	260,4	0,797	0,650	0,806	629	
13 000	3 962	619,6	18,29	- 10,7	262,4	0,823	0,672	0,820	631	
12 000	3 658	644,6	19,03	- 8,8	264,3	0,849	0,693	0,832	634	
11 000	3 353	670,4	19,79	- 6,8	266,3	0,877	0,716	0,846	636	
10 000	3 048	696,9	20,58	- 4,8	268,3	0,905	0,739	0,860	638	
9 882	3 012	700	20,67	- 4,6	268,5				639	
9 000	2 743	724,4	21,39	- 2,8	270,3	0,934	0,762	0,873	641	
8 000	2 438	752,7	22,22	- 0,8	272,3	0,963	0,786	0,887	643	
7 000	2 134	781,9	23,09	+ 1,1	274,2	0,993	0,811	0,900	645	
6 000	1 829	812,0	23,98	+ 3,1	276,2	1,024	0,836	0,914	648	
5 000	1 524	843,1	24,90	+ 5,1	278,2	1,056	0,862	0,928	650	
4 000	1 219	875,1	25,84	+ 7,1	280,2	1,088	0,888	0,942	652	
3 000	914	908,1	26,82	+ 9,1	282,2	1,121	0,915	0,957	655	
2 000	610	942,1	27,82	+ 11,0	284,1	1,155	0,943	0,971	657	
1 000	305	977,2	28,86	+ 13,0	286,1	1,190	0,971	0,985	659	
0	0	1013,2	29,92	+ 15,0	288,1	1,225	1,000	1,000	661	
-1 000	-305	1050,4	31,02	+ 17,0	290,1	1,261	1,030	1,015	664	
-2 000	-610	1088,7	32,15	+ 19,0	292,1	1,298	1,060	1,030	666	

- Annexe B - Tableau des corrections de calage

CALAGE ALTIMETRIQUE											
Altitude-pression (pieds en fonction de la pression)											
(QNE-pieds en fonction du QFE-hPa)											
Atmosphère Standard de 700 à 1100 hPa											
Ce tableau permet de déterminer à l'atterrissage le QNE à utiliser en fonction d'un QFE donné, ou la différence (en pieds) lors du passage d'un calage (QNH ou QFE) au calage standard (1013,2 hPa).											
Epaisseur de l'hPa en pieds	Pression barométrique en hPa	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
39,4	700	9882	9846	9809	9772	9735	9699	9662	9626	9589	9553
	710	9516	9480	9443	9407	9371	9334	9298	9262	9226	9190
	720	9154	9118	9082	9046	9010	8974	8939	8903	8867	8831
	730	8796	8760	8725	8689	8654	8618	8583	8547	8512	8477
	740	8442	8406	8371	9336	8301	8266	8231	8196	8161	8126
31,5	750	8091	8056	8022	7987	7952	7917	7883	7848	7814	7779
	760	7745	7710	7676	7641	7607	7573	7538	7504	7470	7436
	770	7402	7368	7334	7300	7266	7232	7198	7164	7130	7096
	780	7062	7029	6995	6961	6928	6894	6861	6827	6794	6760
	790	6727	6693	6660	6627	6593	6560	6527	6494	6460	6427
	800	6394	6361	6328	6295	6262	6229	6196	6164	6131	6098
	810	6065	6033	6000	5967	5935	5902	5869	5837	5804	5772
	820	5739	5707	5675	5642	5610	5578	5546	5513	5481	5449
	830	5417	5385	5353	5321	5289	5257	5225	5193	5161	5129
	840	5097	5066	5034	5002	4971	4939	4907	4876	4844	4813
28,8	850	4781	4750	4718	4687	4655	4624	4593	4561	4530	4499
	860	4468	4437	4405	4374	4343	4312	4281	4250	4219	4188
	870	4157	4126	4096	4065	4034	4003	3972	3942	3911	3880
	880	3850	3819	3789	3758	3728	3697	3667	3636	3606	3575
	890	3545	3515	3484	3454	3424	3394	3364	3333	3303	3273
	900	3243	3213	3183	3153	3123	3093	3063	3033	3003	2974
	910	2944	2914	2884	2855	2825	2795	2766	2736	2706	2677
	920	2647	2618	2588	2559	2529	2500	2470	2441	2412	2382
	930	2353	2324	2295	2265	2236	2207	2178	2149	2120	2091
	940	2062	2033	2004	1975	1946	1917	1888	1859	1830	1802
26,6	950	1773	1744	1715	1687	1658	1629	1601	1572	1543	1515
	960	1486	1458	1429	1401	1372	1344	1315	1287	1259	1230
	970	1202	1174	1146	1117	1089	1061	1033	1005	977	948
	980	920	892	864	836	808	780	752	725	697	669
	990	641	613	585	558	530	502	474	447	419	391
	1000	364	336	309	281	254	226	199	171	144	116
	1010	89	62	34	7	-20	-48	-75	-102	-129	-157
	1020	-184	-211	-238	-265	-292	-319	-346	-373	-400	-427
	1030	-454	-481	-508	-535	-562	-589	-616	-643	-669	-696
	1040	-723	-750	-776	-803	-830	-856	-883	-910	-936	-963
	1050	-989	-1016	-1042	-1069	-1095	-1122	-1148	-1174	-1201	-1227
	1060	-1254	-1280	-1306	-1332	-1359	-1385	-1411	-1437	-1464	-1490
	1070	-1516	-1542	-1568	-1594	-1620	-1646	-1672	-1698	-1724	-1750
	1080	-1776	-1802	-1828	-1854	-1880	-1906	-1931	-1957	-1983	-2009
	1090	-2035	-2060	-2086	-2112	-2137	-2163	-2189	-2214	-2240	-2265
	1100	-2291	-2317	-2342	-2368	-2393	-2419	-2444	-2469	-2495	-2520
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

- Annexe C - Les conditions météorologiques minimales de vol à vue

La connaissance des espaces aériens détermine les minimums à respecter (règles de vol à vue (VFR)). Sauf clairance contraire en ce qui concerne le vol VFR spécial, les vols VFR doivent être exécutés dans les conditions minimales décrites ci-dessous (espaces aériens français) :

		Classe d'espace		
		ESPACE AERIEN CONTROLE		ESPACE AERIEN NON CONTROLE
Altitudes ou niveaux	Classe B	Classe C, D, E		Classe F, G
10000 ft AMSL ou FL100 si altitude de transition < 10000 ft	8 kilomètres Hors des nuages	8 kilomètres 1500 m horizontalement 300 m (1000 pieds) verticalement		
Le plus élevé des deux niveaux 3000 pieds AMSL ou 1000 pieds AGL	5 kilomètres Hors des nuages	5 kilomètres 1500 m horizontalement 300 m (1000 pieds) verticalement		Plus élevée des deux valeurs : 1500m (800 m pour les hélicoptères) ou 30 secondes de vol Hors des nuages et en vue de la surface
0 m	NB : Dans les CTR, des autorisations de VFR spécial peuvent permettre de s'affranchir des conditions VMC ci-dessus			

Note:

- *AAL = Above Aerodrome Level = au-dessus du niveau de l'aérodrome = QFE*
- *AGL = Above Ground Level = au-dessus du sol*
- *ASFC = Above SurFaCe = au-dessus de la surface (= AGL)*
- *AMSL = Above Mean Sea Level = au-dessus du niveau moyen de la mer = QNH*

On trouvera ci-après les cas particuliers :

→ vol en zone de contrôle d'aérodrome (CTR) :

- ☞ visibilité : ≥ 5 Km,
- ☞ plafond : ≥ 1500 ft (450 m).

En dessous de ces minimums, c'est le VFR spécial. Les minimums sont normalement : visibilité : plus élevée des deux valeurs : 1,5 Km ou 30 secondes de vol et vol hors des nuages. Des minimums supérieurs peuvent être spécifiés pour chaque terrain, mais applicables uniquement s'il y a un vol IFR dans la zone.

ATTENTION au plancher de la TMA si VFR spécial. Il ne faut pas monter et pénétrer dans la TMA sous peine d'infraction (sauf cas très particulier et sur autorisation : brume ou météo au sol).

En VFR spécial, les clairances de séparation à vue sont possibles (voir paragraphe 3.6.4 de l'Arrêté du 11 juillet 1991).

→ Zones à statut particulier :

- ☞ zones règlementées,
- ☞ zones dangereuses (pénétration interdite en TPP),
- ☞ au dessus du plus élevé des niveaux FL 120 ou 2000 ft sol (600 m) :
 - ◇ radio obligatoire (contact le plus tôt possible)
 - ◇ transpondeur mode A obligatoire, mode C recommandé.

Dans tous les cas, on se reportera au livret du SIA.