

DEFINITIONS

La Pression atmosphérique s'exprime en HectoPascals (ou MilliBars qui est l'ancienne dénomination)

Millibar (mb) = HectoPascal (hpa ou hp) Si vous lisez "mb" cela est identique à "hpa" ou "hp".

Variation sur une journée: +- 1 hpa en Europe, +- 3 hpa près de l'équateur

Altitude = par rapport au niveau de la mer (**ASL Above Sea Level**)

Hauteur = par rapport à une référence (ex: **AGL Above Ground Level**)

Altitude pression (Pressure alt) = altitude avec calage 1013,26 hp

Altitude densité: altitude si l'air était en atm type (atm = atmosphère)

Un ft = 0,3 mètre ; 1 mètre = 3,3 ft

Surface isobare: même pression, Surface isotherme: même température (ex: isotherme 0)

Courbe isohypse: pour une même pression (ex: 700hpa), lieu des points d'égale altitude.

ATMOSPHERE TYPE

Cas général:

La pression atmosphérique varie avec l'altitude selon un loi de décroissance qui elle même varie dans le temps et dans l'espace.

Il en est de même de la température dont la variation avec l'altitude n'obéit pas forcément à une loi. Il peut même y avoir des inversions de température; dans ce cas la température augmente au lieu de diminuer avec l'altitude.

Les conditions moyennes de pression de température en Europe ont permis de définir une atmosphère type dont la loi de décroissance de la pression avec l'altitude est la Loi de Laplace.

Les conditions moyennes de pression et de température au niveau de la mer sont appelées conditions standard et correspondent à 1013,26 hpa et 15 °C.

L'atmosphère type obéit à la loi de Laplace:

Loi de Laplace = courbe de décroissance de la Pression atmosphérique avec l'Altitude aux conditions standard au niveau de la mer, soit: 1013,26 hp et 15°C)

Atmosphère type au Niveau de la mer: 1013,26 hp et 15 °C

Diminution de la Température avec l'altitude (en atm std):

La décroissance est de **2°C par 1000 ft**. A partir de 36000 ft la temp. est constante -56°C

Diminution de la Pression avec l'altitude (en atm std et jusqu'à 3000 ft) :

La décroissance de la pression avec l'altitude est logarithmique. Elle peut être considérée comme linéaire (proportionnelle) du niveau de la mer jusqu'à 3000 ft environ.

Dans cette partie linéaire (0 à 3000 ft) la décroissance en atmosphère standard est de 28 ft/hpa

En altitude cette décroissance n'est plus proportionnelle; ainsi à 30 000 ft la décroissance (en atm std) est de 73 ft/hpa

CALAGES ALTIMETRIQUES

Q N H : Pression au niveau de la mer. Elle est calculée à partir de la pression réelle sur l'aérodrome ramenée au niveau de la mer selon la loi de décroissance en atmosphère standard.
L'altimètre est calibré en atm standard. Cela signifie qu'il varie conformément à la loi de décroissance des pressions en atm std (loi de Laplace). Le QNH étant calculé selon cette même loi, l'altimètre indiquera Zéro au niveau de la mer.
QFF = pression réelle au niveau de la mer, elle sera légèrement différente du QNH puisque l'atmosphère réelle n'est pas standard (ou a très peu de chance de l'être).
Sur terrain non contrôlé, on détermine le QNH en affichant sur l'altimètre l'altitude du terrain. Ce QNH sera entaché de l'erreur instrumentale de l'altimètre.

Q F E: C'est le calage indiqué quand on met à zéro l'aiguille de l'altimètre. L'altimètre indiquera alors la hauteur de l'avion par rapport à l'endroit où on a mis l'aiguille à zéro pied. Attention: le QFE n'indique pas la pression au niveau du terrain, il s'en rapproche aux faibles altitudes.
Un aérodrome étant toujours à une certaine altitude, la pression indiquée au calage (QFE) sera toujours inférieure au QNH (sauf pour les terrains en dessous du niveau de la mer).

On peut évaluer la différence QNH - QFE en considérant 28 ft par hpa (pour les altitudes proches du niveau de la mer)

Exemple: si Dabou est à 180 ft d'altitude, son QFE est égal au QNH moins $180/28$ hpa, c'est à dire QNH - 6,4 hpa.

Sur les cartes d'approche VFR cette différence en hpa est indiquée.

Le QFE n'est utilisé qu'en France.

Le QFE ne doit être utilisé qu'en tour de piste et procédure d'approche et d'atterrissage

Le QNH est utilisé dans les basses couches pour franchir les obstacles.

Certaines cartes indiquent les altitudes de sécurité.

Il est d'usage de considérer la zone dite "basse couche" l'espace allant du sol jusqu'à un altitude de 3000 ft. Dans cette tranche d'atmosphère la pression diminue à peu près proportionnellement de 1 hpa par 28 ft d'augmentation d'altitude. Au delà de 3000 ft la diminution n'est plus proportionnelle.

CALAGE 1013 hpa : l'altimètre ainsi calé indique les hauteurs par rapport à la surface où règne 1013,26 hp. Le niveau de vol s'exprime en centaine de pieds
Exemple: FL45 = 4500ft calé à 1013,26 hp. FL signifie Flight Level.
Tous les avions volent au même calage et sont donc certains de leurs positions les uns par rapport aux autres.
Des règles simples, en fonction du Cm permettent de limiter les risques d'abordage.

Règle semi circulaire:

Règle semi circulaire IFR: Cm de 180 à 359° = FL pair (FL40, FL60, FL80...)

Cm de 000° à 179° => FL impair (FL30, FL50, FL70...)

Règle semi circulaire VFR: idem IFR mais on rajoute 500ft (pair: FL45, FL65,...)

impair: FL35, FL55,...)

Comme la loi atmosphérique varie dans l'espace (et dans le tps) la surface 1013hpa n'est pas horizontale, elle monte et elle descend.

Si le QNH est inférieur à 1013 hpa, la surface 1013hpa est en dessous du niveau de la mer d'une valeur de $(1013 - \text{QNH}) * 28$ ft. Il y a donc danger puisque l'altitude lue sur un alti calé sur 1013 est supérieure à l'altitude réelle.

Passage du calage QNH au calage 1013 et inversement:

Au départ, l'avion étant en montée (calé au QNH), il passera du QNH à 1013 hpa dès le franchissement de l'**Altitude de Transition** et poursuivra sa montée jusqu'au FL prévu.

L'altitude de transition est déterminée sur les grands aéroports (4000 ft pour Abidjan) ;

Dans zones non contrôlées, il est d'usage de choisir la Surface S comme altitude de transition.

La surface S étant 3000 ft d'altitude au dessus du niveau de la mer, ou 3000 ft de hauteur par rapport au sol. C'est le plus haut des deux.

A l'arrivée, l'avion ayant entamé sa descente (calé à 1013 hpa), il passera de 1013 hpa au QNH dès le franchissement du **Niveau de Transition**.

Le niveau de transition est le premier niveau de vol (donc par rapport au calage 1013) qui soit au dessus de l'altitude de transition.

L'espace entre Altitude et Niveau de Transition s'appelle la **Couche de Transition**.

Dans cette couche les avions transitent toujours, soit en montée soit en descente.

Aucun avion ne doit rester en palier dans cette couche.

ERREURS ALTIMETRIQUES

ALTITUDE PRESSION

C'est l'altitude lue sur un altimètre calé à 1013,26 hpa, quelquesoit la température.

Calcul de l'Altitude Pression:

C'est l'altitude à laquelle nous serions avec un calage à 1013 hpa. Supposons une altitude de 2500 ft avec un QNH de 1000 hpa. Quelle sera l'Altitude Pression ?

Il faut d'abord calculer la différence d'altitude qui est égale à la différence des pressions multipliée par 28 ft. Soit $13 \text{ hpa} * 28 \text{ ft} = 364 \text{ ft}$ de différence.

Ces 364 ft vont être ajoutés ou retranchés de 2500 ft. Le QNH réel de 1000 hpa est inférieur à 1013 hpa. L'air est donc moins dense qu'avec 1013 hpa, pour retrouver cette même densité d'air sur une colonne de 1013 hpa il faudra être plus haut.

Il faut donc ajouter la différence. L'Altitude Pression est $2500 \text{ ft} + 364 \text{ ft} = 2864 \text{ ft}$

Inversement, si le QNH est supérieur à 1013 hpa, l'air y est plus dense qu'un air à 1013 hpa.

Il faut donc descendre plus bas sur la colonne 1013 hpa, ce qui revient à retrancher la différence.

ALTITUDE DENSITE

Il est intéressant de savoir quelle serait l'altitude si la température était en atmosphère standard, tj avec une pression de 1013,26 hpa.

C'est l'altitude densité. Elle correspond à l'altitude que nous aurions si pour cette même pression (1013 hpa) et cette même température l'atm était standard.

Calcul de l'Altitude Densité:

Température standard: la décroissance est de 2°C par 1000ft à partir de 15°C au niveau de la mer. Il existe aussi des formules:

$$T^{\circ}\text{C std} = 15 - (\text{FL}/10)*2$$

ou encore $T^{\circ}\text{C std} = - ((\text{FL}/10) - 8)*2$

Cette dernière formule considère 16°C au niveau de la mer.

La première formule est plus exacte.

Une fois connue la température std, la correction de l'altitude pression pour obtenir l'altitude densité est:

Formule passage de l'alt. pression vers l'alt. Densité : $\Delta Z = \Delta T^{\circ}\text{C} * 120$
 $Z_d = Z_p \pm \Delta Z$

ΔZ est la correction d'altitude en pieds, à rajouter ou retrancher à l'altitude pression.

On rajoute ΔZ si la température est supérieure à la température standard.

$\Delta T^{\circ}\text{C}$ est la différence de température par rapport à la température standard.

ex: calcul de l'altitude densité de Kaya (Burkina faso);

altitude pression du terrain : 1000 ft calé 1013hpa,
température sur le terrain: +40 °C

$$\text{Tempé std à 1000 ft: } 15^{\circ} - 2^{\circ} = 13^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Différence } \Delta T = 41 - 13 ; \Delta T = + 27^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta Z = 27 * 120 ; \Delta Z = 3240 \text{ ft}$$

$$\text{Altitude Densité} = \text{Altitude Pression} + \Delta Z ; \text{ soit } 1000 \text{ ft} + 3240 \text{ ft}$$

Altitude densité sur le terrain de Kaya quand il fait 40 °C:

4240 ft

Utilité de l'altitude densité: la plupart des manuels de vol indiquent leurs performances à diverses altitudes mais sans préciser la température; cela implique qu'il s'agit d'altitudes en atmosphère std.

Ainsi la distance de décollage à Kaya (altitude 1000 ft; longueur piste: 750 mètres) , quand il fait 40°C devra être lue dans le manuel de vol pour 4000 ft d'altitude.

Si en outre le manuel indique que l'on peut mixer à partir de 3000ft, cela sous entend 3000 ft en atmosphère standard; on peut donc décoller de Kaya avec un moteur déjà mixturé afin d'optimiser la puissance au décollage.

CORRECTION INSTRUMENTALE

Elle peut être décelée en affichant sur l'alti la valeur de QFE (ou de QNH) indiquée par la tour de ctl. Une correction de qqes hpa peut être nécessaire pour que l'alti indique bien zéro (QFE) ou la bonne altitude (QNH).

Cette correction instrumentale doit être notée et appliquée pdt la totalité du vol. Il sera important à l'arrivée d'afficher le nouveau calage fourni par la tour corrigé de l'erreur instrumentale.

ERREUR STRUCTURELLE

Une autre erreur de l'alti est due à son principe même puisque son étalonnage fait correspondre une altitude à une pression selon la loi de décroissance en atmosphère std (loi de Laplace). L'atm réelle étant svnt différente de l'atm std, les valeurs lues sont forcément erronées.

Si la température réelle est inférieure à la tempé. Standard, l'altitude réelle est inférieure à celle indiquée (danger). L'inverse si tempé. réelle > tempé. Std.

PRECAUTIONS AVANT LE VOL

AERODROME NON MUNI D'UNE TWR

Pour des références de hauteurs (tours de piste, vol local) le QFE suffit;
Caler l'altimètre à zéro ft.

Pour les altitudes le QNH est nécessaire, caler l'altimètre à l'altitude officielle de l'aérodrome.

Cette action doit tj être effectuée au sol, avant le décollage. Par ailleurs on ne connaîtra pas l'erreur instrumentale, ce qui peut être gênant pour la suite du voyage qd un organisme fournira un nouveau QNH.

AERODROME MUNI D'UNE TWR

La tour indique selon les besoins, le QFE et/ou le QNH. On détermine alors l'erreur instrumentale qui devra être ajoutée aux futures indications de calage pdt le vol. Erreur instrumentale maxi tolérée: 3hpa

En croisière recalibrer régulièrement le QNH si possible.

SITUATIONS A EVITER

Ne pas voler sans connaître le QNH.

Une baisse de température implique une baisse du QNH. Par ailleurs le vent laisse les dépressions à sa gauche (dans l'hémisphère sud).

SOLUTIONS DES QUESTIONS D'ALTIMETRIE

Voir Zilio page 197:

Un QNH correspond à une colonne d'air dont la pression au niveau Zéro est égale à ce QNH
Plus le QNH est grand, plus la colonne d'air pèse lourd et plus le niveau Zéro est bas.
La règle à retenir est: **Plus Lourd, plus Bas**

ex: un QNH de 1025 hpa aura un niveau Zéro plus bas qu'un QNH 1010 hpa. Ce qui revient à dire que les altitudes de la colonne la plus lourde sont plus basses que celles de la moins lourde.

Recueil de questions 5ième édition Nov 1992

Question N° 74

1050 m correspondent à 3465 ft (un ft = 3,3 m)
Un niveau de vol exige, par définition, un calage à 1013 hpa.
Le QNH réel est de 1000 hpa; le calage 1013 hpa est donc plus lourd et son niveau Zéro est plus bas que le Zéro du QNH réel.
Il est plus bas de $1013 - 1000 = 13$ hpa, soit $13 * 28 \text{ ft} = 364 \text{ ft}$
Toutes les altitudes lues au calage 1013 hpa seront plus basses de 364 ft par rapport au QNH réel.
Le FL 035 correspondra dans la réalité à $3500 \text{ ft} - 364 \text{ ft} = 3136 \text{ ft}$
3136 ft est une altitude plus basse que 3465 ft (1050 m).
Le niveau FL 035 est insuffisant pour passer 1050 m; il faut donc le niveau suivant: FL 055

Question N° 75

1000 m correspondent à 3300 ft (1 m = 3,3 ft)
Un niveau de vol correspond à un calage 1013 hpa. Le QNH réel étant de 995 hpa, le niveau Zéro de 1013 hpa est plus bas (plus lourd = plus bas).
Il est plus bas de $1013 - 995 = 18$ hpa. Soit $18 * 28 \text{ ft} = 504 \text{ ft}$
Le niveau FL 035 correspond à 3500 ft à 1013 hpa. Ce niveau correspond en réalité à une altitude réelle de $3500 - 504 = 2996 \text{ ft}$, ce qui est insuffisant pour passer 3300 ft (1000 m)

Question N° 76

1025 hpa est plus lourd que 1013 ; par conséquent 3300 ft sur la colonne 1025 hpa seront plus bas que 3300 ft sur la colonne 1013 hpa et encore plus bas que 3500 ft sur cette même colonne 1013 hpa.
3300 ft à 1025 hpa est plus bas que le Niveau 35 (3500 ft à 1013hpa).

Remarque: la hauteur minimum de franchissement d'un obstacle naturel sans regroupement de personnes est de 500 ft.