




L'ALTIMETRIE POUR LE CONTROLEUR

A partir du grade :  et programme examen du grade  et supérieurs

1. INTRODUCTION :

Cette page a pour but de permettre aux contrôleurs de se repérer correctement dans la dimension verticale de son espace aérien. Vous y apprendrez les différents termes et quand les utiliser.

2. HAUTEUR, ALTITUDE ET NIVEAU DE VOL :

En aviation, il existe plusieurs façons d'indiquer la position verticale d'un aéronef : la hauteur, l'altitude et le niveau de vol.

Voyons les définitions :

La **hauteur** est la position verticale d'un aéronef au-dessus du sol ou de la surface (terre ou eau). Elle est exprimée en **pieds ASFC** (Above SurFaCe) ou **AGL** (Above Ground Level). Un **altimètre** réglé sur le calage **QFE** indique la hauteur par rapport au point de référence de l'aéroport donnant le **QFE**.

L'**altitude** est la position verticale d'un aéronef au dessus du niveau moyen des mers. Cette altitude est exprimée en **pieds AMSL** (Above Mean Sea Level). Un altimètre réglé sur le calage **QNH** indique une altitude. Lorsque l'on est au sol sur un aérodrome donnant le QNH, l'altimètre indique l'altitude de l'aérodrome.

Le **niveau de vol** (FL - flight level) est la position verticale d'un aéronef au dessus de la surface isobare **1013.25 hPa** (ou 29.92 inHg). La pression **1013.25 hPa** est appelée **calage altimétrique standard**. Le Niveau de Vol est exprimé avec les caractères FL suivi de l'altitude par rapport à la surface isobare exprimée en centaines de pieds (Niveau 40 pour 4000ft).

| | Hauteur | Altitude | Niveau de vol |
|-------------------------------|---------------------|-----------------------|----------------------------|
| Référence géographique | Sol ou surface | Niveau moyen des mers | / |
| Référence altimétrique | QFE | QNH | Surface isobare 1013,25hPa |
| Unité | Pieds (ft) AGL/ASFC | Pieds (ft) AMSL | Niveau - Flight Level (FL) |

3. UTILISATION DES GRANDEURS

Un avion ne peut voler avec que deux réglage altimétrique :

- avec son altimètre calé sur le **QNH local** : il vole en altitude.
- avec l'altimètre calé sur la **pression standard 1013 hPa** : il vole en niveau.

3.1. PROBLEMATIQUE DE SEPARATION DE NIVEAU

Le problème est que le QNH varie d'un lieu à un autre. Le pilote ne passera pas son temps à changer le calage de son altimètre, d'autant plus que l'information de QNH n'est pas connue partout et à chaque instant.

Si deux avions proches l'un de l'autre verticalement et horizontalement, volent avec des altimètres calés sur des QNH différents, ils ne seront certainement plus correctement séparés (risques de collision).

Le calage altimétrique identique de tous les appareils est la seule garantie pour le contrôleur que 2 avions ou plus et **proches** seront correctement séparés verticalement.

C'est la raison pour laquelle une référence de calage altimétrique a été créée : le calage altimétrique sur le calage altimétrique standard, soit **1013.25 hPa**.

Attention, Il faut bien imaginer **qu'un avion qui vole à un certains niveau de vol** (altimètre calé au calage standard 1013), **verra son altitude réelle varier au cours de son vol** selon les variations de la pression atmosphérique des régions qu'il traverse.

3.2. CHANGEMENT DU CALAGE ALTIMETRIQUE

Le **calage altimétrique standard** est particulièrement adapté **aux niveaux de croisières élevés** pour assurer la séparation des appareils qui viennent de régions différentes. Le changement d'altitude réelle sera lent et à haute altitude, il n'aura aucune incidence sur la séparation avec le relief qui sera très éloigné.

Le **calage altimétrique local QNH** est particulièrement adapté **pour tout ce qui est atterrissage, décollage, phases d'approches à basse altitude, circulation proche du relief**. En prenant la même référence locale, les altitudes seront fixes dans la zone d'approche où la pression de l'air est constante. Cependant, les avions ne seront plus séparés avec les appareils ayant un calage altimétrique standard ou différent.

Comme nous voyons, en fonction de la phase du vol, le pilote devra changer son calage altimétrique.

La limite du passage de **l'altimètre au calage à la pression QNH locale vers un calage altimétrique standard** est appelée **l'altitude de transition**.

La limite du passage de **l'altimètre au calage altimétrique standard vers un calage à la pression QNH locale** est appelée le **niveau de transition**.

3.3. TRANSMISSION DU QNH AUX PILOTES

Le travail du contrôleur dans le management de la circulation aérienne est de donner le **QNH local aux pilotes** qui arrivent en phase d'approche une fois qu'ils doivent **traverser le niveau de transition**.

4. ALTITUDE ET NIVEAU DE TRANSITION :

Afin de savoir quel calage altimétrique utiliser, il est important pour les pilotes de connaître l'altitude de transition et le niveau de transition définis dans l'espace où nous nous trouvons.

En espace contrôlé, les contrôleurs doivent attribuer des **niveaux** ou des **altitudes** aux aéronefs. Le contrôleur assigne :

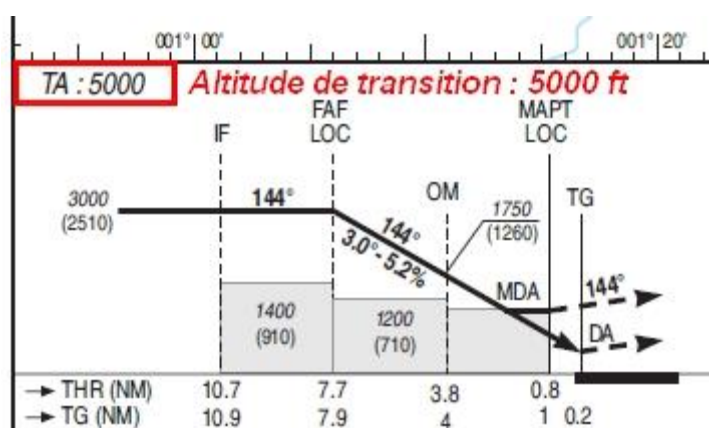
- des **niveaux** de vol au dessus du **niveau de transition**
- des **altitudes** à et en dessous de l'**altitude de transition**

L'altitude de transition est généralement publiée sur les cartes et le niveau de transition est calculé à partir de l'altitude de transition et du QNH

4.1. L'ALTITUDE DE TRANSITION

On retiendra que :

- elle est l'**altitude maximum** où l'altimètre sera calé au **QNH de l'aérodrome concerné**
- elle est **publiée sur les cartes** IAC et ARR-DEP (mais également diffusée dans l'ATIS du contrôleur)
- elle peut être **différente en fonction de l'aéroport** dans le même pays
- elle est définie dans les **limites latérales de la TMA** associée à la carte sur laquelle elle est publiée



Note : En France, nous avons des TA à 3000ft, 4000ft, 5000ft ou 7000ft principalement. Aux Etats Unis, la TA est unique et vaut 18000ft. A la Réunion, la TA vaut 12000ft.

4.2. LE NIVEAU DE TRANSITION :

On retiendra que :

- il est le premier niveau de vol IFR situé à 1000 ft au moins au-dessus de l'altitude de transition
- il est le niveau minimum où l'altimètre sera calé à la pression standard 1013.25 hPa (29.92 inHg)
- il est calculé par le contrôleur en fonction de l'altitude de transition et de la pression atmosphérique (QNH sur l'aéroport).
- il est diffusé dans l'ATIS du contrôleur
- Le calcul du niveau de transition est de la responsabilité du contrôleur Approche (**APP**).

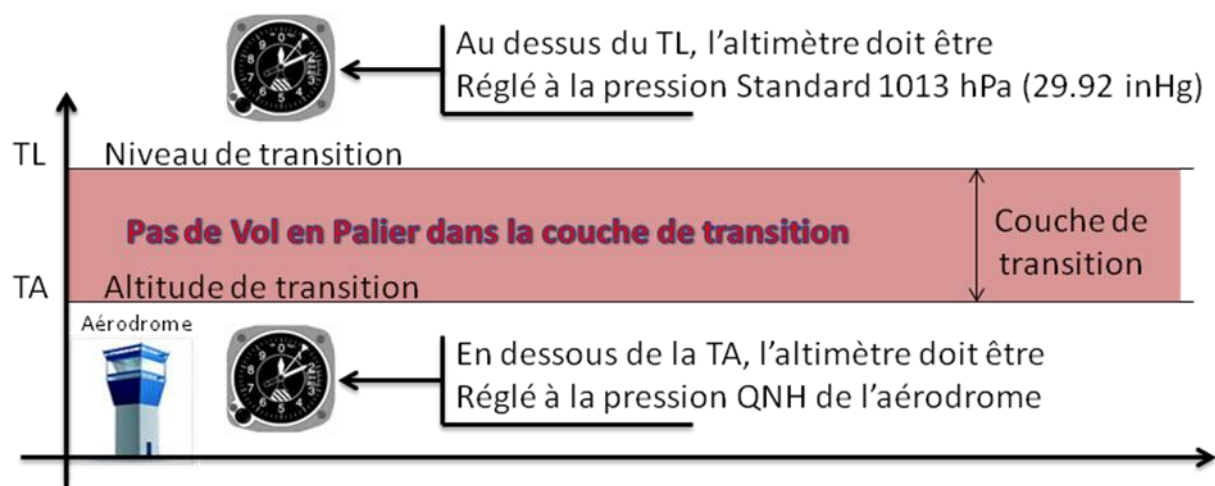
La différence entre l'altitude de transition et le niveau de transition est strictement supérieure à 1000ft. Ceci implique qu'un contrôleur pourra assigner des clairances aussi bien à l'altitude de transition qu'au niveau de transition tout en gardant la séparation verticale.

4.3. LA COUCHE DE TRANSITION :

L'espace situé entre l'altitude et le niveau de transition est appelé **couche de transition**.

- Un avion ne peut pas être en vol de croisière dans la couche de transition car les séparations ne sont plus respectées.
- Un avion ne peut que traverser la couche de transition en montant ou en descendant sans y rester.

La couche de transition a pour épaisseur une valeur qui varie entre 1000ft et 1999ft.



Note : le calage de l'altimètre est la responsabilité du pilote qui doit le faire systématiquement lors d'une traversée de la couche de transition.

4.4. ABSENCE D'ALTITUDE DE TRANSITION

Suivant la région dans laquelle vous contrôlez, il se peut qu'aucune altitude de transition ne soit publiée dans les cartes (cas d'aéroports non inclus dans une zone de contrôle TMA d'une approche).

Dans ce cas, on assimilera la **hauteur 3000 ft ASFC** à notre "**altitude de transition**".

Ainsi, on s'exprimera en altitudes à et sous 3000ft ASFC, et en niveaux de vol au-dessus. **Il n'y a donc pas de niveau de transition.**

5. CALCUL DU NIVEAU DE TRANSITION :

Le **niveau de transition** est le **premier niveau IFR** situé à 1000 ft au moins au-dessus de l'**altitude de transition**.

Pour calculer le niveau de transition, nous avons donc besoin de deux éléments :

- l'altitude de transition
- le QNH

Note : L'altitude de transition prise comme exemple sera de 5000ft pour nos explications.

5.1. ATMOSPHERE TYPE :

L'atmosphère type définit des conditions normales de **température** et de **pression** qui permettent de s'affranchir des variations de ces deux paramètres selon le lieu et le temps considérés.

Au niveau de la mer, l'air de l'atmosphère type est à **15°C** et à **1013,25hPa**

De manière globale :

À **faible altitude**, la pression atmosphérique baisse de 1 hPa chaque fois que l'on s'élève de 28ft.

Variation de pression (hPa) = - Variation d'altitude (ft) / 28

$$\Delta P = -\Delta z / 28$$

À **faible altitude**, la température baisse de 6,5 °C par kilomètre, soit 1 °C pour 154 m.

Variation de Température (°C) = - Variation d'altitude (m) / 154

$$\Delta T = -\Delta h / 154$$

Note : on utilise en planeur à faible altitude la formule : -2°/1000ft

En ce qui concerne l'aéronautique :

La troposphère s'étend de 0 à 11 km ; la température décroît linéairement de 6,5 °C par km, elle a donc une température de -56,5 °C à la tropopause. Au de là de 11km dans la tropopause, la température est constante.

5.2. APPLICATION DES FORMULES SUR LE CALCUL DU NIVEAU DE TRANSITION

5.2.1. CALCUL DE L'ALTITUDE AU DESSUS DE L'ISOBARE STANDARD

Voici les données d'entrées :

- Soit un QNH = **1019 hPa**.
- Soit un avion présent à une altitude constante de **5000ft** ayant son altimètre **calé à la valeur de la pression QNH de l'aérodrome** qu'il survole.
- Nous simplifierons la valeur de la pression standard à **1013 hPa** à la place de 1013,25.

Maintenant, nous allons calculer la différence d'altitude pour la différence de pression entre la pression P_{QNH} et la pression atmosphérique Standard P_{STD} égale à 1013.25hPa.

En fonction de la formule de la page précédente, on obtient la formule suivante pour calculer **la différence l'altitude mesurée par l'altimètre** en fonction de l'altitude et la pression QNH :

$$(P_{\text{QNH}} - P_{\text{STD}}) = (\text{Altitude}_{\text{QNH}} - \text{Altitude}_{1013}) / 28 = \text{Différence Altitude} / 28$$

$$\text{Différence Altitude} = 28 * (P_{\text{QNH}} - P_{\text{STD}})$$

$$\text{Différence Altitude} = 28 * (1019 - 1013) = 28 * 6 = +168\text{ft}$$

Le fait de passer son altimètre **de la pression standard 1013 hPa** à la **pression au QNH 1019hPa** impose une variation d'altitude de **+168ft sur l'altimètre**.

Calculons la valeur de l'altitude/pression de l'appareil établi à l'altitude 5000ft QNH :

$$(1019 - 1013) = (5000 - \text{Altitude}_{1013}) / 28$$

$$\text{Altitude}_{1013} = [-28 * (1019 - 1013)] + 5000 = (-28 * 6) + 5000 = -168 + 5000 = 4832\text{ft}$$

Donc, l'appareil se situe à 4832ft au dessus de la **courbe isobare standard 1013 hPa**.

Une altitude au dessus de la courbe isobare 1013 hPa est appelée **un niveau de vol**.

5.2.2. CALCUL DU NIVEAU DE TRANSITION

Voici les données d'entrées :

- Soit le niveau de transition **TRL**, étant le niveau de vol **situé à au moins 1000 ft au-dessus** de l'altitude de transition **TA**.
- Soit la pressions atmosphérique **QNH** ramenée au niveau de la mer au niveau de l'aérodrome
- Soir les niveaux IFR disponibles : FL30/3000ft ; FL40/4000ft ; FL50/5000ft ; FL60/6000ft ; FL70/7000ft ; FL80/8000ft; FL90/9000ft ... etc.

Nous reprenons notre formule précédente :

$$(P_{\text{QNH}} - P_{\text{STD}}) = (\text{Altitude}_{\text{QNH}} - \text{Altitude}_{1013}) / 28$$

Maintenant nous allons faire intervenir, nos valeurs QNH du METAR et notre valeur TA Altitude de transition et **calculer le niveau de vol équivalent à l'altitude de transition** ou **répondre à la question quel est le niveau de vol fictif d'un appareil qui vole à l'altitude de transition :**

$$(\text{QNH} - 1013) = (\text{TA} - \text{Altitude}_{1013}) / 28$$

$$\text{FL}_{\text{eq}} = \text{Altitude}_{1013} / 100 = \text{TA} - 28 * (\text{QNH} - 1013) / 100$$

Nous avons trouvé notre formule de base :

$$\text{FL}_{\text{eq}} = \text{TA} - 28 * (\text{QNH} - 1013) / 100$$

Puisque le niveau de transition doit se trouver au moins 1000 ft au-dessus de l'altitude de transition, nous devons trouver le premier niveau disponible qui satisfait la condition suivante :

$$\text{FL}_{\text{eq}} + 10 \leq \text{TRL} \leq \text{FL}_{\text{eq}} + 20$$

Calculons maintenant pour plusieurs valeurs de QNH, le niveau de transition.

| TA (ft) | QNH (hPa) | Altitude ₁₀₁₃ (ft) | FL _{eq} | TRL |
|---------|-----------|-------------------------------|------------------|------|
| 5000 | 1019 | 4832 | FL48 | FL60 |
| 5000 | 1013 | 5000 | FL50 | FL60 |
| 5000 | 1002 | 5308 | FL53 | FL70 |
| 5000 | 1050 | 3964 | FL40 | FL50 |
| 6500 | 1021 | 6304 | FL63 | FL80 |
| 6500 | 1032 | 5968 | FL60 | FL70 |

5.3.CALCUL DES LIMITES DES CHANGEMENTS DE NIVEAU DE TRANSITION

Cas d'une altitude de transition de 5000ft :

Nous allons déterminer les niveaux de QNH pour chercher les limites de changement des niveaux de transitions.

On prendra **FL** étant l'altitude en pied (ft) du Niveau de Transition **TRL** recherché :

$$FL = TA - 28 * (QNH - 1013)$$

$$- 28 * (QNH - 1013) = FL - TA$$

$$QNH - 1013 = (TA - FL) / 28$$

$$QNH = [(TA - FL) / 28] + 1013$$

| TA | FL | QNH |
|------|------|--------|
| 5000 | 3000 | 1084.4 |
| 5000 | 4000 | 1048.7 |
| 5000 | 5000 | 1013 |
| 5000 | 6000 | 977.3 |
| 5000 | 7000 | 941.6 |

| TA | FL | QNH |
|------|------|---------|
| 6500 | 5000 | 1066.6 |
| 6500 | 6000 | 1030.85 |
| 6500 | 7000 | 995.1 |
| 6500 | 8000 | 959.4 |

En suivant les valeurs du tableau, nous pouvons maintenant donner les valeurs de niveaux de transition en fonction du QNH et de l'altitude de transition par zone.

Pour vous éviter de recalculer toutes ces zones, au chapitre suivant, vous trouverez des tableaux de niveaux de transition récapitulatifs en fonction de l'altitude de transition.

6. TABLEAU RESUME POUR CHOISIR SON NIVEAU DE TRANSITION SANS CALCUL

6.1. ALTITUDE DE TRANSITION FINISSANT PAR '000'

| TA | QNH MINI (hPa) | QNH MAXI (hPa) | TRL |
|------|----------------|----------------|------|
| 3000 | 942 | 977 | FL60 |
| 3000 | 978 | 1012 | FL50 |
| 3000 | 1013 | 1048 | FL40 |
| 3000 | 1049 | 1084 | FL20 |

| TA | QNH MINI (hPa) | QNH MAXI (hPa) | TRL |
|------|----------------|----------------|------|
| 4000 | 942 | 977 | FL70 |
| 4000 | 978 | 1012 | FL60 |
| 4000 | 1013 | 1048 | FL50 |
| 4000 | 1049 | 1084 | FL40 |

| TA | QNH MINI (hPa) | QNH MAXI (hPa) | TRL |
|------|----------------|----------------|------|
| 5000 | 942 | 977 | FL80 |
| 5000 | 978 | 1012 | FL70 |
| 5000 | 1013 | 1048 | FL60 |
| 5000 | 1049 | 1084 | FL50 |

| TA | QNH MINI (hPa) | QNH MAXI (hPa) | TRL |
|------|----------------|----------------|------|
| 6000 | 942 | 977 | FL90 |
| 6000 | 978 | 1012 | FL80 |
| 6000 | 1013 | 1048 | FL70 |
| 6000 | 1049 | 1084 | FL60 |

| TA | QNH MINI (hPa) | QNH MAXI (hPa) | TRL |
|------|----------------|----------------|-------|
| 7000 | 942 | 977 | FL100 |
| 7000 | 978 | 1012 | FL90 |
| 7000 | 1013 | 1048 | FL70 |
| 7000 | 1049 | 1084 | FL60 |

| TA | QNH MINI (hPa) | QNH MAXI (hPa) | TRL |
|-------|----------------|----------------|-------|
| 10000 | 942 | 977 | FL130 |
| 10000 | 978 | 1012 | FL120 |
| 10000 | 1013 | 1048 | FL110 |
| 10000 | 1049 | 1084 | FL100 |

| TA | QNH MINI (hPa) | QNH MAXI (hPa) | TRL |
|-------|----------------|----------------|-------|
| 11000 | 942 | 977 | FL140 |
| 11000 | 978 | 1012 | FL130 |
| 11000 | 1013 | 1048 | FL120 |
| 11000 | 1049 | 1084 | FL110 |

| TA | QNH MINI (hPa) | QNH MAXI (hPa) | TRL |
|-------|----------------|----------------|-------|
| 12000 | 942 | 977 | FL150 |
| 12000 | 978 | 1012 | FL140 |
| 12000 | 1013 | 1048 | FL130 |
| 12000 | 1049 | 1084 | FL120 |

| TA | QNH MINI (hPa) | QNH MAXI (hPa) | TRL |
|-------|----------------|----------------|-------|
| 18000 | 942 | 977 | FL210 |
| 18000 | 978 | 1012 | FL200 |
| 18000 | 1013 | 1048 | FL190 |
| 18000 | 1049 | 1084 | FL180 |

6.2. ALTITUDE DE TRANSITION FINISSANT PAR '500'

| TA | QNH MINI (hPa) | QNH MAXI (hPa) | TRL |
|------|----------------|----------------|------|
| 5500 | 1031 | 1066 | FL60 |
| 5500 | 996 | 1030 | FL70 |
| 5500 | 960 | 995 | FL80 |

| TA | QNH MINI (hPa) | QNH MAXI (hPa) | TRL |
|------|----------------|----------------|------|
| 6500 | 1031 | 1066 | FL70 |
| 6500 | 996 | 1030 | FL80 |
| 6500 | 960 | 995 | FL90 |

| TA | QNH MINI (hPa) | QNH MAXI (hPa) | TRL |
|------|----------------|----------------|-------|
| 7500 | 1031 | 1066 | FL80 |
| 7500 | 996 | 1030 | FL90 |
| 7500 | 960 | 995 | FL100 |

| TA | QNH MINI (hPa) | QNH MAXI (hPa) | TRL |
|------|----------------|----------------|-------|
| 8500 | 1031 | 1066 | FL90 |
| 8500 | 996 | 1030 | FL100 |
| 8500 | 960 | 995 | FL110 |

Ce manuel est destiné uniquement à la simulation de vol et de contrôle aérien sur IVAO™. Ce document ne doit pas être utilisé dans l'aviation réelle. Il reste la propriété de IVAO™ Division France