

Thème n°3 : Sécurité

1. [La circulation aérienne](#)

Afin de réglementer de façon mondiale la circulation aérienne et faciliter ainsi les échanges entre les différents pays par la voie des airs, 150 pays se sont regroupés pour former l'**O.A.C.I.** (**O**rganisation de l'**A**viation **C**ivile **I**nternationale). Cette organisation établit des normes et règlements que les pays membres adoptent pour légiférer la Circulation Aérienne Générale (C.A.G) dans leur espace aérien national. Il arrive que dans certains cas les pays maintiennent un règlement national plus restrictif que les propositions de l'O.A.C.I. Les langues reconnues comme langues aéronautiques internationales sont par ordre de priorité l'anglais, le français, l'espagnol, le russe et le chinois.

En France la circulation aérienne est séparée en deux grandes catégories :

- La Circulation Aérienne Générale (CAG) pour les aéronefs civils
- La Circulation Aérienne Militaire (CAM) pour les aéronefs militaires.

Cette dernière étant elle-même divisée en deux catégories : la Circulation Opérationnelle Militaire (COM) et la Circulation d'Essai et de Réception (CER).

2. [Les zones aéronautiques](#) (ou espaces aériens)

L'espace aérien est découpé en 2 sous-espaces :

- **L'espace supérieur (Z > FL195⁽¹⁾)**

Dans l'espace supérieur les aéronefs doivent obligatoirement être sous le régime du vol aux instruments (IFR) (cf. §4.2.).

- **L'espace inférieur (Z < FL195)**

Dans l'espace inférieur on trouve plusieurs catégories d'espaces aériens :

- les espaces non contrôlés dans lesquels tout aéronef peut voler librement sous réserve d'avoir des conditions météorologiques favorables ;
- les espaces contrôlés dans lesquels peuvent se trouver des aéronefs en vol à vue ou en vol aux instruments selon les cas ;
- des zones soumises à restriction.

2.1. [Les espaces aériens contrôlés](#)

Parmi les espaces contrôlés (= gérés par un centre/tour de contrôle) de l'espace inférieur on distingue plusieurs types de zones :

- les airways, **AWY**, sortes de routes (ou couloirs) aériennes dans lesquelles les avions transitent entre les aéroports ;
- les zones terminales, TMA, qui entourent les aéroports et dans lesquelles sont comprises les trajectoires de montée et de descente et d'attente des avions qui ont décollé ou vont se poser sur l'aéroport ;
- les zones de contrôle, CTR, qui comprennent les trajectoires de décollage et d'approche finale des avions opérant sur l'aéroport.

Afin que les commandants de bord sachent s'ils sont autorisés ou non à pénétrer des zones en régime de vol à vue (= VFR), et si oui, à quelles conditions.

Toutes ces zones apparaissent sur les cartes aéronautiques : leurs limites verticales y sont indiquées ainsi qu'une lettre (classe d'espace) qui permet de savoir quels sont les types de vol qui y sont autorisés et sous quelles conditions.

¹ FL = Flight Level, niveau de vol. voir §6. FL195 = niveau de vol de 19 500 pieds à la pression de 1 013 hPa, soit environ 5 800 m.

Les classes d'espaces aériens :

Espace	Conditions
Classe A	Espace supérieur (Z > FL195) Pas de VFR autorisés Radio obligatoire Clairance ⁽²⁾ obligatoire Le contrôle assure les espacements entre les aéronefs.
Classe D	Espace inférieur contrôlé VFR possible si VMC Radio obligatoire Clairance obligatoire Le contrôle assure les espacements entre les IFR et informe tous les aéronefs en vol de la présence des autres. Les pilotes en VFR sont responsables de leurs espacements par rapport aux autres.
Classe E	Espace inférieur contrôlé VFR possible si VMC Radio obligatoire pour les IFR Clairance obligatoire pour les IFR Le contrôle assure l'espacement des avions en IFR et informe les avions en VFR du trafic en contact radio. Les pilotes en VFR doivent assurer leur espacement par rapport aux autres trafics.
Classe G	Espace inférieur non contrôlé VFR possible si VMC Radio obligatoire pour les IFR Pas de clairance requise Le contrôle n'assure aucun espacement.

→ Les espaces de classe B, C et F n'existent pas en France car les contrôleurs ne s'estiment pas en mesure d'assurer les services demandés dans ces types d'espaces.

2.2. Les zones soumises à restriction

Elles sont signalées sur les cartes et accompagnées d'une lettre indiquant le type de restriction :

- **P = Prohibited** (interdites à tout aéronef) ;
- **A** = zones interdites à basse altitude pour les aéronefs militaires ;
- **D = Dangerous** (dangereuses à survoler) : zones dangereuses où la pénétration est autorisée mais à ses risques et périls ;
- **R = Restricted** (pénétration restreinte sous certaines conditions) : zones réglementées dont la pénétration est soumise à conditions. Ce sont des zones d'entraînement militaire comme par exemple des couloirs d'entraînement au vol à basse altitude et à grande vitesse ;
- **ZIT = Zone d'Interdiction Temporaire** : zones créées pour la protection de sites sensibles comme les centrales nucléaires, par exemple (installations sensibles vigipirates) ;
- **ZRT = Zones Réglementées Temporaires** : Elles ont été créées pour des raisons de sûreté aérienne pour la protection de certaines agglomérations. Elles sont également utilisées lors d'exercices militaires.
- **TSA = Zones de Ségrégation Temporaires** : zones réservées à l'usage exclusif d'utilisateurs spécifiques pendant une durée déterminée ;
- **CBA = Zones Transfrontalières** : zones de ségrégation temporaire établies au-dessus de frontières internationales. Zones réputées imperméables à tous types de régime de vol.

→ Ces zones portent un numéro et il est possible de consulter les documentations aéronautiques pour connaître les raisons de leur classification ou les conditions de pénétration.

² Une clairance (francisation du mot anglais *clearance*) est un terme aéronautique qui désigne une autorisation délivrée par les organismes de contrôle aérien.

3. La navigation

3.1. Le vol à vue (VFR)

Un pilote effectue un vol selon les règles de vol à vue lorsqu'il maintient son avion dans une configuration propre au vol (attitude, vitesse) sur sa trajectoire pour l'emmener vers sa destination en s'orientant par rapport à des repères extérieurs (reliefs, routes, villes...) et à l'aide d'une carte.

Les règles de vol à vue sont désignées sous le terme de **VFR (V**isual **F**light **R**ules). Pour être autorisé à voler à vue il faut réunir des conditions météorologiques minimales appelées **VMC (V**isual **M**eteorological **C**onditions). Elles dépendent de la nature de l'espace (contrôlé ou non) et de l'altitude de vol par rapport à la surface survolée.

Remarque : les vols VFR doivent être effectués à au moins 500 ft ASFC ou 500 ft au-dessus de tout obstacle dans un rayon de 150 m dans les autres cas.

Cependant, cette altitude minimale est relevée quand l'aéronef survole une agglomération ou ville suivant le tableau ci-dessous : (voir partie « Réglementation »)

Aéronef survolant	Altitude minimale
Campagne, maison isolée, obstacle	500 ft du point le plus haut
Parc ou réserve naturelle, installation portant une marque spécifique (sur la carte IGN 500 000).	1 000 ft
Agglomération dont le diamètre est inférieur à 1200 m	1 600 ft
Agglomération dont le diamètre est supérieur à 1200m et inférieur à 3600 m	3 300 ft
Agglomération dont le diamètre est supérieure à 3600m ou	5 000 ft
Paris (dans le cadre exceptionnel de vols autorisés en classe A)	FL65

Les **conditions météorologiques de vol à vue** ou **conditions VMC** sont détaillées dans la réglementation de la circulation aérienne :

- De jour :

Bande d'altitude	Classe d'espace aérien	Visibilité en vol	Distance par rapport aux nuages
Au-dessus du niveau FL100	A B C D E F G	8 km	1,5 km horizontalement 1 000 pieds verticalement
Au-dessus de 3 000 pieds/mer ou 1 000 pieds/sol	A B C D E F G	5 km	1,5 km horizontalement 1 000 pieds verticalement
En-dessous de 3 000 pieds/mer ou 1 000 pieds/sol	A B C D E	5 km	1,5 km horizontalement 1 000 pieds verticalement
	F G	(En France depuis 4 décembre 2014) -5km si [vitesse>140kts ET à moins de 15km d'une piste] -30" de vol si [vitesse >140kts ET à plus de 15km d'une piste] -1,5km si vitesse <140kts -800m si [hélicoptère ET vitesse <50kts]	Hors des nuages et en vue du sol

- De nuit :

Bande d'altitude	Classe d'espace aérien	Visibilité en vol	Distance par rapport aux nuages
Au-dessus du niveau FL100	A B C D E F G	8 km	1,5 km horizontalement 1 000 pieds verticalement Plafond nuageux (plus de la moitié du ciel) supérieur à 1500 ft
Au-dessus de 3 000 pieds/mer ou 1 000 pieds/sol	A B C D E F G	5 km	1,5 km horizontalement 1 000 pieds verticalement Plafond nuageux (plus de la moitié du ciel) supérieur à 1500 ft
En-dessous de 3 000 pieds/mer ou 1 000 pieds/sol	A B C D E	5 km	1,5 km horizontalement 1 000 pieds verticalement Plafond nuageux (plus de la moitié du ciel) supérieur à 1500 ft En vue du sol
	F G	5 km	Hors des nuages Plafond nuageux (plus de la moitié du ciel) supérieur à 1500 ft En vue du sol

Les méthodes de navigation à vue :

- le cheminement à vue, qui consiste à suivre les lignes naturelles caractéristiques ;

Ce type de navigation consiste à chercher des points de repère visuels tout au long du trajet et à effectuer la navigation en passant d'un point de repère à un autre. Lorsque la météo est très clémente et que la portée visuelle est très grande, il est possible d'effectuer ce type de navigation en toute tranquillité.

- l'estime, qui consiste à déterminer le cap magnétique à prendre et l'heure estimée d'arrivée sur un point caractéristique ou sur un aéroport.

3.2. Le vol aux instruments (IFR)

Les règles de vol aux instruments sont désignées sous le sigle **IFR (Instrument Flight Rules)**.

Le vol IFR est obligatoire dès lors que les conditions météo sont en dessous des VMC (cf. §3.1.). On parle alors de conditions **IMC (Instrument Meteorological Conditions)**. De même pour le vol de nuit, pour le vol à des altitudes > FL195 et pour le survol des régions maritimes et inhospitalières, le vol se fait obligatoirement en IFR. Tout comme en VFR le vol en IFR doit respecter des niveaux qui sont fonction du cap de l'avion hors des espaces contrôlés.

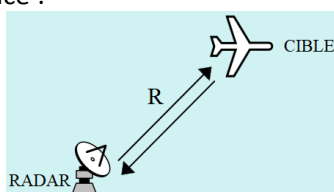
3.3. Les instruments de navigation et de radio-navigation

Voir complément « Sécurité – Complément »

4. Contrôle de la sécurité aérienne

- Radar primaire**

Un **radar primaire (Primary Surveillance Radar ou PSR en anglais)** est un capteur radar⁽³⁾ classique qui diffuse une onde électromagnétique sur une large portion d'espace et qui reçoit en retour les ondes réfléchies par les cibles se trouvant dans cet espace :



Radar primaire typique à faisceau plat d'un aéroport →



³ Le **radar** (de l'anglais **RA**dio **D**etection **A**nd **R**anging) est un système qui utilise les ondes électromagnétiques pour détecter la présence et déterminer la position ainsi que la vitesse d'objets tels que les avions, les bateaux, ou la pluie.

- **Transpondeur**

Un **transpondeur** (contraction des mots anglais *transmitter* – *responder*, émetteur – répondeur) est un dispositif électronique qui émet une réponse quand il reçoit une interrogation par radio. En aéronautique, les avions possèdent des transpondeurs pour aider à leur identification par les radars et aussi comme système anti-collision.

- **Radar « secondaire »**

Le **radar secondaire**, utilisé pour l'interrogation des transpondeurs, est appelé « secondaire » pour le distinguer du « radar primaire », qui lui ne fonctionne qu'en faisant se réfléchir ses ondes radio sur la surface de l'avion visé.

5. Altimétrie

En aviation il y a trois façons d'indiquer la position verticale d'un aéronef :

- Hauteur
- Altitude
- Niveau de Vol

5.1. Calage altimétrique :

Le calage altimétrique, ou calage de l'altimètre, est la valeur de la pression atmosphérique utilisée pour régler la position de l'échelle secondaire d'un altimètre anéroïde afin qu'il indique la hauteur d'un aéronef au-dessus d'une surface de référence connue.

Cette référence peut être le niveau du sol de l'aérodrome le plus près sous l'aéronef, donnant le **QFE** (Atmospheric pressure (Q) Field Elevation), le niveau de la mer, ce qui donnera le **QNH** (Atmospheric pressure (Q) Nautical Height), ou la pression atmosphérique standard de 1013,25 hPa qui donnera le niveau de vol standard ou **FL**.

Le QNH ou le QFE est indiqué par l'altimètre de l'avion : **un altimètre est en fait un capteur de pression gradué en pieds (ft) et pas en hPa !** il ne mesure pas la distance qui existe entre le sol et l'avion mais uniquement la pression de l'air ambiant !

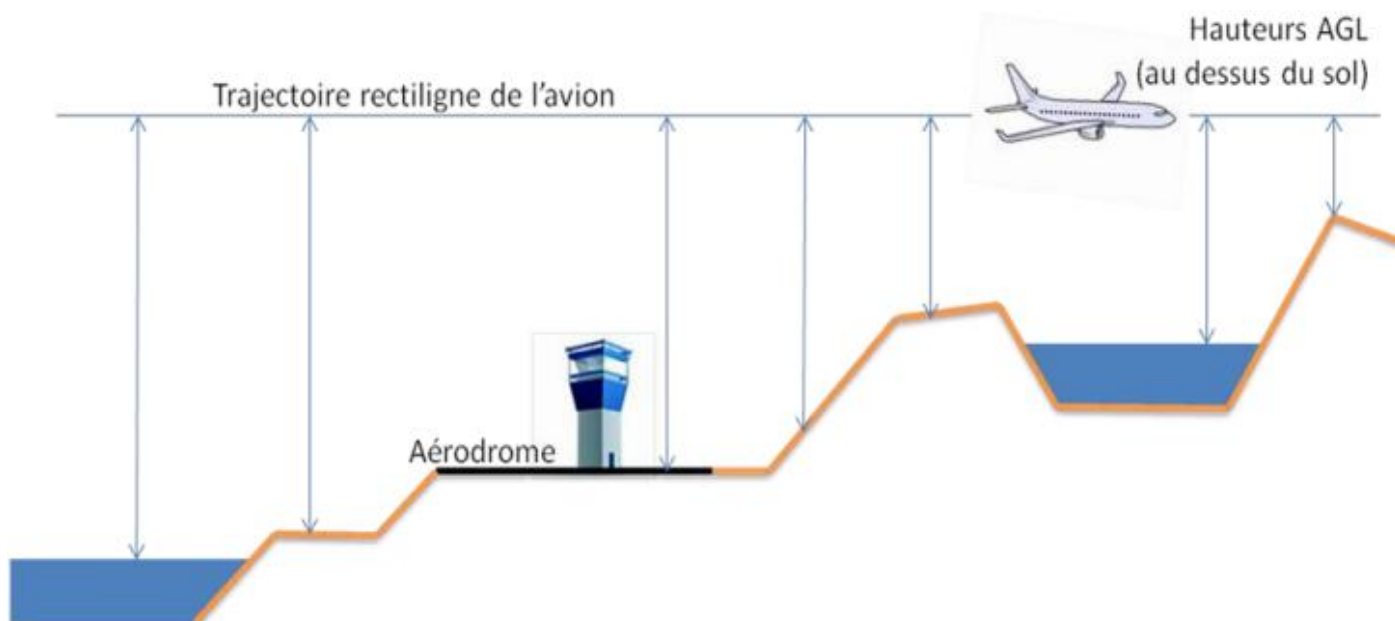
5.2. Hauteur et QFE

Définition :

Une **hauteur** est la distance verticale entre un aéronef et la surface qu'il survole (terre ou eau).

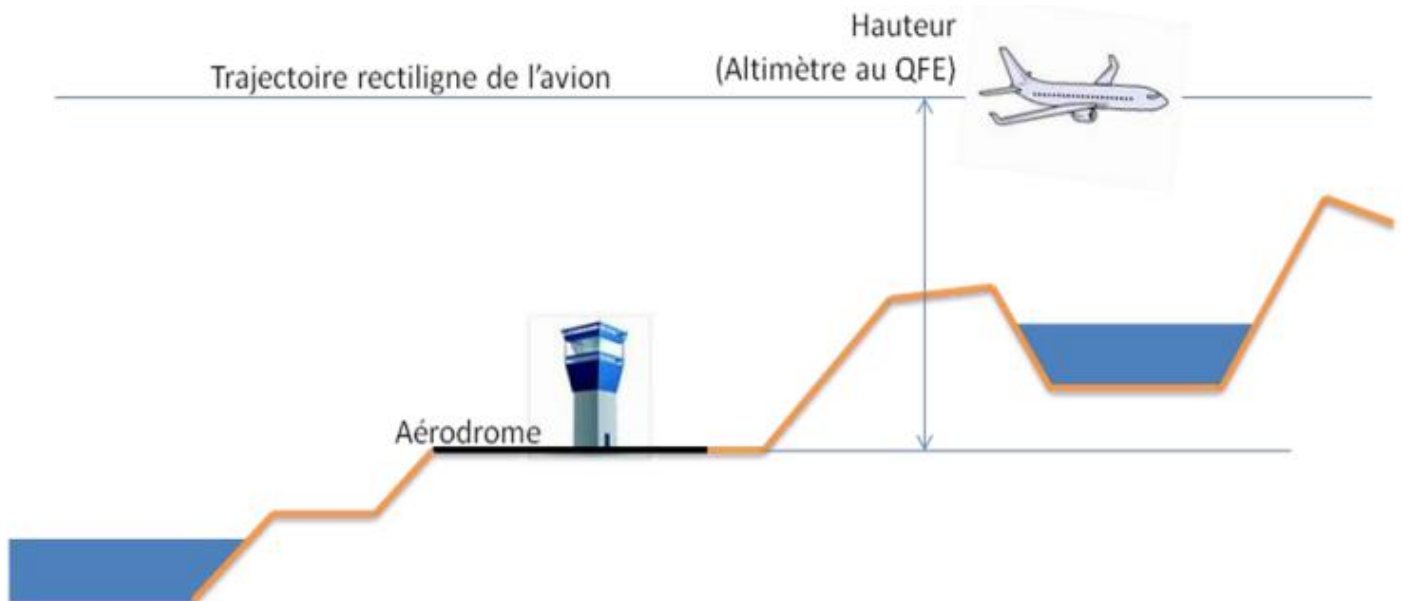
- Pour exprimer une hauteur, on définit les hauteurs **AGL** (**A**bove **G**round **L**evel) ou **ASFC** (**A**bove **S**urface) : il s'agit de la hauteur entre l'avion et le sol juste en dessous de sa position. Elle suit donc le relief.

Pour afficher la hauteur AGL/ASFC dans un avion, il faut un radio-altimètre qui mesure la hauteur entre le sol et l'avion.



- Pour exprimer une hauteur au dessus de l'aérodrome, on définit la hauteur **AAL (Above Aerodrome Level)** : il s'agit de la hauteur entre l'avion et le point de référence de l'aérodrome comme s'il était en dessous de la position de l'appareil (même s'il n'y est pas). Cette hauteur ne suit pas le relief.

Pour afficher la hauteur AAL dans un avion, il faut un altimètre réglé sur le calage altimétrique à la pression QFE d'un aérodrome, il indique la hauteur au-dessus du point de référence de ce dernier.



→ Lorsqu'on est au sol sur un aérodrome, l'altimètre réglé au QFE indique 0 ft.

Remarque : Le QFE est la pression atmosphérique mesurée sur l'aérodrome. Plus l'aérodrome est haut, plus bas est le QFE.

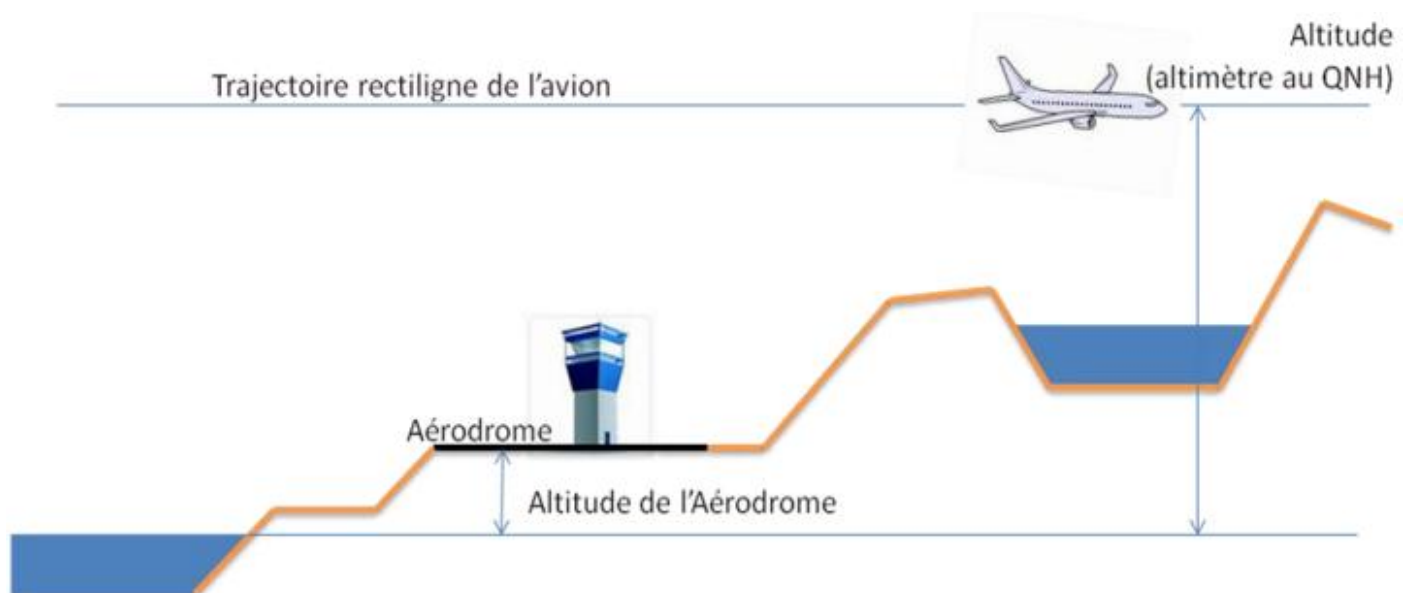
5.3. Altitude et QNH

Définition :

Une **altitude** est la distance verticale d'un aéronef au dessus du niveau moyen des mers.

Pour exprimer une altitude, on peut utiliser le terme **AMSL (Above Mean Sea Level)**.

→ Pour afficher une altitude dans un avion, il faut un altimètre réglé sur le calage altimétrique à la pression QNH d'un aérodrome.

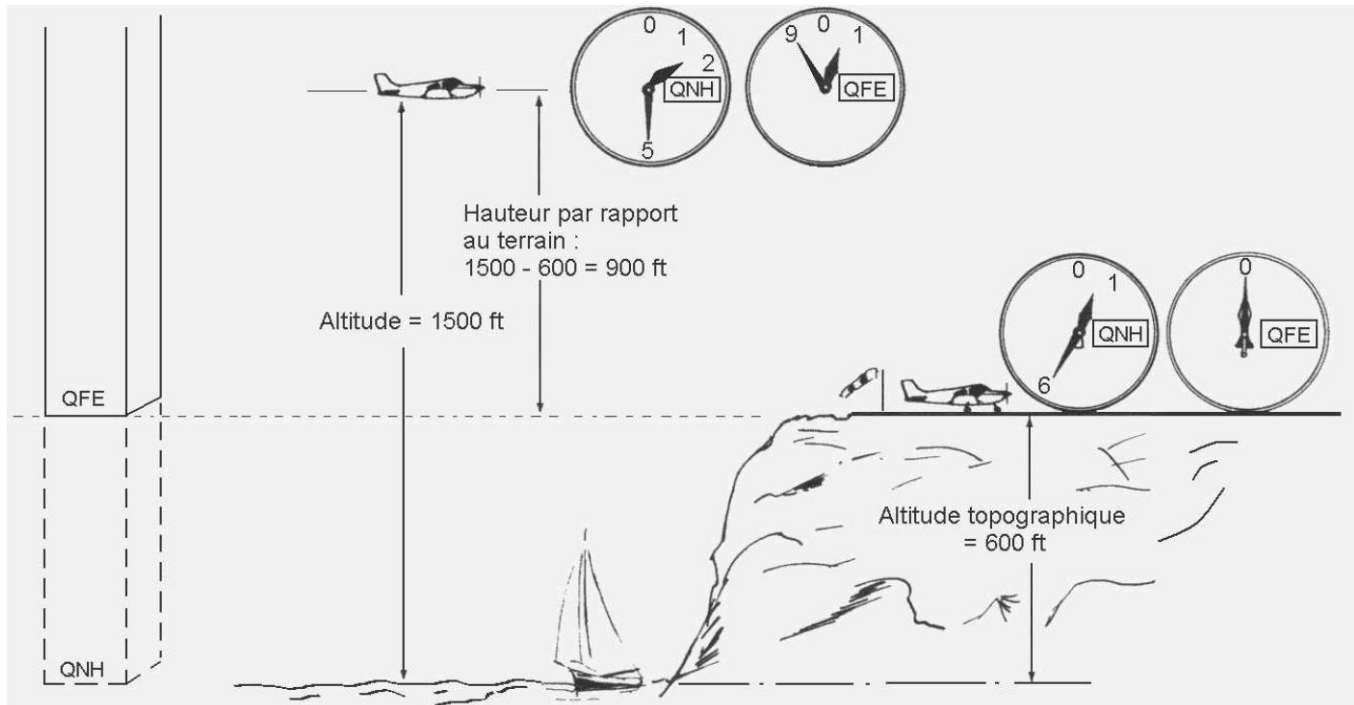


→ Lorsqu'on est au sol sur un aérodrome, l'altimètre réglé au QNH indique l'altitude de l'aérodrome.

Remarques :

- L'altitude et le QNH sont les deux grandeurs les plus utilisées dans l'aviation générale et les vols à basse altitude en aéronautique ;
- Le QNH donne la pression atmosphérique qu'il y aurait sur cet aéroport s'il était au niveau de la mer. Il est le résultat d'un calcul en fonction de l'altitude de l'aéroport et du QFE.

En résumé :



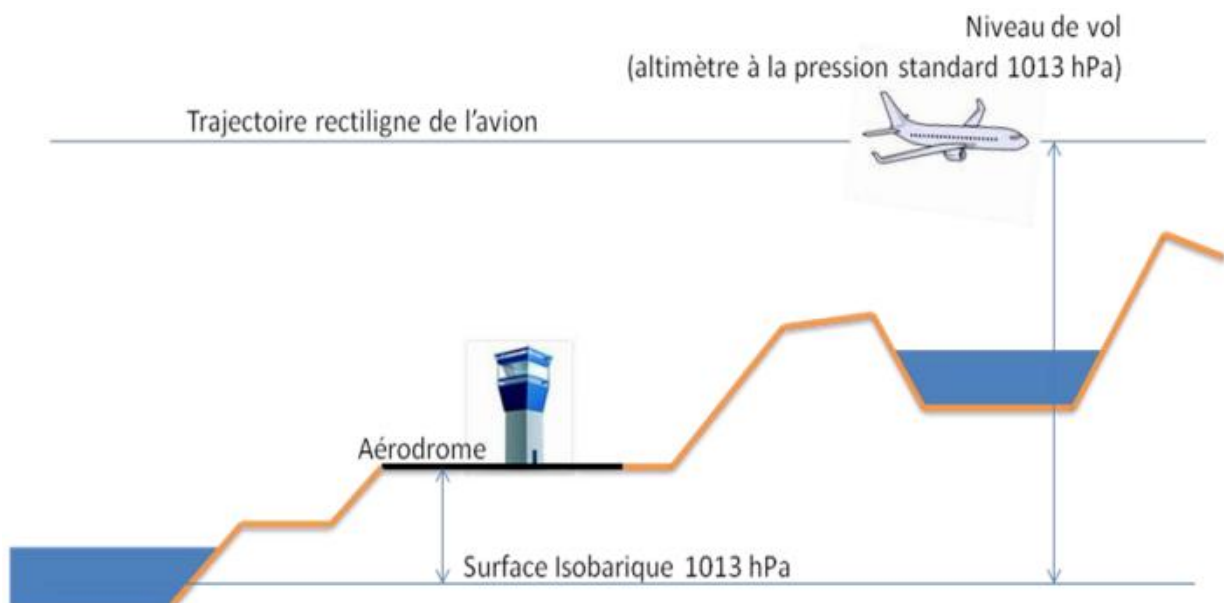
5.4. Niveau de vol

Définition :

- Un **niveau de vol** est une altitude exprimée au-dessus de la surface isobare 1013,25 hPa ;
- Un niveau de vol est exprimé en **centaines de pieds**, et précédé de l'acronyme **FL** (**F**light **L**evel, niveau de vol)
- Le calage d'un altimètre au QNH = 1013,25 est appelé **calage altimétrique standard**.

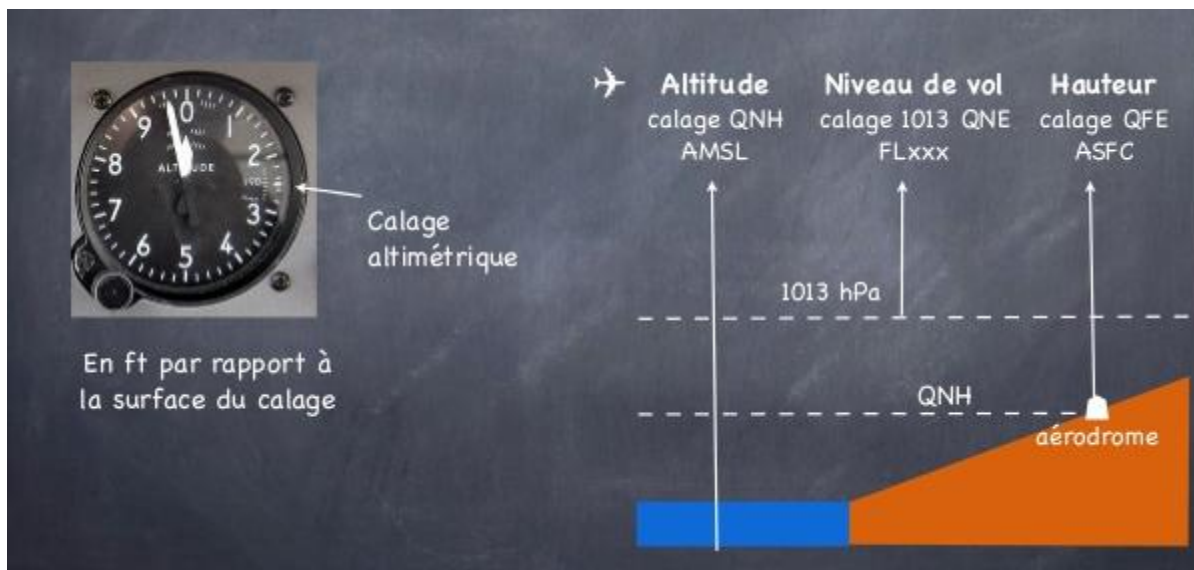
Exemple : FL300 \Leftrightarrow altitude de 30000 ft au-dessus de la surface isobare 1013,25 hPa, appelé "Niveau 300".

Pour afficher un niveau de vol (FL) dans un avion, il faut un altimètre réglé sur le calage altimétrique standard ou QNH = 1013,25 :



Remarque : Le Niveau de Vol est la grandeur utilisée dans l'aviation commerciale en croisière et les vols à haute altitude en aéronautique. L'aviation générale vole également en niveau de vol au dessus du niveau de transition ou 3000 ft par rapport au sol.

EN RÉSUMÉ :



	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) (Hauteur AGL/ASFC)	Pieds (ft) (AMSL)	FL (Flight Level ou niveau de vol)

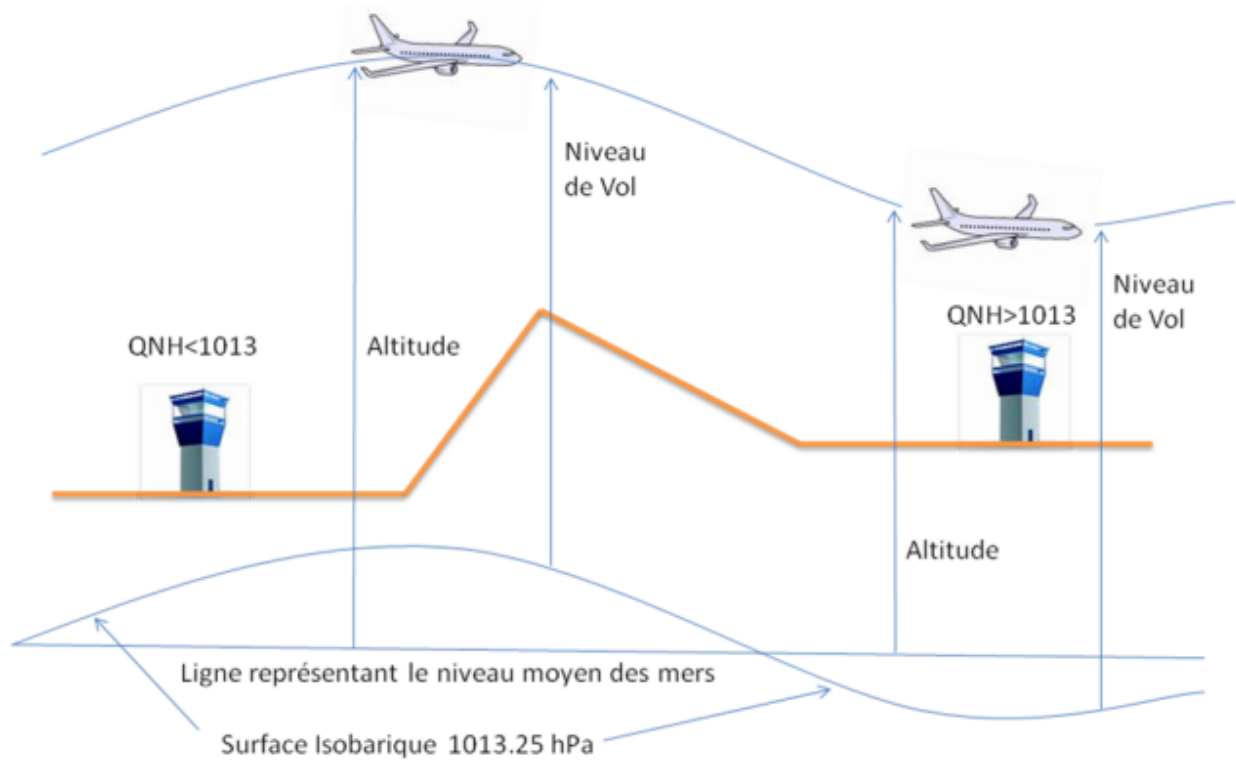
5.5. Problème du calage altimétrique

On pourrait penser que le QNH est la façon la plus simple d'obtenir une altitude en vol.

En fait, la pression atmosphérique ramenée au niveau de la mer change suivant les endroits. Il faudrait donc, surtout pour un vol de longue durée, recalibrer constamment l'altimètre avec le QNH local pour avoir une altitude. Il y aurait alors un risque de voir les avions beaucoup plus proches verticalement que les altitudes indiquées sur leurs altimètres calés sur deux références différentes.

C'est pourquoi, pour éviter cela, au-dessus d'une certaine altitude (altitude de transition), tous les pilotes changent leur calage en un calage standard (1013 hPa) qui est la pression au niveau de la mer en atmosphère standard. Ainsi, tous les avions au-dessus de cette altitude utiliseront la même référence pour leur altimètre.

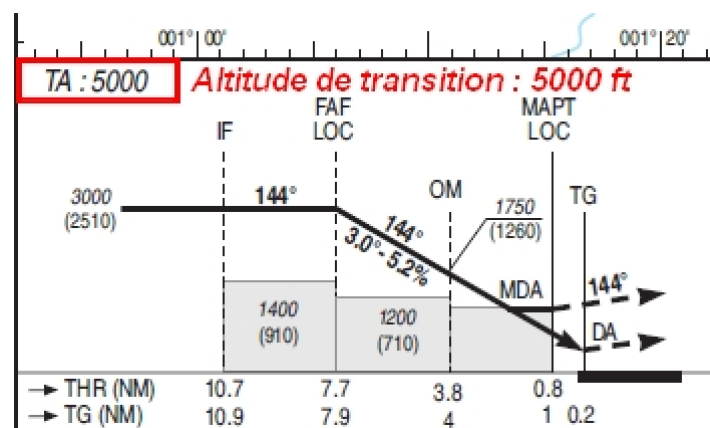
Comme le QNH change à différents endroits du globe, le niveau de vol étant constant, cela implique un changement d'altitude de l'appareil en permanence qui change au rythme très lent du changement de QNH.



Altitude de transition :

Afin de savoir quel calage altimétrique utiliser, il faut connaître l'altitude de transition défini dans l'espace où nous nous trouvons :

- elle est publiée sur les cartes IAC⁽⁴⁾ et ARR-DEP (mais également diffusée dans l'ATIS du contrôleur)
- elle est l'altitude maximum où l'altimètre sera calé au QNH de l'aérodrome concerné
- elle peut être identique ou 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



6. Règles de priorité en vol

▪ Priorité entre aéronefs

- L'aéronef qui a la priorité de passage conservera son cap et sa vitesse ;
- Un aéronef qui est obligé de céder le passage à un autre aéronef, évitera de passer au-dessus ou au-dessous de ce dernier, ou devant lui, à moins de le faire à une bonne distance et de tenir compte de la turbulence de sillage.

⁴ IAC = Instrument Approach Charts = Cartes d'Approche aux Instruments. Les cartes IAC sont des cartes destinés aux aéronefs en régime de vol IFR principalement.

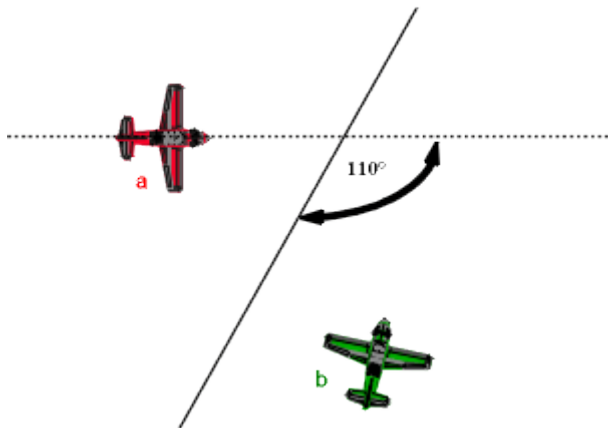
▪ **Rapprochement de face**

Lorsque deux aéronefs se rapprochent de face et qu'il y a un risque d'abordage, chacun d'eux doit se diriger vers sa droite.

▪ **Routes convergentes**

Lorsque deux aéronefs se trouvent à peu près ou au même niveau, ils devront suivre une route convergente, et celui qui verra l'autre à sa droite modifiera sa route en s'écartant, les priorités à respecter sont :

- les aéronefs motopropulsés céderont le passage aux dirigeables, aux planeurs et aux ballons ;
- les dirigeables céderont le passage aux planeurs et aux ballons ;
- les planeurs céderont le passage aux ballons ;
- les aéronefs motopropulsés céderont le passage aux aéronefs remorquant d'autres aéronefs, banderole ou objets.



L'avion **a** doit modifier sa route
L'avion **b** a la priorité

Remarque : en France Les avions en opérations de ravitaillement en vol et les formations de plus de deux aéronefs bénéficient également de la priorité sur les aéronefs motopropulsés.

▪ **Dépassement**

Un aéronef en cours de dépassement est prioritaire.

Le dépassement se fera par la droite c'est à dire l'aéronef dépassant s'écartera de la trajectoire de l'aéronef dépassé en se dirigeant vers la droite.