

Mesures de pressions

La batterie de capsules



- Pour **amplifier le mouvement** de déplacement des capsules et ainsi permettre une **mesure plus précise**, on peut superposer plusieurs capsules pour former une **batterie de capsules**.

© Département d'aéronautique Document 2 des fins de formation

Mesures de pressions

Unités de pression

- **Livres par pouce carré** - Pounds per Square Inch (PSI).
- **Pouces de mercure** - Inches of Mercury (inHg).
- **Millibars** - Millibars (mbar).
- **Kilopascals** - Kilopascals (kPa).

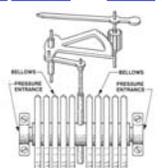
1 bar = 14,504 PSI
 1 bar = 100 kPa
 1 bar = 29,53 inHg
 1 pouce de mercure = 3,3864 kPa

© Département d'aéronautique Document 2 des fins de formation

Mesures de pressions

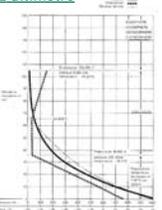
Types de pressions mesurées

- On **mesure** toujours une **pression par rapport à une référence** :
- La **pression absolue**, mesurée **par rapport au vide**.
- La **pression relative**, mesurée **par rapport à la pression ambiante**.
- La **pression différentielle**, une **comparaison de deux pressions différentes**.



© Département d'aéronautique Document 2 des fins de formation

L'altimètre



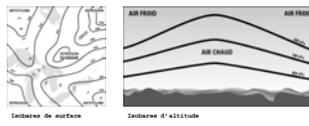
- L'**altimètre** mesure la **pression de l'atmosphère** et la **convertit en une altitude**.
- Cette pression est appelée la **pression statique**.
- La **pression de référence** est l'**atmosphère standard** :

Pression au niveau de la mer :
 29,92 inHg - 1013,25 mbar
Température :
 15°C
Décroissance linéaire de la température :
 1,98°C par 1000 ft

© Département d'aéronautique Document 2 des fins de formation

L'altimètre

- En volant à une **altitude indiquée constante**, l'aéronef suit une **ligne isobare**.



- L'atmosphère dans laquelle évoluent les aéronefs n'étant pas standard, la **température** aura une **influence sur l'altitude indiquée**.

© Département d'aéronautique Document 2 des fins de formation

L'altimètre

- L'**altimètre** se présente au pilote sous la forme suivante :



- Aiguille des 10 000 ft
- Aiguille des 100 ft
- Aiguille des 1000 ft
- Indicateur de calage altimétrique
- Zébrures indiquant une altitude < 10 000 ft
- Réglage du calage altimétrique.

- Une **altitude** en aviation s'exprime en **pieds (Feet)**.

© Département d'aéronautique Document 2 des fins de formation

L'altimètre

- Certains anciens altimètres « non sensibles » ne disposaient pas de réglage de calage altimétrique :



- Ils ne sont plus en usage à l'heure actuelle.

© Département d'aéronautique Document 2 des fins de formation

L'altimètre

- Par la suite, il y eut des altimètres à trois aiguilles dont celle indiquant les 10 000 pieds était la plus petite :



- Ce type d'altimètre pouvait prêter à confusion dans certains cas à cause de la taille de l'aiguille de 10 000 pieds.
- Ils ne sont plus en usage.

© Département d'aéronautique Document 2 des fins de formation

L'altimètre

- Quelle altitude lisez-vous sur cet altimètre moderne :



- Quelle est la valeur du calage altimétrique ?

© Département d'aéronautique Document 2 des fins de formation

L'altimètre

Fonctionnement de l'altimètre

- On utilise une capsule anéroïde scellée renfermant la pression standard au niveau de la mer.
- La pression statique est introduite à l'intérieur du boîtier.

© Département d'aéronautique Document 2 des fins de formation

L'altimètre

Fonctionnement de l'altimètre

- Les mouvements liés à l'expansion et à la contraction de la capsule sont transmis aux engrenages et leviers qui font tourner les aiguilles.

© Département d'aéronautique Document 2 des fins de formation

L'altimètre

Fonctionnement de l'altimètre

- Le réglage de calage altimétrique (pression de référence) est inséré dans le mécanisme d'aiguilles d'indication d'altitude.

© Département d'aéronautique Document 2 des fins de formation

L'altimètre

Altimètre asservi (Servoed Altimeter)

- Lorsque le capteur de pression est indépendamment mécaniquement de l'indication, on dit que l'altimètre est asservi.

© Département d'aéronautique Document 2 des fins de formation

L'altimètre

Altimètre asservi (Servoed Altimeter)

- Exemple d'altimètre asservi combiné avec un radioaltimètre :

© Département d'aéronautique Document 2 des fins de formation

L'altimètre

Calage altimétrique

- Il existe 3 calages altimétriques :
 - QFE** : calage altimétrique utilisant la pression atmosphérique de l'endroit (aérodrome ou aéroport).
 - QNH** : calage altimétrique utilisant la pression atmosphérique de l'endroit (aérodrome ou aéroport) ramené au niveau moyen de la mer.
 - Altitude-pressure** : calage altimétrique sur la valeur de l'atmosphère standard (29,92 in Hg ou 1013,25 mbar).
- Un changement de calage altimétrique de 0,1 inHg entraîne une modification de 100 ft à la lecture de l'altimètre.

© Département d'aéronautique Document 2 des fins de formation

L'altimètre

Calage altimétrique

- Voyons par un exemple la différence entre QFE et QNH :

© Département d'aéronautique Document 2 des fins de formation

L'altimètre

Calage altimétrique

- Voyons par un exemple la différence entre QFE et QNH :

© Département d'aéronautique Document 2 des fins de formation

L'altimètre

Calage altimétrique

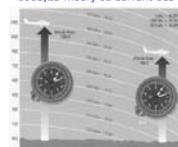
- Calage QNH :**
- Calage QFE :**

© Département d'aéronautique Document 2 des fins de formation

L'altimètre

Calage altimétrique

- Vol suivant un **calage en altitude-pression** (29,92 in Hg ou 1013,25 mbar) ou suivant des **niveaux de vol (Flight Levels)** :



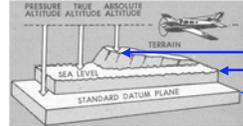
- Même si l'**altitude réelle** varie, tous les aéronefs volant avec ce calage altimétrique **maintiendront leur altitude relatives les uns par rapport aux autres**.

5000 ft = FL 50
10 000 ft = FL 100
20 000 ft = FL 200
42 500 ft = FL 425

© Département d'aéronautique Document 2 des FRS de formation

L'altimètre

Calage altimétrique



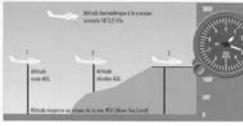
- Il est donc impératif que **tous les aéronefs** volent suivant le **même calage altimétrique** dans une même région afin d'**éviter les abordages**.

© Département d'aéronautique Document 2 des FRS de formation

L'altimètre

Calage altimétrique

Définitions :



- Altitude MSL :** Mean Sea Level (niveau moyen de la mer).
- Altitude AGL :** Above Ground Level (au-dessus du sol).

© Département d'aéronautique Document 2 des FRS de formation

L'altimètre

Altitude réelle

Si la température actuelle = La température standard (15°C)

↓

L'altitude indiquée = L'altitude réelle

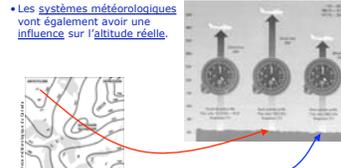


© Département d'aéronautique Document 2 des FRS de formation

L'altimètre

Altitude réelle

- Les **systèmes météorologiques** vont également avoir une **influence** sur l'**altitude réelle**.

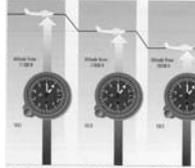


© Département d'aéronautique Document 2 des FRS de formation

L'altimètre

Altitude réelle

- L'**altitude réelle** sera dès lors **différente** de l'**altitude indiquée** à cause des **variations simultanées de la température et des pressions atmosphériques**.



© Département d'aéronautique Document 2 des FRS de formation

L'altimètre

Problèmes liés à l'usage de l'altimètre

- Nous avons déjà vu le fait d'**utiliser une référence qui varie** avec l'endroit considéré (calage altimétrique).
- Nous avons aussi déjà parlé des **influences de la température et des conditions de pression atmosphérique**.
- Mais il y a encore :
 - L'**influence de la gravité**, qui diminue avec l'altitude.
 - Le **taux hygrométrique** (eau en suspension dans l'air).
 - Les **accélération verticales** lors de mouvements brusques ou de chocs.
 - L'**influence du relief** : variations importantes de pression à proximité de montagnes lors de grand vents.
 - L'influence du **champ aérodynamique de l'aéronef**.

© Département d'aéronautique Document 2 des FRS de formation

L'encodeur d'altitude

- L'information d'**altitude-pression** (niveau de vol) peut être requise par d'**autres systèmes avioniques**, les **transpondeurs** et les **pilotes automatiques** notamment.
- Cette information d'altitude est transmise sous forme d'un **codage numérique** comme le **code Gray** ou le **protocole ARINC 429**.
- Il faut donc **convertir** une **mesure de pression en codage numérique**.
- Ceci peut se faire à l'aide de **différents dispositifs** :
 - Encodeurs d'altitude (Blind Encoders)**.
 - Altimètres encodeurs**.
 - Centrales aérodynamiques (ADC-Air Data Computers)**.
 - ADIRU/ADIRS (Air Data & Inertial Reference Units/Systems)**.

© Département d'aéronautique Document 2 des FRS de formation

L'encodeur d'altitude

Les encodeurs d'altitude (Blind Encoders)



- Un encodeur d'altitude est un **convertisseur (Transducer)** de **pression statique en code numérique**.
- Il s'agit d'une **boîte** sur laquelle le pilote n'a **aucun contrôle**.
- Le **code numérique** sera relatif à une **altitude-pression** (niveau de vol).

© Département d'aéronautique Document 2 des FRS de formation

L'encodeur d'altitude

Les encodeurs d'altitude (*Blind Encoders*)

- Exemple d'installation d'un encodeur d'altitude avec un transpondeur avec liaison par code Gray :

© Département d'Aviation Document 2 des Rqs de Formation

L'encodeur d'altitude

Les altimètres encodeurs

- Il s'agit, en fait, d'un altimètre contenant aussi un encodeur d'altitude dans le même boîtier.

© Département d'Aviation Document 2 des Rqs de Formation

L'anémomètre

- Un aéronef se déplaçant dans l'air, il navigue à une certaine vitesse relative par rapport à l'air.
- On déduit cette vitesse par une mesure de pression dynamique.
- Or la pression dynamique n'est pas directement mesurable.
- Il faut la déduire de la relation suivante :

Pression dynamique = Pression totale - Pression statique

- La pression totale se mesure avec la prise Pitot.
- La pression statique se mesure avec la prise statique.

On mesure donc la vitesse par rapport à l'air et non par rapport au sol !

© Département d'Aviation Document 2 des Rqs de Formation

L'anémomètre

- L'unité de vitesse en aviation est le **noeud (Knot)**.

1 noeud (Kt) = un mile nautique à l'heure
2 mile nautique (NM) = 1853 mètres

- Certains aéronefs soviétiques ou européens ont encore des anémomètres ayant des indications en **kilomètres à l'heure**.
- Certains **petits aéronefs américains** auront une **échelle double en noeuds et en miles à l'heure**, parfois même seulement en miles à l'heure.
- En anglais, l'anémomètre est connu sous l'acronyme **ASI** signifiant « *Air Speed Indicator* ».

© Département d'Aviation Document 2 des Rqs de Formation

L'anémomètre

- L'anémomètre se présente au pilote sous la forme suivante :

© Département d'Aviation Document 2 des Rqs de Formation

L'anémomètre

- L'anémomètre se présente au pilote sous la forme suivante :

© Département d'Aviation Document 2 des Rqs de Formation

L'anémomètre

- L'anémomètre se présente au pilote sous la forme suivante :

© Département d'Aviation Document 2 des Rqs de Formation

L'anémomètre

- Sur base des informations fournies par l'anémomètre, on peut déduire différentes catégories de vitesses :

- Vitesse Indiquée (IAS - Indicated Airspeed)** - vitesse affichée sur le cadran.
- Vitesse Corrigée (CAS - Calibrated/Corrected Airspeed)** - vitesse indiquée corrigée pour les erreurs de l'instrument et des capteurs.
- Vitesse Vraie (TAS - True Airspeed)** - vitesse corrigée compensée pour les erreurs de densité de l'air.
- Vitesse Équivalente (EAS - Equivalent Airspeed)** - vitesse corrigée pour des facteurs de compressibilité (pour des vitesses élevées).

© Département d'Aviation Document 2 des Rqs de Formation

L'anémomètre

Fonctionnement de l'anémomètre

- L'anémomètre effectue la différence entre les pressions totale (Pitot) et statique et la convertit en une information de vitesse par rapport à l'air :

© Département d'Aviation Document 2 des Rqs de Formation

Le Machmètre



- Le **Machmètre** est un **indicateur de vitesse relatif** par rapport à la **vitesse du son**.
- À des **vitesse proches de celles du son** et au-delà de celle-ci, des **phénomènes aérodynamiques particuliers ont lieu**.
- Le pilote d'avion évoluant dans cette gamme de vitesse doit donc connaître la **vitesse de son** **appareil par rapport à celle du son**.

© Département d'aéronautique Document 2 des fins de formation

Le Machmètre



- La **vitesse du son** varie avec la **densité de l'air**, donc avec l'**altitude** et la **température**.
- Si « v » est la **vitesse de l'avion** et « a » la **vitesse du son** à une densité d'air déterminée, on peut définir le **nombre de Mach** :

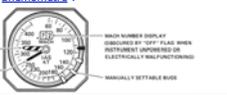
$$M = v / a$$

© Département d'aéronautique Document 2 des fins de formation

Le Machmètre



- Le **Machmètre** se présente au pilote sous la forme ci-contre :
- Sur certains avions subsoniques, l'**indication du nombre de Mach** apparaît sur l'**anémomètre** :

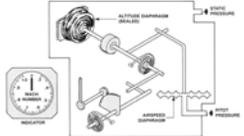


© Département d'aéronautique Document 2 des fins de formation

Le Machmètre

Fonctionnement du Machmètre

- Le **Machmètre** fonctionne suivant un **principe similaire à l'anémomètre** avec un **capsule supplémentaire** pour compenser les effets de l'**altitude** :



© Département d'aéronautique Document 2 des fins de formation

Le variomètre

- Le **variomètre** indique le **taux de montée** ou de **descente** de l'avion, en **milliers de pieds par minute** (ft/min x 1000).
- Il mesure la **variation de pression statique** en fonction du **changement d'altitude**.
- Le pilote lit simplement la **valeur indiquée en positif** (montée) ou en **néglatif** (descente).
- 1000 ft/min correspondent à peu près à **5 m/s**.
- Il est appelé « **VS1-Vertical Speed Indicator** » en anglais.



© Département d'aéronautique Document 2 des fins de formation

Le variomètre

- Quelle est la **valeur du taux de montée** indiquée par le variomètre suivant ?

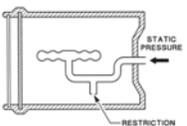


© Département d'aéronautique Document 2 des fins de formation

Le variomètre

Fonctionnement du variomètre

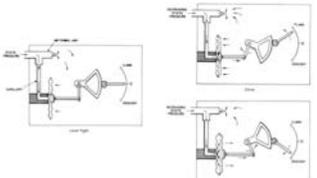
- La **pression statique** est en liaison à la fois **directe** avec une **capsule barométrique** et **indirecte** avec le **boîtier de l'instrument** par un **tube capillaire**.
- La **différence entre le changement rapide de la pression dans la capsule** et le **changement plus lent de la pression dans le boîtier** entraîne la **contraction** ou l'**expansion** de la **capsule**.



© Département d'aéronautique Document 2 des fins de formation

Le variomètre

Fonctionnement du variomètre

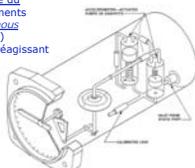


© Département d'aéronautique Document 2 des fins de formation

Le variomètre

Fonctionnement du variomètre

- Pour **améliorer la réponse du système**, certains instruments appelés **IVSI (Instantaneous Vertical Speed Indicators)** possèdent **deux pistons** réagissant aux **accélération**.
- Ces pistons **soufflent** de l'air dans la **capsule** ou **en aspirent** selon le cas.



© Département d'aéronautique Document 2 des fins de formation

Le variomètre



- Le **variomètre** est un instrument **important** pour les **vélivoles**.
- Leur permet de **mesurer** les **ascendances thermiques**.

Le variomètre



- Sur les avions de **transport commerciaux** ou les **avions d'affaires**, l'**indicateur du variomètre** est souvent associé au **système de prévention des abordages TCAS (Traffic Collision Avoidance System)**.

Les circuits Pitot et statiques



- Nous venons de voir une série d'**instruments** de la famille « **Pitot et statique** ».
- Certains sont **connectés uniquement à la prise statique**, d'autres à la fois à la **prise statique et à la prise Pitot**.
- Ces instruments sont d'une **importance capitale** pour le pilote; c'est pourquoi des **redondances** sont prévues dans les **systèmes Pitot-statiques**.

Les circuits Pitot et statiques

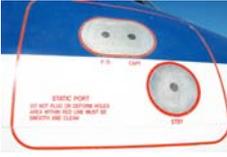
La prise statique



- Les **prises statiques** sont souvent situées sur les **flancs du fuselage** à l'**avant** de l'aéronef afin que l'**écoulement d'air** le long de celui-ci **ne perturbe pas la mesure**.
- Les **prifices** doivent être **maintenus propres** en toutes circonstances.

Les circuits Pitot et statiques

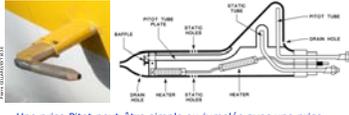
La prise statique



- La **peinture** et le **revêtement** environnant les **prises statiques** doivent être **maintenus en parfait état**.
- La **propreté** est également de rigueur dans ces zones.
- En effet, toute **irrégularité de surface** modifierait l'**écoulement d'air** et **perturberait la mesure** de pression statique.

Les circuits Pitot et statiques

La prise Pitot



- Une **prise Pitot** peut-être **simple** ou **jumelée avec une prise statique**.
- La prise Pitot doit être **installée** à un endroit où l'**écoulement de l'air** n'est pas **perturbé** par la **forme aérodynamique de l'aéronef** (aile, nez ou flancs du fuselage).

Les circuits Pitot et statiques

La prise Pitot

- C'est ainsi que sur les **prototypes**, on installera la **prise Pitot** sur une **perche devant l'avion**, là où l'**écoulement d'air** n'est pas **perturbé** :



Les circuits Pitot et statiques

La prise Pitot



- La **prise Pitot** mesure la **pression totale** (pression statique + pression dynamique).
- La **section** de l'**orifice** du tube Pitot est **calibrée**.
- L'**orientation** du tube Pitot est **fixe** et **ne peut être modifiée**.

Les circuits Pitot et statiques

La prise Pitot

- Normalement, on installera la **prise Pitot** **parallèlement** à l'axe longitudinal de l'aéronef, mais pas toujours !



ENNA École Nationale Aéronautique de Toulouse

Les circuits Pitot et statiques

Les circuits Pitot et statiques

• Connexion des instruments à la prise Pitot et à la prise statique :

Anémomètre Altimètre Variomètre

Prise Pitot Prise Statique

© Département d'Avionique Document 2 des fins de formation

ENNA École Nationale Aéronautique de Toulouse

Les circuits Pitot et statiques

Les circuits Pitot et statiques

• Installation sur un avion de ligne :

© Département d'Avionique Document 3 des fins de formation

ENNA École Nationale Aéronautique de Toulouse

Les circuits Pitot et statiques

Les circuits Pitot et statiques

• Il est important, lorsqu'un avion est au sol, de boucher les orifices des prises Pitot et statiques afin d'éviter l'obstruction des prises et la contamination des lignes.

© Département d'Avionique Document 4 des fins de formation

ENNA École Nationale Aéronautique de Toulouse

Les circuits Pitot et statiques

Exercices récapitulatifs

• Obstruction de lignes :

Pd = pression dynamique
Ps = Pression statique
Pt = pression totale
Altimètre et variomètre : Ps
Anémomètre : Pd = Pt - Ps

Un avion vole à 10 000 ft. En vol, de la glace obstrue la prise Pitot. Si l'avion garde la même altitude, mais diminue de vitesse, comment réagiront l'altimètre, le variomètre et l'anémomètre ?

© Département d'Avionique Document 5 des fins de formation

ENNA École Nationale Aéronautique de Toulouse

Les circuits Pitot et statiques

Exercices récapitulatifs

• Obstruction de lignes :

Pd = pression dynamique
Ps = Pression statique
Pt = pression totale
Altimètre et variomètre : Ps
Anémomètre : Pd = Pt - Ps

Un avion vole à 10 000 ft. En vol, de la glace obstrue la prise statique. Si l'avion garde la même vitesse, mais descend, comment réagiront l'altimètre, le variomètre et l'anémomètre ?

© Département d'Avionique Document 6 des fins de formation

ENNA École Nationale Aéronautique de Toulouse

Les circuits Pitot et statiques

Inspections et tests

• Quand faut-il faire une inspection et un test Pitot-Statique ?

- Chaque fois que l'on démonte un élément présent sur une ligne Pitot ou statique, ceci incluant les conduites et raccords.
- Aux intervalles spécifiés par les manufacturiers.
- Au maximum tous les 24 mois sur les appareils VFR et IFR volant dans les espaces aériens de classe B, C, D et E conformément aux dispositions de l'Appendice C de la Norme 625(3)13.

[Lien vers le RAC](#)

© Département d'Avionique Document 7 des fins de formation

ENNA École Nationale Aéronautique de Toulouse

Les circuits Pitot et statiques

Inspections et tests

• Est-ce qu'un test Pitot-statique requiert une inspection double ?

• Seulement si ce type de test est spécifié comme vérification de conformité (Conformity Check) ou comme RII (Required Inspection Item) dans le MPM de l'OMA ou le MCM de l'opérateur.

© Département d'Avionique Document 8 des fins de formation

ENNA École Nationale Aéronautique de Toulouse

Les circuits Pitot et statiques

Inspections et tests

• Est-ce qu'un test Pitot-Statique est considéré comme de la maintenance spécialisée ?

- Non, car ce n'est pas spécifié au RAC 571 Schedule II.

[Lien vers le RAC](#)

• Quelles sont les tolérances à respecter pour les systèmes Pitot-statiques ?

- Les tolérances sont définies à l'Appendice B de la Norme 571.

[Lien vers le RAC](#)

© Département d'Avionique Document 9 des fins de formation

ENNA École Nationale Aéronautique de Toulouse

Les circuits Pitot et statiques

Equipement de test

• Appareil de test Pitot-Statique (Pitot-Static Test Set).

© Département d'Avionique Document 10 des fins de formation

Les circuits Pitot et statiques

Equipement de test

- Adaptateurs de prises statiques.
- Adaptateurs de prises Pitot.

© Département d'Avionique Document 2 des fins de formation

Les circuits Pitot et statiques

Drains

- De l'eau en suspension dans l'air peut pénétrer par les prises dans les lignes Pitot et statique.
- Cette eau pouvant endommager et perturber les instruments, on va l'évacuer (Pitot) ou la « piéger » au point le plus bas de la ligne dans un petit contenant (statique).

© Département d'Avionique Document 2 des fins de formation

Les circuits Pitot et statiques

Précautions

Toujours drainer la ligne statique avant d'effectuer un test !

Ne pas contaminer les circuits Pitot et statique (souffler, huiles, graisse, FOD, ...)

© Département d'Avionique Document 2 des fins de formation

Mesures de températures de l'air

- Nous avons vu qu'il était nécessaire de corriger les valeurs des systèmes Pitot-statiques en tenant compte de la température de l'air.
- Sur les petits avions, c'est le pilote qui se charge de l'opération en lisant la température sur une sonde externe appelée « OAT - Outside Air Temperature ».

© Département d'Avionique Document 2 des fins de formation

Mesures de températures de l'air

- Les avions plus gros disposeront d'une sonde externe appelée « TAT - Total Air Temperature ».
- La TAT est la température de l'air statique augmentée d'un facteur dû aux effets du tube Pitot.

© Département d'Avionique Document 2 des fins de formation

Les centrales aérodynamiques

- Une centrale aérodynamique (ADC - Air Data Computer) remplacera tous les instruments Pitot-statiques à bord d'un avion moderne.

© Département d'Avionique Document 2 des fins de formation

Les centrales aérodynamiques

- En effectuant des mesures de pressions statique et totale ainsi qu'une mesure de température TAT, l'ADC produira une série de signaux numériques qui seront envoyés aux différents systèmes de gestion du vol de l'avion.

© Département d'Avionique Document 2 des fins de formation

Les centrales aérodynamiques

- Exemple de centrale aérodynamique Sperry Rand :

© Département d'Avionique Document 2 des fins de formation

Les centrales aérodynamiques

- Comparaison entre deux générations d'avions équipés de centrales aérodynamiques :

© Département d'Avionique Document 2 des fins de formation

Instruments Pitot-statiques

Études de cas

- Boeing 757 :





© Département d'aéronautique Document 3 des fins de formation

Études de cas

- Boeing 757 :



- Accident de l'avion TC-GEN de BirgenAir le 6 février 1996 au large de la République Dominicaine.
- 189 morts.



© Département d'aéronautique Document 3 des fins de formation

Études de cas

- Boeing 757 :




- La cause principale de l'accident était un tube Pitot obstrué.
- Un facteur contributif a été la mauvaise gestion du problème par l'équipage.

© Département d'aéronautique Document 3 des fins de formation

Études de cas

- Boeing 757 :



- Accident du vol 603 d'AeroPeru le 10 octobre 1996 au large de Lima au Pérou.
- 70 morts.
- La cause principale de l'accident était le fait que les prises statiques avaient été masquées durant le nettoyage de l'avion et que les rubans adhésifs n'avaient pas été enlevés par la suite.



© Département d'aéronautique Document 3 des fins de formation

RVSM

Origine et besoin

- Avec l'accroissement du trafic dans certaines zones ou couloirs aériens, il a fallu trouver des solutions pour augmenter le débit d'avions.
- Une solution adoptée dans les régions les plus achalandées est le RVSM.
- RVSM signifie : « Reduced Vertical Separation Minimum ».




© Département d'aéronautique Document 3 des fins de formation

RVSM

Principe



- Le principe du RVSM consiste à doubler les niveaux de vol accessibles entre le FL290 et le FL410 en intercalant de nouveaux niveaux entre deux niveaux déjà établis.

© Département d'aéronautique Document 3 des fins de formation

RVSM

Principe



- Un des soucis majeurs en implémentant le RVSM fut malgré tout d'éviter les abordages entre avions.
- L'espace vertical entre deux couloirs aériens n'est plus que de 1000 pieds (300 m).

© Département d'aéronautique Document 3 des fins de formation

RVSM

Principe



- C'est pour cela que les équipements embarqués devant donner une information d'altitude doivent répondre à des normes plus strictes.
- Les avions ainsi que leurs équipements doivent être certifiés RVSM.
- Les équipages et le personnel technique assurant la conduite et la maintenance des avions certifiés doivent être informés des procédures RVSM.

© Département d'aéronautique Document 3 des fins de formation

RVSM

Principe

- Les aéronefs non certifiés ne peuvent demeurer dans des espaces aériens RVSM.
- Ils peuvent toutefois les traverser pour rejoindre des niveaux de vol supérieurs au FL410 et inférieurs au FL210.



© Département d'aéronautique Document 3 des fins de formation

RVSM

Principe



- Si un avion ne peut maintenir son niveau de vol dans un espace aérien RVSM, son équipage est tenu d'en avertir l'organisme ATC immédiatement.
- On parle de problèmes de défaillance d'un système ou d'une urgence.

© Département d'aéronautique Document 2 des Ris de Formation

RVSM

Altitudes et niveaux de vol de croisière

Trajectoires 000° - 179°			Trajectoires 180° - 359°		
Niveau de vol	RVSM	Non RVSM	Niveau de vol	RVSM	Non RVSM
190	190	200	180	180	200
210	210	220	200	200	220
230	230	240	210	210	240
250	250	260	220	220	260
270	270	280	230	230	280
290	290	300	240	240	300
310	310	320	250	250	320
330	330	340	260	260	340
350	350	360	270	270	360
370	370	380	280	280	380
390	390	400	290	290	400
410	410	420	300	300	420
430	430	440	310	310	440
450	450	460	320	320	460
470	470	480	330	330	480
490	490	500	340	340	500
510	510	520	350	350	520

Niveau de vol impaire en dessous de FL390 - Equipement - 1000 ft
 Niveau de vol impaire au-dessus de FL410 - Equipement - 1000 ft

© Département d'aéronautique Document 2 des Ris de Formation

RVSM

Mise en oeuvre

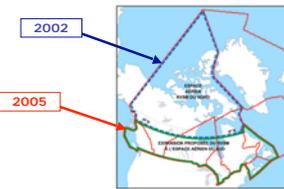


- 1997 : implantation initiale sur l'Atlantique Nord.
- 18 avril 2002 : espace aérien du nord du Canada.
- 20 janvier 2005 : espace aérien du sud du Canada.
- Selon une estimation de NAV Canada, l'implantation du RVSM dans l'espace aérien sud permettra aux opérateurs d'économiser 22 millions de dollars par an en carburant.
- Le RVSM est actuellement aussi en usage en Australie, dans les Caraïbes, aux États-Unis, en Europe, au Mexique en Amérique du Sud, ainsi qu'au-dessus des zones océaniques de l'Atlantique Nord et de l'Atlantique Ouest, du Pacifique Ouest et du Sud de la Mer de Chine.

© Département d'aéronautique Document 2 des Ris de Formation

RVSM

Mise en oeuvre

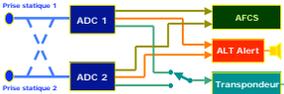


© Département d'aéronautique Document 2 des Ris de Formation

RVSM

Systèmes concernés

- Équipements « Pitot et statique ».
- Transpondeur devant transmettre le niveau de vol.
- Pilote automatique devant maintenir un niveau de vol.
- Système d'alerte d'altitude.
- Ces systèmes seront répertoriés dans la *MEL - Minimum Equipment List*.



© Département d'aéronautique Document 2 des Ris de Formation

RVSM

Exigences sur les systèmes d'altimétrie

- Il faut quantifier et maintenir l'erreur du système d'altimétrie (ASE - *Altimetry System Error*) aussi faible que possible.
- L'ASE est la différence entre l'altitude-pression annoncée à l'équipage avec un calage altimétrique à 29,92 inHg ou 1013,25 hPa et l'altitude-pression à l'air libre.
- Des tolérances strictes sont à respecter.
- Ces tolérances dépendront des enveloppes de vol, du groupe ou du type d'avion.

© Département d'aéronautique Document 2 des Ris de Formation

RVSM

Approbation de navigabilité et de fonctionnement

- Afin de pouvoir évoluer dans un espace aérien RVSM :
 - L'aéronef doit être certifié RVSM par l'autorité d'Etat compétente.
 - Les exploitants des aéronefs doivent obtenir l'approbation RVSM de l'autorité d'Etat compétente.
 - Les programmes de maintenance et d'exploitation des exploitants ou des MRO doivent incorporer les politiques et pratiques du RVSM.
- Tous les exploitants qui évoluent ou ont l'intention d'évoluer dans l'espace aérien RVSM doivent participer au programme de surveillance du RVSM.

© Département d'aéronautique Document 2 des Ris de Formation

Conclusions



- Les systèmes Pitot-statiques, quelle que soit leur forme, sont des éléments importants pour la gestion du vol d'un avion.
- Leur étalonnage et leur vérification effectuée par le technicien en avionique nécessite une grande rigueur de travail et un constant respect des Normes 571 et 625, notamment.
- Le RVSM imposera des exigences supplémentaires lors des tests des systèmes d'altimétrie.

© Département d'aéronautique Document 2 des Ris de Formation

RVSM



Merci de votre attention

© Département d'aéronautique Document 2 des Ris de Formation