Les instruments Pitot-statiques

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Avant de débuter le cours ...

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Présentation du cours

- Introduction.
- Mesures de pressions.
- L'altimètre.
- L'encodeur d'altitude.
- L'anémomètre.
- Le Machmètre.
- Le variomètre.
- Les circuits Pitot et statiques.
- Mesures de températures de l'air.
- Les centrales aérodynamiques.
- Études de cas.
- RVSM.
- Conclusions.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Introduction

- Au sujet d'un aéronef évoluant dans l'air, on peut aussi dire qu'il évolue par rapport à l'air.
- En mesurant certains paramètres liés à l'air, nous pourrons en déduire plusieurs grandeurs :
  - Altitude ou niveau de vol.
  - Vitesse horizontale.
  - Vitesse verticale.
  - Température.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

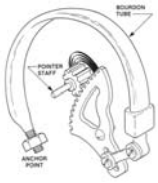
Mesures de pressions

- Les instruments de pression permettent la mesure des pressions des liquides ou des gaz.
- Il existe plusieurs types de capteurs de pressions :
  - Le tube de Bourdon.
  - La capsule anéroïde (fermée).
  - La capsule barométrique (ouverte).
  - La batterie de capsules.
- Les instruments Pitot-statiques effectuent des mesures de pression de gaz (air).

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Mesures de pressions

Le tube de Bourdon

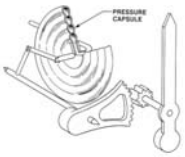


- Il s'agit d'un tube courbé réalisé en métal ayant des caractéristiques élastiques.
- Une extrémité permet l'entrée de la pression, l'autre étant reliée à une aiguille par un engrenage.
- Utilisé pour des pressions assez élevées (20 PSI ou plus).

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Mesures de pressions

La capsule anéroïde

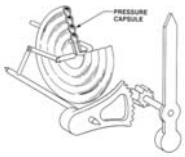


- Consiste en une capsule circulaire étanche réalisée en tôle mince ondulée.
- La capsule anéroïde renferme une pression de référence.
- La pression à mesurer est celle s'exerçant sur les faces extérieures de la capsule.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Mesures de pressions

La capsule anéroïde

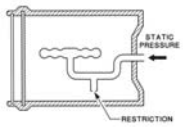


- Une surface de la capsule est fixée à l'instrument et le mouvement (l'expansion ou la contraction) de l'autre surface est transmis à une aiguille à l'aide de leviers et d'engrenages.
- Les capsules anéroïdes sont utilisées pour mesurer seulement des basses pressions.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Mesures de pressions

La capsule barométrique



- La conception d'une capsule barométrique est similaire à celle d'une capsule anéroïde.
- Toutefois, la pression à mesurer entre dans la capsule.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

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.

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

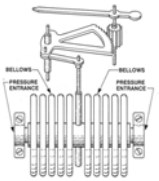
1 bar = 29,53 inHg

1 pouce de mercure = 3,3864 kPa

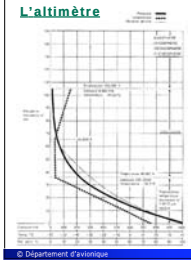
Mesures de pressions

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.



L'altimètre

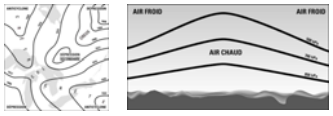


- L'altimètre mesure la pression de l'atmosphère et la convertit en une altitude.
- Cette pression est appelée la pression statique.
- La pression de référence est l'atmosphère standard :

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

L'altimètre

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

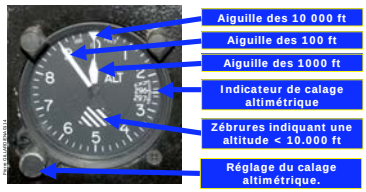


Isobares de surface — Isobares d'altitude

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

L'altimètre

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



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

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.

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.

L'altimètre

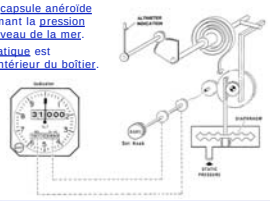
- Quelle altitude lisez-vous sur cet altimètre moderne :

- Quelle est la valeur du calage altimétrique ?

L'altimètre

Fonctionnement de l'altimètre

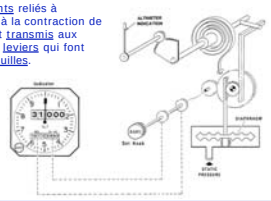
- On utilise une capsule anéroïde scellée renfermant la pression standard au niveau de la mer.
- La pression statique est introduite à l'intérieur du boîtier.



L'altimètre

Fonctionnement de l'altimètre

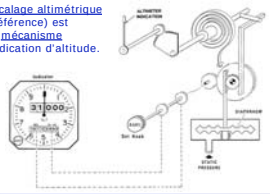
- Les mouvements reliés à l'expansion et à la contraction de la capsule sont transmis aux engrenages et leviers qui font tourner les aiguilles.



L'altimètre

Fonctionnement de l'altimètre

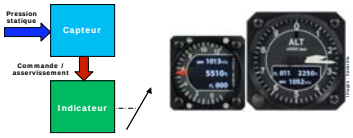
- Le réglage de calage altimétrique (pression de référence) est inséré dans le mécanisme d'aiguilles d'indication d'altitude.



L'altimètre

Altimètre asservi (*Servoed Altimeter*)

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



L'altimètre

Altimètre asservi (*Servoed Altimeter*)

- Exemple d'altimètre asservi combiné avec un radioaltimètre :

Intercontinental Dynamic P/N 29711-005

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-pression :** 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.

L'altimètre

Calage altimétrique

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

Élévation du terrain à CYHU (Saint-Hubert) : 90 ft

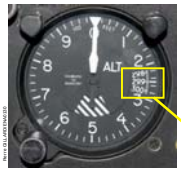
- Si on affiche **90 ft** sur l'altimètre, on lira le **QNH** dans la fenêtre du calage altimétrique.

QNH = 29,99 inHg

L'altimètre

Calage altimétrique

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



Élévation du terrain à CYHU (Saint-Hubert) : 90 ft

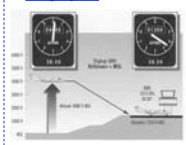
- Si on affiche **90 ft** sur l'altimètre, on lira le **QNH** dans la fenêtre du calage altimétrique.
- Si on affiche **0 ft** sur l'altimètre, on lira le **QFE** dans la fenêtre du calage altimétrique.

QFE = 29,90 inHg

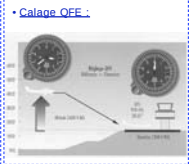
L'altimètre

Calage altimétrique

- Calage QNH :



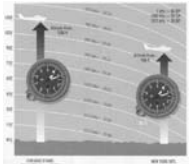
- Calage QFE :



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*) :

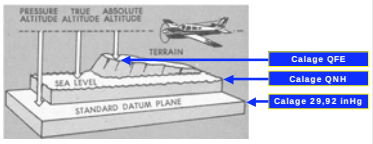


- Même si l'altitude réelle varie, tous les aéronefs volant avec ce calage altimétrique maintiendront leur altitude relatives les uns par rapport aux autres.

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

L'altimètre

Calage altimétrique

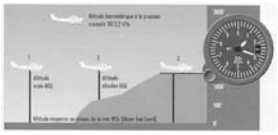


- Il est donc impératif que tous les aéronefs volent suivant le même calage altimétrique dans une même région afin d'éviter les abordages

L'altimètre

Calage altimétrique

- Définitions :



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

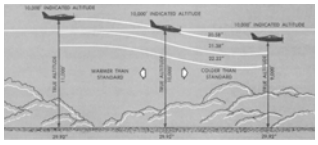
L'altimètre

Altitude réelle

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

⇩

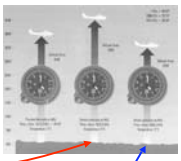
L'altitude indiquée = L'altitude réelle

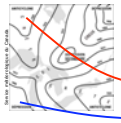


L'altimètre

Altitude réelle

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

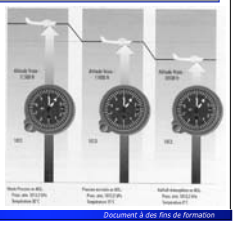




L'altimètre

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.



L'altimètre

Problèmes liés à l'usage de l'altimètre

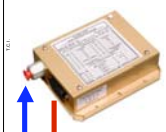
- Nous avons déjà vu le fait d'utiliser une référence qui varie avec l'endroit considéré (calage altimétrique).
- Nous avons aussi déjà parlé des influences de la température et des conditions de pression atmosphérique.
- Mais il y a encore :
  - L'influence de la gravité, qui diminue avec l'altitude.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

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*).

L'encodeur d'altitude

Les encodeurs d'altitude (*Blind Encoders*)



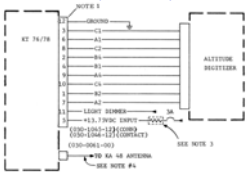
- Un encodeur d'altitude est un convertisseur (*Transducer*) de pression statique en code numérique.
- Il s'agit d'une boîte sur laquelle le pilote n'a aucun contrôle.
- Le code numérique sera relatif à une altitude-pression (niveau de vol).

Code numérique
Pression statique

L'encodeur d'altitude

Les encodeurs d'altitude (*Blind Encoders*)

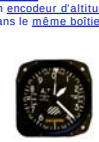
- Exemple d'installation d'un encodeur d'altitude avec un transpondeur avec liaison par code Gray :

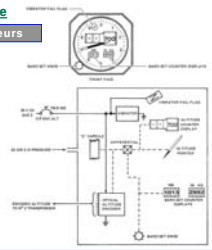


L'encodeur d'altitude

Les altimètres encodeurs

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





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 !

L'anémomètre

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

1 noeud (Kt) = un mile nautique à l'heure
1 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* ».

L'anémomètre

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

VNE : vitesse à ne pas dépasser (ligne rouge)

Arc jaune : plage des vitesses autorisées avec prudence en air calme

Arc blanc : plage des vitesses autorisées avec volets hypersustentateurs

Arc vert : plage des vitesses en utilisation normale

L'anémomètre

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

Fenêtre de réglage de l'altitude-pression en fonction de la température extérieure

Lecture de la vitesse vraie (corrigée en fonction de l'altitude-pression et de la température)

Bouton de réglage de l'altitude-pression

L'anémomètre

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

Vitesse de meilleur taux de montée sur un moteur (bimoteurs seulement)

L'anémomètre

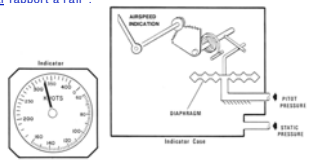
- Sur base des informations fournies par l'anémomètre, on peut déduire différentes catégories de vitesses :

- **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).

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 :



Le Machmètre

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

Le Machmètre

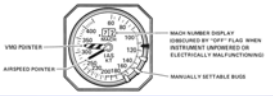
- La vitesse du son varie avec la densité de l'air, donc avec l'altitude et la température.
- Si « v » est la vitesse de l'avion et « a » la vitesse du son à une densité d'air déterminée, on peut définir le nombre de Mach :

M = v / a

Le Machmètre

- Le Machmètre se présente au pilote sous la forme ci-contre :

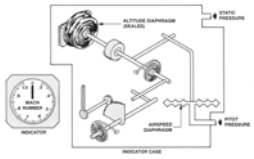
- Sur certains avions subsoniques, l'indication du nombre de Mach apparaît sur l'anémomètre :



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 :



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 négatif (descente).
- 1000 ft/min correspondent à peu près à 5 m/s.
- Il est appelé « *VSI-Vertical Speed Indicator* » en anglais.

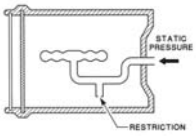
Le variomètre

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

Le variomètre

Fonctionnement du variomètre

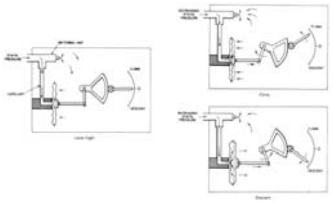
- La pression statique est en liaison à la fois directe avec une capsule barométrique et indirecte avec le boîtier de l'instrument par un tube capillaire.



- 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.

Le variomètre

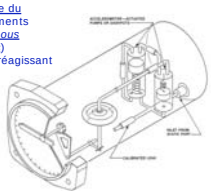
Fonctionnement du variomètre



Le variomètre

Fonctionnement du variomètre

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



Le variomètre

Photo : PAVLOVSKY Wikimedia

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

Le variomètre

Photo : DULAMES/ETIS/EB

- 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

Photo : DULAMES/BAUER

- 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

Photo : DULAMES/ETIS/EB

- 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 orifices doivent être maintenus propres en toutes circonstances.

Les circuits Pitot et statiques

La prise statique

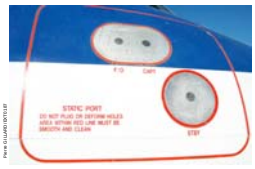


Photo : DULAMES/ETIS/EB

- La peinture et le revêtement environnant les prises statiques doivent être maintenues 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

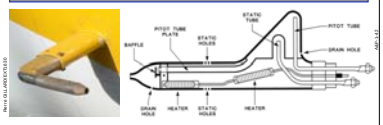


Photo : DULAMES/ETIS/EB

- 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 :

Photo : NASA

Les circuits Pitot et statiques

La prise Pitot

Photo : DULAMES/ETIS/EB

- 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

- Exemple de prise Pitot-statique installée sur les petits avions Piper :

© Dassault Aviation (TOULOUSE)

Les circuits Pitot et statiques

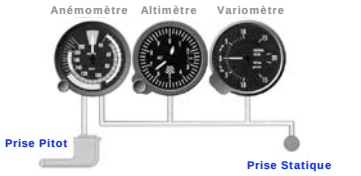
La prise Pitot

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

Les circuits Pitot et statiques

Les circuits Pitot et statiques

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



Les circuits Pitot et statiques

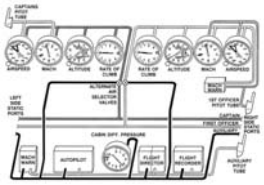
Les circuits Pitot et statiques

- Installation sur un avion léger :

Les circuits Pitot et statiques

Les circuits Pitot et statiques

- Installation sur un avion de ligne :



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.

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 ?

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 ?

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

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.

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

Les circuits Pitot et statiques

Équipement de test

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

Les circuits Pitot et statiques

Équipement de test

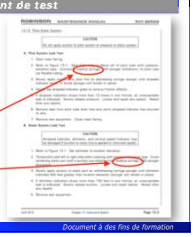
- Adaptateurs de prises statiques.

- Adaptateurs de prises Pitot.

Les circuits Pitot et statiques

Équipement de test

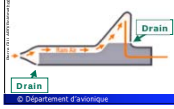
- Des fois, c'est moins sophistiqué !

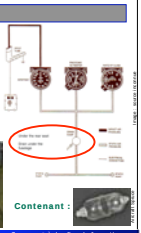


Les circuits Pitot et statiques

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).





Les circuits Pitot et statiques

Précautions

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

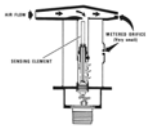
Ne pas contaminer les circuits Pitot et statique (souffler, huiles, graisse, FOD, ...)

Mesures de températures de l'air

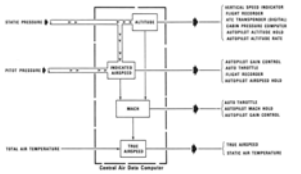
- Nous avons vu qu'il était nécessaire de corriger les valeurs des systèmes Pitot-statiques en tenant compte de la température de l'air.
- Sur les petits aéronefs, c'est le pilote qui se charge de l'opération en lisant la température sur une sonde externe appelée « *OAT-Outside Air Temperature* ».

Mesures de températures de l'air

- Les avions plus gros sont équipés 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 Pitot.



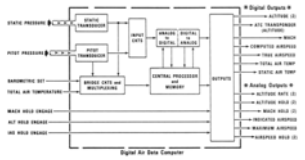
Les centrales aérodynamiques



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

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'aéronef.

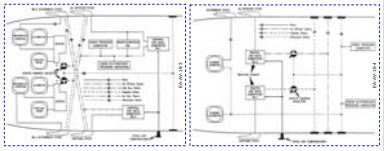


Les centrales aérodynamiques

- Exemple de centrale aérodynamique Sperry Rand :

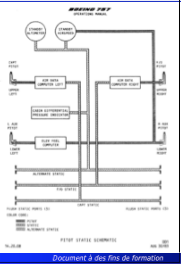
Les centrales aérodynamiques

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



Études de cas

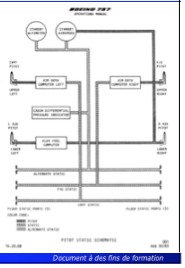
- Boeing 757 :



Études de cas

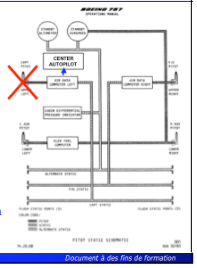
- Boeing 757 :

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



Études de cas

- Boeing 757 :

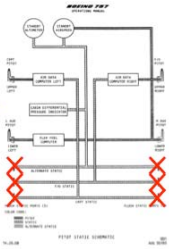


- La cause principale de l'accident était un tube Pitot obstrué.
- Un facteur contributif a été la mauvaise gestion du problème par l'équipage.

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 6 prises statiques avaient été masquées durant le nettoyage de l'avion et que les rubans adhésifs n'avaient pas été enlevés par la suite.



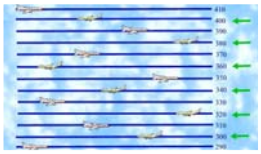
RVSM

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* ».

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.

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).

RVSM

Principe

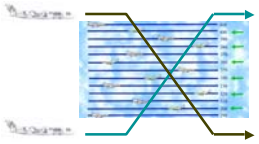
© Airbus A380/GIE

- 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.

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.



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.

RVSM

Altitudes et niveaux de vol de croisière

Trajectoires 000° - 179°			Trajectoires 180° - 359°	
Tous les vols			Tous les vols	
Non RVSM	RVSM		Non RVSM	RVSM
190	190	Niveaux de vol de croisière de FL180 à FL590	180	180
210	210		200	200
230	230		210	220
250	250		240	240
270	270	Niveaux de vol de croisière RVSM de FL290 à FL410	260	260
290	290		280	280
330	310		310	300
370	330		350	320
410	350		390	340
450	370		430	360
490	390		470	380
530	410		510	400
570	450		550	430
	490			470
	530			510
	570			550
Niveaux de vol impairs en dessous du FL290		Espacement 1000 ft.	Niveaux de vol pairs en dessous du FL290	
Niveaux de vol impairs au-dessus du FL410		Espacement 2000 ft.	Niveaux de vol impairs au-dessus du FL410	

RVSM

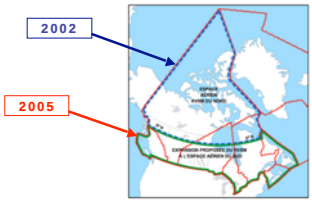
Mise en oeuvre

© Airbus A380/GIE

- 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'épargner 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.

RVSM

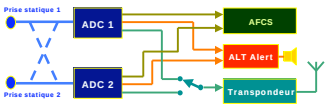
Mise en oeuvre



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*.



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.

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'État compétente.
  - Les exploitants des aéronefs doivent obtenir l'approbation RVSM de l'autorité d'État 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'avionique Document à des fins de formation

Conclusions

Photo CELAVIO/ENA/2017

- 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'avionique Document à des fins de formation

Photo CELAVIO/ENA/2015

Merci de votre attention

© Département d'avionique Document à des fins de formation