



I. La philosophie

Depuis quelques dizaines d'années le **facteur humain** ou l'étude des réactions psychologiques et physiologiques de l'Homme a fait son apparition dans l'aéronautique.

Jusque là, les incidents et accidents d'aéronefs étaient imputables aux aéronefs eux mêmes. Avec l'évolution des techniques de conception et de fabrication, l'emploi de nouveaux matériaux et des nouveaux systèmes de gestion et d'aide au pilotage, l'aéronef est devenu un moyen de transport sûr. Les défaillances ont ainsi été réduites et pour certaines quasiment disparues.

Les études statistiques ont alors montré que l'Homme était devenu de plus en plus responsable des incidents et accidents, jusqu'à 70 % des cas.

Les **facteurs déclenchant** de l'**erreur humaine** sont en général :

- les **conditions physiques**,
- les **erreurs de perception**,
- l'attitude face à la réglementation,
- les **défauts de connaissances**,
- le **manque d'entraînement**,



No comment !

Le pilote a été le premier visé, puis ce fut l'équipage technique avec la mise en place du Cockpit Resource Management (CRM) qui apprend à gérer les relations humaines dans les procédures normales et d'urgences et dans la gestion du cockpit en général.

Aujourd'hui, l'équipage complet (technique et commercial) peut être source d'erreur.

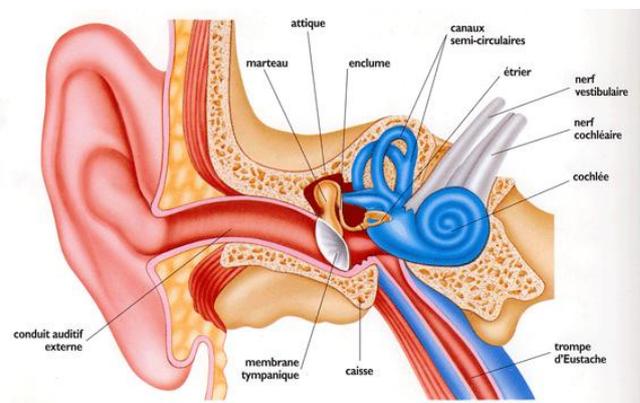
II. Aptitude physique et mentale. Notions d'aéromédecine

Les deux grandes sources d'erreur humaine, d'un point de vue physiologique, sont les **illusions sensorielles** et les **effets dus à l'altitude**.

• Illusions sensorielles

Celles-ci apparaissent lorsque le pilote perd ses références visuelles extérieures, surtout de nuit et/ou en IMC. Il peut y avoir discordance entre l'oreille interne (centre de l'équilibre) et l'œil.

Exemple : l'œil voit l'horizon artificiel « à plat » et l'oreille interne donne au cerveau une sensation d'inclinaison que le pilote aura tendance à corriger pour se fier à ses impressions. Cette discordance peut aussi provoquer des nausées.



L'oreille interne débute ici (en bleu) à droite après l'étrier

Dans tous les cas il s'en suit une mauvaise appréciation des distances, du plan d'approche (surestimation altimétrique), erreur de trajectoire si le pilote ne fait pas confiance aux instruments qui sont réputés ne pas être "faux".

- **Effets physiologiques dues à l'altitude**

- **Hypoxie**

Lorsque l'altitude augmente l'air se raréfie et même si la proportion relative d'O₂ reste identique la quantité nécessaire à l'Homme devient de plus en plus faible.

Apparaît alors l'**hypoxie** ou le manque d'oxygène. La lassitude devient pesante avant que l'euphorie ne prenne le relais et pousse le pilote à se surestimer. L'imprudence peut alors avoir des effets désastreux à l'origine d'incidents.

L'hypoxie apparaît plus ou moins rapidement selon les individus, selon le temps d'exposition, augmenté par la fatigue, le manque de sommeil, le tabac, l'alcool, une alimentation trop riche en graisse.

- **Hyperventilation**

Le stress, l'émotion ou encore l'anxiété peuvent engendrer une respiration trop rapide et trop ample générant une évacuation trop importante de CO₂. Il y a alors modification importante de l'équilibre (gazeux) du milieu intérieur de l'organisme. Elle peut évoluer vers la crise de tétanie.

Respirer lentement dans un sac permet de revenir à une respiration normale plus riche en CO₂. Il peut y avoir des vertiges et des nausées.

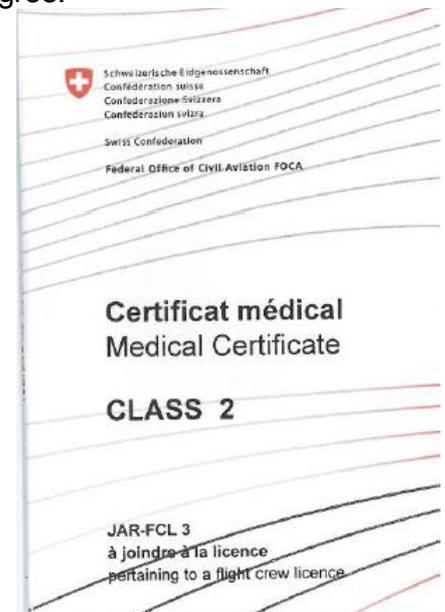
- **Visite Médicale**

Pour pouvoir voler, du pilote privé au pilote professionnel en passant par le Personnel Navigant Commercial (PNC), il est obligatoire de passer une **visite médicale d'aptitude physique** et mentale auprès d'un médecin ou d'un centre médical agréé.



Test d'effort et respiration

- **Classe 2** ⇒ **pilote privé**
 - valable 2 ans si le pilote a moins de 40 ans,
 - 1 an si plus de 40 ans.
- **Classe 1** ⇒ **pilote professionnel**
 - 1 an si moins de 40 ans,
 - 6 mois si plus de 40 ans.
- **PNC** (*Personnel Navigant Commercial*)
 - 2 ans si moins de 40 ans,
 - 1 an Si plus de 40 ans.



III. Gestion du Stress

Le même incident de vol peut conduire à des situations finales très différentes.

- Exemple de la panne moteur... au voisinage du sol !

Lorsque survient une panne moteur sur un "bi-moteur" la situation devient très tendue... elle devient encore plus stressante lorsqu'elle se produit près du sol.

Si en plus de tout ça l'avion est à sa charge maximum... vient de décoller, et est encore en phase de gestion des trainées (assiette de montée, train sorti etc...) cela peut se transformer en accident grave. Ce fut le cas sur l'exemple ci contre... 102 morts !

Une panne moteur au décollage... suivie d'un décrochage qui aurait probablement pu être mieux géré (*la conservation du train sorti et le maintien de l'assiette de montée on entraîné le décrochage*).



Les restes du Boeing 737 7T-VEZ.

D'après <http://www.securiteaerienne.com/node/69>

Une autre panne moteur au décollage gauche sur un Boeing 767 à pleine charge se passe sans conséquences.

Remarquez l'aileron droit levé et l'aileron gauche baissé. Le pilote braque le manche à droite pour contrer la tendance de l'avion à s'incliner sur la gauche, c'est-à-dire vers le moteur en panne. Le train d'atterrissage finit à peine de rentrer.

Une fois équilibré par quelques gestes simples, l'avion peut voler pendant des heures sur un seul moteur.



Panne du moteur gauche au décollage gauche sur un Boeing 767 (US Airways) à pleine charge.

- Décrochage dynamique à haute altitude

L'accident du Rio Paris (givrage des sondes de pitot) est un parfait exemple d'accident dramatique avec un avion parfaitement capable de voler.

Après l'incident (givrage des sondes à 11 000 m d'altitude), le pilote automatique se déconnecte (trop d'informations non concordantes).

L'avion est en parfait état de vol et les sondes vont être dégivrées automatiquement dans quelques dizaines de secondes. Malgré cela un concours de circonstance stressantes vont conduire au drame.

Le pilote tire sur le manche à un moment où une très faible variation de l'assiette entraîne un décrochage dynamique. L'alarme décrochage retenti...

Le pilote (STRESS MAXIMUM) persiste dans l'augmentation de l'assiette... l'alarme se coupe (angle d'assiette trop important (*)) mais le décrochage est bien présent et l'avion tombe.

A ce moment les sondes sont dégivrées... mais ne serviront plus.

Lorsque le pilote fait enfin le BON GESTE qui est de rendre la main pour faire cesser le décrochage et rendre l'avion pilotable ... l'alarme retenti à nouveau (*) car on est repassé dans la zone de déclenchement de cette alerte !!! Le stress du à la situation fait que le pilote arrête son action et se remet à cabrer l'avion. La situation est alors définitivement perdue. Humainement le réflexe d'arrêter son action (la seule pouvant sauver l'avion et ses occupants) est tout à fait compréhensible.... En situation de stress encore plus !

(*) Ici c'est le paramétrage de l'alarme qui est un mauvais choix du constructeur !

EFFETS PHYSIOLOGIQUES DU VOL

L'intensité des effets physiologiques sont fonction des prédispositions individuelles :

- condition physique, état de santé et stress
- activité et alimentation précédent le vol
- âge
- tabac, alcool....

EFFETS DUS A LA DIMINUTION DE PRESSION EN ALTITUDE

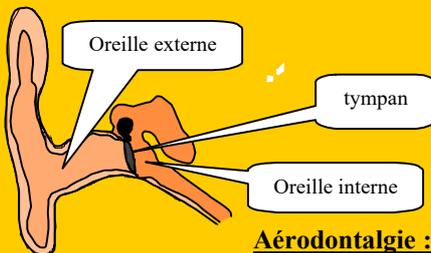
Hypoxie d'altitude ou anoxémie : Défaut d'oxygénation du sang due à une pression partielle d'oxygène dans l'air insuffisante.

Premiers troubles à partir de : 11 500 ft (4 500 m)

Aéroembolisme : suite à une diminution de la pression atmosphérique, l'oxygène dissous dans le sang tend à revenir à l'état gazeux.

Premiers problèmes à partir de : 19 500 ft (6 000 m)

Barotraumatismes : troubles pouvant être douloureux et qui sont dus aux variations de pression atmosphériques.

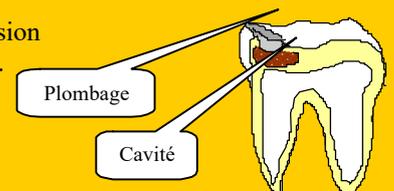


Otite barométrique : la différence de pression entre oreille interne et oreille externe est proportionnelle à la vitesse verticale. Il en résulte une tension du tympan pouvant donner lieu à une sensation d'oreille bouchée, de bourdonnements et sifflement, voir même de douleur plus ou moins aiguë.

Sinusite barométrique : elle se caractérise par une douleur au niveau du front ou des yeux avec éventuellement une irradiation vers les dents et le reste du crâne.

Aérodontalgie : avec une faible pression atmosphérique, la pression résiduelle de la cavité d'une dent peut suffire à éjecter le plombage.

Distension intestinale : elle est due à la dilatation des gaz emmagasinés dans le système digestif. (éviter l'absorption de boissons gazeuses, aliments fermentés et gomme à mâcher avant le vol)

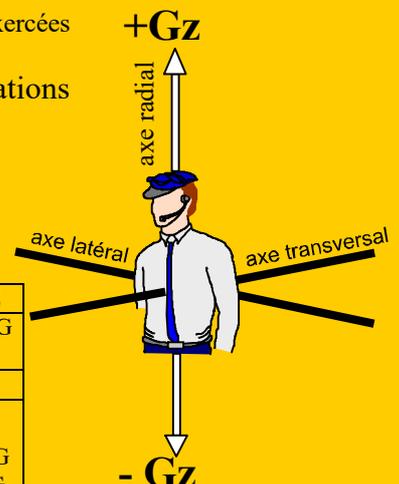


EFFETS DES ACCELERATIONS

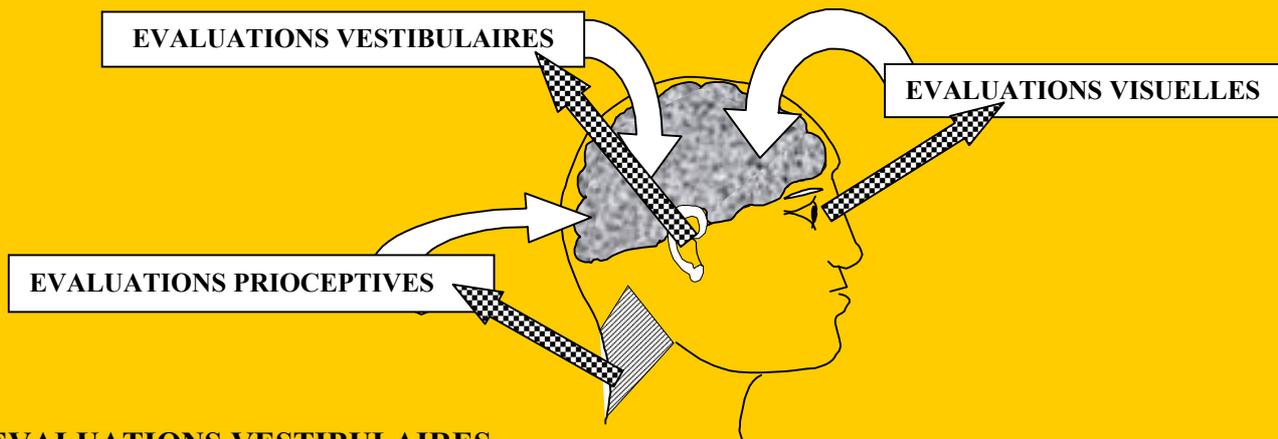
Les accélérations les plus fréquentes et les plus importantes en vol sont les accélérations exercées suivant l'axe radial. Ces accélérations sont définies comme suit :

- Les accélérations de sens « pied-tête » sont appelées accélérations positives ou « **+ G** »

- Les accélérations de sens « tête-pied » sont appelées accélérations négatives ou « **- G** »



Nb de G	PRINCIPAUX EFFETS	TOLERANCE
- 9G à -11G	Perte de connaissance	1 seconde à -7,5G
- 3G	Crâne douloureux - Voile rouge	1 mn 40 à -2G
+1G	Situation normale	
+2G à +3G	Maux de tête, membres lourds, augmentation rythme cardiaque et respiratoire	1 heure à 3 G 10 secondes à 7G 1 seconde à 12G
+4G	Brouillage de la vue et perte de la vision périphérique : voile gris	
+5G	Perte totale de la vision : voile noir	
+9G à +11G	Perte de connaissance	

L'EQUILIBRE ET L'ORIENTATION SPATIALE**EVALUATIONS VESTIBULAIRES**

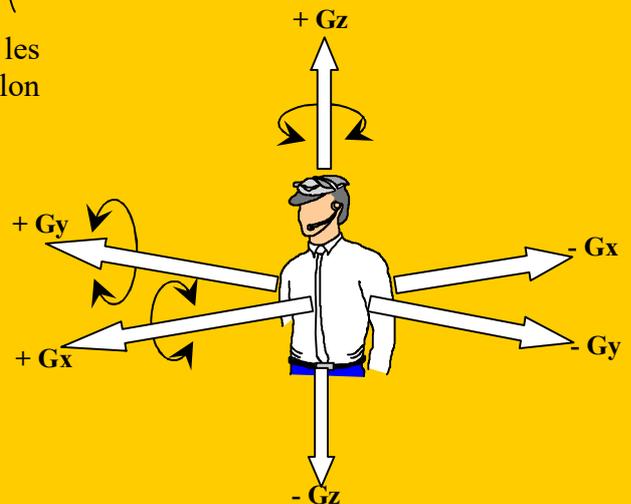
Dans chaque oreille interne, un vestibule mesure les accélérations linéaires et angulaires subies par la tête selon les trois axes. Le cerveau pourra donc :

- *évaluer la pesanteur*
- *contrôler l'équilibre*

EVALUATIONS VISUELLES

La vision binoculaire permet l'évaluation :

- *des distances et du relief*
- *des vitesses*
- *de l'orientation par rapport à l'horizon*

**EVALUATIONS PROIOCEPTIVES**

Muscles, tendons, viscères, peau...sont sensibles aux contraintes d'étirement ou de pression dues à la pesanteur et aux accélérations. Ils évaluent grossièrement l'orientation du corps et de ses membres.

LE MAL DE L'AIR

En découvrant le vol, l'individu découvre un domaine où la pesanteur se confond avec les effets d'accélération du vol. Le cerveau doit intégrer la discordance entre évaluations visuelles et vestibulaires (conflit vestibulo-visuel). A ce problème peut s'ajouter une inadaptation psychologique du sujet.

LE MAL DU SIMULATEUR FIXE

Le pilote confirmé, et en particulier le pilote de chasse, se trouve confronté à un conflit vestibulo-visuel inverse à celui de l'individu découvrant le vol réel.

TROUBLES OU ERREURS D'ORIENTATION

Le cerveau interprète les éléments perçus par nos sens. L'identification de l'orientation est influencée par des sources d'erreurs suivantes :

- *limites sensibles (rapidité, seuil de sensibilité....)*
- *conflit vestibulo-visuel*
- *illusions (d'optiques, psychologiques, confusions nocturnes....)*
- *perte visuelle de l'horizon (vol dans les nuages, vol maritime...)*