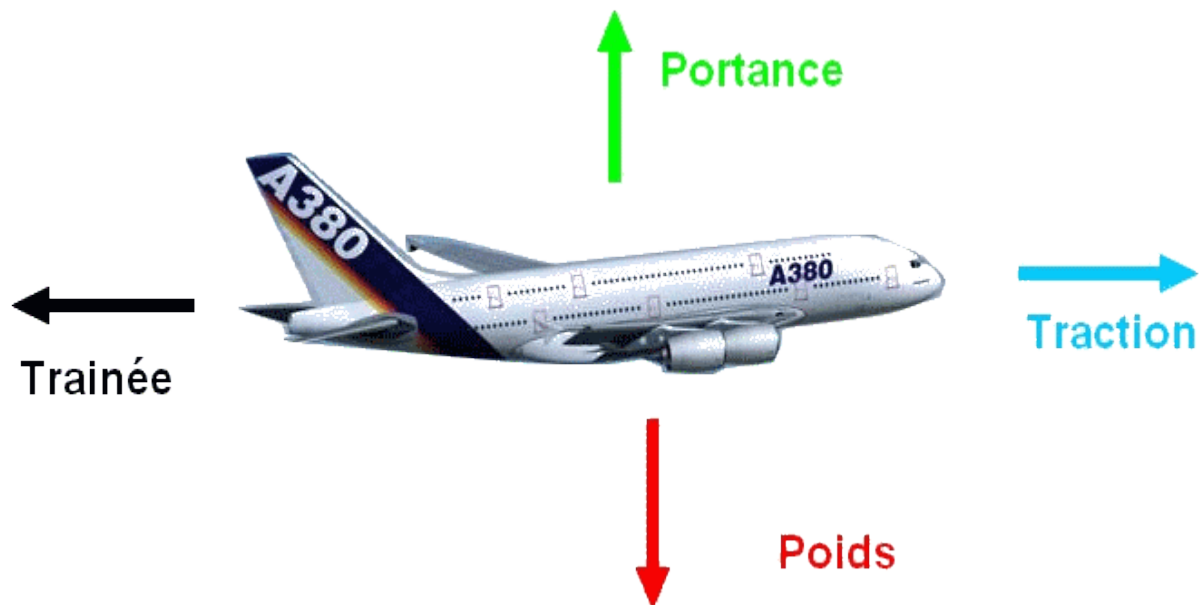


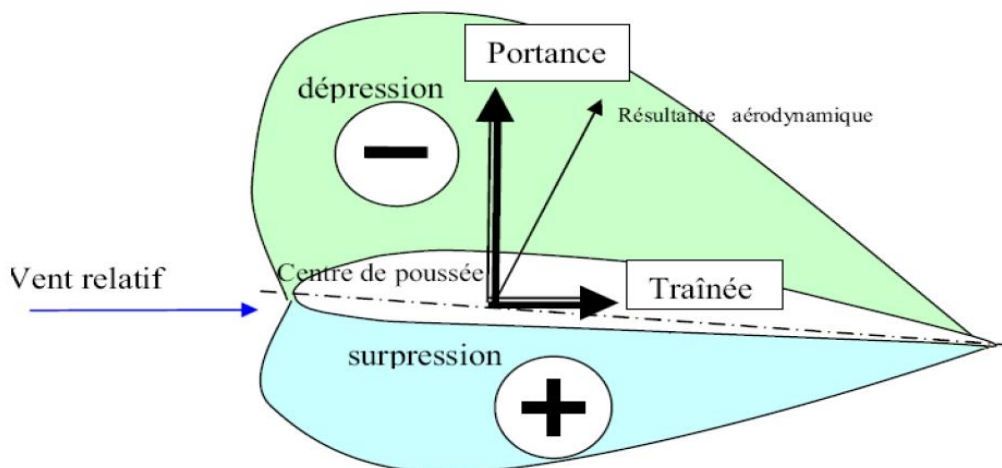
## Les forces appliquées sur l'Avion



**La portance :** Comme la partie supérieure de l'aile est plus grande que la partie inférieure le vent met plus de temps à la parcourir ce qui crée une dépression, la différence de pression va tirer l'avion vers le haut; par ailleurs le coup de l'air sur la face inférieure de l'aile va créer une légère surpression. Cette surpression crée une deuxième force qui pousse l'avion vers le haut. L'addition de ces forces donne une force globale qui soulève l'avion, et cette force est la portance.

**La trainée :** est une force aérodynamique qui est dirigée parallèlement au vent relatif, elle exprime la difficulté de l'avion à pénétrer dans l'air ou plus exactement la résistance de l'air aux mouvements de l'avion, elle est d'autant plus forte que la vitesse de l'avion est grande.

La trainée peut augmenter de telle sorte que si le pilote sort les aérofreins la résistance à l'air augmente donc la trainée aussi.



## Poids

Commençons par le poids, celui-ci varie durant le vol; par exemple la consommation de carburant allège progressivement l'avion. En revanche la formation de givre sur les surfaces : ailes, hélices, fuselage... alourdit l'avion et cette masse supplémentaire peut même causer sa chute.

Quand le poids diminue, il y a une rupture de l'équilibre donc comme la portance est supérieure au poids, l'avion monte. Ensuite le changement d'altitude change la pression de l'air. La variation de la direction du vent relatif modifie le coefficient de portance ainsi toutes les forces sont impactées et vont évoluer jusqu'à revenir progressivement vers une position d'équilibre, l'avion se stabilise et revient à un vol en palier.

## Les axes et les commandes de direction

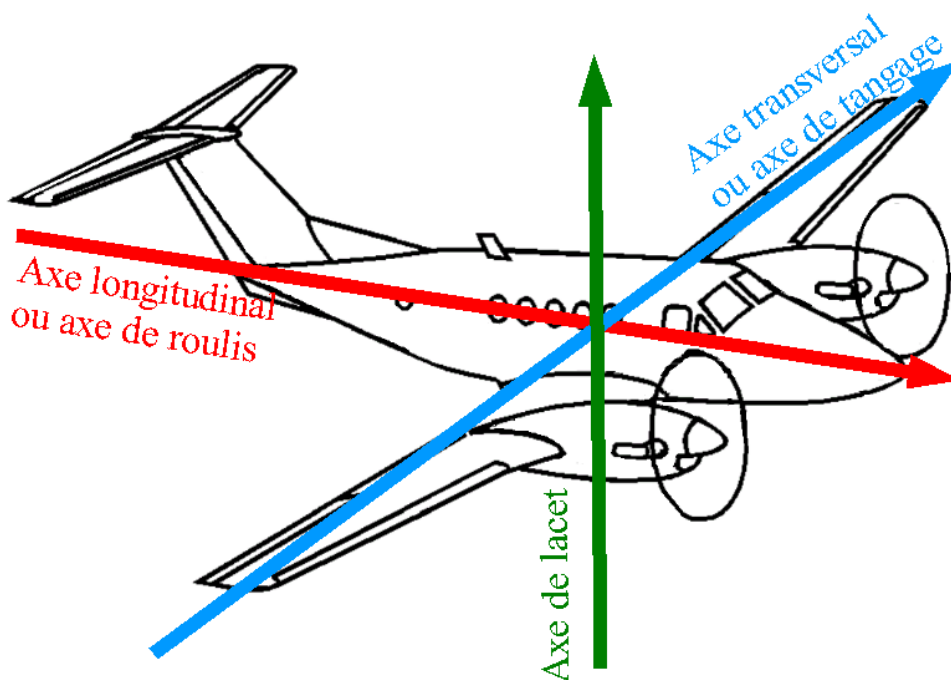
Soumise en permanence aux variations des quatre forces le pilote doit agir sur les commandes de vol pour diriger l'avion et contrôler sa position.

Celle-ci varie autour de trois axes de rotation : Tangage, Roulis, Lacet.

## Axes de rotation d'un Avion

Un avion se déplace dans un espace à 3 dimensions. Pour définir sa position ("attitude" ou "assiette") en vol ainsi que ses mouvements, on se réfère à 3 axes orthogonaux (perpendiculaire) passant par le centre de gravité (C.G) de l'avion. (Fig. ci-dessous)

Un mouvement quelconque de l'avion autour de son centre de gravité peut ainsi être décomposé en mouvements de rotation autour de chacun de ces trois axes. Ces trois rotations élémentaires s'appellent : le **TANGAGE**, le **ROULIS** et le **LACET**.



### L'AXE DE TANGAGE (Pitch axis)

ou axe transversal, perpendiculaire au plan de symétrie (parallèle à l'envergure) et autour duquel se produisent les changements d'assiette longitudinale ;

### L'AXE DE ROULIS (Roll axis)

ou axe longitudinal, contenu dans le plan de symétrie et autour duquel se produisent les changements d'assiette transversale ;

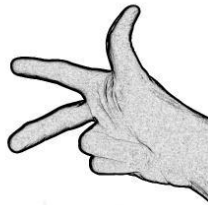
### **L'AXE DE LACET (Yaw axis)**

contenu dans le plan de symétrie, perpendiculaire aux deux précédents et autour duquel se produisent les mouvements de lacet.

### **Trièdre**

En géométrie dans l'espace, un **trièdre** est la donnée de trois plans deux à deux sécants selon trois droites (ou axes), lesquelles sont orientées et en général ordonnées.

La règle de la main droite permet de retrouver les axes X, Y et Z d'un trièdre direct.



### **Modification de la position de vol d'un Avion**

Pour modifier sa position l'avion est équipé de gouvernes : la gouverne de profondeur, la gouverne de direction, et les ailerons. Chacune d'elles entraîne la rotation de l'avion autour de l'un des trois axes, toujours le même quelque soit sa position dans l'espace.

#### **Action sur les gouvernes en vol**

Le pilote agit sur les gouvernes pour modifier la trajectoire de l'avion dans le plan vertical (montée ou descente) ou dans le plan horizontal (en virage).

Pour obtenir un mouvement de tangage le pilote actionne le manche qui commande la gouverne de profondeur.

- Pour obtenir un mouvement de roulis le pilote actionne latéralement le manche qui commande les ailerons. Ces derniers sont généralement situés le plus loin possible de l'axe de roulis, donc vers l'extrémité des ailes.
- Pour obtenir un mouvement de lacet le pilote actionne le palonnier (pédales) qui commande la gouverne de direction avec ses pieds.

En vol, le palonnier est une commande secondaire dite « de symétrie » qui sert à équilibrer le débit d'air sur les deux ailes de l'avion, et donc à équilibrer la portance.

Dans le cockpit il y a un manche à balais (souvent remplacé par un volant ou par un joystick comme dans l'A380) qui contrôle les ailerons et la gouverne de profondeur,

#### **Action sur les gouvernes et sur les freins au sol**

Pour diriger l'appareil au sol :

- On utilise le palonnier quand il commande la rotation de la roue avant de l'avion (avion à train tricycle) ou de la roulette arrière de l'avion (avion à train classique).
- On utilise les freins (freinage différentiel) de façon asymétrique quand la roue avant n'est pas commandée par le palonnier (avions canards notamment).
- On peut combiner les deux techniques (quand c'est possible), ce qui permet de diminuer le rayon de virage.

## Variations de la masse volumique avec la pression atmosphérique et l'altitude :

L'air étant un gaz parfait, sa masse volumique est donnée par la

Formule dans laquelle :

- $\rho(z)$  est la masse volumique de l'air sec à l'altitude  $z$  (en  $\text{kg/m}^3$ ),
- $P$  est la pression atmosphérique à l'altitude  $z$  (en Pascal Pa),
- $M$  est la masse molaire de l'air sec  $M = 28,9644 \text{ kg/kmol}$
- $R$  est la constante des gaz parfaits  $R = 8314,32 \text{ J/}^\circ\text{K.kmol}$
- $T^\circ$  est la température à l'altitude  $z$  (en degré Kelvin).  
 $T^\circ \text{ K (Kelvin)} = T^\circ \text{ C (Celsius)} + 273,15$

$$\rho(z) = \frac{P(z) \times M}{R \times T^\circ(z)}$$

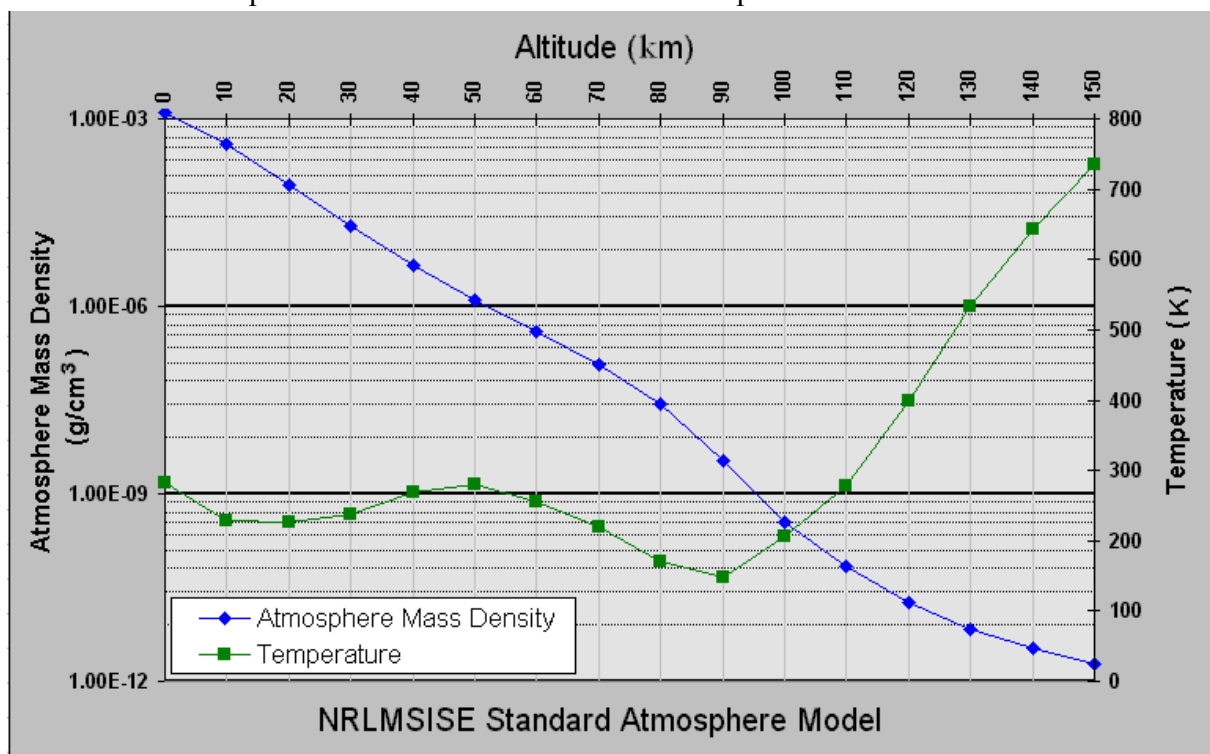
En simplifiant ( $R/M = 287,053$ ), cela donne :

Exemple : Au niveau de la mer et sous une pression atmosphérique de 1013,25 hPa, quand la température est de  $15^\circ\text{C}$  ( $288,15^\circ\text{K}$ )

$$\rho(z) = \frac{P(z)}{287 \times T^\circ(z)}$$

la masse volumique de l'air sec est :  $101325 / (287,053 \times 288,15) = 1,225 \text{ kg/m}^3$

**La figure** ci-dessous nous montre la variation de la température et la masse volumique en fonction d'altitude pour les différentes couche de l'atmosphère terrestre



## **Turboréacteur double flux (turbofan)**

Le **GP7200** est un réacteur d'avion spécialement conçu pour l'Airbus A380, il a été pensé et réalisé par Engine Alliance, un groupement né de l'association de General Electric et de Pratt & Whitney, avec pour but la conception de réacteurs adaptés aux nouveaux types d'appareils commerciaux.

Le **GP7200** a été élaboré à partir du savoir-faire et des technologies de deux autres réacteurs : le GE90 et le PW 4000. D'un diamètre de 2,94 mètres, il produit 70 000 livres de poussée sur la version passagers (311 kN), 76 000 livres (338 kN) sur la version cargo, et pourra en cas de besoin atteindre les 84 000 livres.



### Aménagement de la cabine d'un avion A380

Disposition de la cabine en configuration 555 places.

Le fuselage de l'A380 a une section ovale et non pas ronde. Les deux ponts sont superposés sur toute la longueur de l'appareil, contrairement au Boeing 747 dont le pont supérieur n'est que partiel.

Les dimensions du fuselage (environ 8,40 mètres de hauteur pour 7,15 mètres de largeur) permettent de disposer d'une surface totale aménagée de 555 m<sup>2</sup> : 250 m<sup>2</sup> sur le pont supérieur et 305 m<sup>2</sup> sur le pont principal. Le pont supérieur de l'A380 est similaire à celui d'un Airbus A340. En revanche, le pont inférieur a une superficie 49 % plus importante que celle d'un Boeing 747 et permet d'embarquer 35% de passagers supplémentaires : les passagers disposeront donc de plus d'espace et de confort.

La configuration de base en trois classes avec 525 passagers est de 10 passagers en première classe et 334 en classe économique sur le pont inférieur. Le pont supérieur accueillera lui 76 passagers en classe affaires et 103 en économique. En configuration économique (classe économique ou charter), l'appareil est certifié pour embarquer jusqu'à 853 passagers.

