

# Fuselage



Source : Jujug Spotting / AVIATION PHOTOGRAPHY

# Plan

Efforts appliqués au fuselage. Structure et mode de construction.

Cabines étanches :

résistance et étanchéité, passage des commandes, portes, hublots, panneaux de décompression

Assemblage voilure, fuselage.

## CONTRAINTE SUR LE FUSELAGE

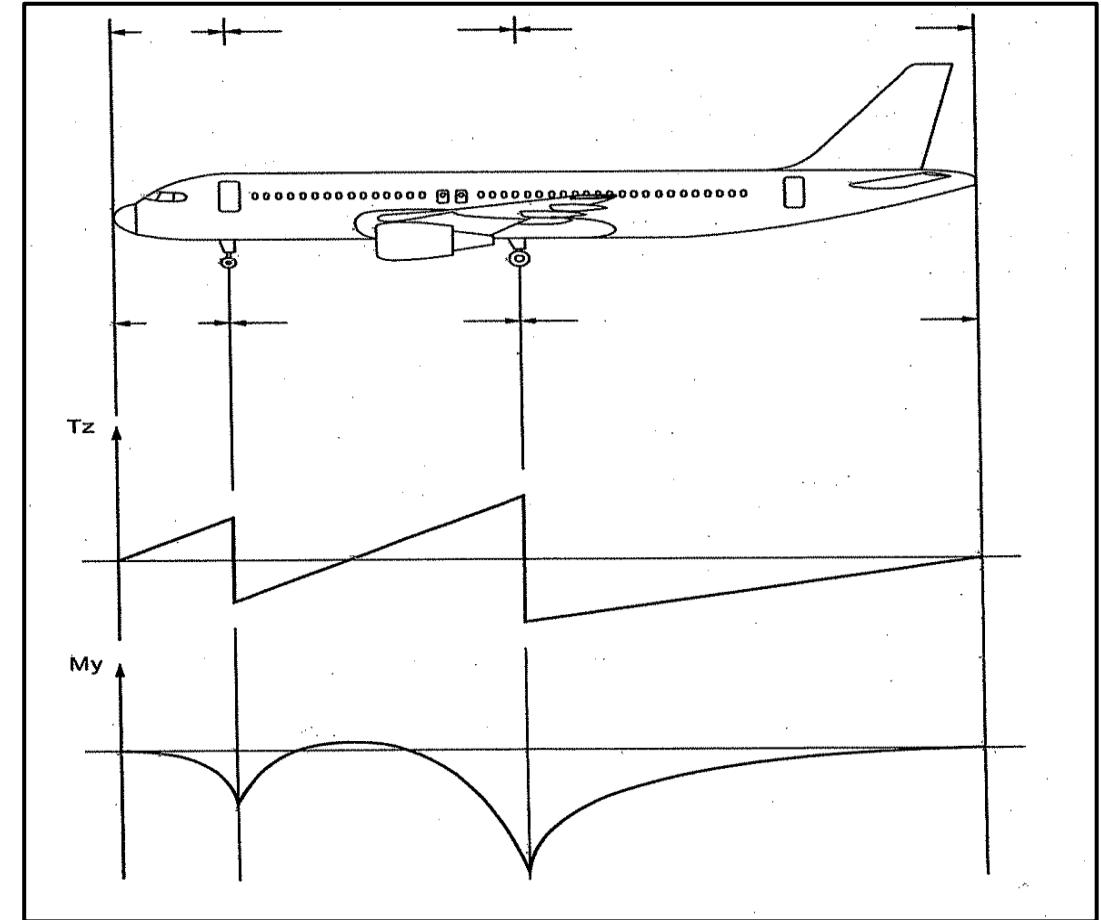
# Efforts appliqués au fuselage

## Efforts appliqués au sol

Au sol, le fuselage n'est soumis qu'à des forces massiques dues aux poids :

- de la structure ;
- des passagers et du fret;
- du carburant (éventuellement).

Il est assimilable à une poutre reposant sur deux appuis, les trains

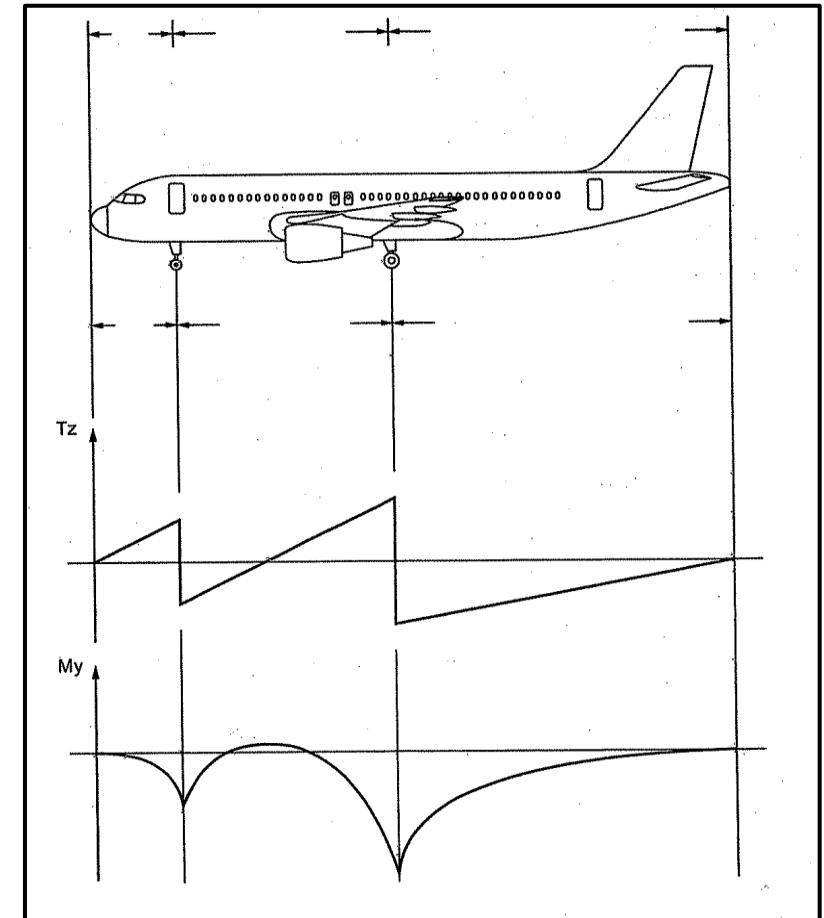


# Efforts appliqués au fuselage

## Efforts appliqués au sol

Ces forces induisent dans chaque section

- un effort tranchant  $T_z$ ,
- qui change de signe à l'aplomb des atterrisseurs (réaction)
- qui provoque une contrainte de cisaillement;
  
- un moment de flexion  $M_y$  qui provoque des contraintes de
  - traction :
    - partie inférieure entre les deux trains ;
    - partie supérieure à l'arrière des trains principaux ;
    - partie supérieure en avant du train avant.
  - compression :
    - partie inférieure à l'arrière des trains principaux ;
    - partie supérieure entre les deux trains,
    - partie inférieure en avant du train avant,



# Efforts appliqués au fuselage

## Efforts appliqués en vol

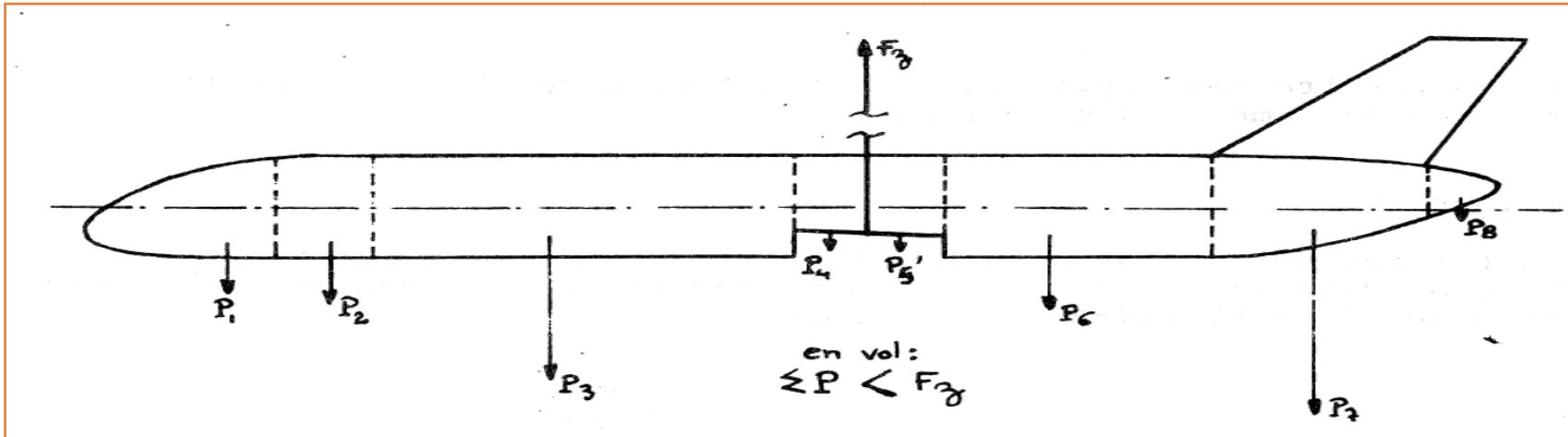
En vol, le fuselage est comparable à une poutre suspendue en son milieu. L'empennage étant déporteur, les forces qui s'appliquent sur le fuselage sont d'origine :

***Massiques***

***Aérodynamiques de portance  $F_z$  et de traînée  $F_x$***

# Efforts appliqués au fuselage

## Efforts massiques appliqués en vol



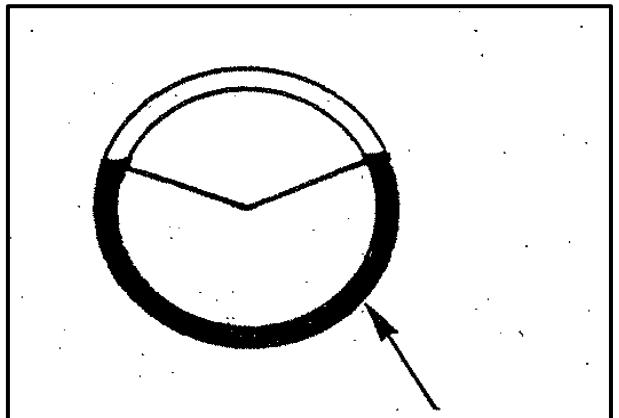
- Le fuselage est donc soumis, sous l'action de son poids à une flexion verticale qui engendre
- des contraintes de traction à la partie supérieure
- des contraintes de compression à la partie inférieure par le moment fléchissant.
- Cette compression crée un risque de flambage du revêtement dans la partie inférieure.
- L'effort tranchant engendre une contrainte de cisaillement faible.

# Efforts appliqués au fuselage

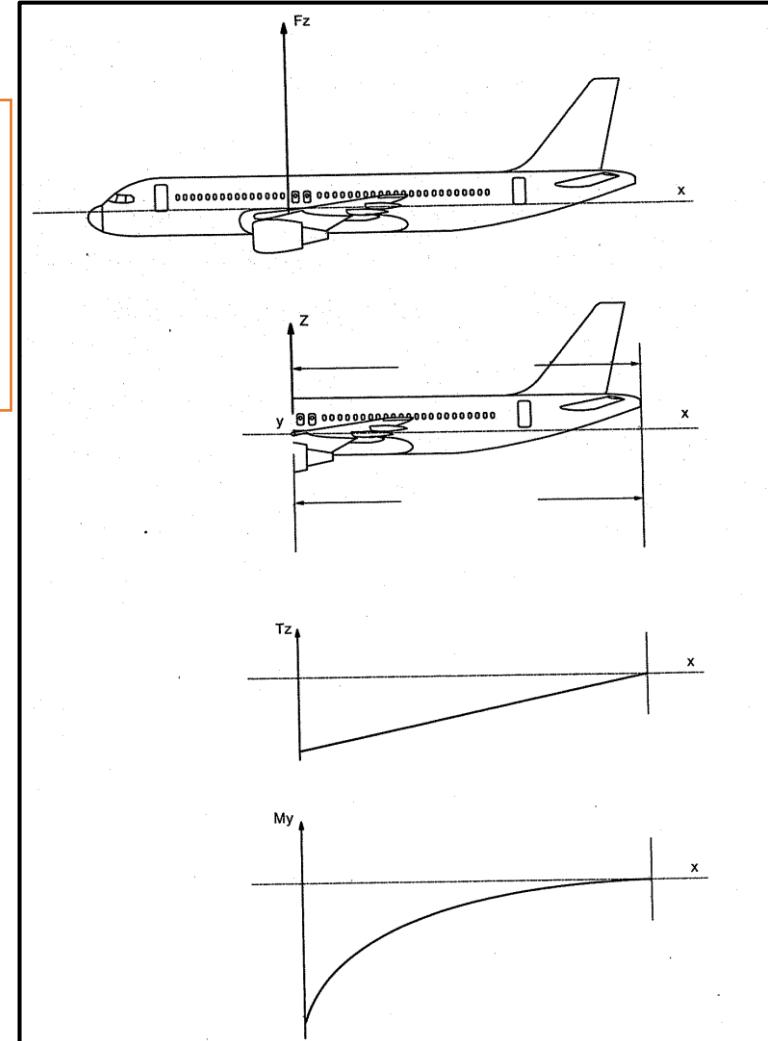
## Efforts massiques appliqués en vol

Poids structural, passagers, fret, carburant vont induire dans chaque section :

- un effort tranchant  $T_z$  qui donne des contraintes de cisaillement sur les flancs ;
- un moment de flexion  $M_y$  qui engendre des contraintes longitudinales de :
  - traction sur le dos ;
  - compression sur le ventre (et risques de flambage).



*zone soumise au flambage*

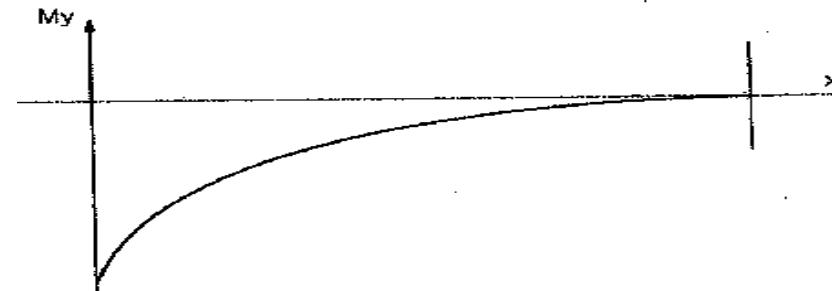
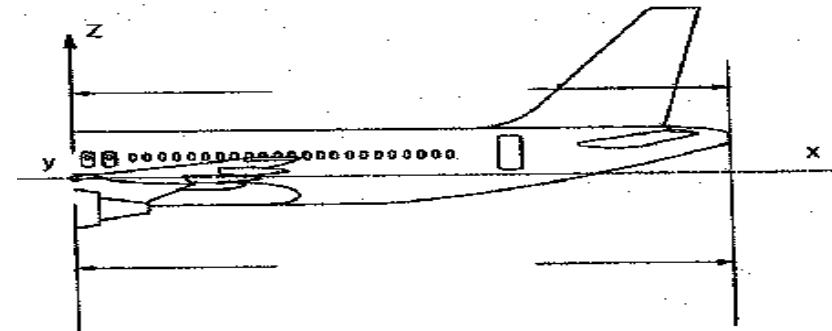


*Efforts appliqués en vol*

# Efforts appliqués au fuselage

Efforts Aérodynamiques de portance)  $F_z$  et de traînée  $F_x$

- La force aérodynamique va provoquer des variations de  $T_z$  et de  $M_y$  qui s'ajouteront (ou se retrancheront) à celles déjà existantes engendrées par les forces massiques.
- La traînée des empennages  $F_x$  va provoquer une contrainte de traction sur le fuselage.

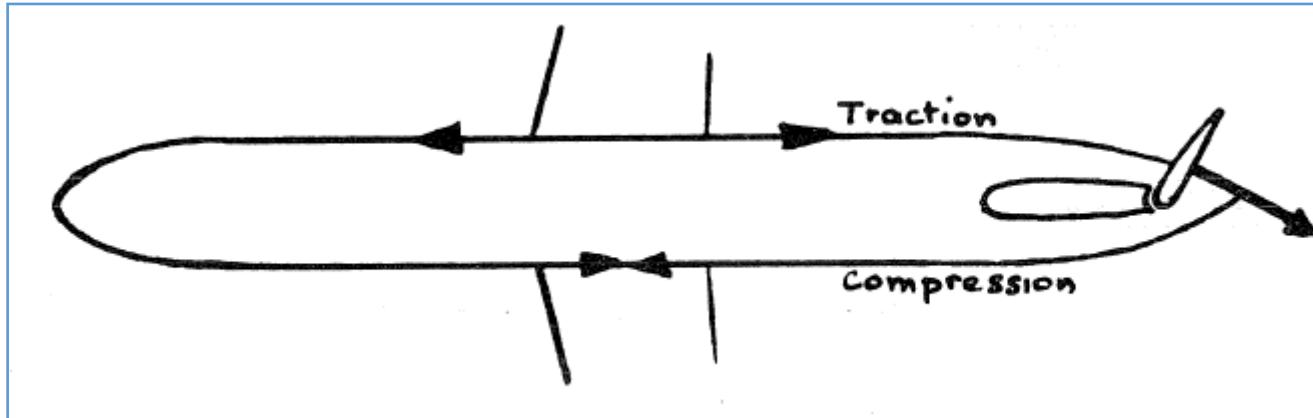


# Efforts appliqués au fuselage

## Efforts occasionnels dus au braquage de la dérive

### Flexion horizontale

La manœuvre de la gouverne de direction provoque la flexion horizontale du fuselage.



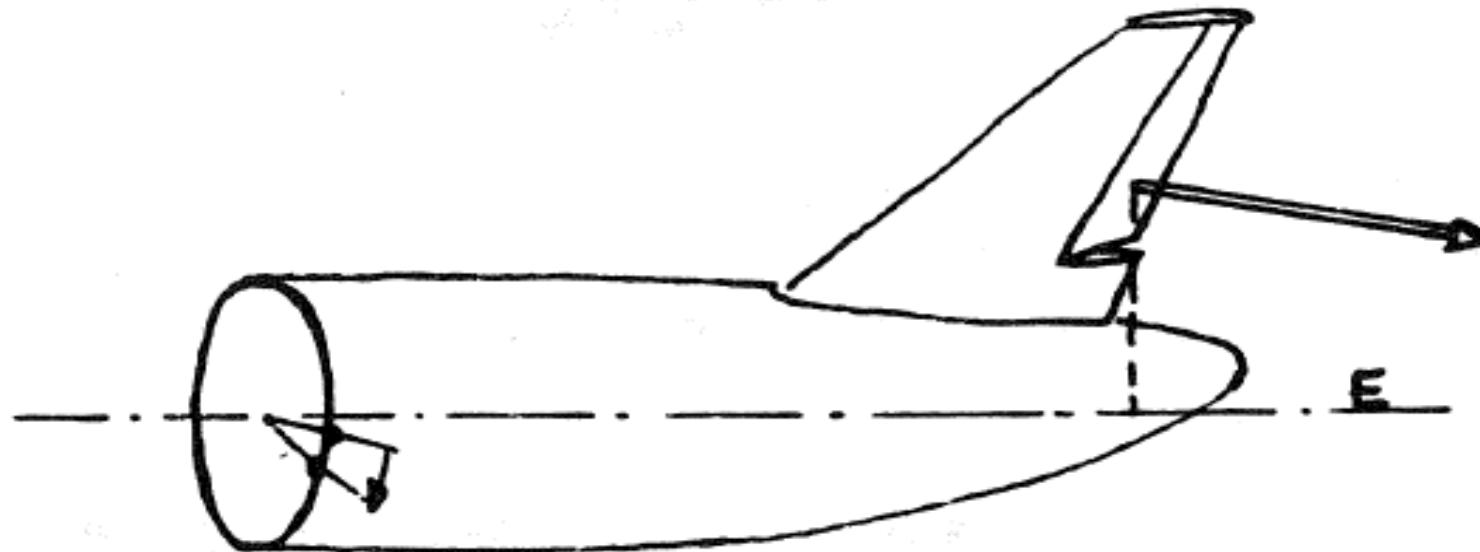
Il en résulte des contraintes de traction d'un côté du fuselage et des contraintes de compression de l'autre.

# Efforts appliqués au fuselage

## Efforts occasionnels dus au braquage de la dérive

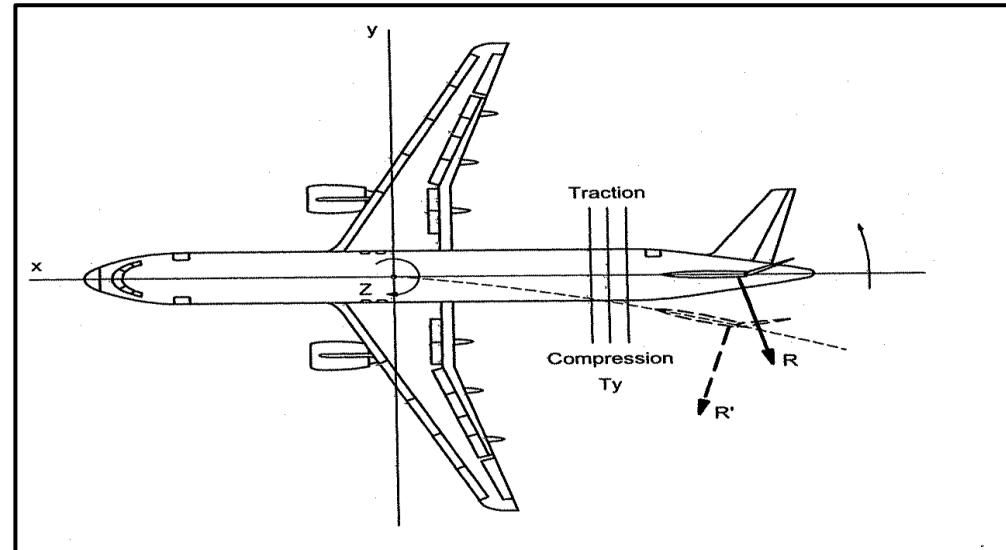
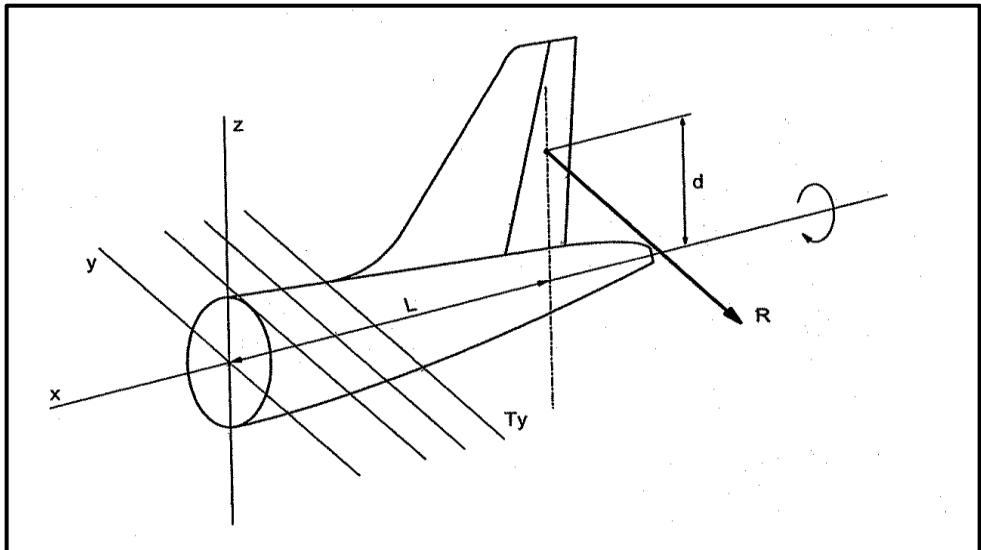
### Torsion

La torsion du fuselage est également provoquée par la manœuvre de la gouverne de direction : le point d'application de la force aérodynamique est loin de l'axe élastique du fuselage



# Efforts appliqués au fuselage

## Efforts occasionnels dus au braquage de la dérive

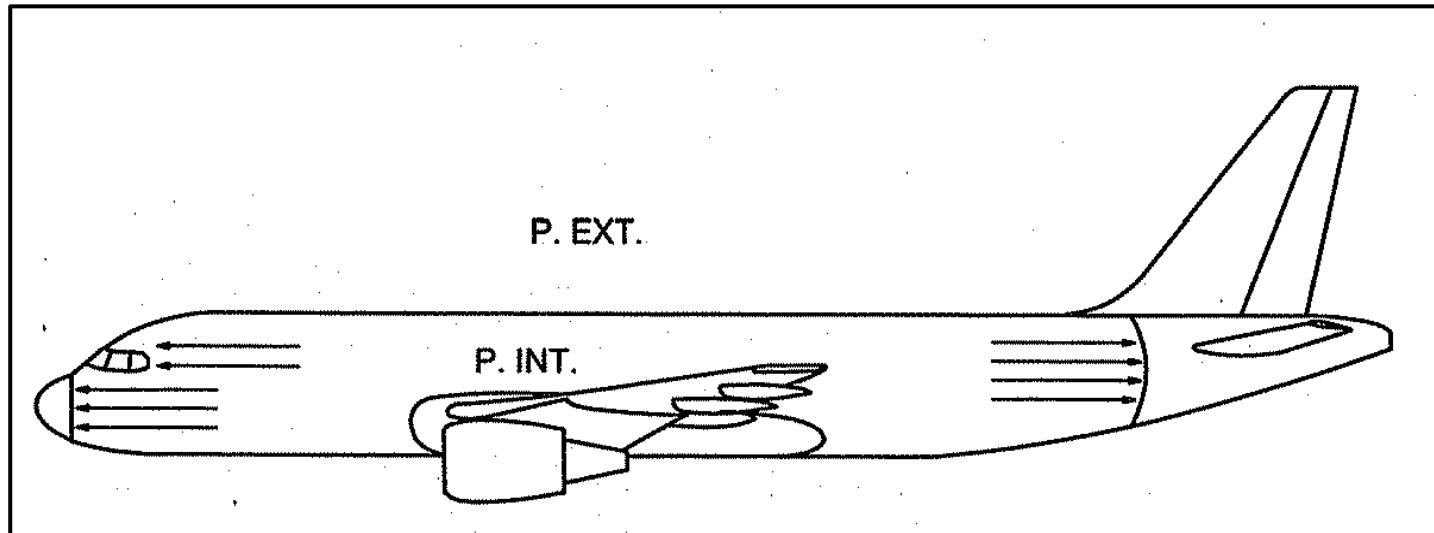


- Le braquage de la gouverne de direction provoque la flexion horizontale du fuselage.
  - Les forces aérodynamiques appliquées provoquent :
    - un effort tranchant  $T_y$  qui donne une contrainte de cisaillement transversal du toit et du ventre ;
    - un moment de flexion  $M_z$  qui engendre des contraintes différentielles sur les flancs : traction (braquage) et compression (côté opposé).
    - un moment de torsion  $M_x$ , provoqué par le déport ( $d$ ) du point d'application de la force (R) sur la gouverne par rapport à l'axe du fuselage.
- Il en résulte une contrainte de cisaillement périphérique.

# Efforts appliqués au fuselage

## Efforts dus à la pressurisation

En vol, le fuselage est pressurisé. La pression interne cabine est plus forte que la pression externe, la structure supporte une pression différentielle :



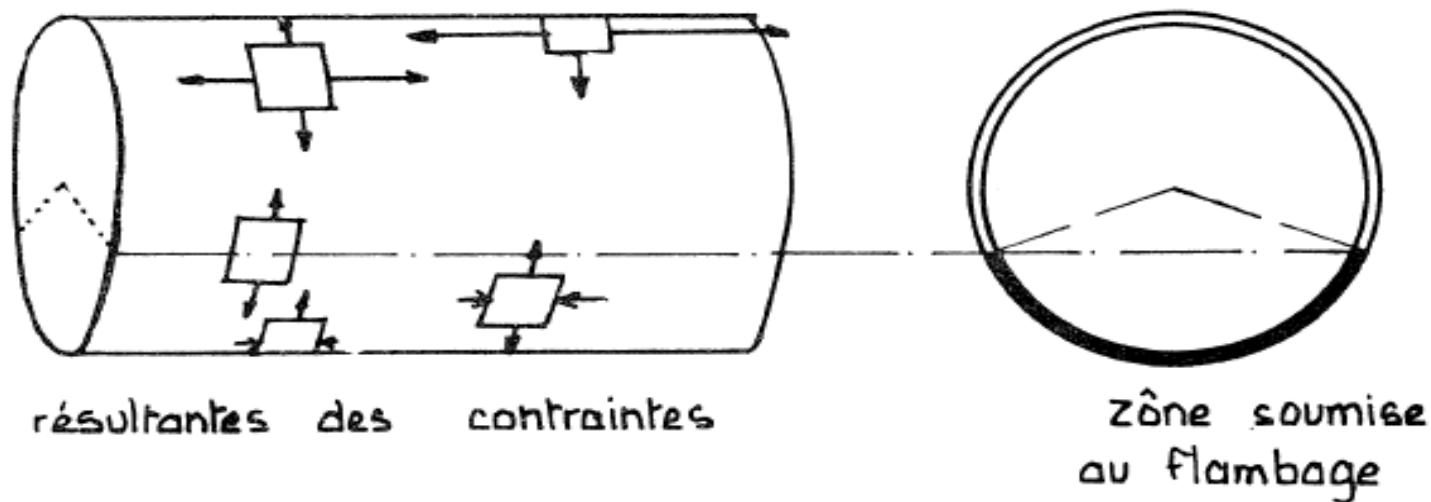
*Efforts dus à la pressurisation*

# Efforts appliqués au fuselage

## Efforts dus à la pressurisation

Cette  $\Delta P$  provoque des contraintes longitudinales, et transversales qui vont se combiner à celles provoquées par la flexion due au poids :

- sur la partie dorsale les contraintes s'ajoutent ;
- sur la partie ventrale, elles se retranchent à la contrainte de compression, qui est diminuée provoquant de fait la réduction de la zone de flambage.

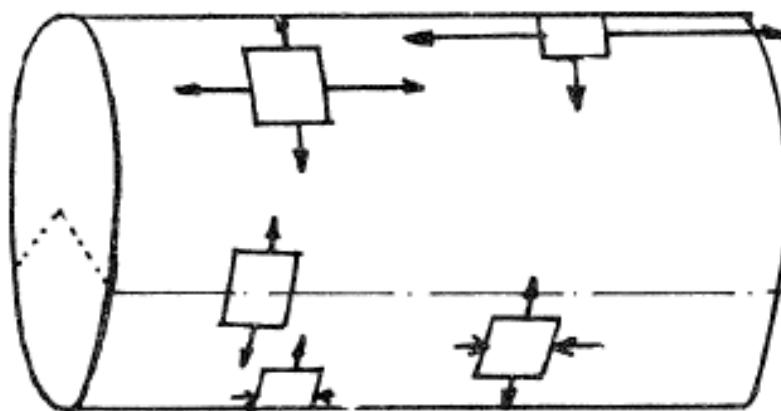


*Contraintes longitudinales, et transversales dus à la pressurisation*

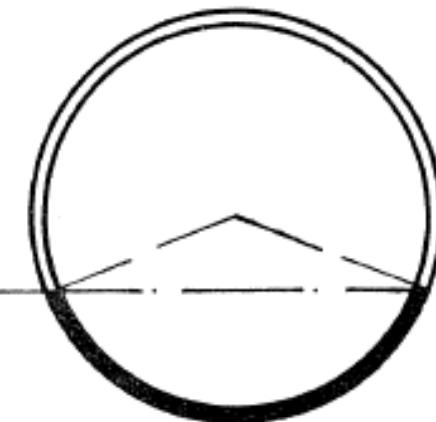
# Efforts appliqués au fuselage

## Efforts dus à la pressurisation

- La résultante peut être nulle ou inversée.
- Dans la partie inférieure du fuselage, la zone instable soumise à la compression est diminuée mais il existe toujours une contrainte critique de flambage
- Il est donc nécessaire de raidir la coque (lisses, couples, cadres), les traverses de plancher ainsi que les montants sont utiles.



résultantes des contraintes

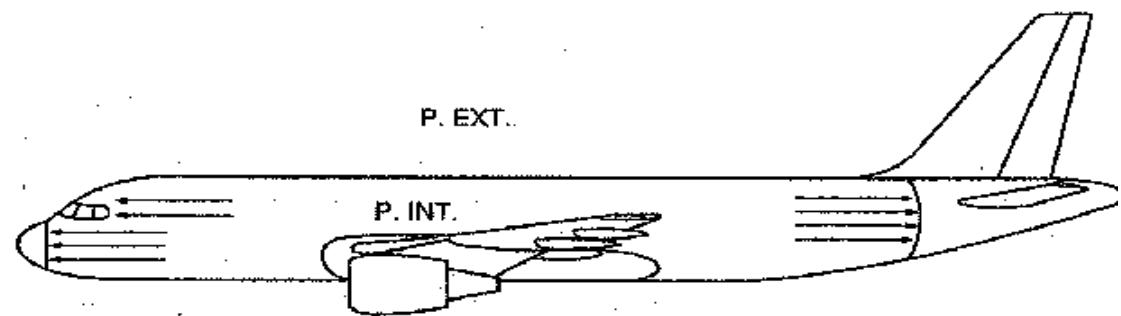
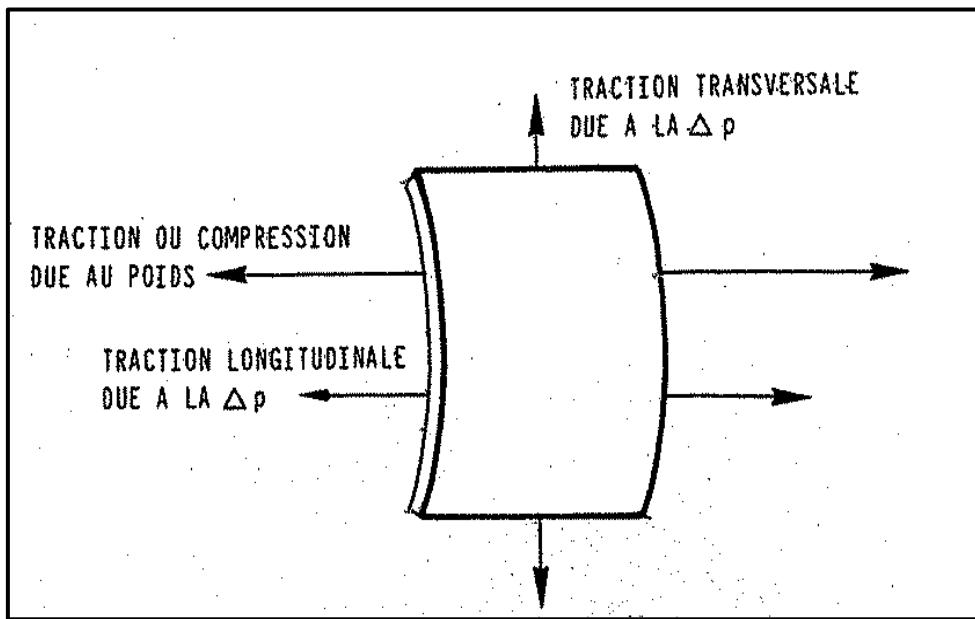


zone soumise  
au flambage

# Efforts appliqués au fuselage

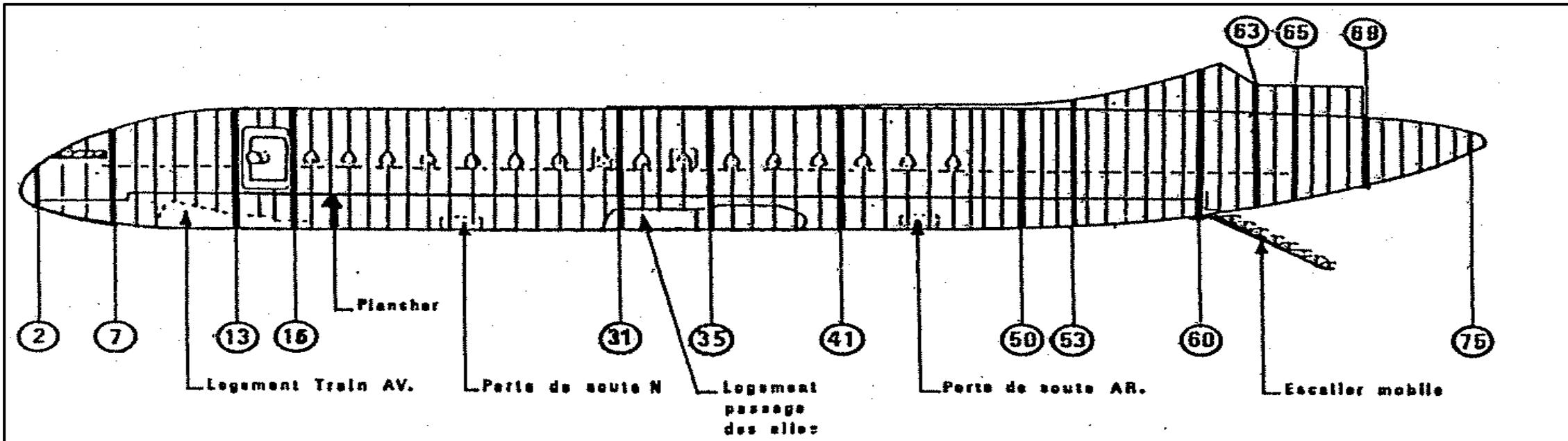
## Efforts dus à la pressurisation

Il est démontré que les contraintes transversales sont deux fois plus élevées que les contraintes longitudinales, on voit donc l'intérêt des couples bien dimensionnés et en nombre important, des lisses et, du revêtement fortement raidi notamment dans sa partie ventrale.



# Efforts appliqués au fuselage

## Efforts localisés

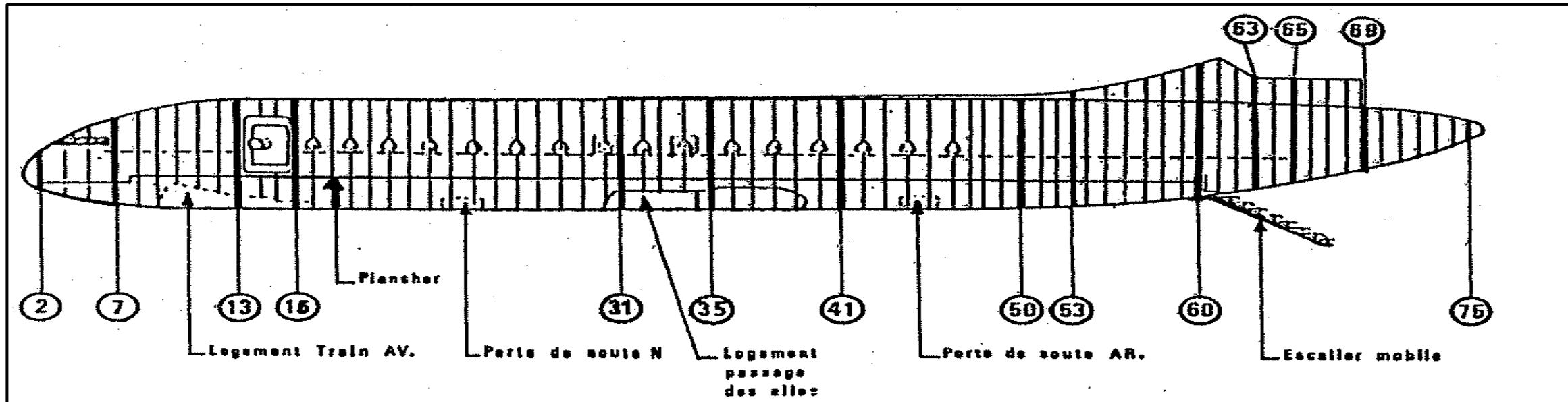


Ce sont les efforts encaissés par les points de fixation de la voilure, des empennages, des aérofreins (éventuels), des atterrisseurs avant et principaux, des GTR.

De plus, les ouvertures nécessaires, portes, pare-brise, hublots affaiblissent la résistance de la structure: Tous ces points nécessitent un renforcement local de la structure.

# Efforts appliqués au fuselage

## Efforts localisés



N°2      zone pressurisée

N° 7      fixation cockpit

N° 13 et 16: renforcement des orifices de portes et  
fixation train AV

N° 31, 33, 35: fixation fuselage sur les ailes et  
renforcement de l'arête dorsale

N° 41:      fixation fuselage AR

N° 50 et 53:fixation des réacteurs

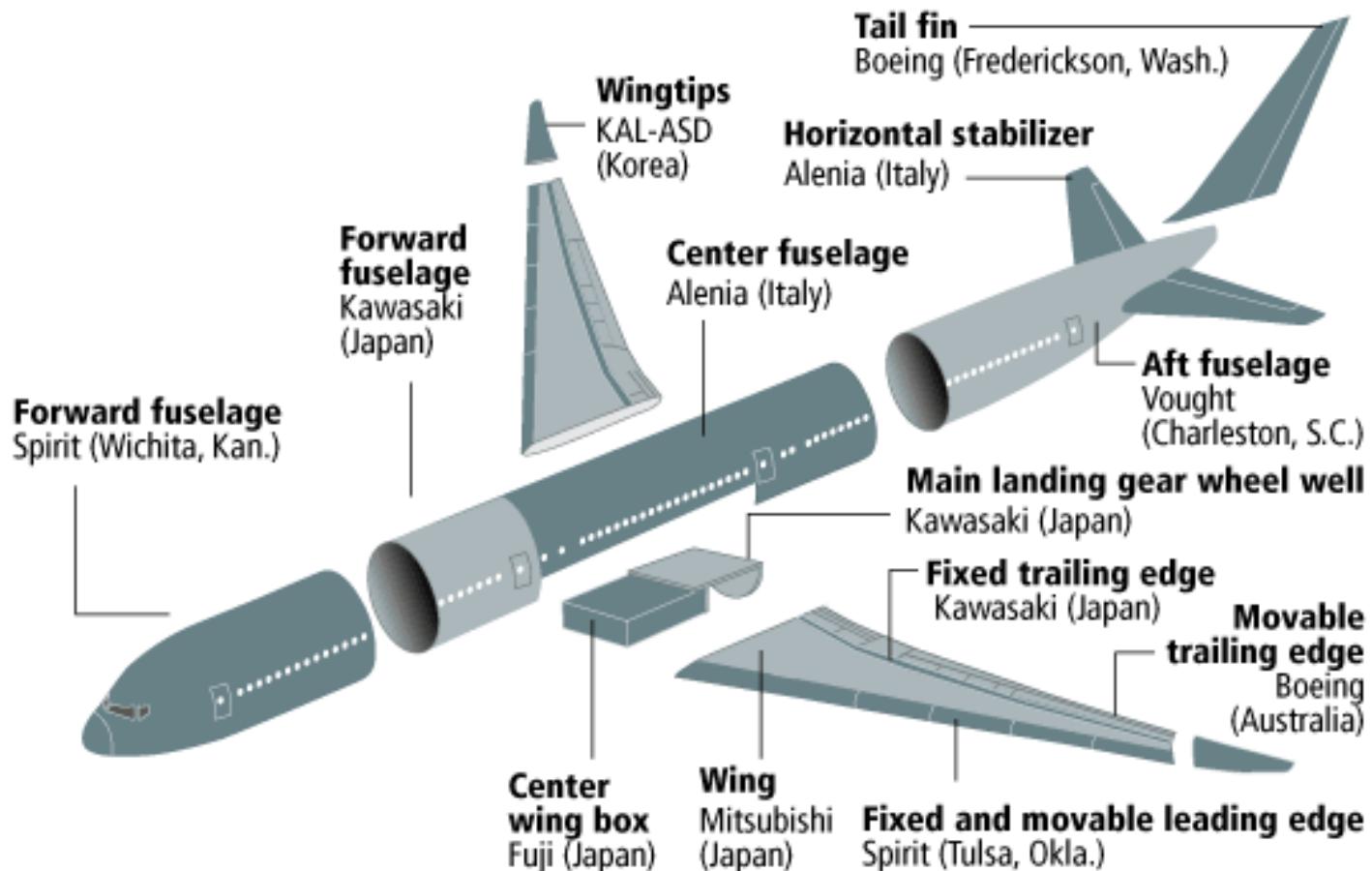
N° 60:      fin de zone pressurisée et fixation escalier

N° 63, 65,69 : fixation empennage (stabilisateurs 4-  
dérive)

# Structure

## • MODES DE CONSTRUCTION DU FUSELAGE

### B787 DREAMLINER



#### PARTS NOT SHOWN

**Landing gear**  
Messier-Dowty  
(England)

**Wing/body fairing**  
Boeing (Canada)

**Landing gear doors**  
Boeing (Canada)

**Cargo access doors**  
Saab (Sweden)

**Passenger entry doors**  
Latecoere (France)

**Engines**  
GE (Evendale, Ohio)

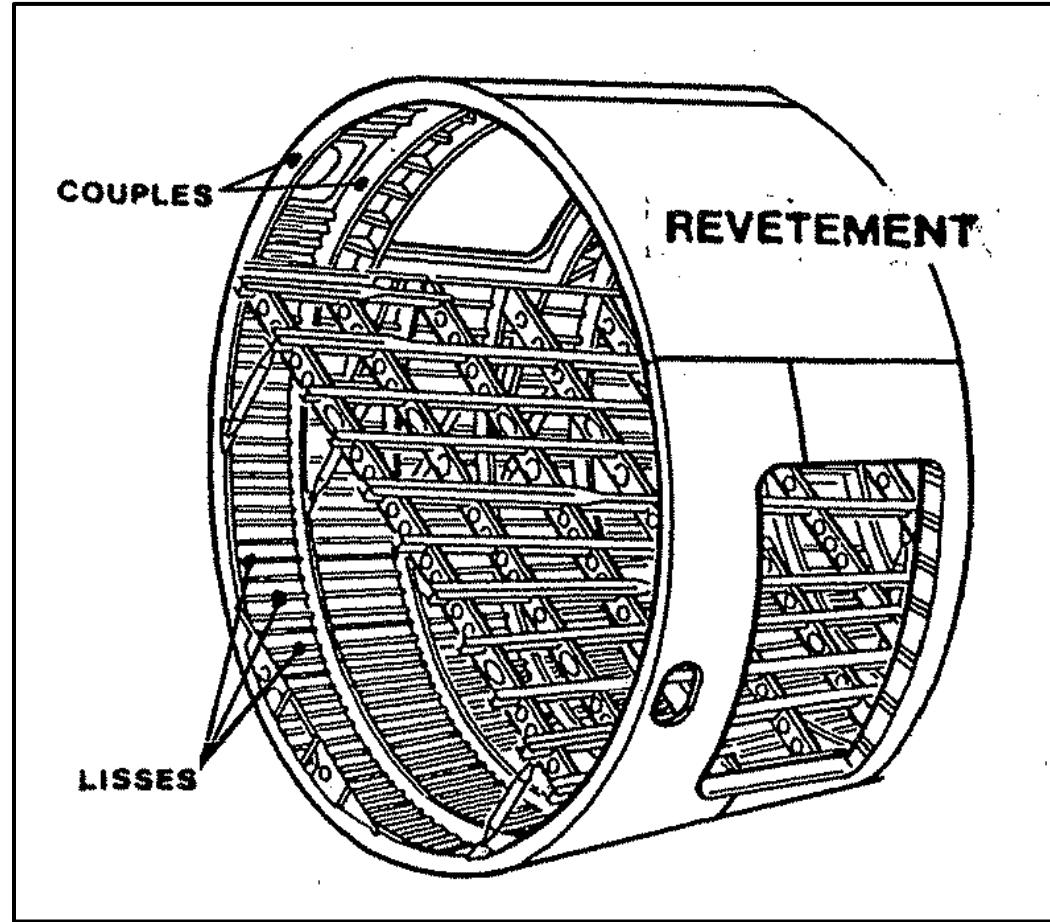
**Engines**  
Rolls-Royce (England)

**Engine nacelles**  
Goodrich  
(Chula Vista, Calif.)

# Structure et mode de construction

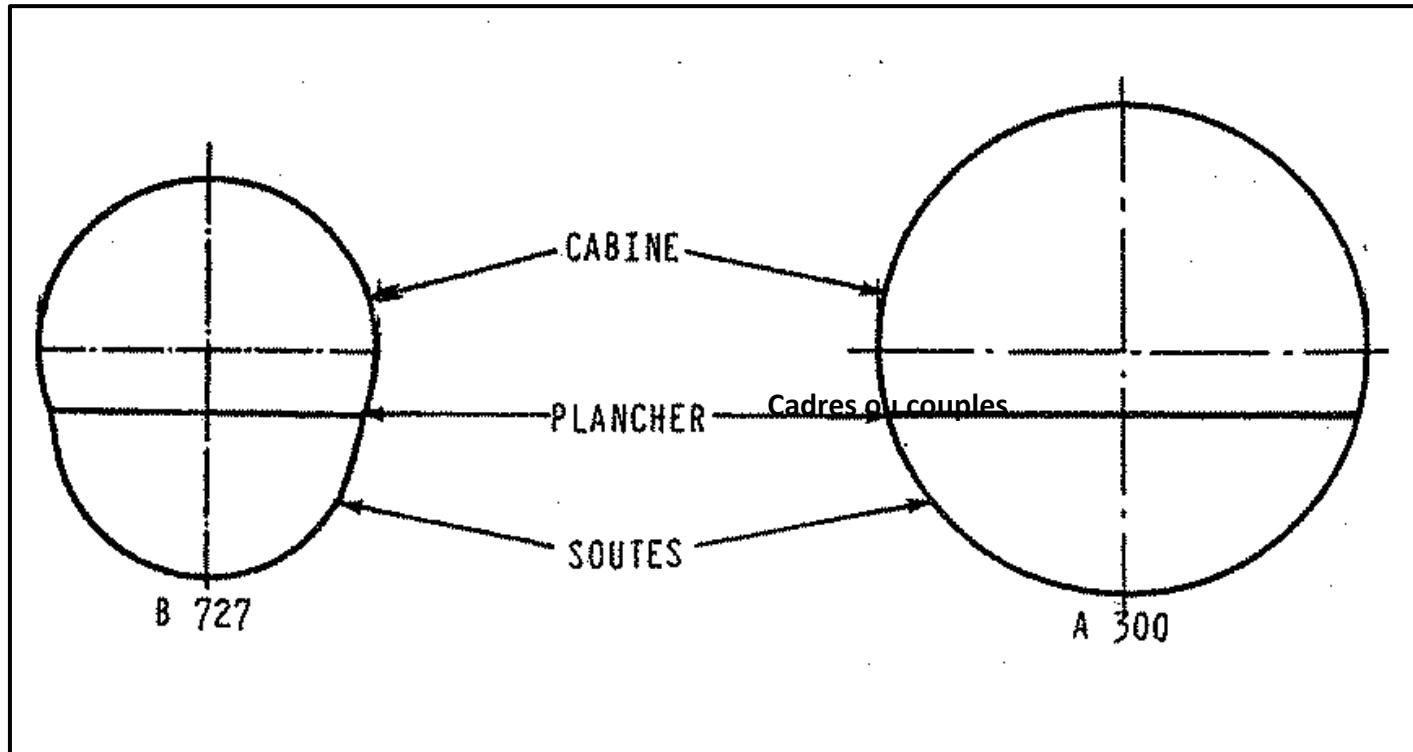
Les éléments principaux constitutifs d'un fuselage sont :

- les cadres ou couples ;
- les lisses ;
- le revêtement travaillant.



# Structure et mode de construction

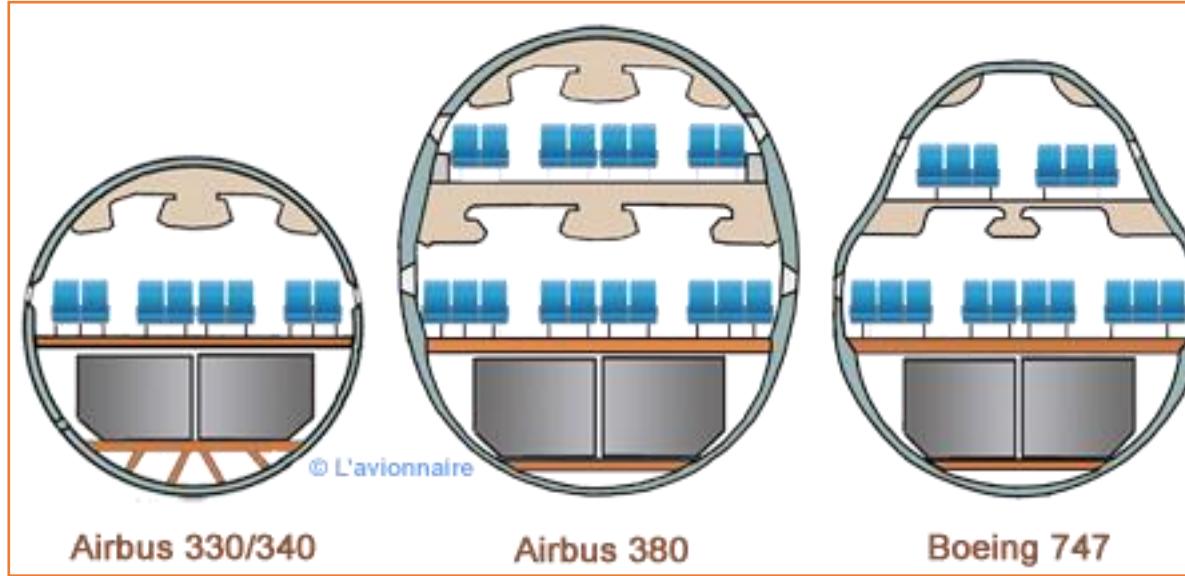
## Cadres ou couples



Eléments transversaux de formes différentes, ils assurent la rigidité transversale, le maintien du profil et, supportent les efforts localisés importants.

# Structure et mode de construction

## Cadres ou couples



Les cadres donnent la forme du fuselage - ronds pour les Airbus (300 à 340) et ovoïdes pour le Boeing 747 et l'Airbus 380.

# Structure et mode de construction

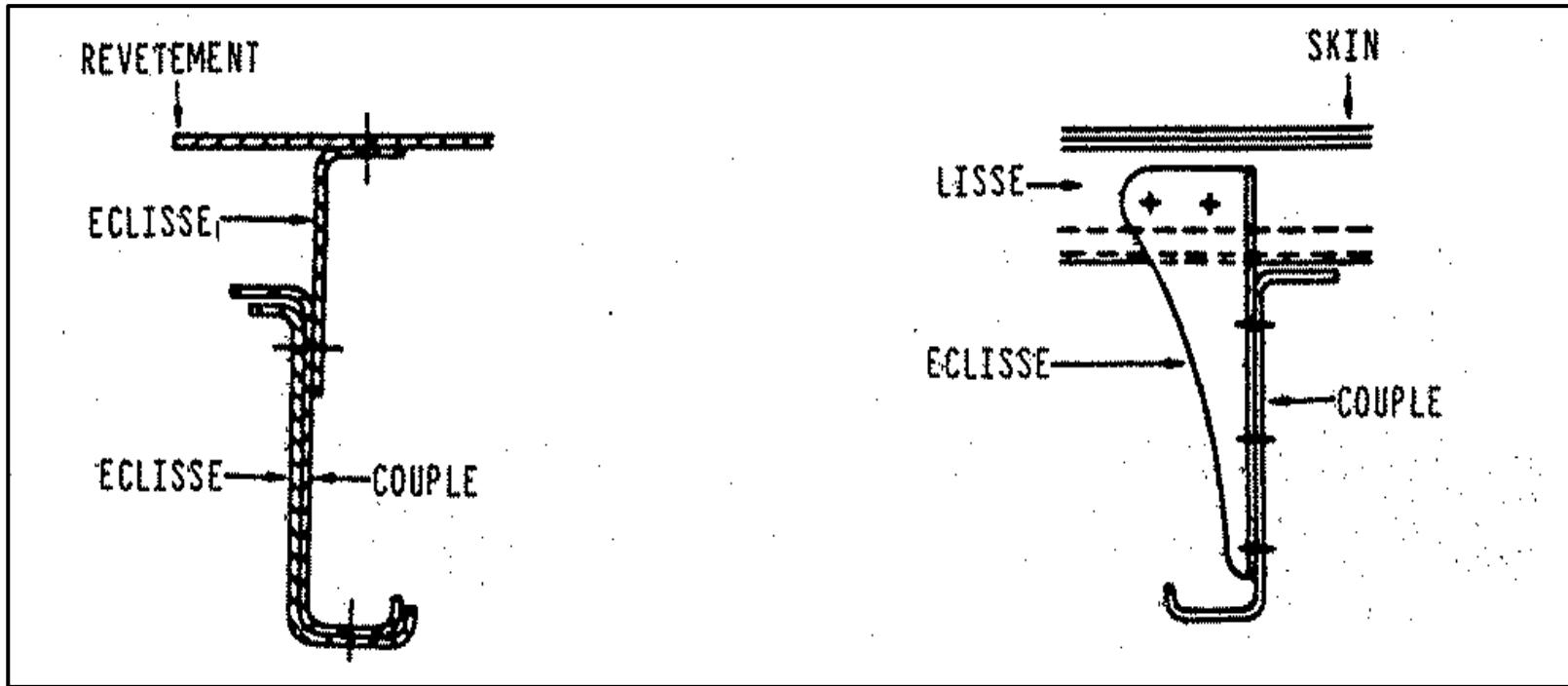
## Cadres ou couples



Modèle de l'A380, le fuselage de section, en montrant les trois étages structure

# Structure et mode de construction

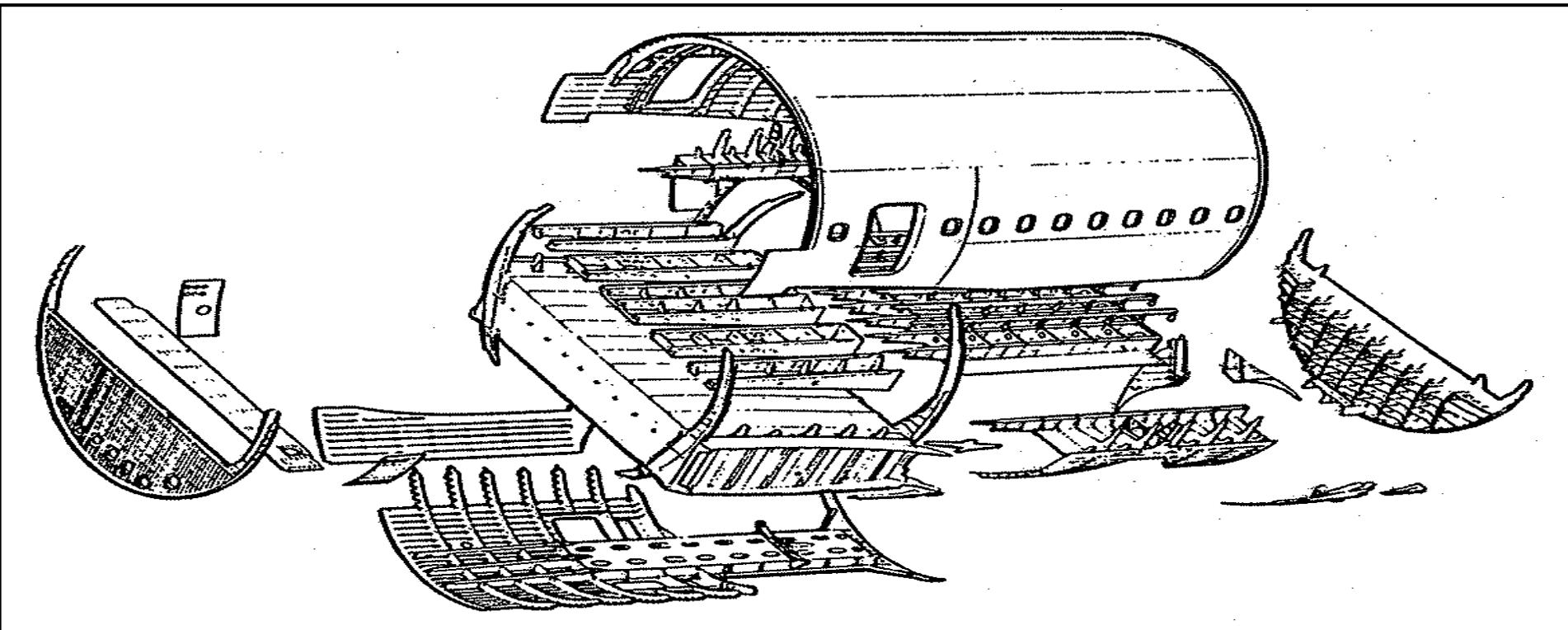
## Cadres ou couples: cadres courants



- Les cadres courants sont constitués d'une ou plusieurs tôles pliées d'alliage léger (AU4G1);
- Ils assurent la rigidité transversale;
- Tendus en permanence par les forces dues à la  $\Delta P$  transmises par le revêtement ;
- Donnent la forme au profil.

# Structure et mode de construction

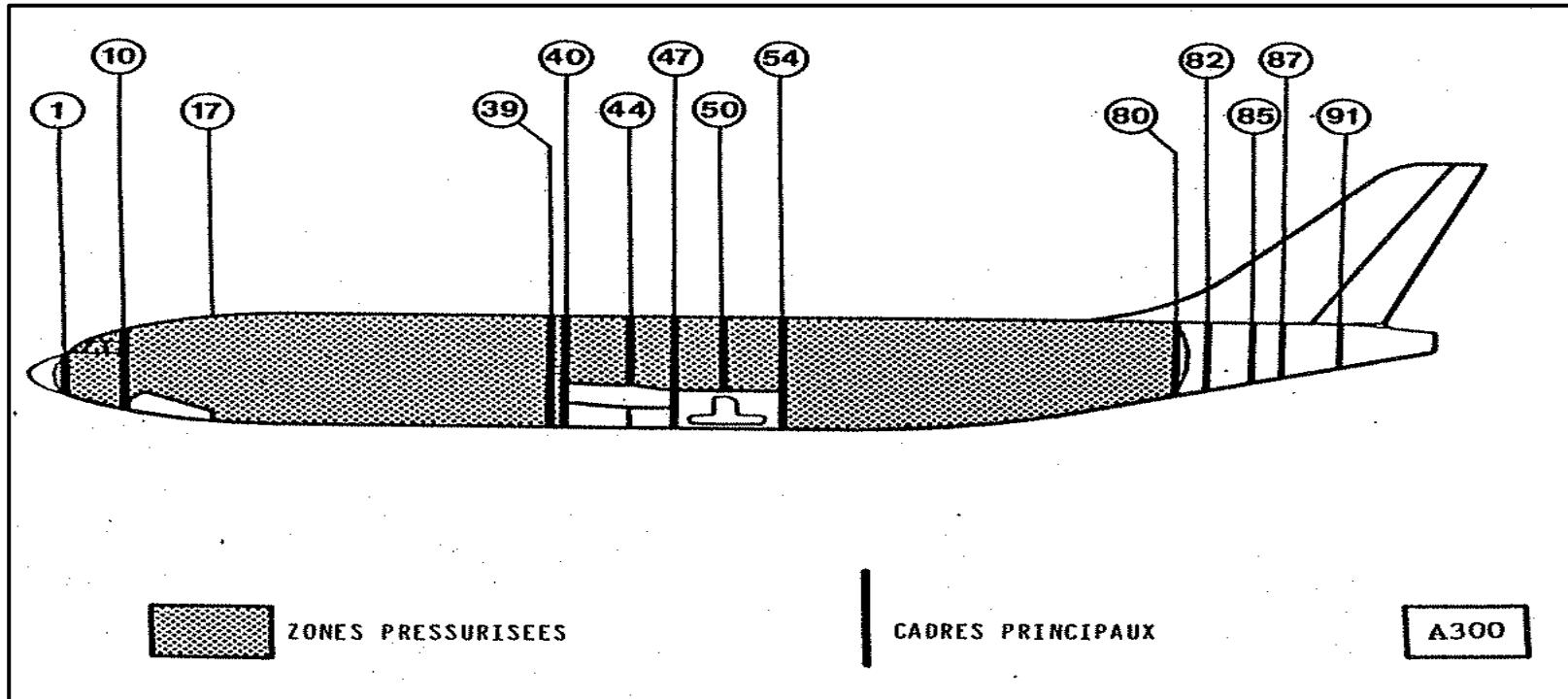
Cadres ou couples : Cadres forts fabriqués par usinage



Ils encaissent tous les efforts localisés et concentrés pour les répartir dans la structure.

# Structure et mode de construction

Cadres ou couples : Cadres forts fabriqués par usinage



On les trouve :

- aux points de fixation voilure, empennages, GTR, trains d'atterrissage ;
- aux encadrements de portes ;
- aux parties avant et arrière de chaque tronçon : assemblage ;
- aux limites de la zone pressurisée (couples étanches) pour reprendre les efforts longitudinaux dus à la  $\Delta P$  (traction lisses et revêtement).

# Structure et mode de construction

## Cadres ou couples

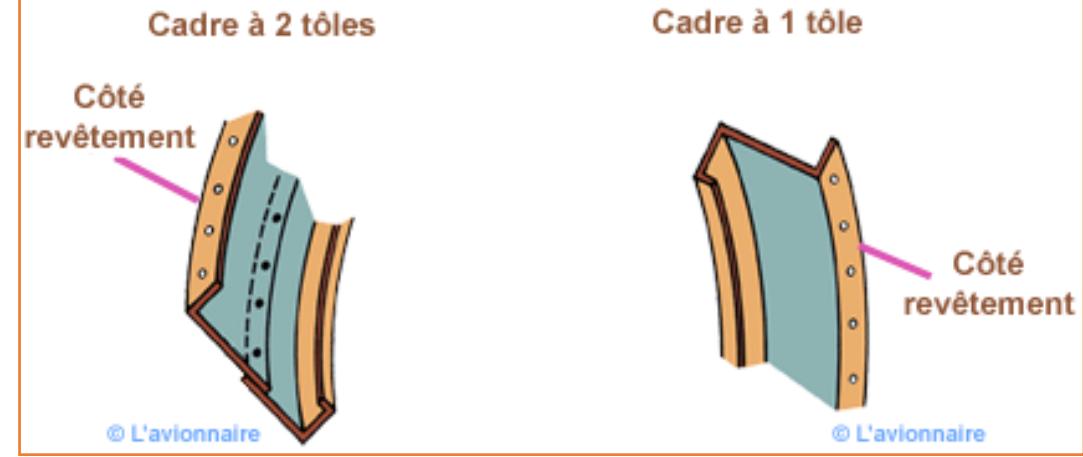
### Les cadres forts

On les trouve dans les endroits où les efforts sont importants notamment aux jonctions du fuselage avec les ailes et de l'empennage, au train d'atterrissage, aux cloisons de fin de pressurisation ainsi qu'au niveau des réacteurs si ceux-ci sont accrochés au fuselage.

### Les cadres courants

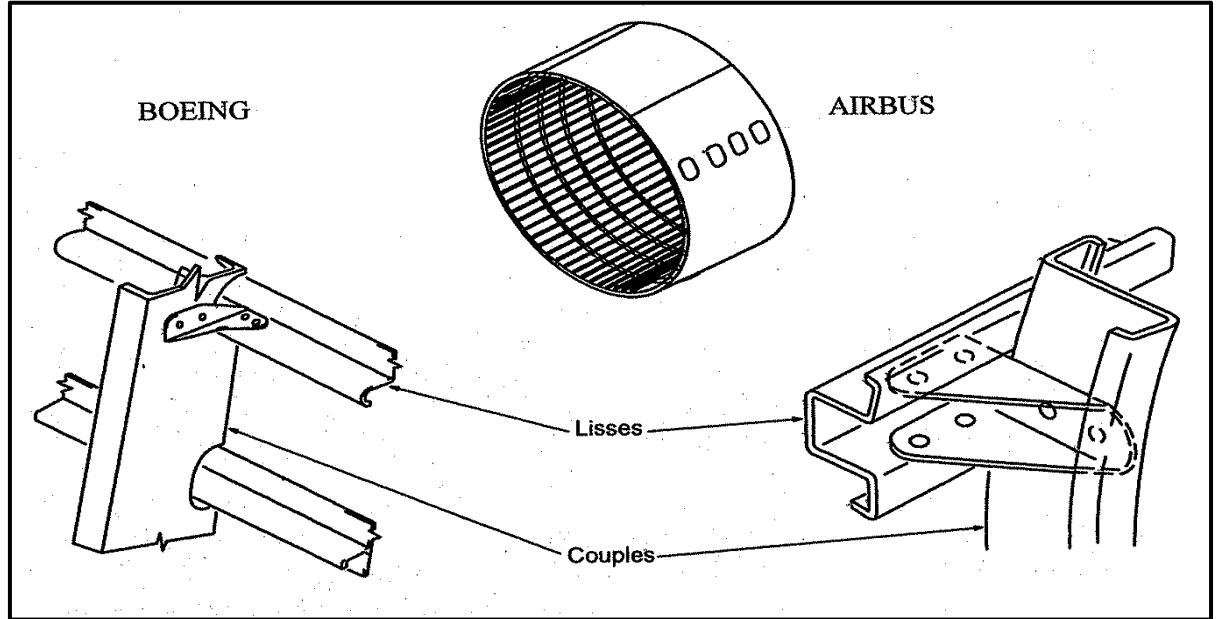
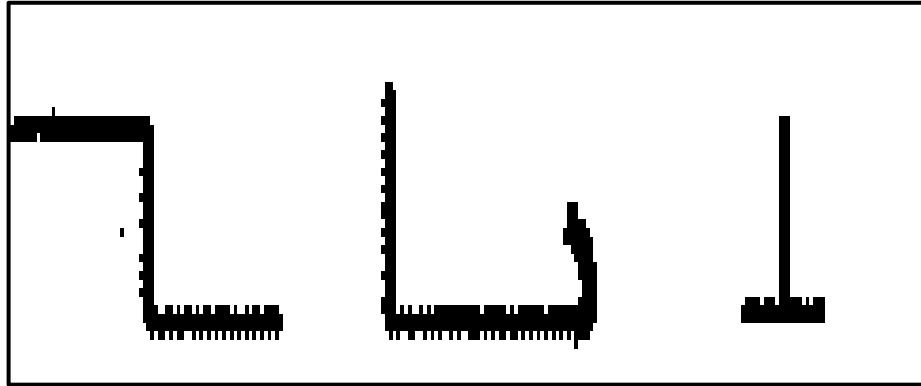
Espacés régulièrement le long du fuselage, ils jouent un rôle crucial pour la structure de l'avion en intégrant les efforts dus à la pressurisation encaissés par le revêtement.

Les cadres courants sont constitués d'une ou de deux tôles pliées et rivetées entre elles.



# Structure et mode de construction

## Lisses



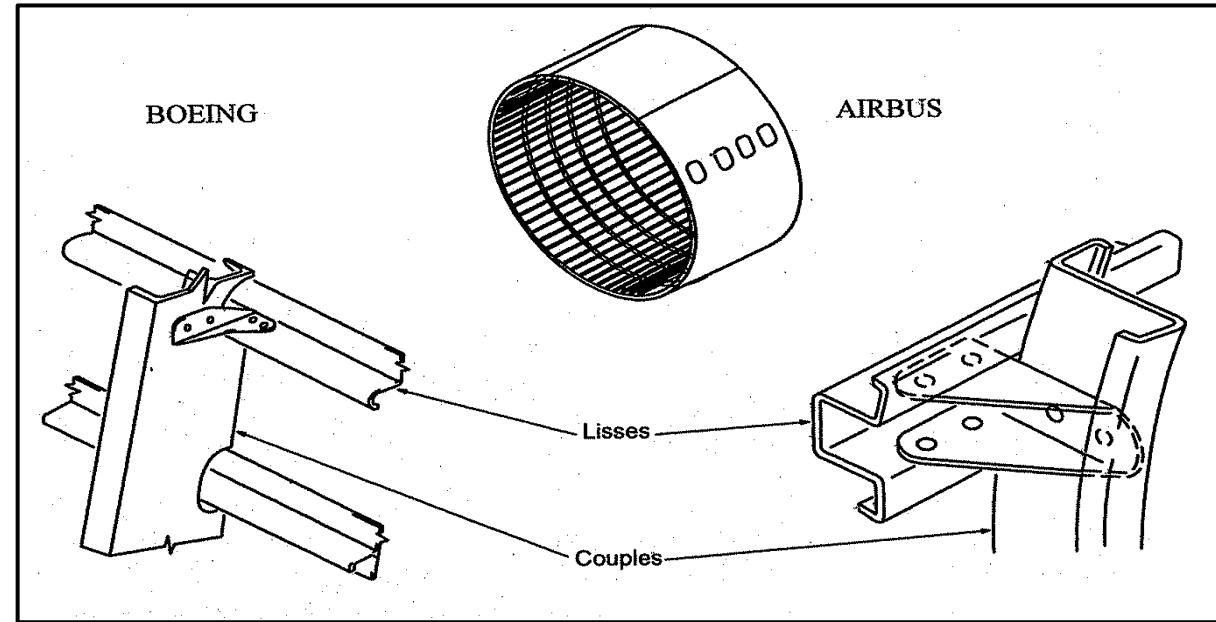
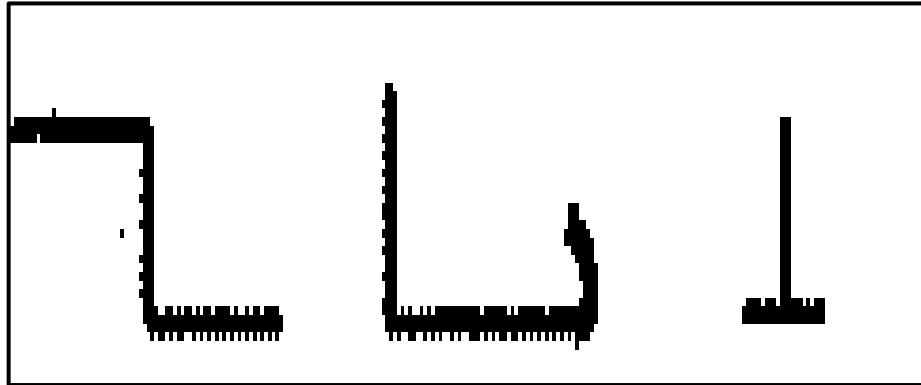
Eléments longitudinaux raidisseurs du revêtement qui absorbent les contraintes :

alternées de traction-compression dues aux flexions longitudinales  $M_y$  et latérales  $M_z$ ;  
de traction dues à la  $\Delta P$  et aux empennages ;  
de compression dues à la fixation des GTR.

Elles sont formées par de simples tôles d'alliage léger pliées.

# Structure et mode de construction

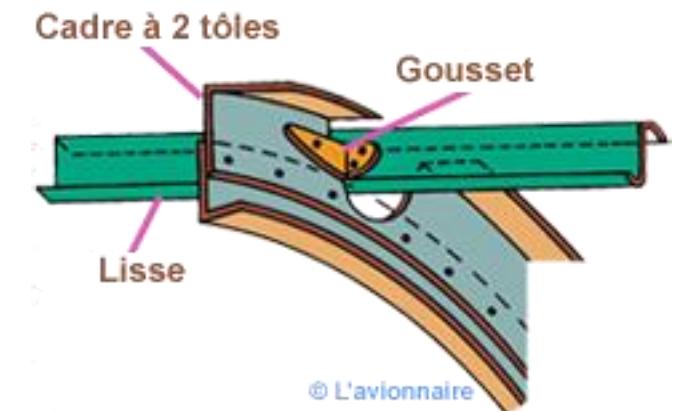
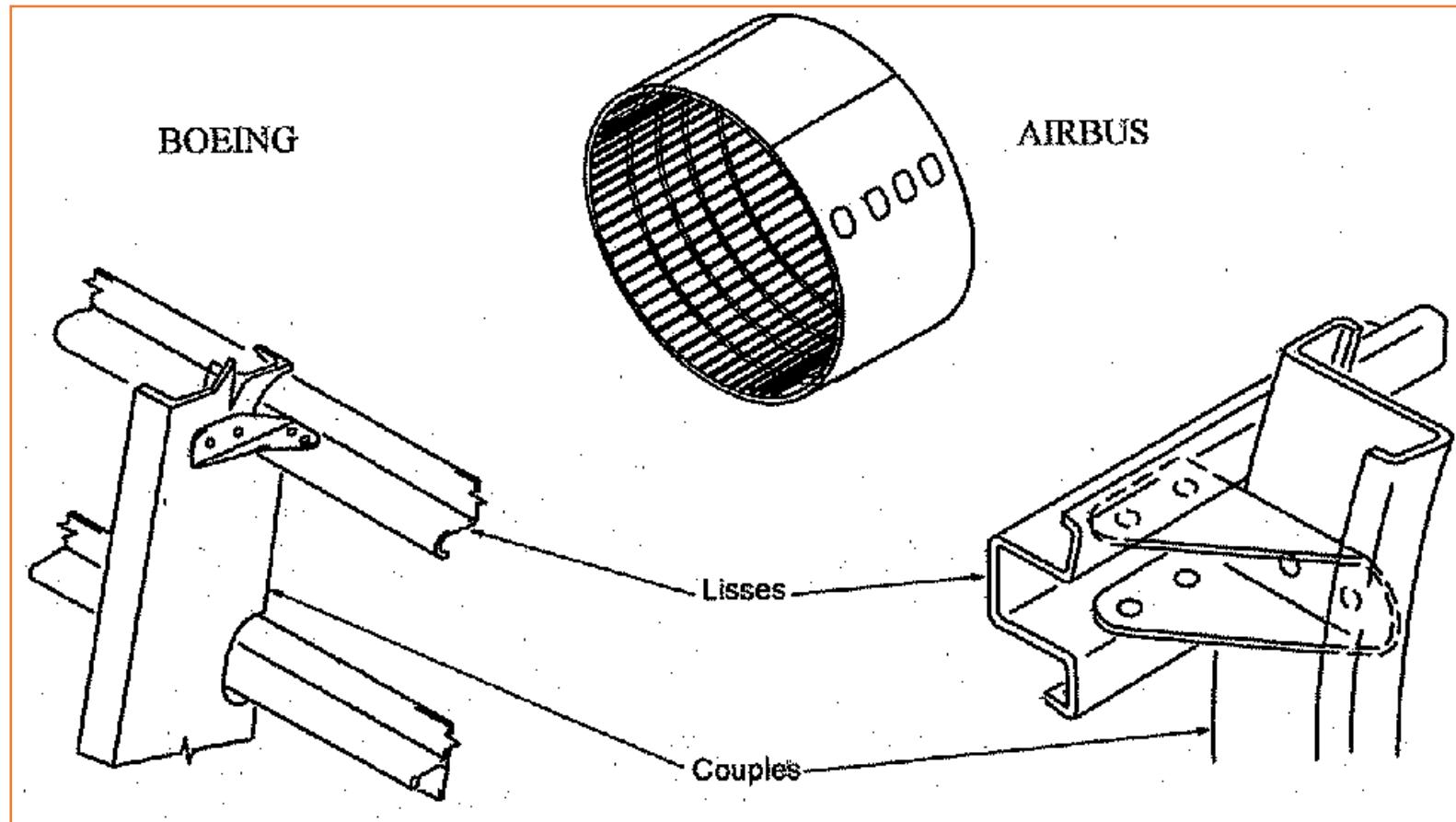
## Lisses



Elles sont fixées au revêtement par collage (faibles contraintes) ou rivetage (fortes contraintes : ventre).  
L'alliage utilisé est fonction de la position : AU4G1 (partie dorsale) et AZ5GU (partie ventrale).

# Structure et mode de construction

## Lisses



Les lisses sont rivetées aux couples par des éclisses (Airbus) ou traversent les cadres échancrés (Boeing)  
ce qui évite les discontinuités

# Structure et mode de construction

## Lisses

Ensemble de cadres et de lisses constituant le fuselage arrière



**Airbus A340**

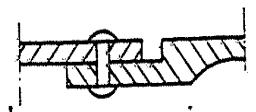


**Boeing 747**

# Structure et mode de construction

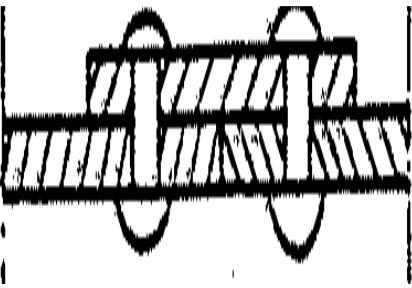
## Lisses



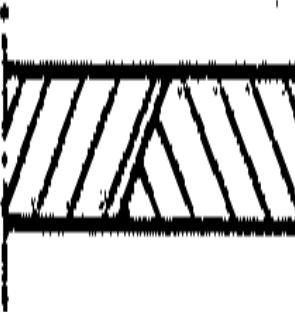


# Structure et mode de construction

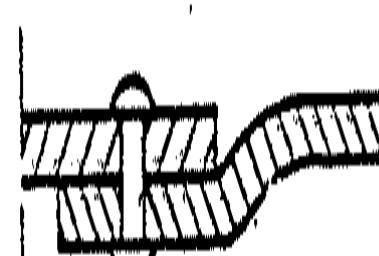
## Revêtement travaillant



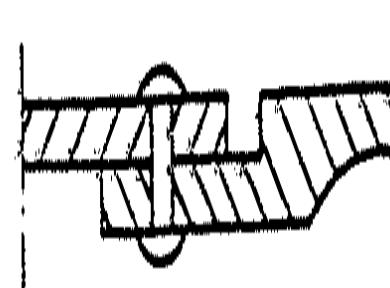
Enture simple



Eclissage



Soyage



Lamage

Le recouvrement d'un panneau sur l'autre

Constitué par un assemblage de panneaux rivetés, collés ou soudés sur les couples.

Il encaisse comme les lisses les contraintes de traction-compression, ainsi que celles de cisaillement vertical

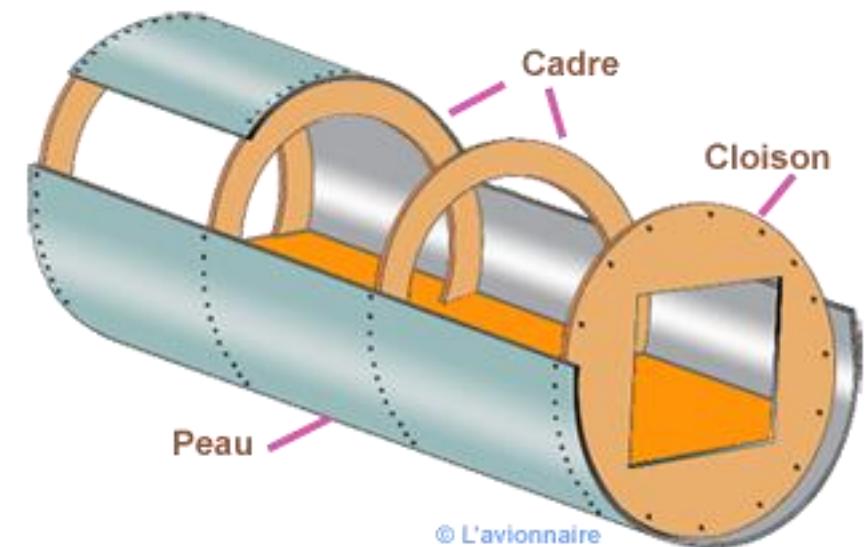
Les matériaux utilisés :

- AU4G1 partie supérieure ;
- AZ5GU partie inférieure avec une épaisseur plus importante

# Structure et mode de construction

## Fuselage monocoque

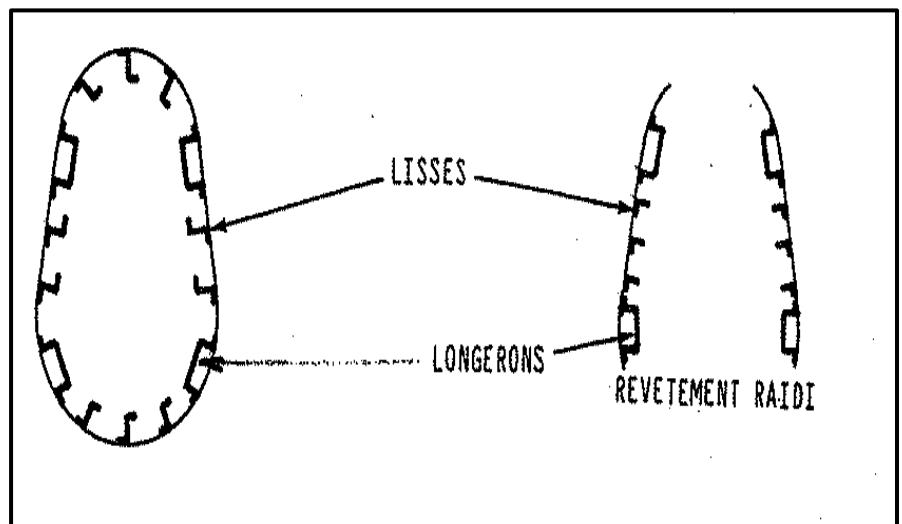
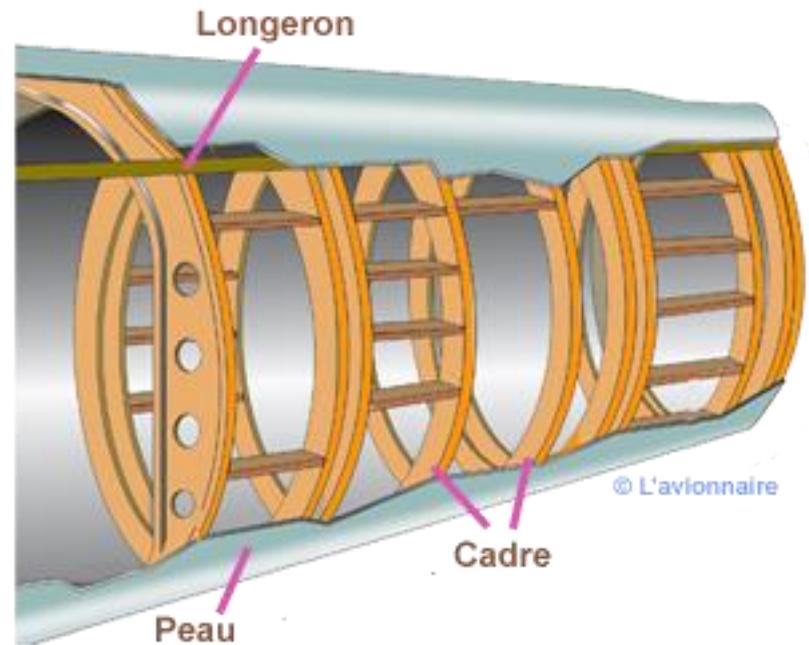
- La construction est faite de coquilles, ensembles de cadres ou cloisons verticales pour donner la forme au fuselage.
- La peau du fuselage (revêtement) fixée aux cadres par collage, rivetage ou vissage, doit supporter les efforts primaires et maintenir le fuselage rigide.
- Le fuselage monocoque repose donc en grande partie sur la résistance de la peau pour supporter les charges primaires.
- Cette peau est alors qualifiée de revêtement travaillant. Elle peut être raidie sur elle-même par un procédé sandwich : deux peaux résistantes de part et d'autre d'une âme légère.
- Des éléments renforcés de structure sont situés pour supporter les charges concentrées aux points d'attache telles que les ailes, les stabilisateurs etc.



# Structure et mode de construction

## Fuselage semi-monocoque

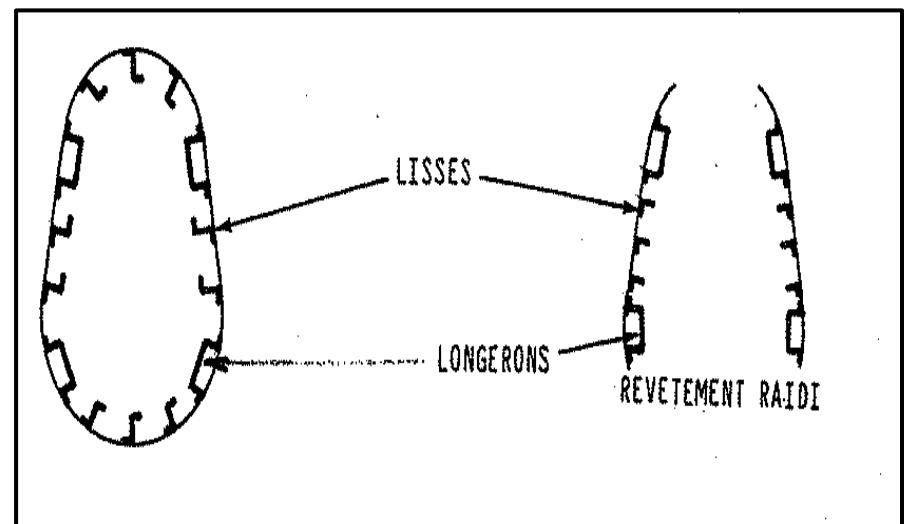
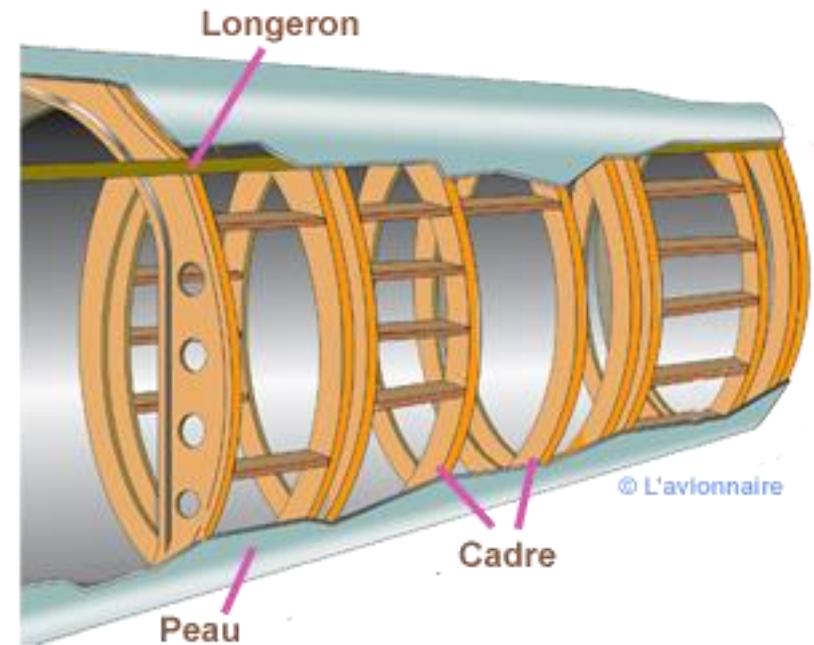
- Elle consiste en un assemblage de cadres (ou couples) disposés verticalement et donnant la forme de la structure.
- Ces cadres sont maintenus ensemble par des longerons horizontaux qui supportent l'essentiel des efforts.
- Des lisses beaucoup plus fines que les longerons, supportant le revêtement participent avec les cadres à la rigidité de l'ensemble.
- Le revêtement est constitué de feuilles métalliques fixées aux cadres et aux lisses par des rivets (ou à l'aide d'adhésifs spéciaux), et participe également à la rigidité générale.



# Structure et mode de construction

## Fuselage semi-monocoque

- Des alliages légers faits d'aluminium et de matériaux composites sont utilisés.
- La conception semi-monocoque d'un fuselage offre un certain nombre d'avantages :
  - libère l'intérieur du fuselage pour accueillir équipage, passagers et fret permet un fuselage aérodynamique
  - augmente la rigidité et la résistance de la structure
  - supporte les charges de la pressurisation



# Structure et mode de construction

Avion A350.

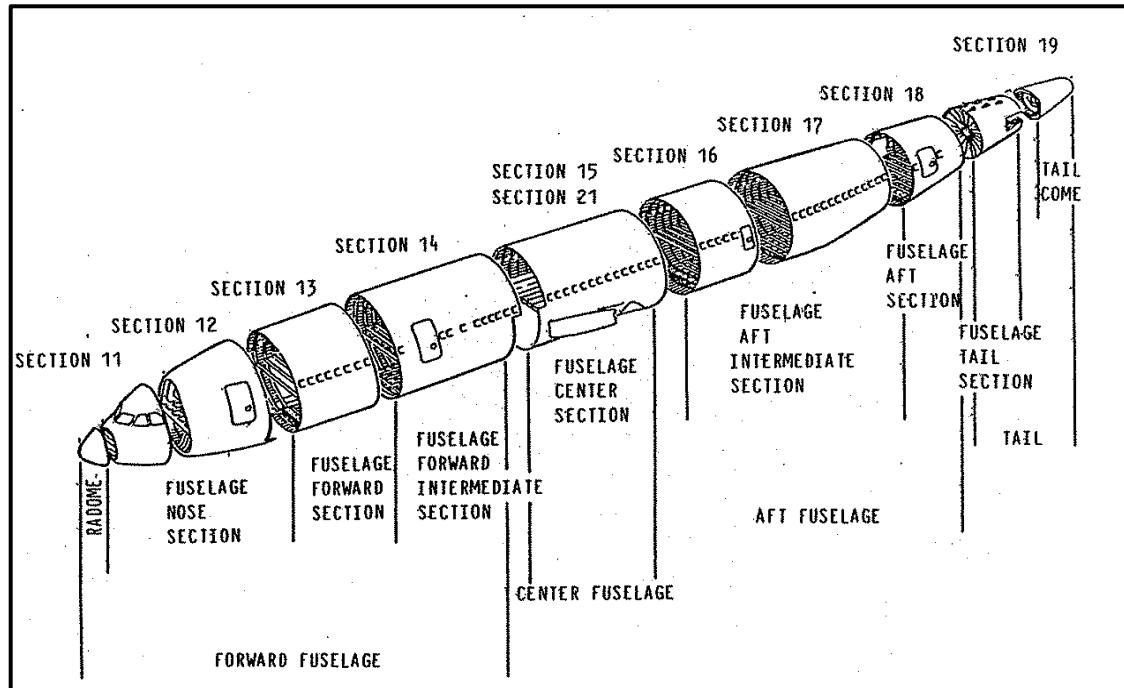
- partie avant et arrière d'un Airbus
- Assemblage de la cellule (fuselage, ailes, empennage, mâts et train d'atterrissage).
- Les moteurs ne sont pas encore accrochés sous les ailes.



Source : Jujug Spotting / AVIATION PHOTOGRAPHY

# Structure et mode de construction

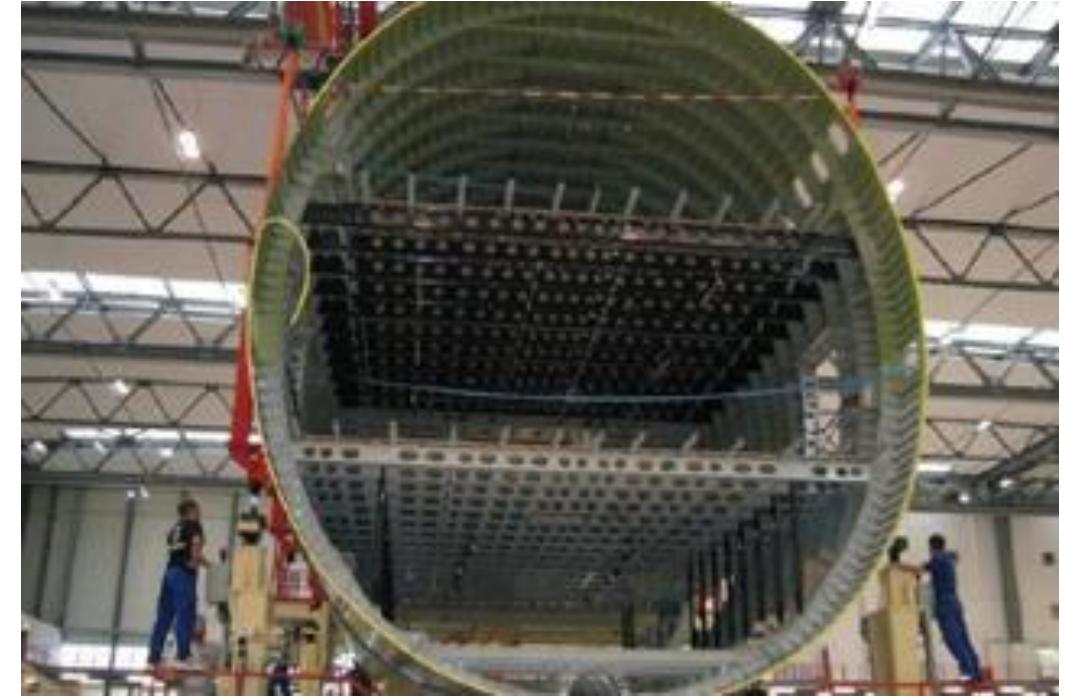
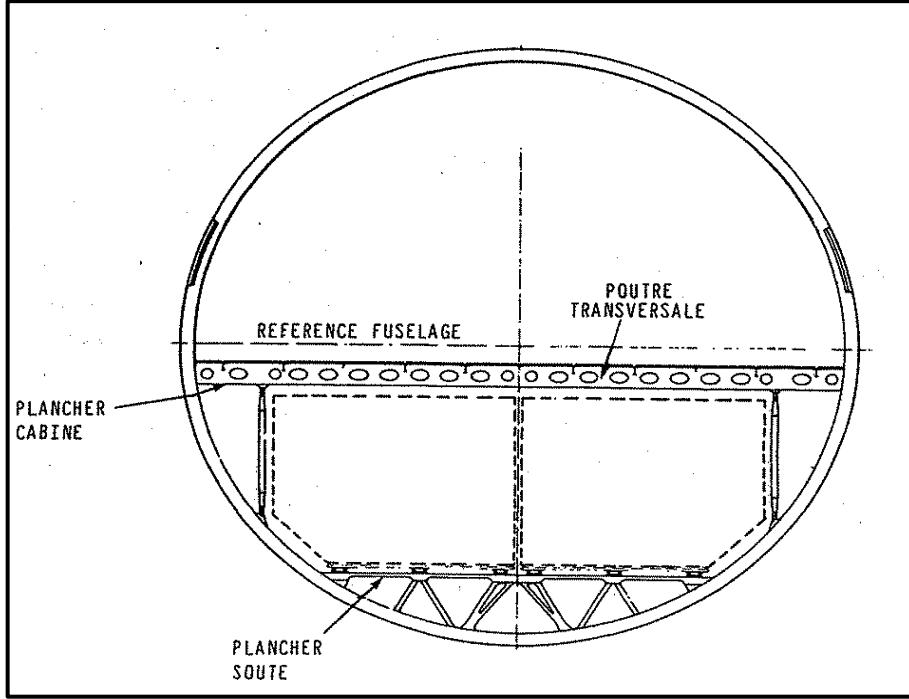
## Assemblage par tronçons



- Chaque tronçon (ou section) est réalisé en construction « coque ».
- Ils sont assemblés les uns aux autres par les couples forts, positionnés aux extrémités de chacun d'eux, qui permettent une transmission continue d'efforts.
- L'A300 est un exemple de ce type de construction qui est également appelé « structure semi- monocoque »
- Ce procédé présente beaucoup d'avantages, entre autres, la fabrication d'avions modulaires (A319, 320, 321, etc...).

# Structure et mode de construction

## Planchers



- Ce sont des structures constituées de poutres transversales fixées aux couples par des rivets.
- Des bielles répartissent les charges et assurent le raidissement.
- Les planchers sont perméables, l'air circule de la cabine vers les soutes avant d'être évacué.
- Ils supportent les charges marchandes et sont tendus par les couples qui subissent les contraintes transversales dues à la pressurisation.

# Structure et mode de construction

## Planchers

Le plancher est fabriqué à partir d'une série de panneaux attachés aux poutres de support et aux traverses. Il sert également à renforcer la rigidité de la structure.



Détails de la jonction du plancher avec les cadres d'un A320

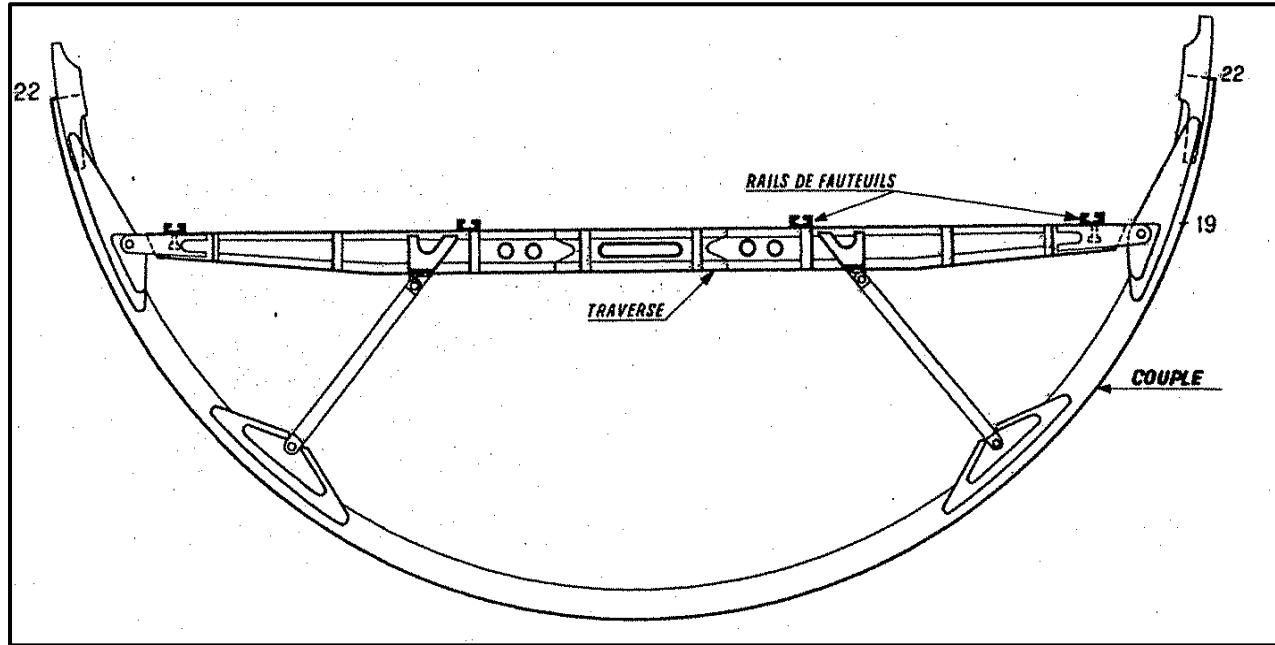


Source : AIRBUS:  
Training & Flight



# Structure et mode de construction

## Plancher cabine

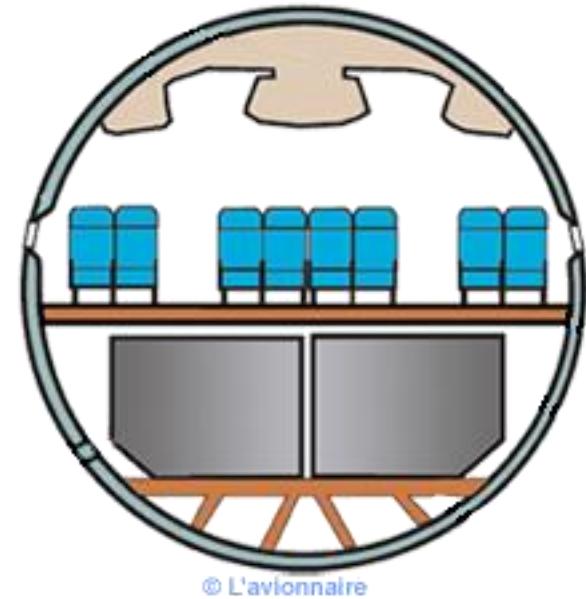


Sa résistance structurale est prévue pour supporter le poids des aménagements cabine et, des passagers. Des rails longitudinaux sont fixés sur les poutres transversales, et permettent l'arrimage des sièges.

# Structure et mode de construction

## Planchers

- Les avions de transport étant climatisés et pressurisés, l'air sortant des climatiseurs arrive en cabine, traverse le plancher, entre dans les soutes puis s'évacue par des vannes de décharge (outflow valves).
- La pression étant la même en cabine qu'en soute le plancher est donc sollicité uniquement par la charge de marchandise (sièges, poids des passagers ou fret).
- Par contre les parties du plancher au-dessus des puits du train d'atterrissement et du caisson central de voilure doit être renforcées pour contenir les charges dues à la pressurisation.

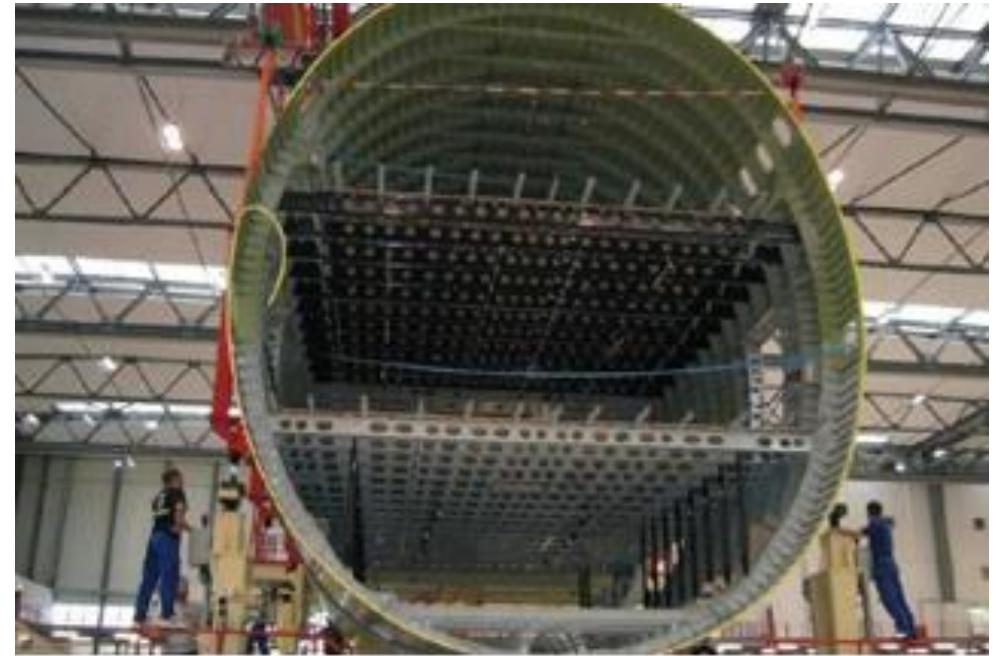


© L'avionnaire

# Structure et mode de construction

## Planchers

- Lorsqu'un plancher sépare un fuselage pressurisé, des trous sont laissés dans les panneaux du plancher.
- Ces trous sont obturés par des bouchons en plastique pressés.
- Dans le cas où l'un ou l'autre compartiment perd brusquement de la pression, les bouchons sont éjectés en raison de la pression différentielle sur le plancher.
- Cela permet aux pressions des différents compartiments de s'égaliser rapidement avant que le sol ne se déforme avec la possibilité de blesser des passagers, de bloquer des câbles de commande, des tiges, etc.

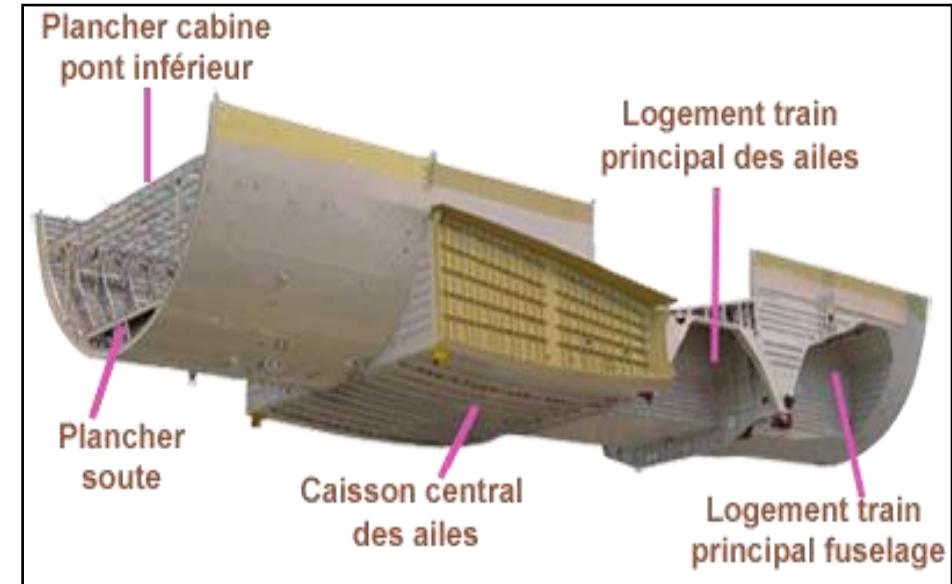
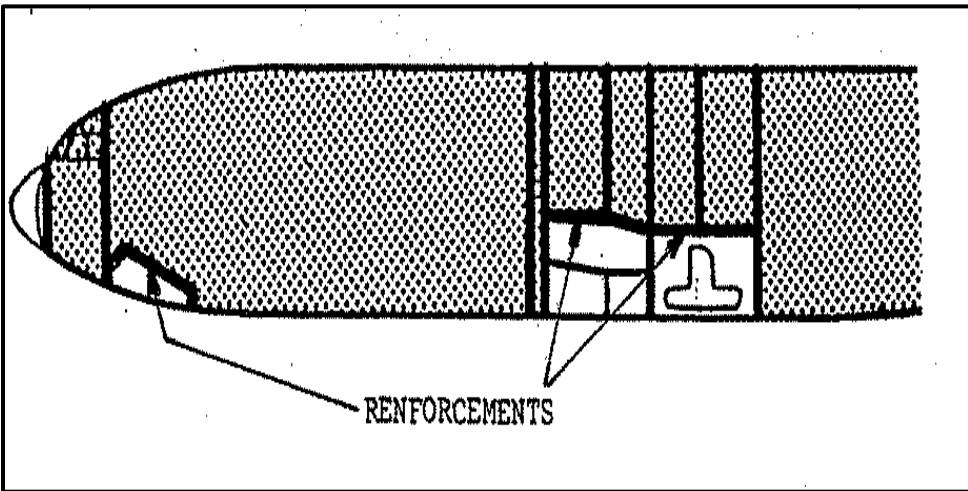


Source : <http://www.aircraftresourcecenter.com> / Carl McGehee

Tronçon central l'Airbus 380 avec ses trois planchers. Un plancher soute et deux planchers cabine.

# Structure et mode de construction

## Séparation cabine-caisson central

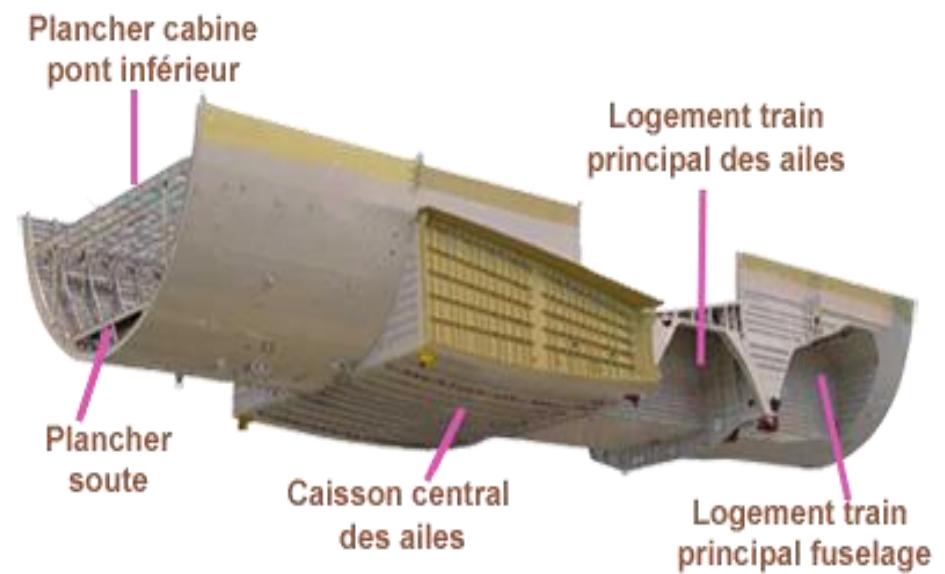
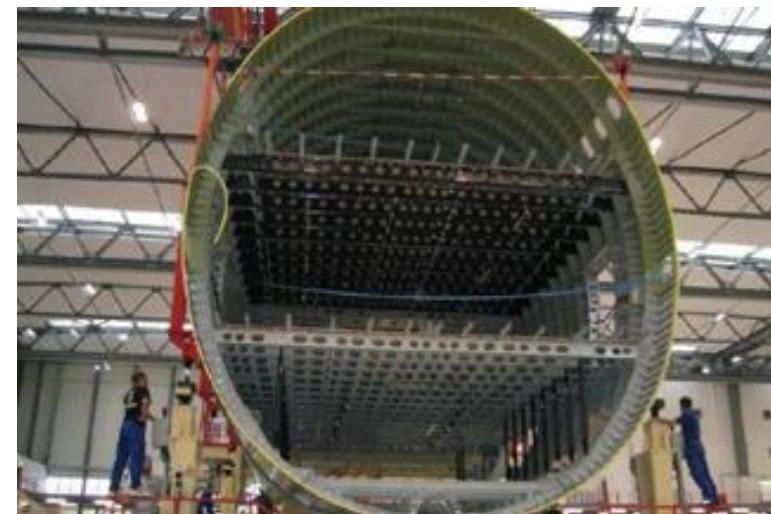


- Les logements atterrisseurs et caisson central n'étant pas pressurisés,
- c'est le plancher cabine qui à ce niveau-là assure l'étanchéité.
- Il 'est localement renforcé pour encaisser les contraintes dues à la  $\Delta P$ .

# Structure et mode de construction

## Planchers soutes

- Comme le plancher cabine, sa résistance structurale est prévue pour supporter le poids des aménagements soutes et du fret.
- Des rails longitudinaux sont fixés sur les poutres transversales et permettent les déplacements et l'arrimage des conteneurs (soutes fret automatisées).
- Dans d'autres cas, un simple plancher permet le chargement des bagages (soutes vrac).



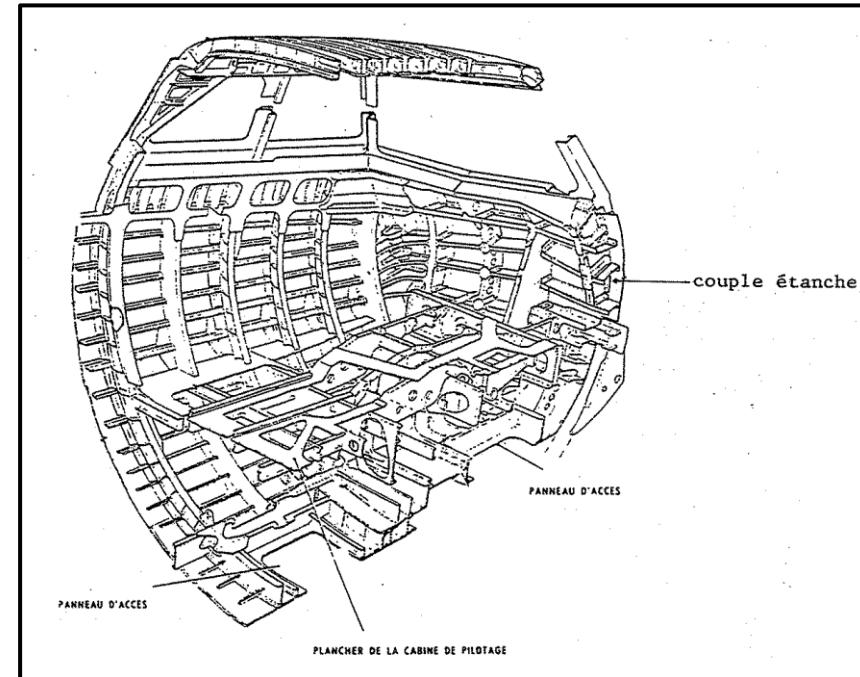
# Etanchéité et Isolation thermique et acoustique

## Etanchéité

La zone pressurisée doit être étanche.

- L'assemblage des panneaux
- la pose des rivets très ajustés,
- le passage des cloisons étanches pour les commandes
- les canalisations, les câbles électriques,
- les pare-brise,
- les hublots, les portes,

font l'objet d'une attention particulière et nécessitent la mise en place de joints spécifiques à chaque poste qui assurent une bonne étanchéité, ainsi qu'une entière sécurité de fonctionnement.



- Des couples spéciaux, étanches et très résistants assurent la séparation du compartiment pressurisé et non pressurisé.

# Etanchéité et Isolation thermique et acoustique

## Isolation thermique et acoustique

- Le but de l'insonorisation d'un avion commercial est de diminuer le niveau du bruit à l'intérieur de la cabine,
- il existe des foyers de bruits et de vibrations très intenses situés à peu de distance et liés mécaniquement au fuselage. On y arrive, dans une certaine mesure
  - en agissant sur les sources de bruit
  - en isolant la cabine.
- L'intensité d'un bruit se caractérise par son rapport en décibels

$$N_{db} = 10 \log_{10} \left( \frac{\text{Energie du bruit à étudier}}{\text{Energie du bruit de base}} \right)$$

Le bruit choisi comme base correspond à une variation de pression de 1 millibar.

# **Etanchéité et Isolation thermique et acoustique**

## **Isolation thermique et acoustique**

Les sons ne sont pas également audibles quelle que soit la fréquence.

En dessous d'un certain niveau variable avec la fréquence et exprimé en décibels : 30, on n'entend rien ; au-dessus d'un certain niveau : 120 db, on n'a plus la sensation du son, mais seulement une douleur (sensation de pointe dans les oreilles).

L'intensité du bruit dans une cabine pressurisée doit être de l'ordre de 50 db.

# **Etanchéité et Isolation thermique et acoustique**

## **Isolation thermique et acoustique**

L'atténuation du bruit de revêtement est obtenue par des matelas de « laine de verre microlite AA » fixés par des filets et des crochets sur les panneaux intérieurs de la cabine.

canalisations de conditionnement d'air constituent de longs tuyaux d'orgue prêts à résonner; ils sont isolés par de la laine de verre « unbonded B fiber batt ».

# Etanchéité et Isolation thermique et acoustique

## Isolation thermique et acoustique

### Laine de verre microlite AA :

C'est un matériau composé de **fibres de verre** d'épaisseur moyenne de 1 micron, imprégné de **15 à 30 % de résine phénolique** et traité contre l'absorption de l'eau, ce qui lui confère une qualité hydrophobique (livré en panneau).

- température d'utilisation : inférieure à 180°C ;
- couleur jaune;
- masse spécifique 9,6 kg/m<sup>3</sup> ;
- matériau auto-extinguible ;
- ne doit pas être utilisé dans les zones de fortes vibrations ;
- n'est pas corrosif au contact de l'acier et de l'aluminium ;
- imputrescible

# Etanchéité et Isolation thermique et acoustique

## Isolation thermique et acoustique

### Laine de verre « unbonded B fiber glass »

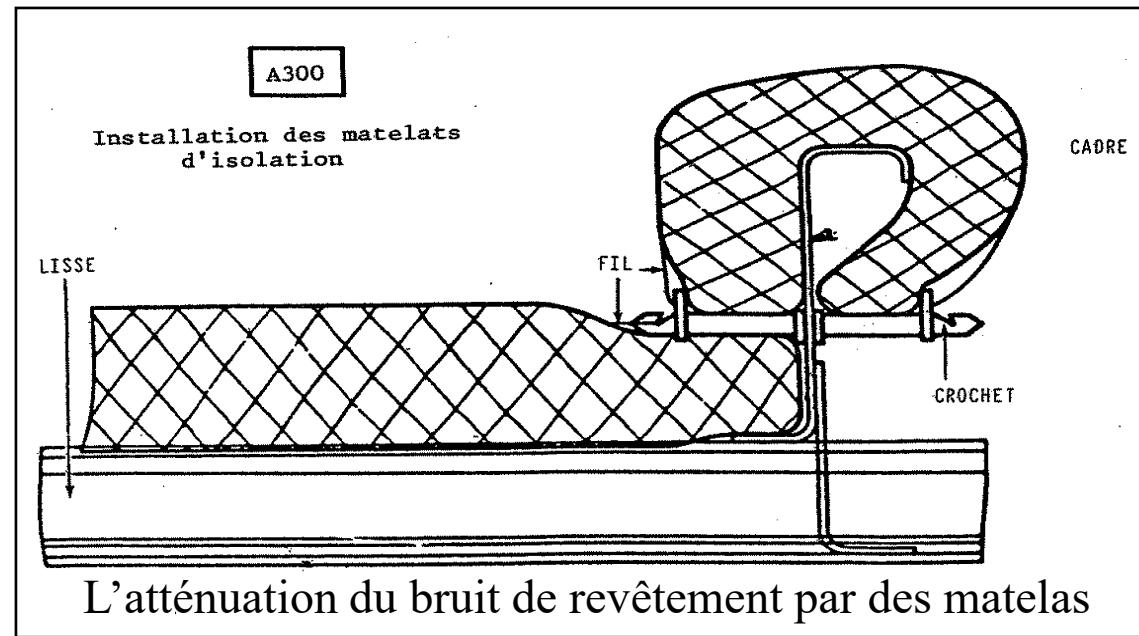
C'est un matériau composé exclusivement de fils de verres de 2,5 à 38 microns non enzymés, liés mécaniquement au moment de la fabrication (livré en rouleaux).

température d'utilisation : inférieure à 450°C ;

masse spécifique : 7,7 kg/m<sup>3</sup> ;

matériau auto-extinguible ;

n'est pas corrosif au contact de l'acier et de l'aluminium.



# passage des commandes, portes, hublots, panneaux de décompression

## Portes

### Avions bimoteur légers

Sur les monomoteurs comme sur les "petits" bimoteurs légers un marchepied permet aux passagers d'accéder à la cabine.

Le pilote empreinte le marchepied puis le passage protégé sur l'aile pour rejoindre sa place.



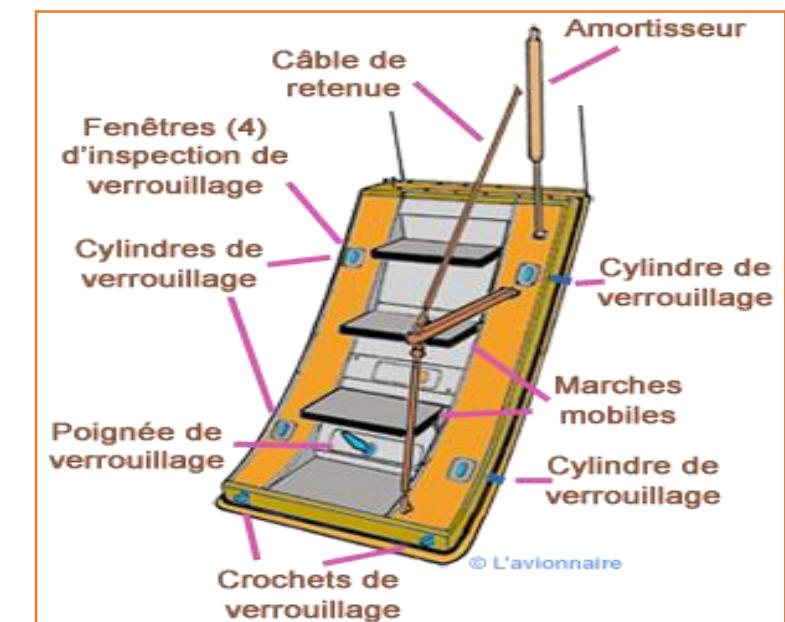
Beechcraft Baron B58 toutes portes ouvertes

# passage des commandes, portes, hublots, panneaux de décompression

## Portes

### Porte-escalier

- Sur certains bimoteurs légers l'escalier est intégré dans la porte, ce qui rend l'appareil autonome au parking. (Beechcraft King Air)
- Sur ce type d'appareil l'ouverture et la fermeture se fait manuellement.
- Après déverrouillage et une légère action en poussant, la porte contrôlée par un amortisseur va descendre lentement. La fermeture se fait en tirant la porte par son câble de retenue.



# Portes

## Portes la gamme Airbus 318 à 321

Ces avions comportent

- 4 portes classées en **Type I** (dimensions 1,85 m x 0,81 m) situées à l'avant et à l'arrière (de chaque côté) de l'appareil et comportent un hublot d'observation.
- En plus de ces portes les avions **A318** et **A319** sont équipés de deux sorties de secours (une de chaque côté).
- L'**A320** est équipé de quatre sorties de secours (deux de chaque côté) au niveau des ailes. Ces sorties de secours classées en **Type III** (dimensions 1,02 m x 0,51 m) contiennent une fenêtre de cabine de passagers de taille standard.



# Portes

## Portes la gamme Airbus 318 à 321

- L'**A321** est équipé de quatre portes de sortie de secours (deux de chaque côté) situées en avant et à l'arrière de l'aile et classées en **Type C** (dimensions 1,52 m x 0,76 m) .
- Sur tous les avions **A318, A319, A320 et A321**, pour l'évacuation d'urgence, les sorties de secours ou les portes peuvent être ouvertes de l'intérieur ou de l'extérieur de la cabine par un système d'évacuation.
- Toutes les portes de sorties sont munies d'un toboggan, qui sera armé en vol et désarmé au sol.



# Portes

## Mécanisme de verrouillage

### Mécanisme de verrouillage.

Le crochet de verrouillage s'engage sur un galet monté sur le cadre des portes.

### Arbre de verrouillage.

L'arbre de verrouillage est relié au crochet par une tige et une manivelle.

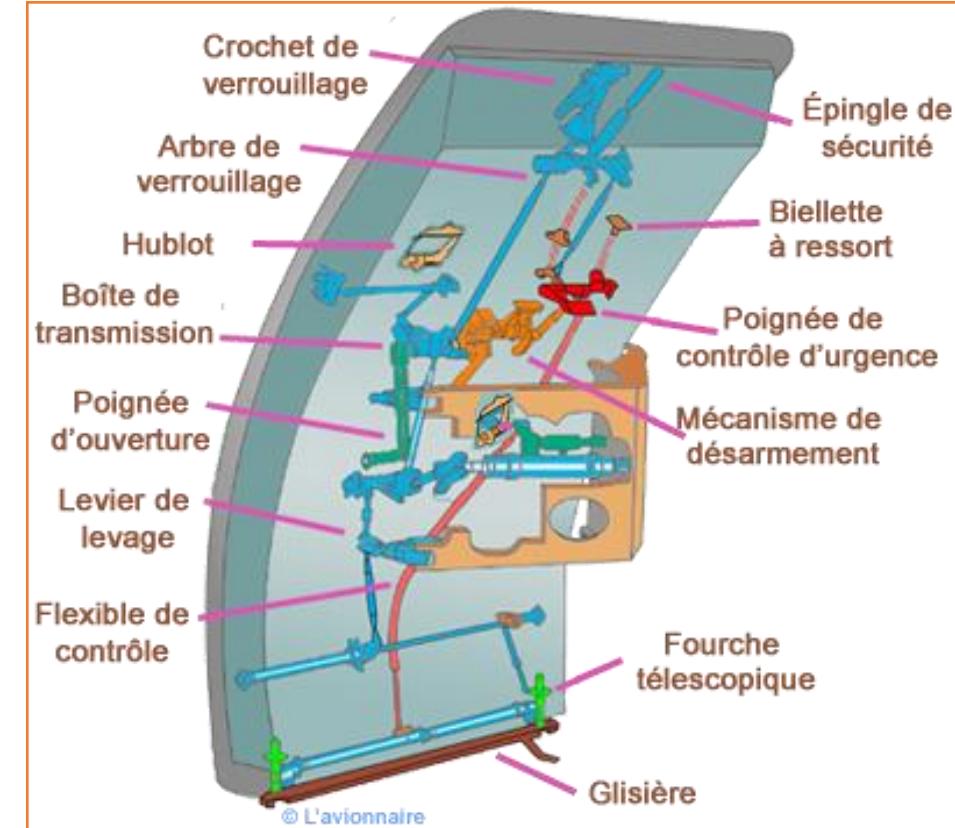
### Biellette à ressort.

Elle maintient l'arbre de verrouillage dans la position haute.

**Arrêt intérieur.** La porte ne peut pas être abaissée en position ouverte au-delà de son cadre.

**Poignée de commande d'urgence** Elle est reliée via des tiges et des leviers au mécanisme d'ouverture.

**Principe de fonctionnement.** Lorsque la poignée de commande extérieure est actionnée, le mécanisme de déverrouillage de la glissière d'évacuation d'urgence est mis en position "désarmé".



# Portes

## Portes passagers

Elles sont presque toutes de type bouchon ;

En position fermées, les forces développées par la  $\Delta P$  plaquent la porte sur son encadrement muni de butées.

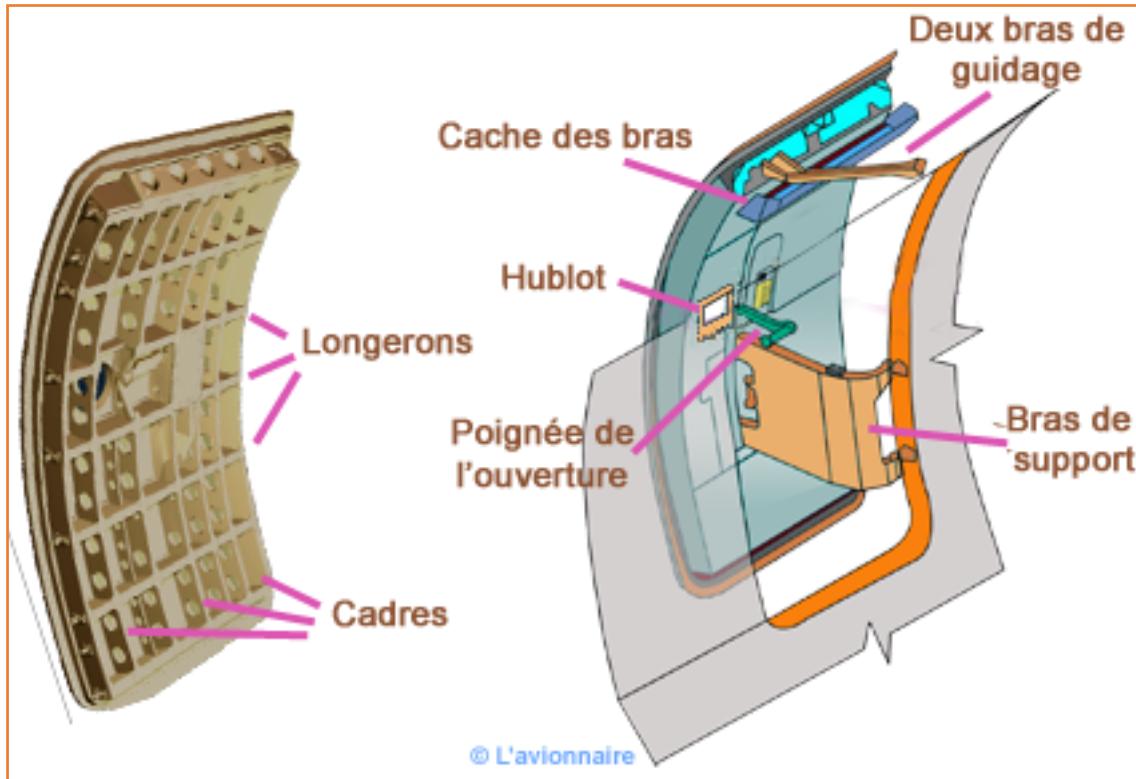
Elles s'ouvrent soit :

- vers l'intérieur (SE 210-Tristar) en s'escamotant dans le plafond de la cabine (manuellement ou électriquement) ;
- vers l'extérieur (Boeing, Airbus...) en pivotant sur deux charnières pour se plaquer contre le fuselage.

Leur manœuvre s'effectue de l'intérieur comme de l'extérieur avec si nécessaire une assistance par vérin pneumatique, ressort de compensation ou moteur électrique.



# Portes



- Chaque porte est maintenue par un bras de support et deux bras de guidage qui maintiennent la porte parallèlement au fuselage pendant l'ouverture et la fermeture.
- Le mécanisme de la porte est actionné manuellement.

## Portes



Un toboggan d'évacuation rapide est plié dans un coffret intégré dans la partie inférieure de chaque porte.

Un dispositif d'accrochage (barre de seuil) d'éjection et de gonflage automatique est commandé par un levier d'armement.

# Portes

La structure des portes est identique à celle du fuselage:

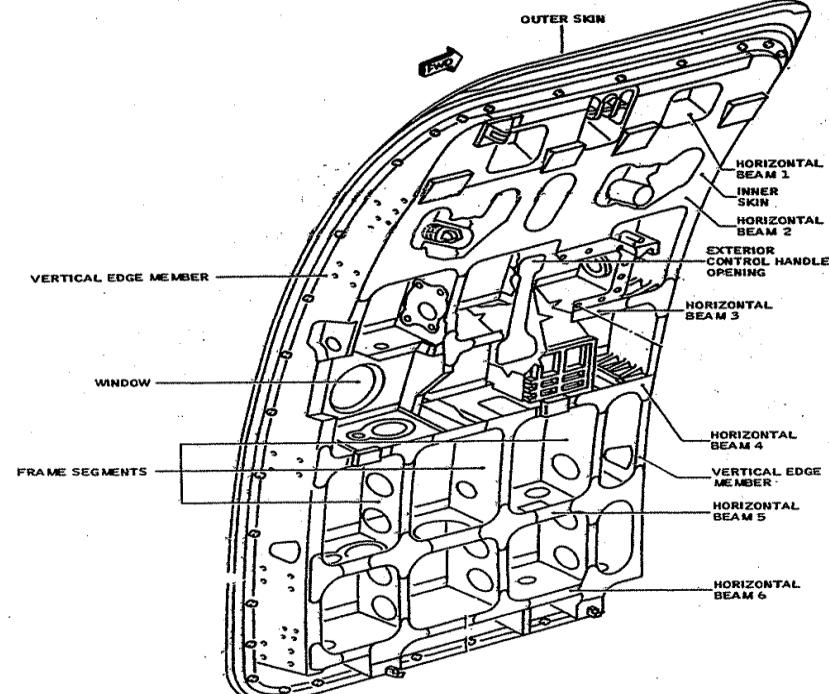
- segments de couples
- lisses
- revêtement travaillant

ensemble constituant un véritable caisson.

Les efforts transversaux dus à la  $\Delta P$  sont repris par des butées et des crochets situés à l'aplomb de chaque couple et chaque lisse pour assurer une continuité ainsi qu'une bonne répartition des contraintes.

Un joint périphérique assure l'étanchéité, il est protégé de l'écrasement par les butées.

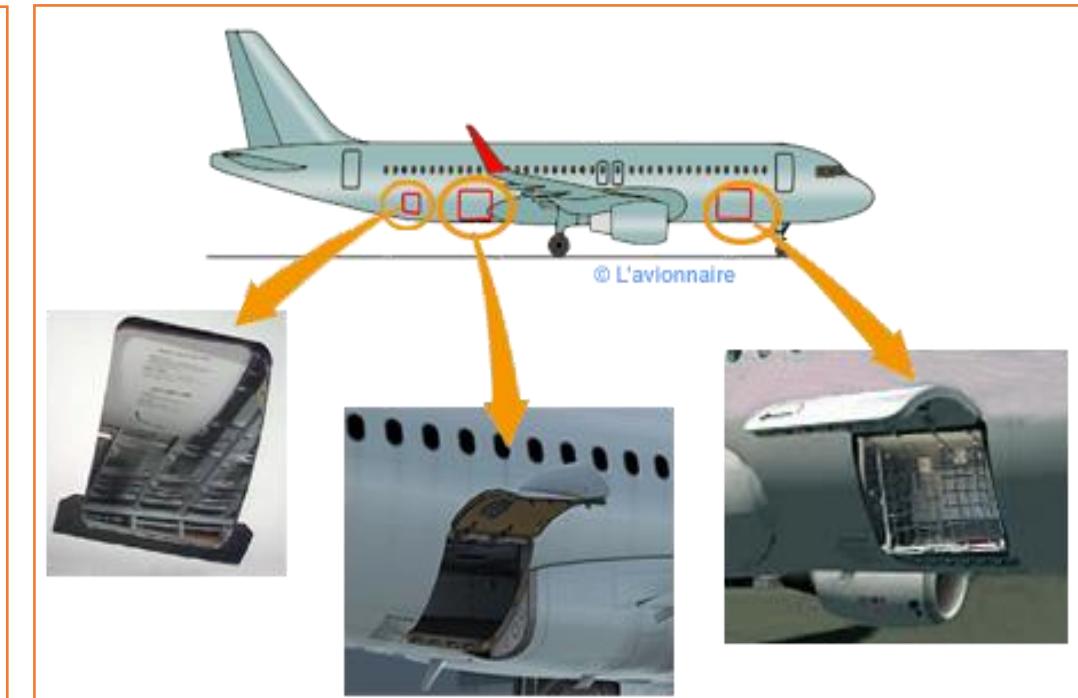
A300



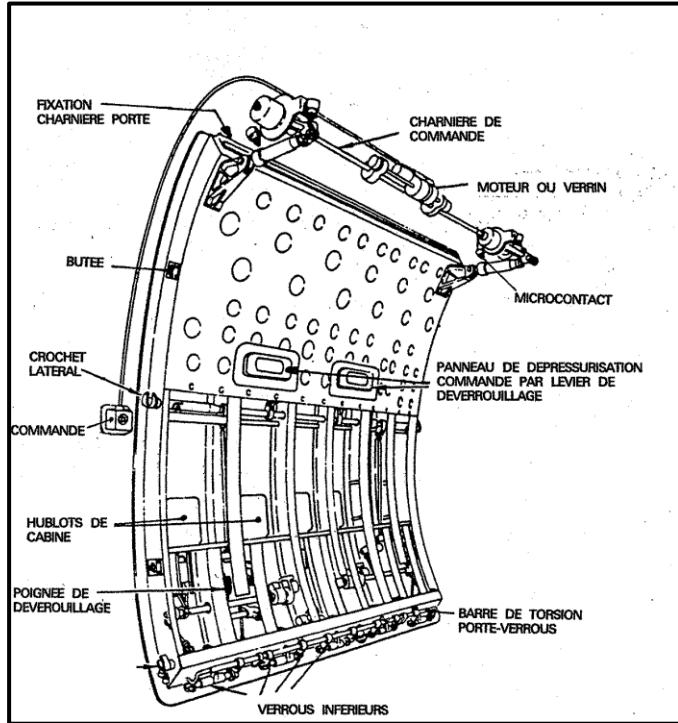
# passage des commandes, portes, hublots, panneaux de décompression

## *Portes de soutes*

- Les portes de soutes appelées également portes des compartiments de chargement ou portes cargo.
- Il sont situées à l'avant et à l'arrière en bas du côté droit du fuselage,
- donnent accès aux compartiments de chargement avant et arrière.
- Ces portes sont conçues pour supporter les charges de traction de la pression interne.



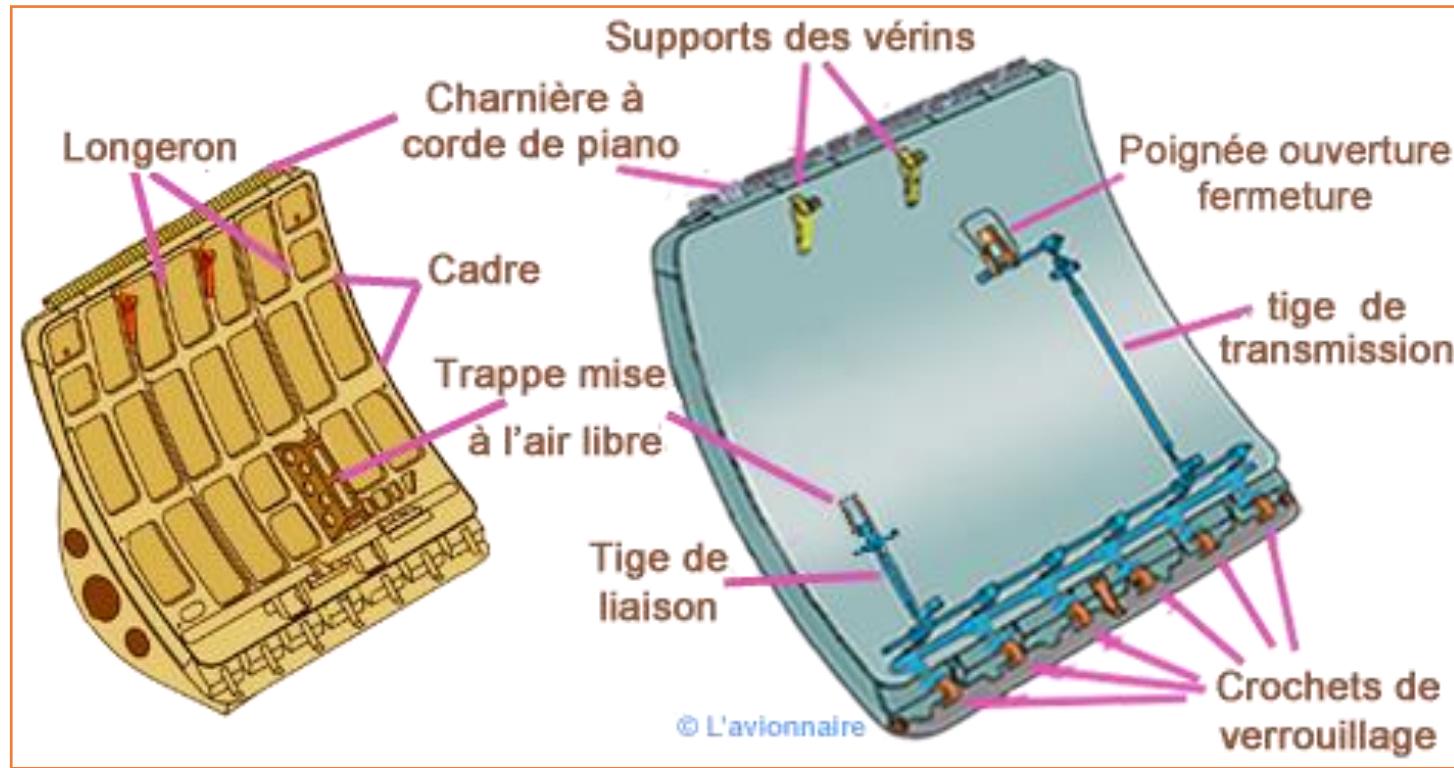
## Portes de soutes



- Leur structure est identique à celle des portes passagers
- généralement de dimensions plus grandes pour faciliter le chargement du fret
- elles s'ouvrent vers l'extérieur et vers le haut :
- elles sont manœuvrées par des moteurs ou des vérins électriques ou hydrauliques.

# passage des commandes, portes, hublots, panneaux de décompression

## *Portes de soutes*

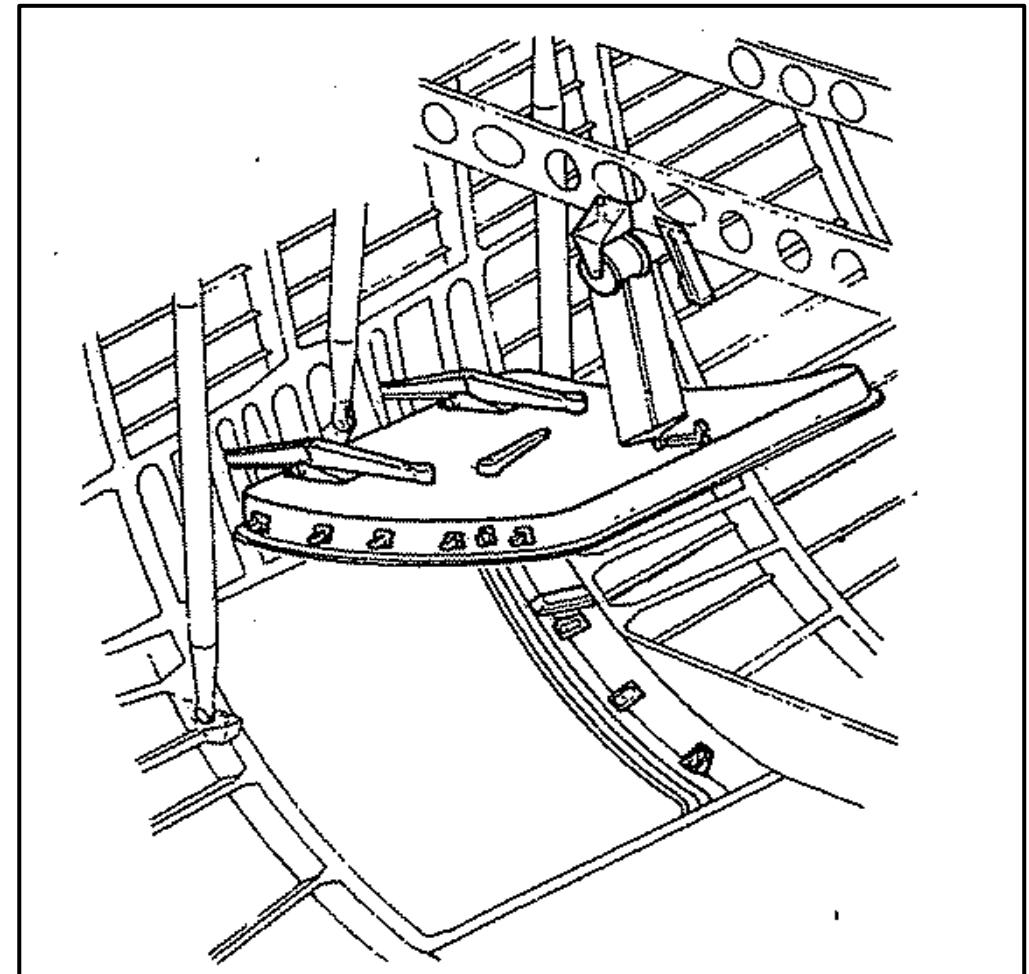


- Les portes des compartiments de chargement s'ouvrent vers l'extérieur et vers le haut.
- Elles sont articulées par une charnière type "piano".
- Elles sont verrouillées et déverrouillées manuellement par une poignée située sur la porte.

# passage des commandes, portes, hublots, panneaux de décompression

## *Portes de soutes*

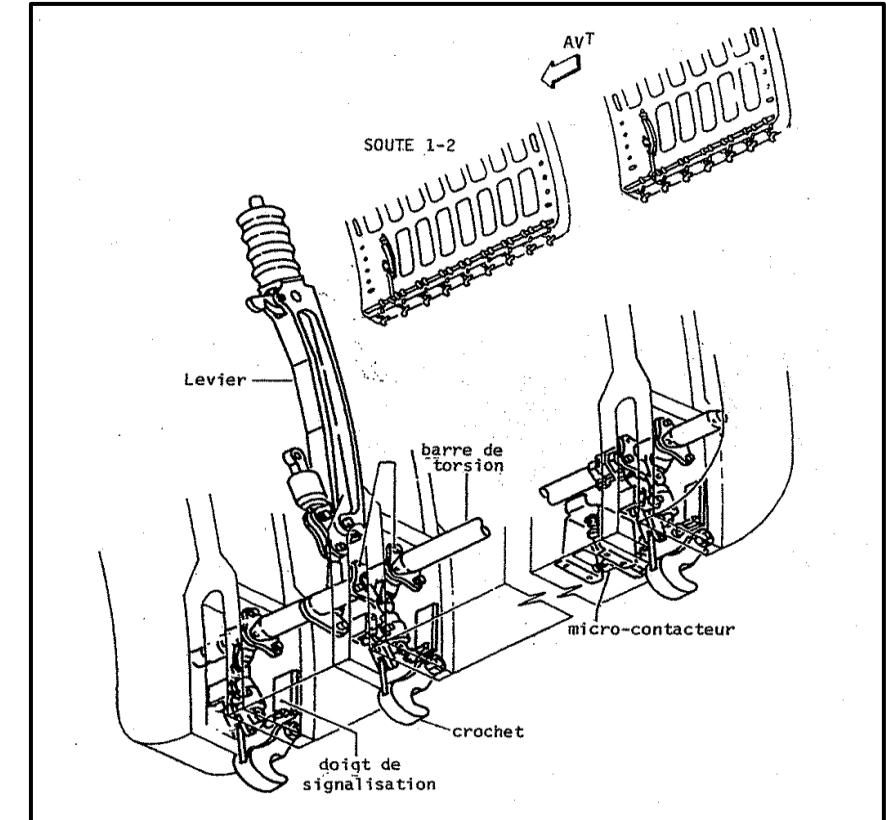
Néanmoins, certaines portes de soutes de dimensions réduites peuvent être de type bouchon (idem portes passagers) et s'ouvrir manuellement vers l'intérieur et vers le haut (Airbus, Boeing, Douglas...). La commande peut s'effectuer de l'extérieur ou de l'intérieur.



# passage des commandes, portes, hublots, panneaux de décompression

## *Portes de soutes*

Des crochets, situés à l'aplomb de chaque couple, assurent le verrouillage de la porte, transmettent et répartissent les contraintes dues à la  $\Delta P$  (Continuité périphérique sur chaque couple).



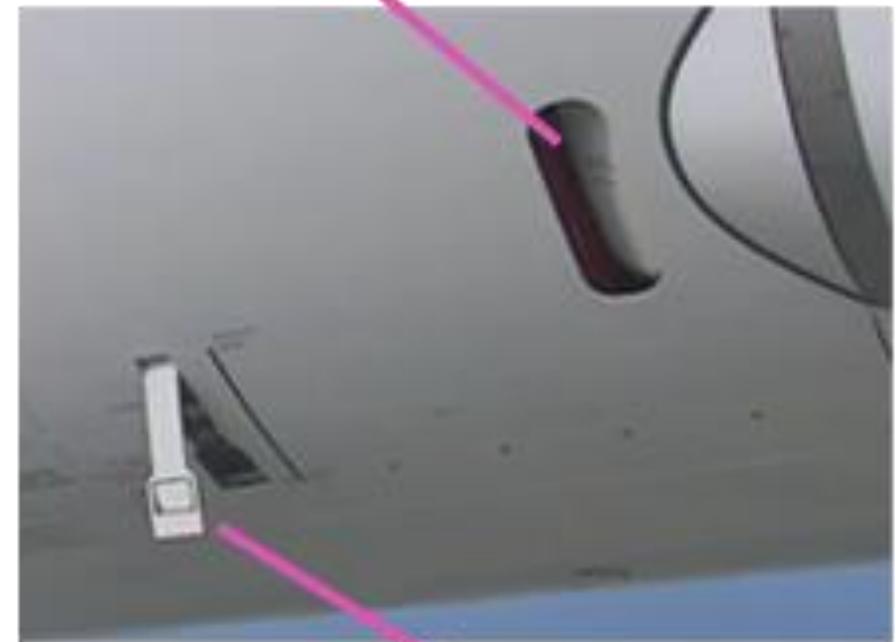
La position "fermeture" de chaque crochet est vérifiée, électriquement par un microcontact relié à un voyant, doublée d'un dispositif mécanique (doigt) de signalisation.  
Un joint périphérique assure l'étanchéité.

# passage des commandes, portes, hublots, panneaux de décompression

## *Portes de soutes*

- L'ouverture des portes se fait en plusieurs temps.
- En tirant la poignée jusqu'au premier "cran", un volet de mise à l'air libre s'ouvre pour équilibrer la pression de la soute avec la pression atmosphérique extérieure.
- Le deuxième cran déverrouille les crochets et la porte va légèrement s'ouvrir.

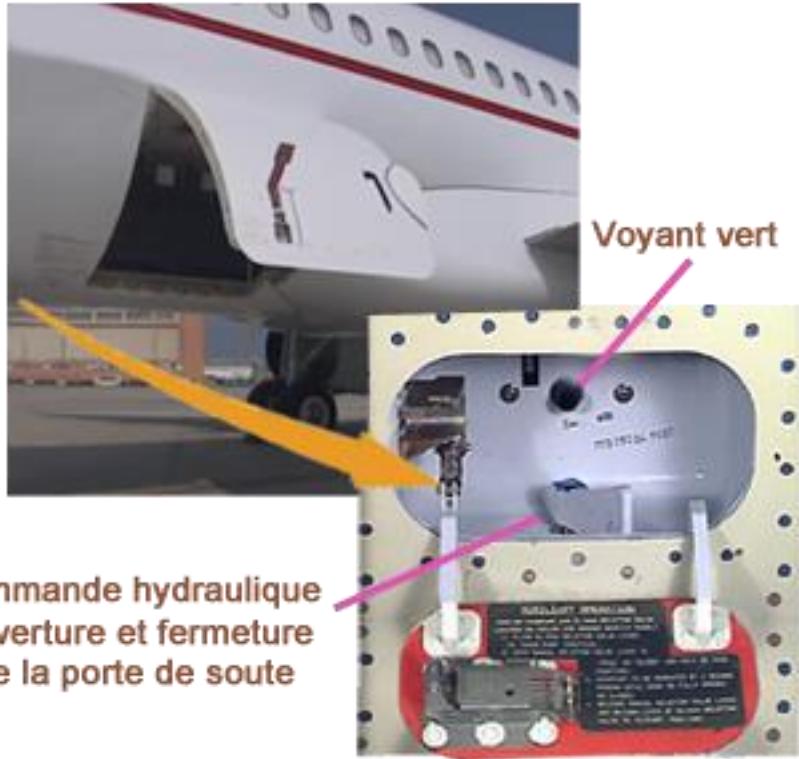
Volet de mise à l'air libre



Poignée d'ouverture

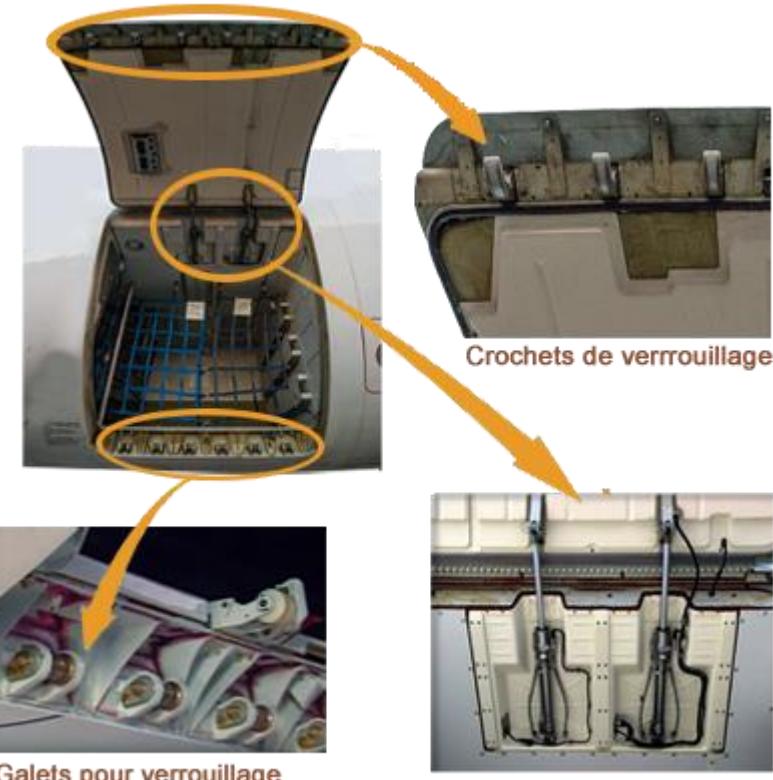
# passage des commandes, portes, hublots, panneaux de décompression

## *Portes de soutes*



Les portes avant ou arrière sont actionnées hydrauliquement à l'aide de la pompe électrique du système hydraulique.

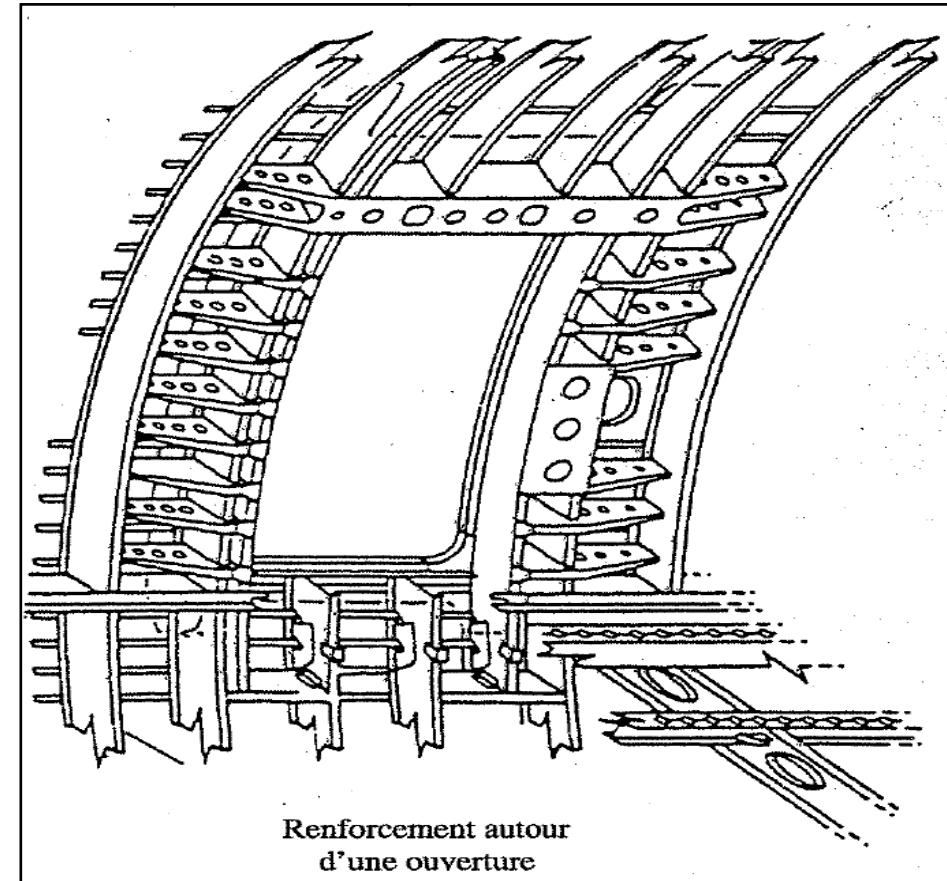
Un voyant vert permet de vérifier si la pression est correcte.



En cas de panne hydraulique, les portes peuvent s'ouvrir en utilisant une pompe manuelle.

## *Portes de soutes*

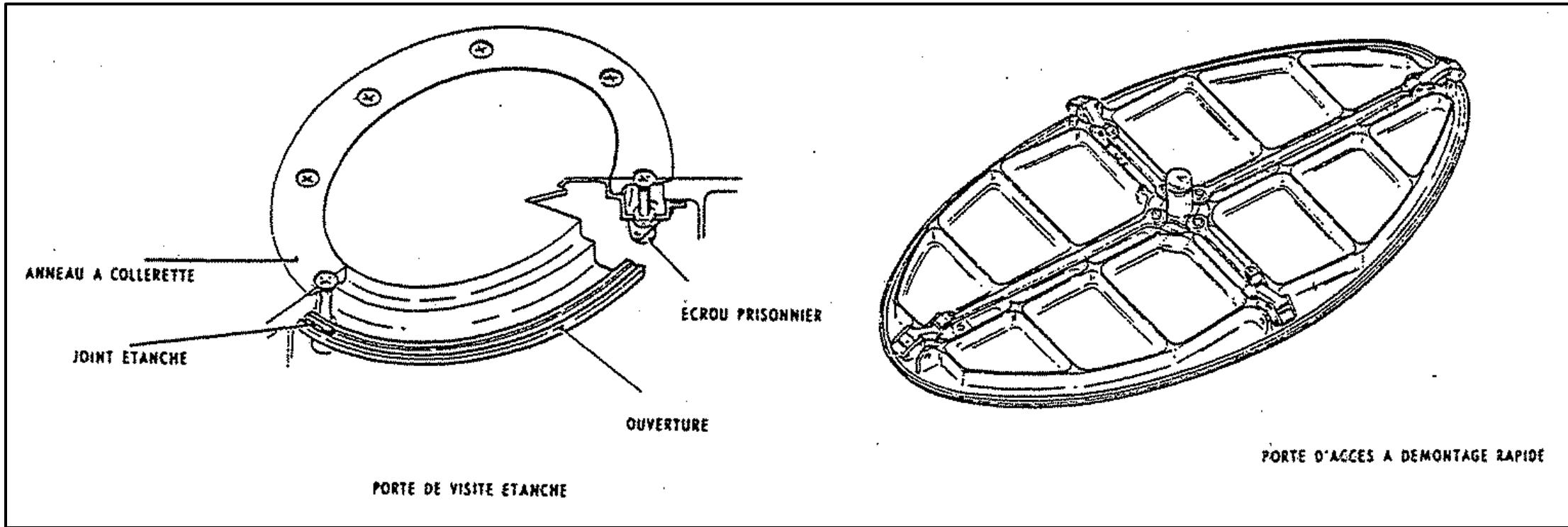
Toutes les ouvertures, portes, pare-brise provoquent des concentrations d'efforts importants auxquelles on oppose des éléments résistants (cadres)en alliages légers forges en titane ou en aciers



Renforcement autour  
d'une ouverture

# passage des commandes, portes, hublots, panneaux de décompression

## Portes de visites



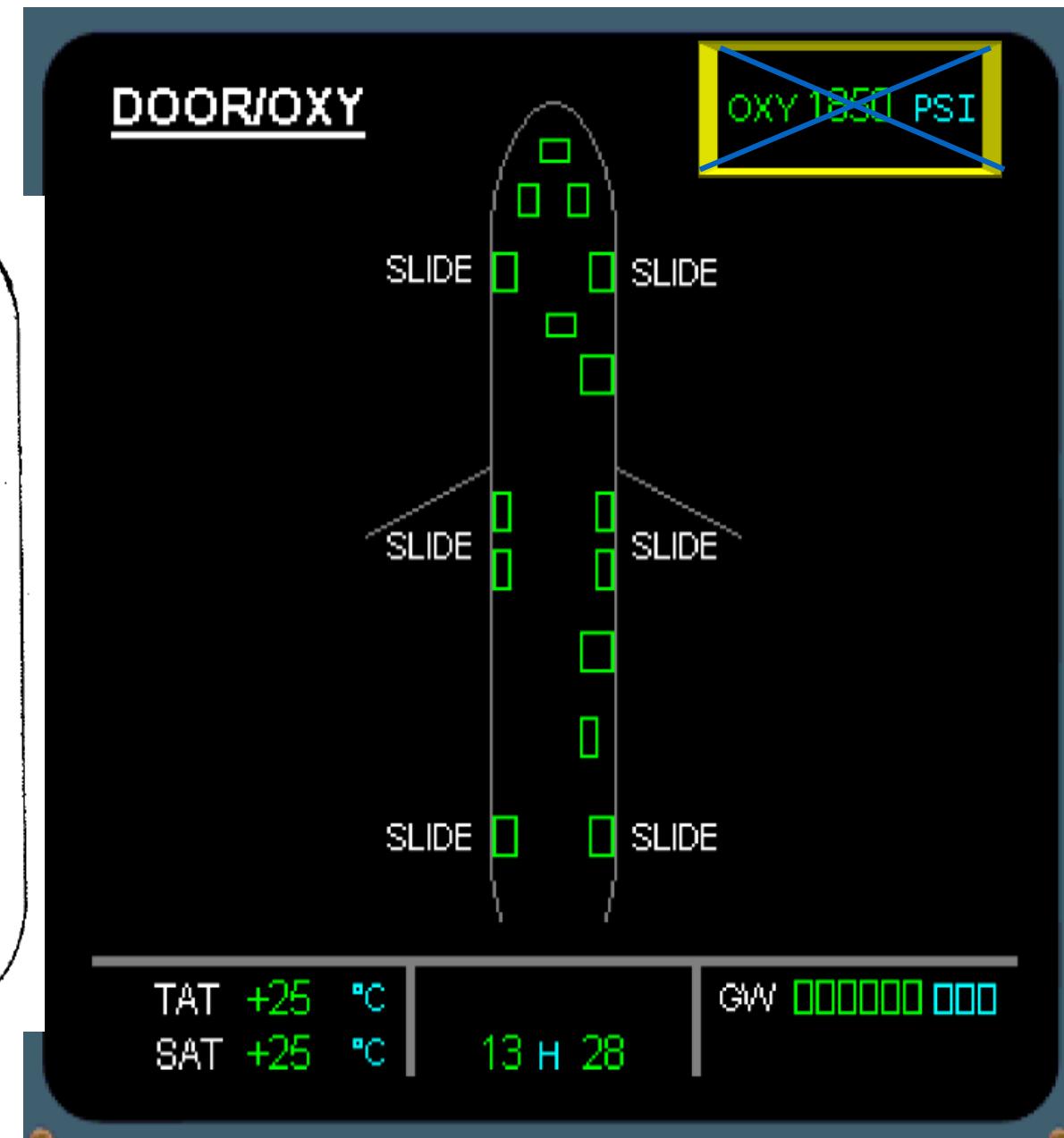
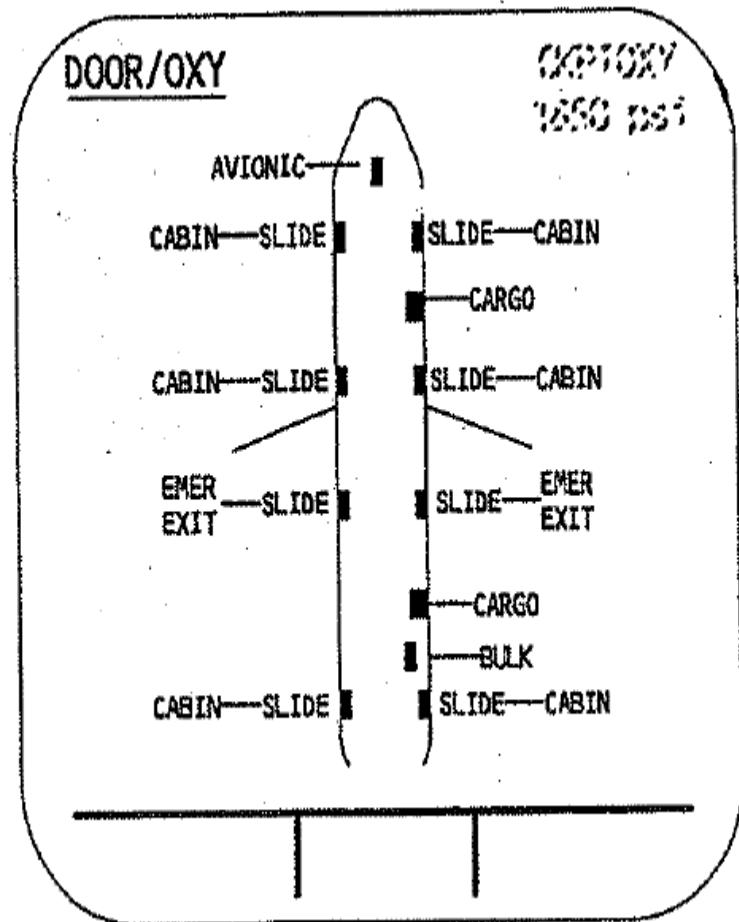
- Elles sont toutes démontables (vis, DZUS...) ou articulés (charnières et verrous).
- L'étanchéité est assurée avec un joint périphérique.

## *Signalisation*



Chaque porte passagers et soutes possède un ou plusieurs microcontacts qui permettent le contrôle, par les pilotes de la position ouverte ou fermée et sur les avions récents l'armement ou non des dispositifs d'évacuation d'urgence.

# AIRBUS



## Pare-brise

### Verrière d'un avion monomoteur

Elle est composée d'une fenêtre frontale (pare-brise), et de fenêtres latérales quelquefois intégrées dans les portes.

D'une manière générale, les fenêtres d'aéronefs légers sont soit fabriquées en plastiques acryliques également connus sous le nom de Plexiglas, Lucite et Perspex ; soit en **polycarbonate** ou Lexan.

Les épaisseurs des pare-brises varient avec le type d'avion et sa vitesse de croisière.

Les fenêtres plus épaisses sont plus lourdes, mais réduisent la quantité de bruit du vent et du moteur dans la cabine.

Les verrières peuvent glisser vers l'arrière



# passage des commandes, portes, hublots, panneaux de décompression

## Pare-brise

### Verrière d'un bimoteur léger

Elle est composée de fenêtres frontales et de fenêtres latérales.

Elles peuvent rencontrer des conditions de givrage.

Certains de ces avions sont pressurisés, et leur altitude de croisière dépasse les **10 000ft**.

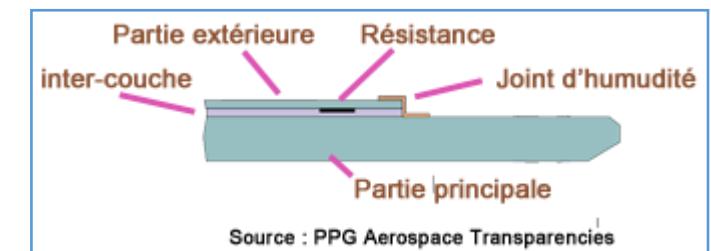
Les fenêtres doivent résister à la pression dynamique et aux variations de température.

**Elles sont réchauffées par une résistance électrique pour répondre aux exigences de vol des opérateurs.**

Le joint d'étanchéité placé à l'extérieur de la fenêtre est soumis à l'érosion du vent, de la pluie et à l'exposition aux UV, ce qui l'entraîne à se dégrader avec le temps.



Fenêtre frontale d'un Cessna 421



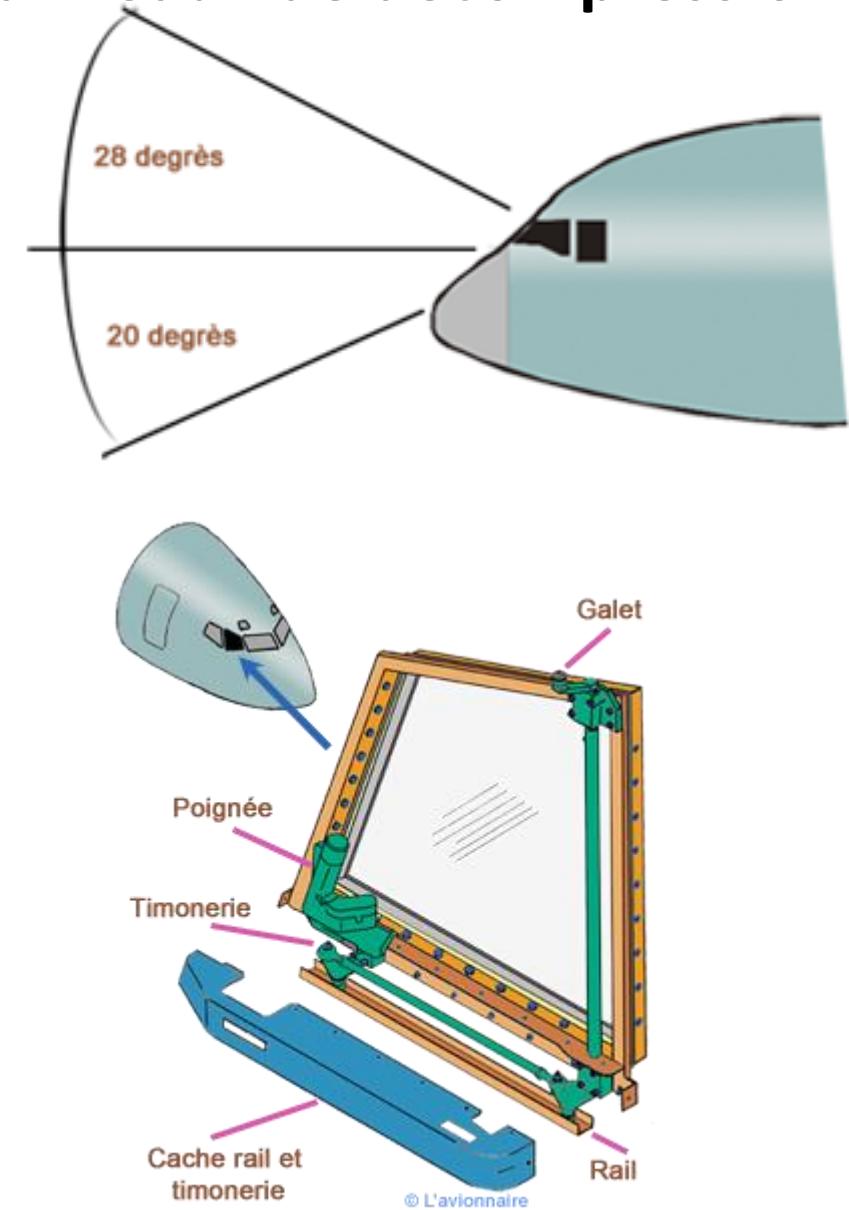
Source : PPG Aerospace Transparencies

# passage des commandes, portes, hublots, panneaux de décompression

## Pare-brise

### Verrière d'un avion de transport

- L'avion de transport aérien subsonique et transsonique moderne doit avoir un nez profilé aérodynamiquement pour la vitesse de croisière maximale de l'avion.
- Les fenêtres frontales doivent être situées dans une position optiquement acceptable afin de donner aux pilotes une vision optimale aussi bien au sol qu'en vol.
- Outre les qualités optiques, les fenêtres frontales et latérales d'un avion de transport doivent être conçues pour résister à la différence de pression de la cabine, à l'environnement, à la pression dynamique du vol et aux variations de température.
- Elles doivent également être résistantes aux impacts aviaires.
- Comme pour sur les bimoteurs légers, elle est composée de fenêtre frontales et latérales.
- Deux pare-brise latéraux mobiles permettent aux pilotes une évacuation éventuelle, du poste en cas d'urgence (issues de secours).

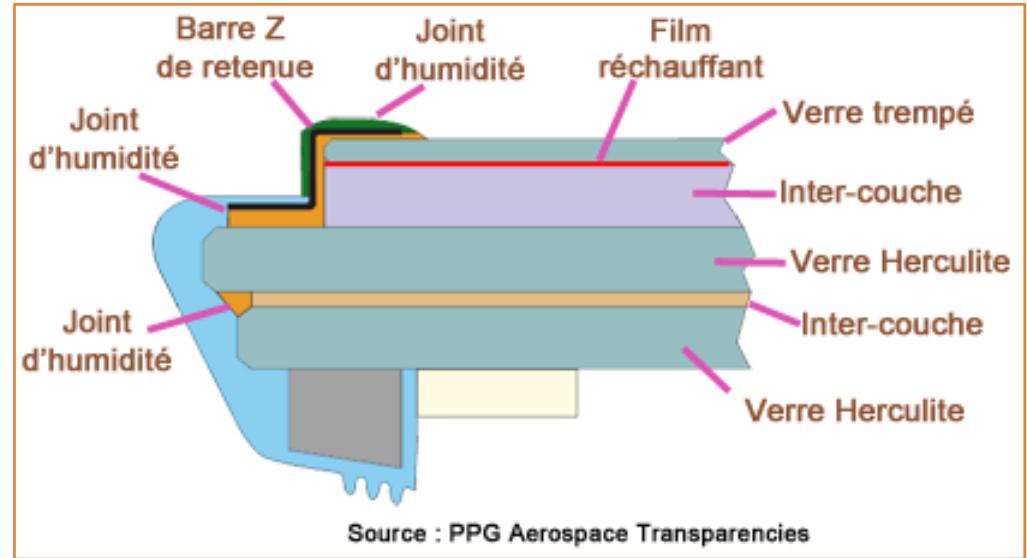


# passage des commandes, portes, hublots, panneaux de décompression

## Construction Pare-Brise

Le pare-brise est composé de plusieurs éléments :

- trois panneaux (généralement) de verre trempé ;
- deux couches de plastique transparent « butyral » qui augmentent la solidité des panneaux de verre ;
- un joint périphérique qui assure :
  - imperméabilité et étanchéité à l'eau ;
  - le raccordement aérodynamique ;
- un élément dégivrant :
  - résistances pour les pare-brise latéraux ;
  - film de platine ou autre matériau pour les frontaux.



# Portes

## *Limitations structurales des pare-brise*

Les pare-brise doivent résister :

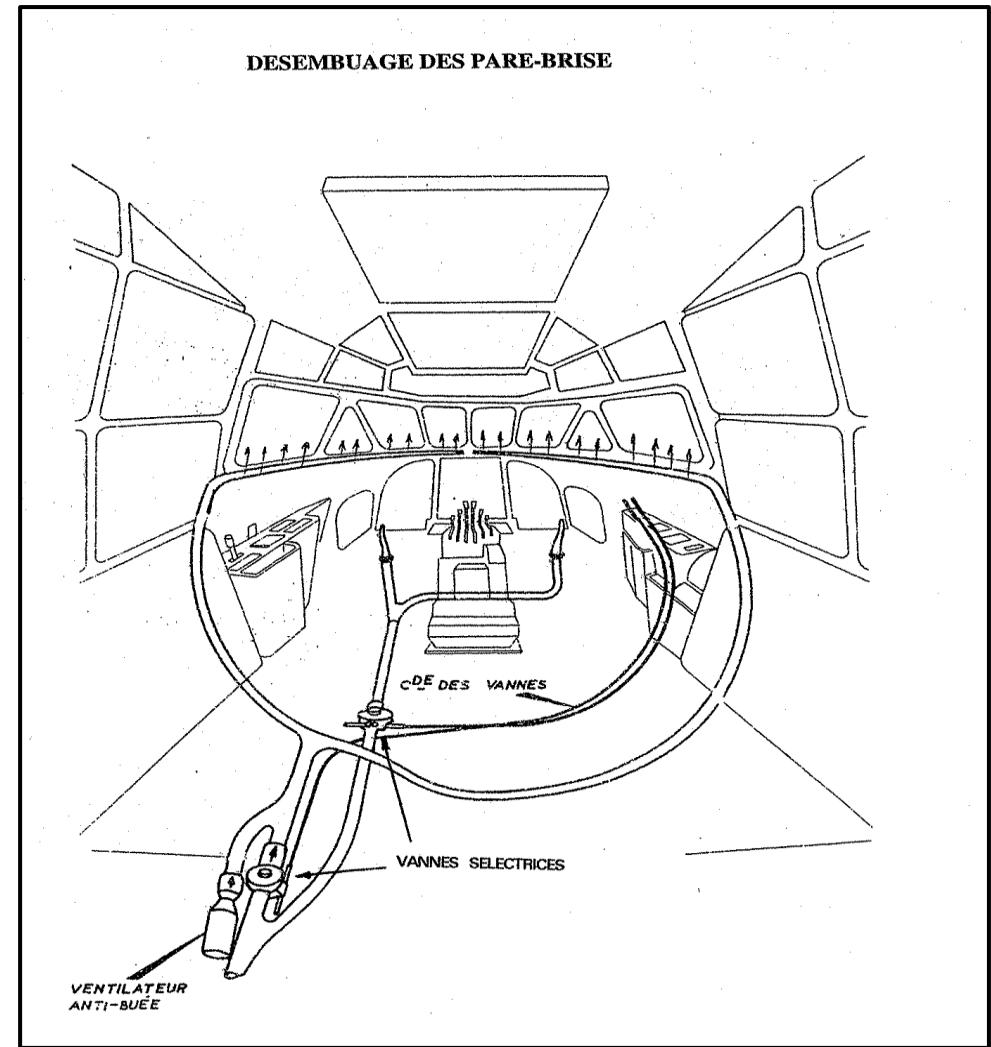
- aux forces de pressurisation, chaque panneau peut supporter la  $F_{\text{maxi}}$  (fail-safe).
- aux impacts directs, collision avec les oiseaux ;
- à réchauffement cinétique.

L'antigivrage est utilisé en permanence sur les pare-brise pour

- éviter l'opacité
- maintenir une température constante (entre 30 et 45°C) sur les éléments, ce qui **améliore leur résistance aux chocs et à la  $\Delta P$ .**

## Désembuage pare-brise

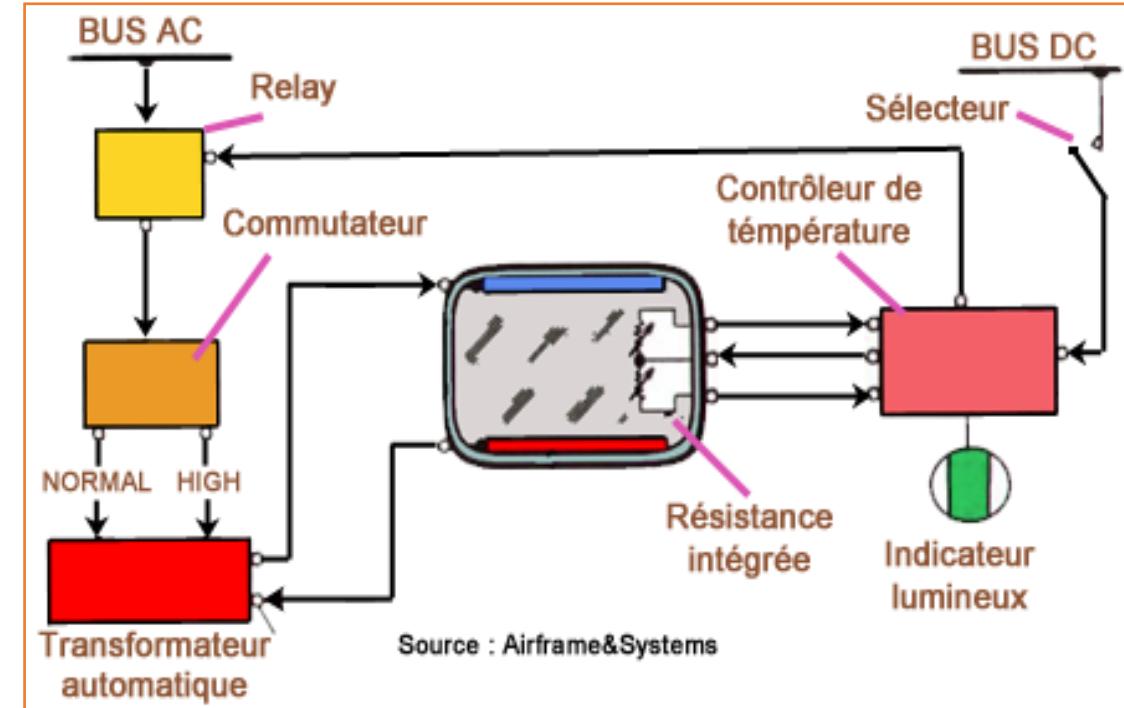
- Certains appareils légers utilisent un liquide de dégivrage. Celui-ci est pulvérisé sur le fond de la fenêtre frontale et est distribué par le flux d'air.
- Le pilote contrôle la quantité de fluide appliquée en appuyant sur un bouton (similaire au lavage du pare-brise d'une voiture).



# passage des commandes, portes, hublots, panneaux de décompression

## Désembuage pare-brise

- Pour les gros appareils les fenêtres sont chauffées à 35 °C par un élément électrique intégré entre les panneaux de la fenêtre (voir ci-dessus).
- Lorsque l'alimentation est appliquée, un voyant vert s'allume.
- Lorsque la température est atteinte, un élément de détection régule la température (thermostat).
- Dans des conditions extrêmement froides, le pilote peut sélectionner la position "HIGH".
- En cas de surchauffe, l'alimentation électrique est automatiquement coupée, et l'équipage doit sélectionner la position normale pour réinitialiser le système.
- Les fenêtres ne sont pas seulement chauffées à des fins de dégivrage, mais aussi pour s'assurer que le matériau ne devienne pas fragile à mesure que la température diminue, conservant ainsi une flexibilité en cas d'impact avec des oiseaux.
- Dans ce cas d'impact, la couche extérieure pourrait se fissurer, mais les renforts et le collage des différentes couches entre elles, permettent de garder la fenêtre intacte.

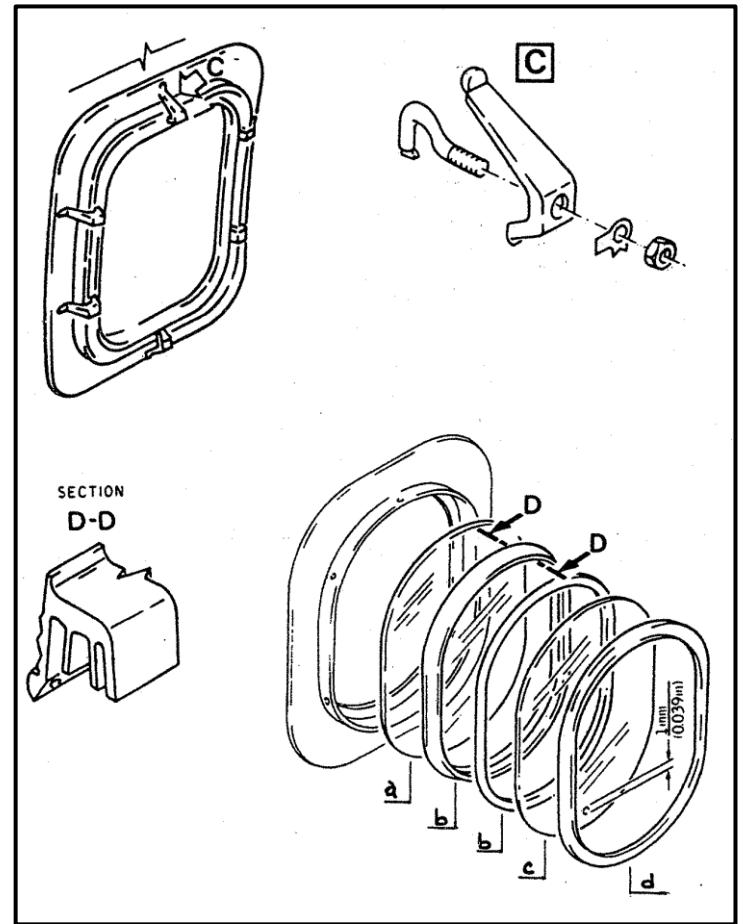


## Hublots

- Ils assurent aux passagers la visibilité vers l'extérieur et sont indispensables (problèmes psychologiques ou claustrophobie).
- En principe, deux hublots par rangée de sièges.

Chaque hublot est composé de plusieurs éléments :

- un panneau extérieur en plexiglas (a), l'épaisseur varie entre 7 et 10 mm ;
- un panneau intérieur en plexiglas (c), épaisseur 4 à 5 mm, percé à sa partie inférieure ;
- un joint périphérique (b) de forme spécifique qui ménage un espace entre les deux panneaux et assure l'étanchéité ;
- un panneau de protection (d) de faible épaisseur (2 à 3 mm) fixé sur le revêtement cabine.



### Limitations structurales

Chaque panneau (a et c) peut supporter la  $\Delta P$  cabine maxi (fail-safe), le panneau de protection ne supporte aucune charge, il protège contre d'éventuelles rayures,

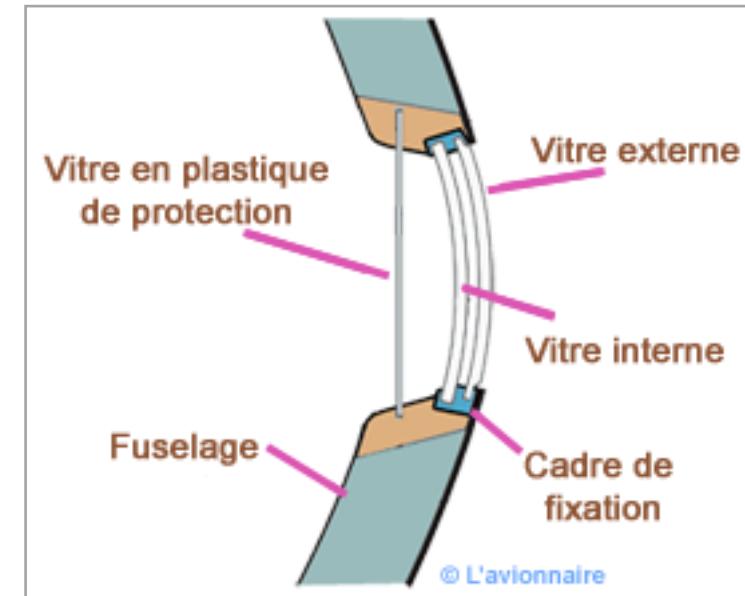
## Hublots

- En principe, deux hublots par rangée de sièges.
- La forme des hublots est ronde, ovale ou rectangulaire avec des coins arrondis mais jamais avec des coins à angle droit.
- Le fuselage d'un avion pressurisé est soumis à d'importants efforts de pression et d'importantes contraintes s'exercent sur l'encadrement des hublots.
- Une forme elliptique permet de mieux répartir les efforts de pression.
- En effet sur une forme carrée avec des angles droits, les efforts se concentrent aux quatre coins, ce qui provoque l'apparition de criques, de microfissures, pouvant aboutir à un phénomène de décompression explosive avec destruction du fuselage



## Hublots

- Les hublots sont composés de trois vitres : une vitre extérieure et une vitre intérieure elle-même protégée côté passager par une vitre en plastique transparent contre les rayures, les chocs et la poussière.
- Les hublots sur A320 mesurent 23 cm de largeur et 33 cm de hauteur et sont installés entre les cadres à intervalles de 53,34 cm.



## Hublots

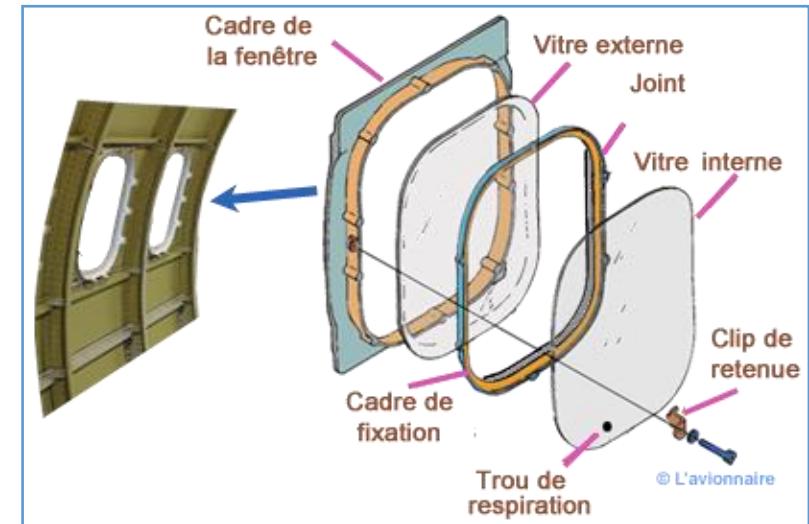
Le hublot principal se compose donc d'une vitre extérieure et d'une vitre intérieure fixées sur un cadre/joint par des clips de retenue.

Ces vitres sont montées dans un joint d'étanchéité puis montées dans les cadres et fixées par des clips de retenue.

Sur la famille des **Airbus A318 au A321** la vitre extérieure d'un hublot fait **9,5 mm** d'épaisseur et la vitre intérieure mesure **4 mm** d'épaisseur.

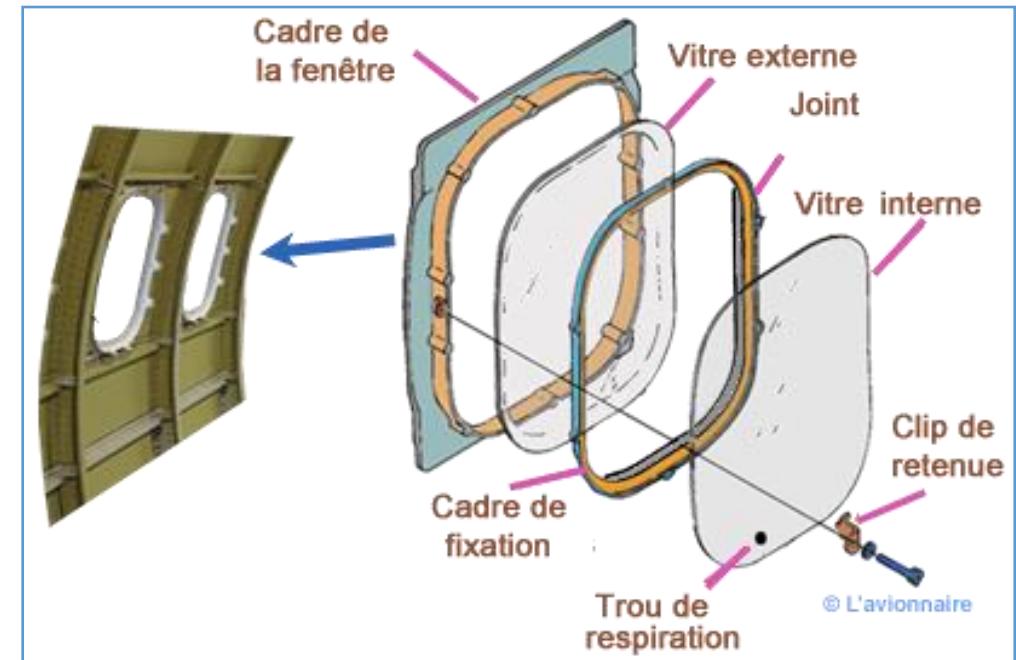
Elles sont séparées par une chambre d'air de **6 mm**, ce qui fait une épaisseur de **19,5 mm** pour le hublot complet.

Ces chiffres sont donnés à titre indicatif et peuvent varier d'un avion à un autre voire d'un fabricant à un autre. Un turbopropulseur volant à 15 000ft n'aura pas les mêmes hublots qu'un turboréacteur volant à 37 000ft.



## Hublots

- Un petit trou d'environ **2 mm** de diamètre est percé dans la vitre intérieure des hublots.
- Ce petit trou appelé **breather hole** (en anglais soit littéralement en français trou de respiration) permet d'assurer la même pression d'air et de température à l'intérieur du double-vitrage que dans la cabine.
- Une différence de température pourrait entraîner la formation de buée à l'intérieur du hublot.
- Ce petit trou garantit que la pression de la cabine pendant le vol est appliquée uniquement à la vitre extérieure, en préservant la vitre interne pour les situations d'urgence (vitre extérieure fêlée ou casée).
- À noter que la vitre intérieure est capable de supporter la pression différentielle complète.



# Fixation du fuselage avec GTR, empennage et voilure

## Assemblage fuselage-GTR

Certains avions ont les GTR fixés latéralement sur le fuselage.

Un mât assure la liaison entre les couples forts et le réacteur qui est fixé par des attaches.

La structure du mât (caisson) et les attaches sont de même type que les réacteurs suspendus.



F.100



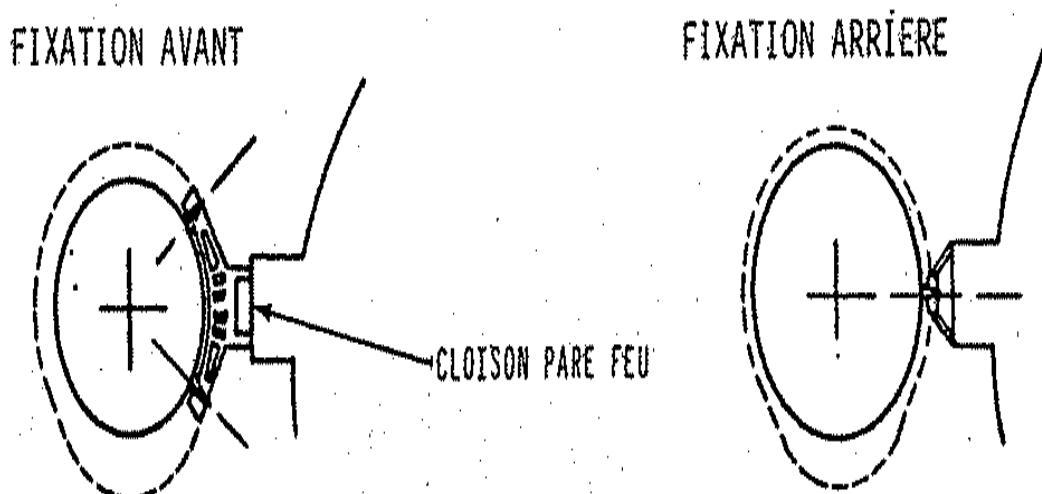
Falcon



MD83

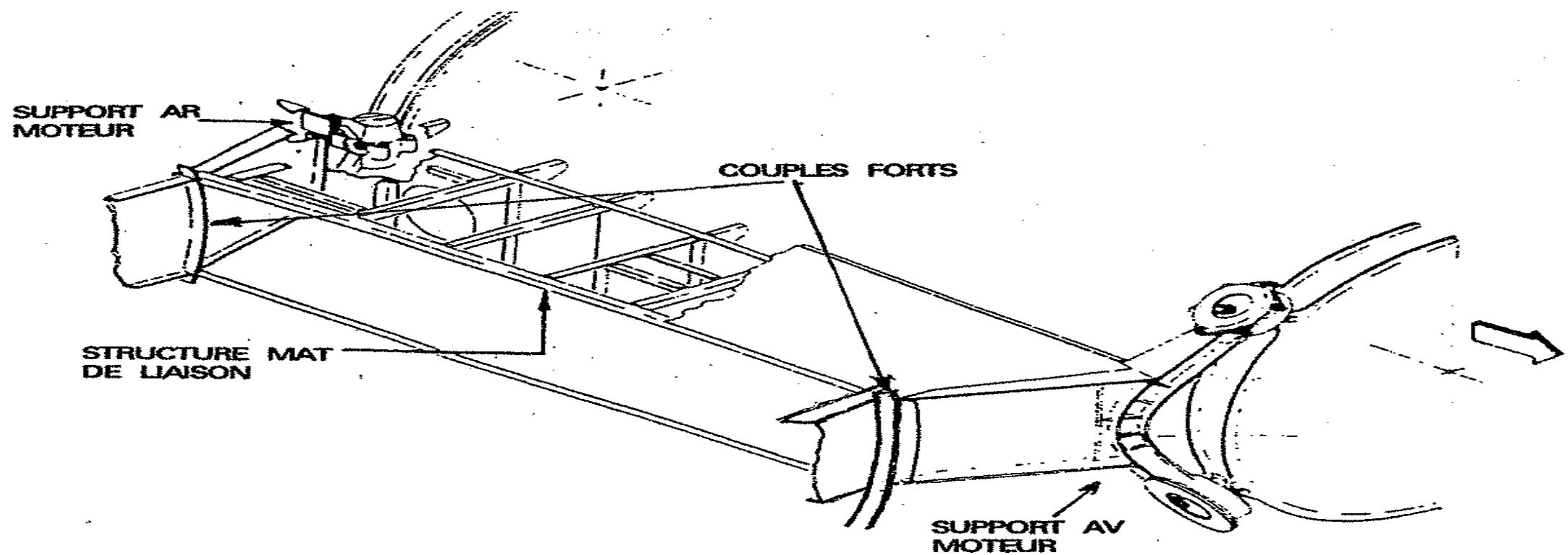


B727



# Fixation du fuselage avec GTR, empennage et voilure

## Assemblage fuselage-GTR



La poussée est transmise par les attaches avant. Une cloison pare-feu isole le GTR du mât.

Chaque point de fixation est équipé d'un amortisseur de vibrations qui permet aussi la dilatation des carters.

# **Fixation du fuselage avec GTR, empennage et voilure**

## **Assemblage fuselage-aile**

L'assemblage aile - fuselage est réalisé suivant les types d'avions de façons différentes, néanmoins, il s'effectue toujours sur des éléments forts et résistants :

- longerons avant et arrière,
- nervures fortes,
- cadres principaux ou forts.

Des pièces spécifiques : profilés, chapes, boulons, axes creux permettent l'assemblage.

# Fixation du fuselage avec GTR, empennage et voilure

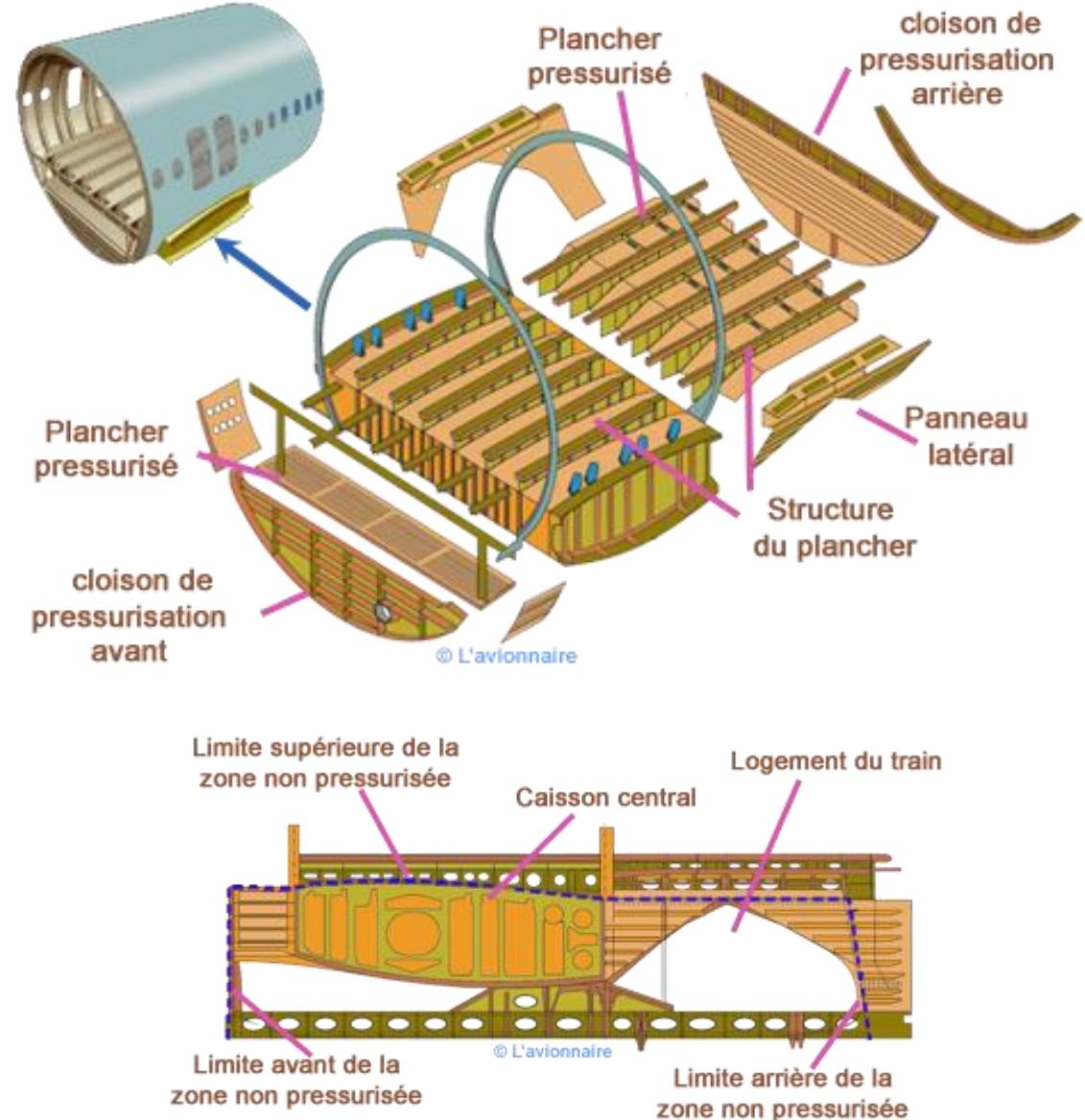
## Assemblage fuselage-aile

### Type A300/310

Le caisson central de voilure est pris dans un tronçon (ou section) constitué de quatre cadres principaux.

Le revêtement supérieur du caisson et le plafond du logement de train principal supportent les charges dues à la ΔP.

Des rivets spéciaux (alliage de titane) et des profilés sont utilisés pour effectuer l'assemblage Aile-caisson central



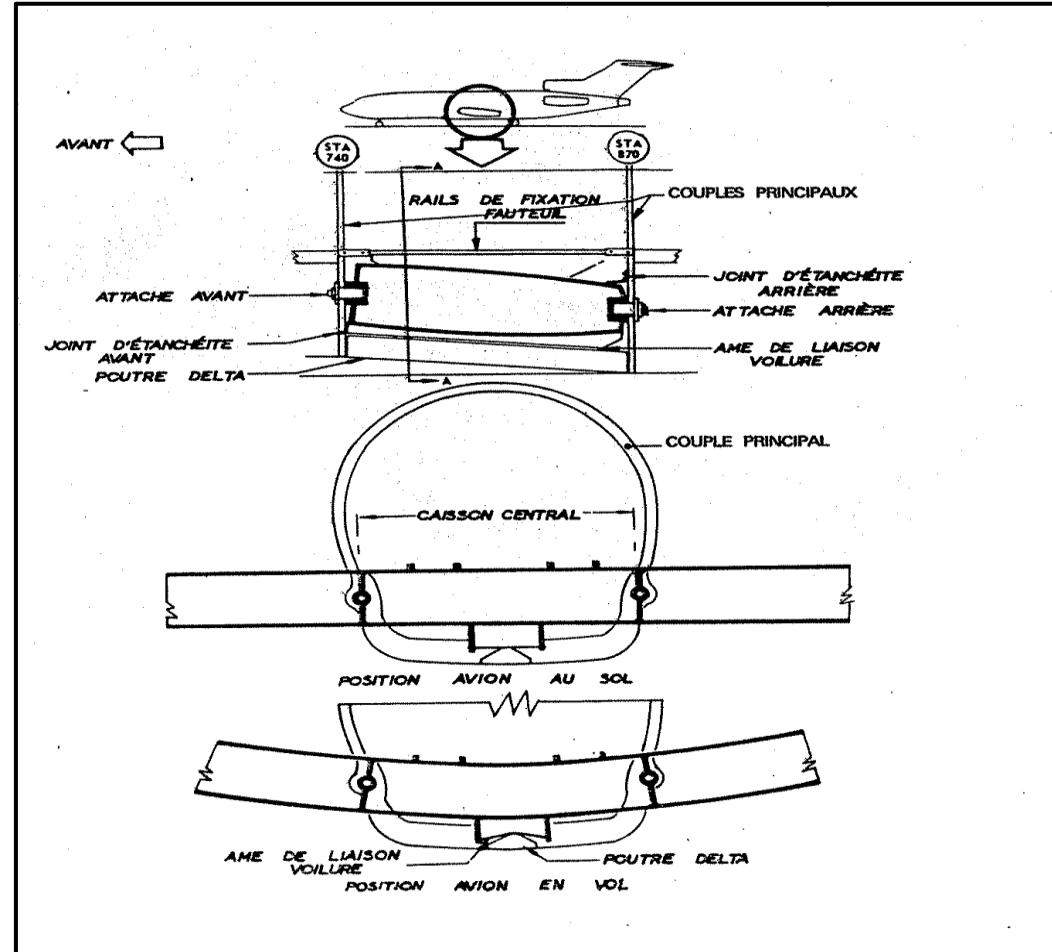
# Fixation du fuselage avec GTR, empennage et voilure

## Assemblage fuselage-aile

### Type B727

Les deux demi-ailes sont fixées sur un caisson central à l'aide de quatre axes creux travaillant au cisaillement, qui permettent une légère rotation (flexion voilure) et, qui réunissent des longerons avant et arrière à des cadres principaux.

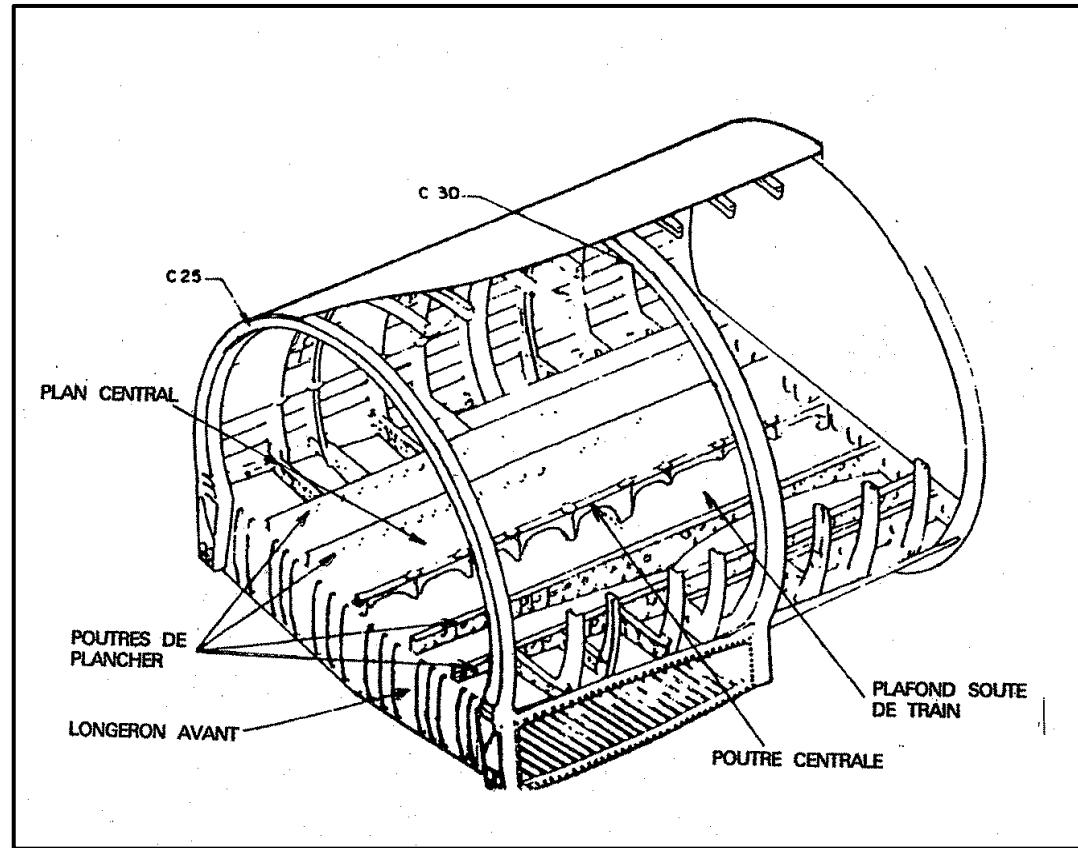
La structure du caisson central est identique à celle de la voilure, les nervures extrêmes sont des nervures fortes dite "d'emplanture".



# Fixation du fuselage avec GTR, empennage et voilure

## Assemblage fuselage-aile

Type DA01-Falcon



Le caisson central est pris dans un tronçon constitué de trois cadres principaux.

Les revêtements intrados - extrados de l'aile et du caisson sont fortement raidis et renforcés à l'emplanture par des ferrures pianos monoblocs en aciers spéciaux.

L'assemblage par éclissage est effectué à l'aide de boulons en acier disposés à la périphérie de la nervure d'emplanture. Ce montage très rigide est nommé « couture piano ».

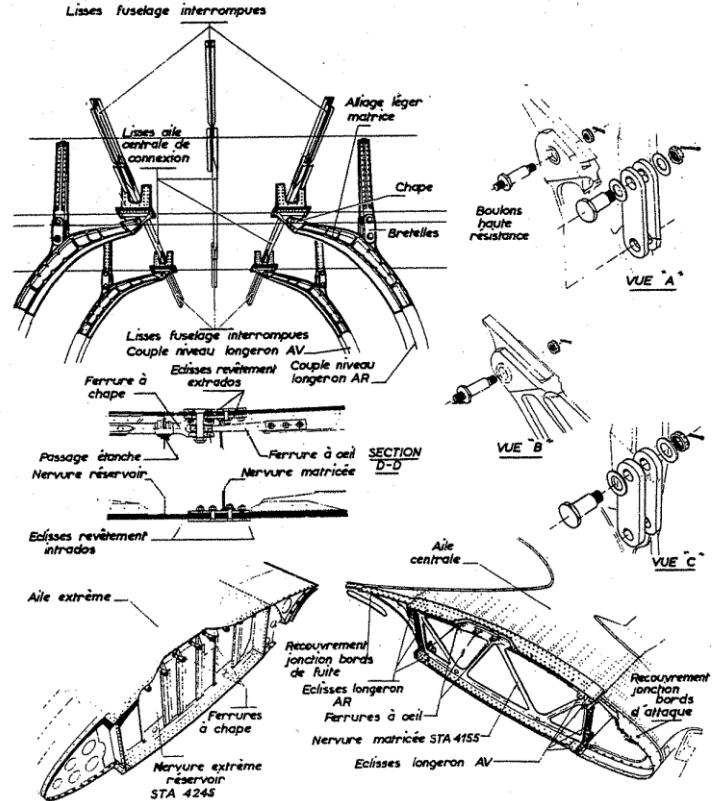
# Fixation du fuselage avec GTR, empennage et voilure

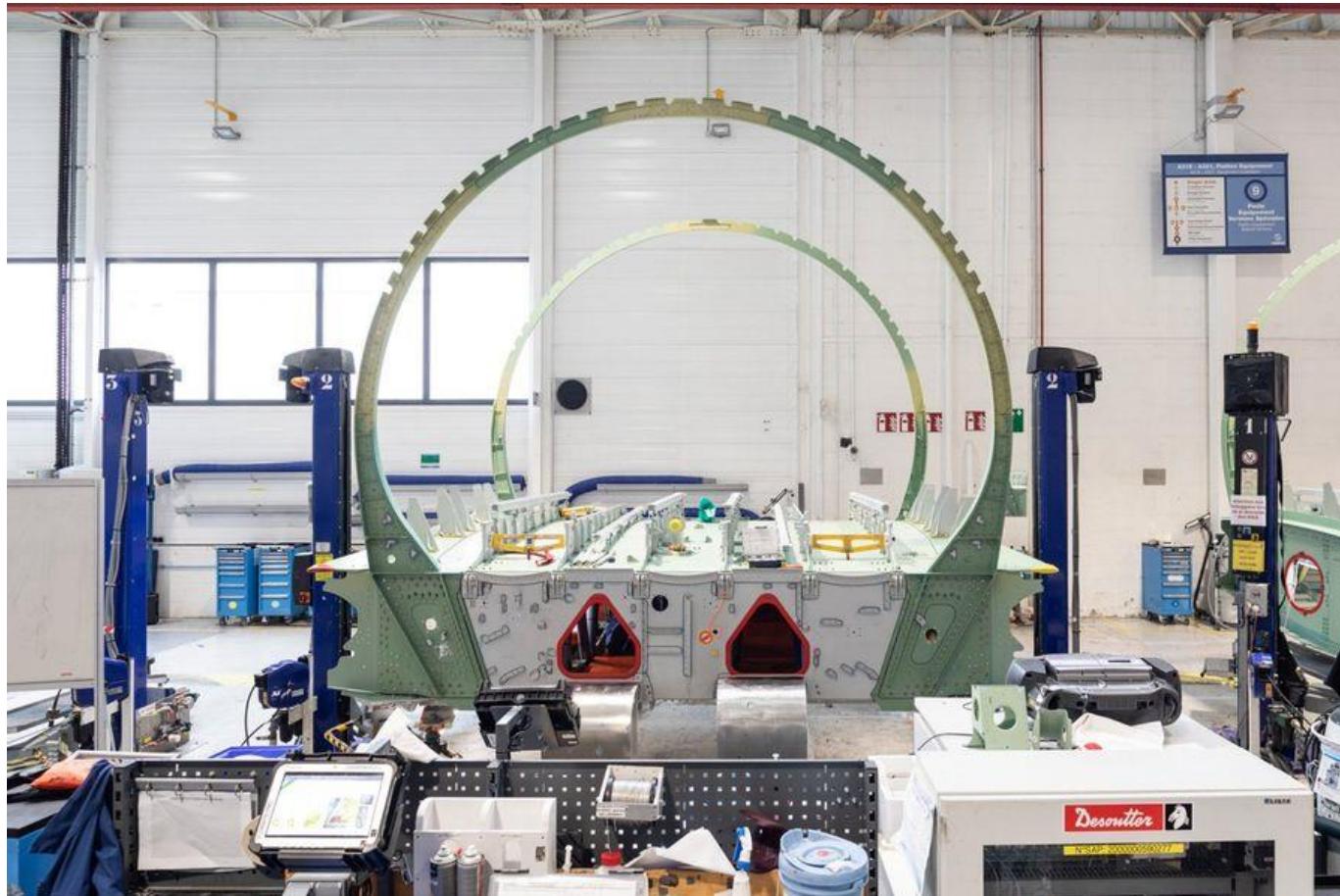
## Assemblage fuselage-aile

### Type F27

Le plan central ou aile centrale est fixé aux deux demi-ailes par des ferrures à chapes et œil (continuité des lisses), par les revêtements intrados, extrados et par les nervures d'emplanture. Des boulons, des cornières, des plaques de jonction (entures doubles) constituent les interfaces.

Le fuselage est suspendu à l'aile centrale par des cadres forts fixés sur les longerons avant et arrière à l'aide de chapes, boulons et ferrures haute résistance.

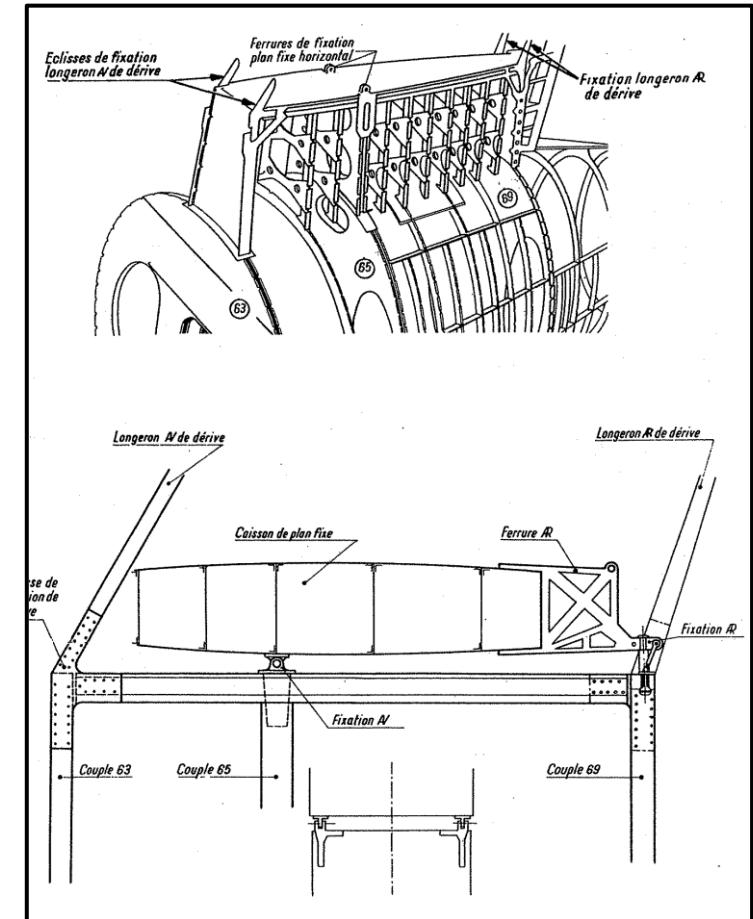




# Fixation du fuselage avec GTR, empennage et voilure

## Assemblage fuselage- empennages

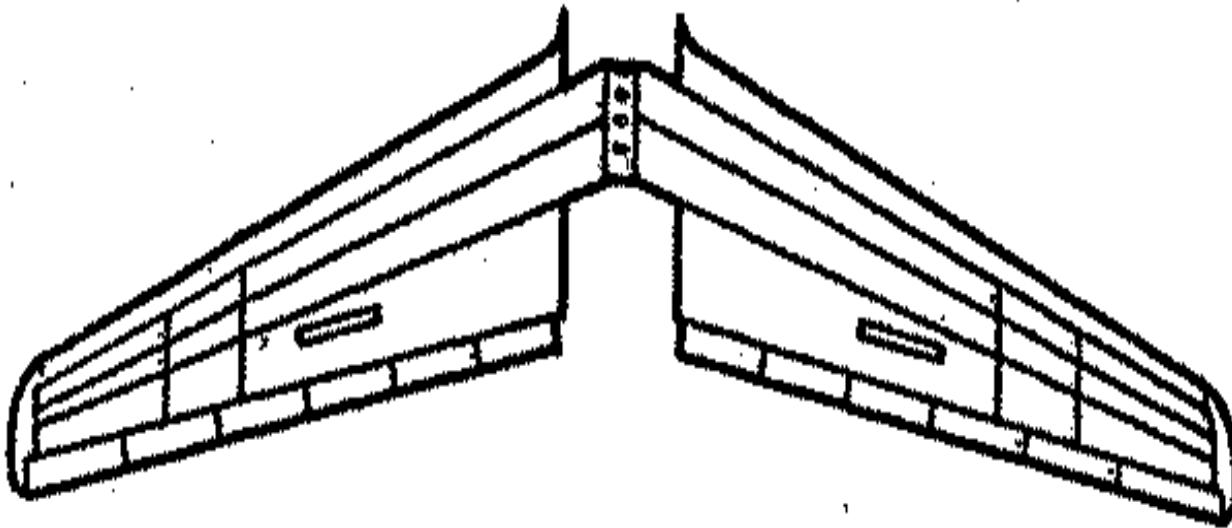
Généralement, les longerons avant et arrière des empennages sont fixés, par l'intermédiaire de ferrures ou autres renforts, aux couples forts du fuselage.



# Fixation du fuselage avec GTR, empennage et voilure

## Assemblage fuselage- empennages

*Type Caravelle*



Les deux demi-ailes sont terminées par des chapes qui se reprennent l'une dans l'autre. Des axes travaillant au cisaillement assurent leur maintien.

Le fuselage est fixé sur l'aile à l'aide de ferrures reliant les cadres forts au caisson de voilure.

## Question 1

On appelle Revêtement Intégral:

- A- Un ensemble cohérent d'assemblage par rivetage, d'une structure à base de longerons et de nervures
- B- Un ensemble auto raidi dont les lisses sont généralement fraîsées dans la masse
- C- Un ensemble à base de longerons, nervures et revêtement constituant un caisson rigide
- D- La structure finale de l'assemblage d'un fuselage de type « coque » travaillante

Sur les structures modernes, le revêtement travaille et encaisse aussi bien des efforts de torsion que de flexion  
Les raidisseurs fraîsés dans la masse constituent un revêtement raidi

## Réponse B



## Question 2

Les panneaux d'équilibrage des pressions installés sur le planchers des avions commerciaux ont pour rôle:

- A. En cas de dépressurisation, de ralentir la fuite de pression et d'équilibrer la cabine
- B. De dépressuriser l'avion après l'impact à l'atterrissement pour éviter une pressurisation résiduelle
- C. D'établir une pression uniforme dans la cabine pour augmenter le confort des passagers
- D. En cas de dépressurisation de permettre un équilibrage de la pression afin d'éviter l'effondrement du plancher de la cabine

Le plancher d'un avion de transport supporte des charges massiques et les efforts dus à la pressurisation.

En cas de dépressurisation au niveau des soutes, les efforts de pressurisation peuvent provoquer un effondrement du plancher avec des conséquences graves pour des câblages électriques, câbles de commandes de vol, circuit hydraulique...

Des panneaux bloqués par des ressorts permettent de créer une fuite au niveau du plancher afin de rééquilibrer les pressions.

**Réponse : D**

### Question 3

Un assemblage réacteur-fuselage arrière type B727 est réalisé par 3 points de fixation 2 avant et 1 arrière:

1. Les points avant et arrière transmettent l'effort de poussée
2. Les points avant transmettent l'effort de poussé
3. Le point arrière transmet l'effort de poussée
4. Le point arrière assure le positionnement et la suspension du réacteur
5. Les avant et arrière sont munis d'amortisseur de vibration et permettent de dilatation des carters

La combinaison des affirmations correcte est :

- A. 2-4-5
- B. 4-5
- C. 3-4-5
- D. 1-4

Les ponts avant transmettent l'effort de poussée (cas général sur toutes les fixations GTR)

Le point arrière assure le positionnement et la suspension du GTR (c'est aussi fréquent sur d'autres types d'avion).

Les points AV et AR sont munis d'amortisseurs de vibrations (évitent que les vibrations GTR ne se transmettent à la cellule) et permettent la dilatation des carters (due à l'élévation de T° engendrée par les turbines, chambres de combustion et compresseurs).

**Réponse : A**

## QUESTION N°8

Soit un avion en croisière possédant trois réacteurs à l'arrière du fuselage de poussée unitaire 2 000 daN. La cabine pressurisée à 8 psi (1 psi = 70hPa) a un diamètre intérieur de 3,5 m. Compte non tenu des autres efforts aérodynamiques et massiques :

- 1 - les lisses sont tractionnées
- 2 - les lisses sont comprimés
- 3 - les cadres courants sont cisaillés
- 4 - les cadres courants sont tractionnés

La combinaison comportant les affirmations correctes est :

A » 1 - 4

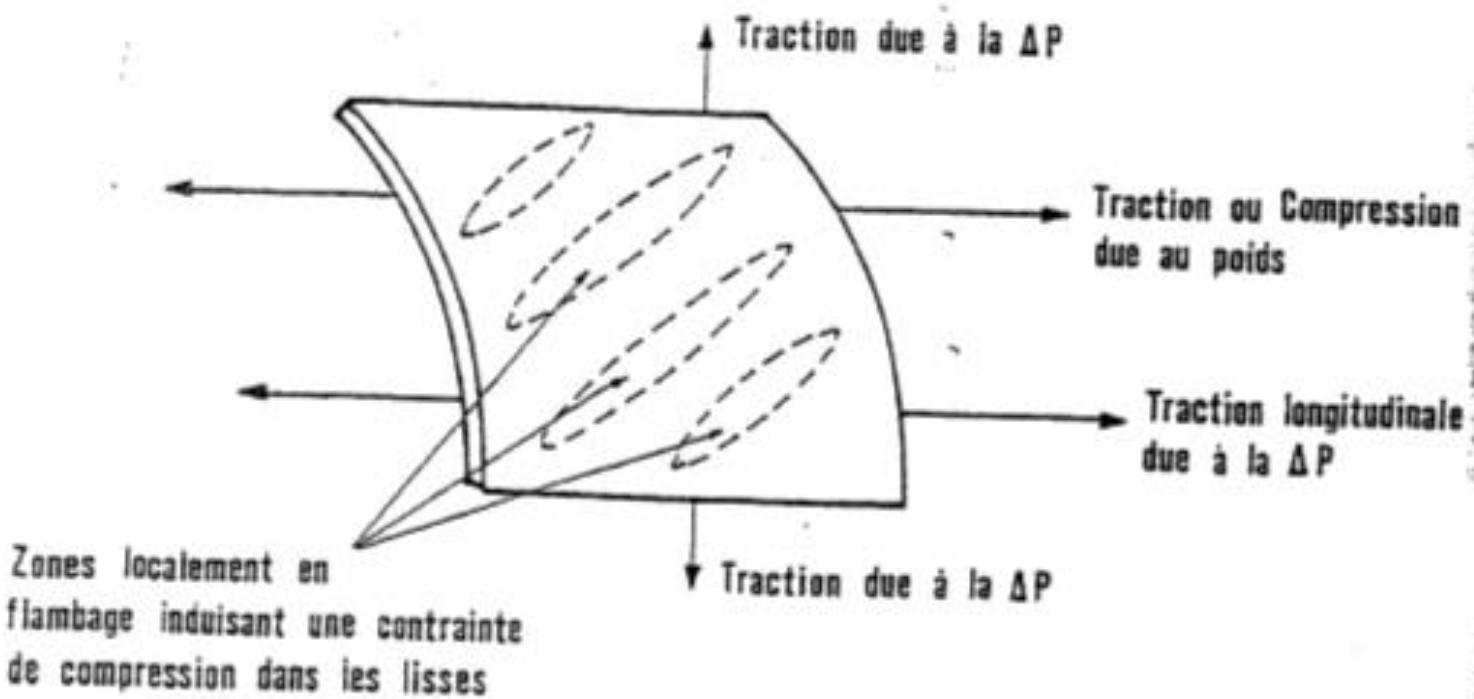
B » 1 - 3

C » 2 - 3

D » 2 - 4

- Les efforts de pressurisation étant radiaux, les cadres sont tractionnés.
- Les lisses sont comprimés, compte tenu des phénomènes de flambage induits par les contraintes de traction transversales.

Soit un élément de revêtement du fuselage.



Réponse : D

## QUESTION N°9

*La mise en ressource d'un avion classique (empennage horizontal à l'arrière) entraîne pour le fuselage des suppléments de contraintes dont :*

- 1 - un cisaillement des revêtements de flancs*
- 2 - une traction du toit*
- 3 - une traction du ventre*
- 4 - un cisaillement des cadres courants*

*La combinaison comportant les affirmations correctes est :*

**A > 4 - 2**

**B > 1 - 2**

**C > 1 - 3**

**D > 4 - 3**

*La mise en ressource d'un avion classique (empennage horizontal à l'arrière) entraîne pour le fuselage des suppléments de contraintes dont :*

- 1 - un cisaillement des revêtements de flancs*
- 2 - une traction du toit*
- 3 - une traction du ventre*
- 4 - un cisaillement des cadres courants*

*La combinaison comportant les affirmations correctes est :*

**A > 4 - 2**

**B > 1 - 2**

**C > 1 - 3**

**D > 4 - 3**

---

*En vol normal stabilisé, le fuselage d'un avion classique subit des contraintes dues aux charges massiques et aérodynamiques qui entraînent :*

- des efforts tranchants, donc des contraintes de cisaillement sur l'axe Z (cisaillement des revêtements de flancs).
- un moment de flexion donc des contraintes longitudinales autour de l'axe Y (traction de la partie supérieure fuselage - compression de la partie inférieure).

*En ressource, ces différentes contraintes seront augmentées proportionnellement à la valeur du facteur de charge ( $n$ ) qui dans ce cas précis est égal à :  
 $n = 1 + V^2/Rg$*

**Réponse : B**

## QUESTION N°12

*Le plancher cabine d'un avion moderne est protégé par les panneaux soufflables ou par des clapets de surpression. On peut dire qu'une fois activé :*

- 1 - un panneau soufflable permet une circulation d'air uniquement dans le sens cabine-soute*
- 2 - un panneau soufflable permet une circulation d'air dans les deux sens*
- 3 - un clapet de surpression permet une circulation d'air uniquement dans un sens*
- 4 - un clapet de surpression permet une circulation d'air dans les deux sens*

*La combinaison ne comportant que des propositions correctes est :*

A » 2 - 4

B » 1 - 3

C » 2 - 3

D » 1 - 4

*Le plancher cabine d'un avion moderne est protégé par les panneaux soufflables ou par des clapets de surpression. On peut dire qu'une fois activé :*

- 1 - un panneau soufflable permet une circulation d'air uniquement dans le sens cabine-soute*
- 2 - un panneau soufflable permet une circulation d'air dans les deux sens*
- 3 - un clapet de surpression permet une circulation d'air uniquement dans un sens*
- 4 - un clapet de surpression permet une circulation d'air dans les deux sens*

*La combinaison ne comportant que des propositions correctes est :*

A = 2 - 4

B = 1 - 3

C = 2 - 3

D = 1 - 4

Panneau soufflable = panneau d'équilibrage des pressions entre la cabine et la soute afin d'éviter un effondrement du plancher en cas de brutale dépressurisation dans les soutes. Ces panneaux volontairement affaiblis ont pour but d'être "soufflés" pour augmenter la section de passage de l'air cabine vers les soutes.

Clapet de surpression = clapet équipé d'un ressort taré. Généralement situés au niveau de certaines portes, ils permettent une meilleure circulation d'air cabine-soute en cas de décompression.

Réponse : C

## QUESTION N°13

- 1 - Au droit du logement de train principal, le plancher peut être équipé de panneaux, i.e. décompression.
- 2 - Le caisson central est limité par les deux nervures d'implanture d'ailes.
- 3 - Des câbles relient les commandes aux distributeurs des servocommandes des servofinales placées en queue de fuselage. Ils cheminent sous le plancher. Il est recommandé de les placer dans le plan de symétrie plutôt que sous les bordures dans un souci d'accessibilité.
- 4 - Les cadres sont échancrés au droit de chaque lisse pour assurer la continuité de circulation.

*Les affirmations correctes sont :*

A » 2 - 4

B » 3 - 4

C » 1 - 2

D » 1 - 3

- 1 - Au droit du logement de train principal, le plancher peut être équipé de panneaux de décompression.
- 2 - Le caisson central est limité par les deux nervures d'emplanture d'ailes.
- 3 - Des câbles relient les commandes aux distributeurs des servocommandes des servitudes placées en queue de fuselage. Ils cheminent sous le plancher. Il est recommandé de les placer dans le plan de symétrie plutôt que sous les bordures dans un souci d'accessibilité.
- 4 - Les cadres sont échancrés au droit de chaque lisse pour assurer la continuité de celle-ci.

*Les affirmations correctes sont :*

- A » 2 - 4
- B » 3 - 4
- C » 1 - 2
- D » 1 - 3

*Le caisson central est limité à ses deux extrémités par une nervure d'emplanture d'aile, qui recevra chaque demi-aile, et sera fixé à des couples forts du fuselage.*

*Les lisses aident le revêtement à absorber les contraintes longitudinales d'où la nécessaire continuité de celles-ci.*

**Réponse : A**

#### Question 14

- En vol les efforts appliqués sur le fuselage, dus à la pressurisation, provoquent des contraintes.
- Par ailleurs le fuselage subit déjà des contraintes dues au poids de l'avion. Par rapport aux effares dus au poids, ceux dus a la pressurisation provoquent :
  1. augmentation de la contrainte de traction dans la partie supérieure
  2. diminution de la contrainte de traction dans la partie supérieure
  3. augmentation de ta contrainte de compression dans la partie inférieure
  4. diminution de la contrainte de compression dans la partie inférieure
- 
- La combinaison des propositions correctes est :
  - A. 2-3
  - B. 2-4
  - C. 1-4
  - D. 1-3

Les contraintes dues au poids de l'avion provoquent des contraintes **longitudinales** :

- de traction partie supérieure du fuselage\*
- de compression partie inférieure du fuselage.

Les efforts dues à la pressurisation provoquent des contraintes longitudinales et transversales. Les contraintes longitudinales vont se combiner avec celles du poids de celles sorte que :

- elles s'ajoutent dans la parue supérieure\*
- elles se retranchent dans la partie inférieure.

D'où une diminution de la zone critique de flambage sous le fuselage.

**Réponse : C**

## QUESTION N°16 :

Les **hublots** d'un avion sont construits avec une glace extérieure, une glace intérieure et un panneau de protection intérieure. Concernant les glaces :

- A » la glace intérieure est chargée de résister à la pression différentielle entre la cabine et l'extérieure, le panneau extérieur a un rôle aérodynamique
- B » il n'y a pas de circulation d'air entre la glace extérieure et intérieure
- C » chaque glace peut supporter la pression différentielle entre la cabine et l'extérieure
- D » les glaces extérieures et intérieures sont collées ensemble par une colle plastique

Le hublot doit résister à la pression différentielle et être étanche.

Il est constitué pour la partie travaillante par 2 glaces. Chacun est capable de supporter la pression différentielle maximale.

Entre les 2 glaces, une circulation d'air est organisée pour la condensation.

Un panneau de protection intérieur non travaillant permet d'éviter les rayures des glaces

Réponse : C

## Question 21

L'étanchéité d'un fuselage pressurisé est assurée par

- A. Des rivets plus serrés, enrobés d'une matière plastique
- B. Des panneaux de laine de verre microlite AA
- C. Des panneaux de laine de verre type B
- D. Des montants et cadres moulés

La zone pressurisée doit être étanche. L'assemblage des panneaux, la pose des rivets très ajustés, le passage des cloisons étanches par les commandes, les canalisations, les câbles électriques, les pare-brise, les hublots, les portes, font l'objet d'une attention particulière et nécessitent la mise en place de joints spécifiques à chaque poste qui assurent une bonne étanchéité, ainsi qu'une entière sécurité de fonctionnement.

Des couples spéciaux, étanches et très résistants assurent la séparation du compartiment pressurisé et non pressurisé.

Le rivetage des éléments pressurisés dote être étanche. On améliore l'étanchéité par des techniques de fabrication particulières :

- perçage, alésage du trou de rivet (tolérance serrée),
- interposition encre les constituants d'un joint.
- rivetage séné et interposition d'un produit plastique.

**Réponse A.**

Concernant la résistance et l' étanchéité de la cellule, on peut affirmer que:

1. les charges massiques et la pressurisation donnent des contraintes de signes opposées au ventre de l'avion
2. S'ouvrent vers l'extérieur pour des considérations de sécurité, les portes cabine sont a montage auto-serreur sous l'action de la pressurisation cabine
3. Dans la cabine , des deux hublots superposés, seul l'extérieur est généralement travaillant, l'intérieur restant en attente dans un souci de FAIL-SAFE
4. Au droit du logement du train principal, le plancher peut être équipé de panneaux de décompression

La combinaison regroupant les affirmations correctes est:

- A. 1-2-3
- B. 1-2-4
- C. 1-3-4
- D. 2-3-4

Sur la partie inférieure du fuselage, les contraintes de compression diminuent.

Les portes cabine sont de type "bouchon", La pressurisation maintient fermé les portes.

Les hublots sont souvent eu plusieurs éléments désembués par circulation d'air chaud chacune des glaces étant capable de supporter la pression différentielle.

**Réponse A.**

## Question 021-0204-0034

Parmis les différentes structures d'avions, les structures de types monocoque et semi-monocoque transmettent efficacement:

- 1 les contraintes de flexion transversales
- 2 les contraintes de flexion longitudinales
- 3 le moment de torsion
- 4 les contraintes de cisaillement

Les bonnes propositions sont:

- A - 2,3,4
- B - 1,2,4
- C - 1,2,3
- D - 1,3,4

Correction C

Les structures monocoques peuvent être utilisées pour les avions légers, les structures semi-monocoques sont celles des avions de ligne.

## Question 021-0204-0033

Quels sont les matériaux les plus fréquemment utilisés dans les structures monocoques et semi-monocoques.

- A - L'acier
- B - L'aluminium et les alliages d'aluminium
- C - Le bois
- D - Les composites

### Correction B

Mise au point :

Les structures semi-monocoques(ex: les avions de transport) sont généralement réalisées en alliages légers.

Les structures monocoques (planeurs, avions légers) sont généralement réalisées en composites.

Mais ainsi est la question!

Une structure dans laquelle le revêtement supporte tous les efforts est:

- A - Une structure semi-monocoque
- B - Une structure semi-renforcée
- C - Une structure boite
- D - Une structure monocoque

**Correction D**

La structure monocoque est une structure à revêtement travaillant non renforcé par des éléments comme des lisses ou des longerons.

## Question 021-0204-0007

Les cloisons pare-feu des compartiments moteurs sont réalisées en:

- A - Acier inoxydable ou titane
- B - Composites tels que le carbone, le kévlar et la fibre de verre
- C - Feuilles d'alliage d'aluminium
- D - Revêtement d'amiante

### Correction A

Ces cloisons de protection sont réalisées en matériaux à haut point de fusion. Elles peuvent aussi être doublées par un matériau isolant thermique résistant au feu

La structure du fuselage d'un avion de transport pressurisé est un exemple de:

- A - Structure semi-monocoque
- B - Structure en treillis métallique soudé
- C - Structure sandwich
- D - Structure purement monocoque

Correction A

La structure semi-monocoque comporte un revêtement travaillant renforcé par lisses et éventuellement des longerons

Le fuselage en treillis métallique soudé (poutre de Waren) est utilisé pour :

- A - Les avions supersoniques
- B - Les turboprops moyens courriers
- C - Les avions de transport gros porteurs subsoniques
- D - Les avions légers

**Correction D**

Le treillis métallique soudé est une des solutions utilisée pour fabriquer le fuselage des avions légers. La structure ainsi fabriquée est généralement entoilée.

Lesquelles de ces affirmations sont correctes ou incorrectes?

1- Sur certains avions les vitres du cockpit ont une restriction de vitesse additionnelle liée au risque aviaire, quand le réchauffage pare-brise est inopérant.

2-Les vitres latérales du cockpit sont généralement seulement désembuées.

- A - 1 est incorrecte, 2 est incorrecte
- B - 1 est correcte, 2 est correcte
- C - 1 est correcte, 2 est incorrecte
- D - 1 est incorrecte, 2 est correcte

### **Correction B**

La résistance à l'impact des pare-brise étant améliorée par leur réchauffage, on peut rencontrer une limitation de vitesse spécifique en cas de panne de ce dispositif.

Les glaces latérales n'étant pas face au vent relatif, leur réchauffage est souvent limité au désembuage.

Au cockpit, les indications associées au réchauffage des pare-brise comportent généralement:

- A - Des voyants bleus ou verts qui s'allument en fonction de la régulation de température des éléments
- B - Un voyant ambre quand le système fonctionne et une alarme rouge en cas de surchauffe
- C - Une information de couleur verte "ON" et une information de couleur ambre "FAIL" en cas de panne
- D - Seulement la position de l'interrupteur de commande

**Correction C**

Un voyant ambre ne doit pas être associé à un fonctionnement normal.

Sur un avion de transport, le réchauffage du pare brise est:

- A - Utilisé seulement à basse altitude, où il y a risque de givrage
- B - Essentiel pour améliorer la résistance des vitres
- C - Sans effet sur la résistance du pare brise
- D - Seulement utilisé lorsque le système anti-buée à air chaud est insuffisant

**Correction B**

Le réchauffage des pare brises améliore la résistance des vitres

Les efforts les plus élevés que subit le compas d'un bogie de train sont liés à:

- A - Un freinage avec l'antipatinage inopérant
- B - Un virage au sol avec un court rayon de braquage
- C - Un atterrissage par fort vent de travers
- D - Quand le train est sélectionné "down"

**Correction B**

Un virage serré au sol soumet le compas du bogie intérieur à une contrainte très forte

Un fuselage semi-monocoque est généralement composé de :

- A - Nervures, longerons, revêtement
- B - Revêtement, lisses et couples
- C - Nervures, longeron avant, longeron arrière
- D - Cadres, garniture et raidisseurs

### **Correction B**

Le fuselage semi- monocoque comprend un revêtement travaillant assistés par des éléments de renfort: lisses (et éventuellement longerons) et couples

Quand une porte d'avion de transport comprenant un toboggan d'évacuation est commandée en ouverture depuis l'extérieur de l'avion, le toboggan:

- A - se gonfle et se déploie
- B - se gonfle dans son contenant mais ne se déploie pas
- C - se déploie mais ne se gonfle pas
- D - est désarmé automatiquement

**Correction D**

Le gonflage et donc le déploiement sont inhibés par le désarmement automatique du toboggan. On rappelle que le désarmement consiste à désolidariser le toboggan du fuselage.

En ce qui concerne les vitres du cockpit, quelles sont les affirmations correctes et incorrectes:

- 1- Sur certains avions il existe une restriction de vitesse liée au risque aviaire en cas de panne du réchauffage pare brise
- 2- Les vitres latérales du cockpit sont toujours équipées d'un dispositif d'anti givrage

- A - 1 est correcte 2 est correcte
- B - 1 est incorrecte 2 est correcte
- C - 1 est incorrecte 2 est incorrecte
- D - 1 est correcte 2 est incorrecte

#### **Correction D**

Les vitres latérales, compte tenu de leur position risquent peu de givrer. Elles sont généralement réchauffées dans le but d'éviter qu'elles se couvrent de buée.

La résistance des fuselages monocoques provient essentiellement :

- A - Des lisses
- B - Des cloisons et des longerons
- C - Des longerons et des couples
- D - Du revêtement

**Correction D**

Ce type de construction ne comportant pas d'éléments raidisseurs longitudinaux, le revêtement est l'élément résistant.

Quels sont les trois éléments de la structure du fuselage d'un gros avion de transport?

- A - Le revêtement les cadres et les poutrelles
- B - Le revêtement, les couples et les lisses
- C - Le revêtement, les cadres et les couples
- D - Le revêtement, les semelles et les âmes

**Correction B**

Il s'agit d'une structure semi-monocoque

Un pare brise réchauffé est généralement constitué de:

- A - Un laminé de panneaux de verre et de polycarbonate
- B - Trois panneaux de verre trempés dont les fibres sont orientées à 45°
- C - Un laminé de verre et d'aluminate de boron
- D - Un laminé de plexiglas et de polycarbonate

### **Correction A**

Mise au point:

Les pare-brise des avions de transport sont réalisés par des panneaux de verre assemblés par du "polyvinyle de butyral". On trouve aussi l'appellation de "soft polycarbonate"

Sur la partie cylindrique du fuselage, les efforts générés par les cycles de pressurisation sont supportés par:

- A - Les lisses
- B - Les longerons
- C - Les couples
- D - Le revêtement

Correction D

Il est fait référence ici à une structure semi-monocoque

Les contraintes générées sur le fuselage par la pressurisation sont:

- A - Torsion
- B - Flexion
- C - Compression
- D - Traction

**Correction D**

La couche interne d'un pare-brise réchauffé est faite de:

- A - soft polycarbonate (polyvinyle de butyral)
- B - verre
- C - plexiglas dur
- D - triplex

**Correction A**

Cette question pré-suppose que ce pare brise comprend deux panneaux de verre. Le "soft polycarbonate" est le produit qui lie les deux panneaux.

Pour quelle raison réchauffe-t-on les pare-brise des avion?

- A - Pour protéger les pare-brise contre la formation de glace
- B - Pour protéger les pare-brise des dégâts des collisions aviaires
- C - Pour protéger les pare-brise des dégâts des collisions aviaires et éviter la formation de glace
- D - Pour éviter la formation de buée si le système normal de protection est inopérant

**Correction C**

- Le réchauffage électrique renforce la résistance des pare-brise et évite la formation de glace.