



**RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

**ONERA**

THE FRENCH AEROSPACE LAB

[www.onera.fr](http://www.onera.fr)

# Electif Intégration Avion - Structure

Dimensionnement d'une structure aéronautique

## Enoncé

Calculer la contrainte maximale dans le revêtement de l'aile d'un Boeing 777 en croisière.

## Partie 1

- **Ecrire la liste des étapes et anticiper les difficultés**

## Partie 1 (réponse)

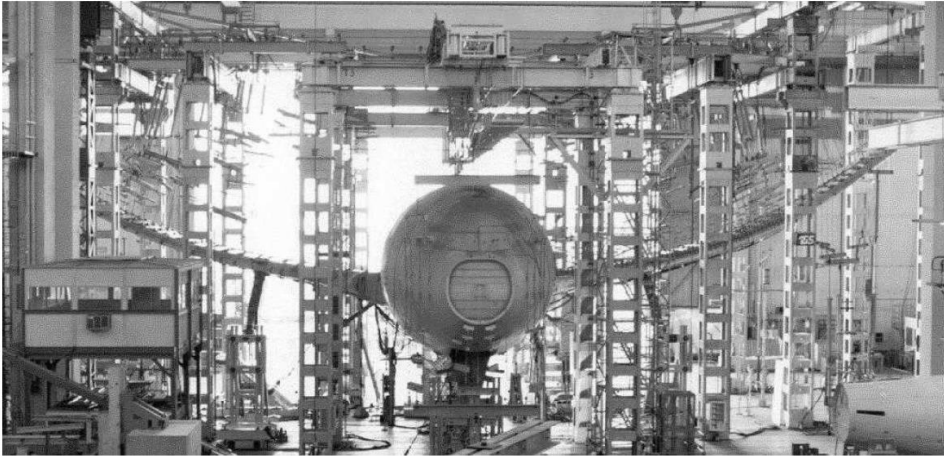
- Trouver les chargements
  - Quels sont les efforts subis par les différents composants?
  - Quelles sont les poutres/plaques à dimensionner en flambage/plasticité?
- Trouver la géométrie
  - Forme globale de l'aile
  - Modélisation de l'aile comme une poutre
  - Comment calculer le moment quadratique?
  - Géométrie de la section
  - Quelles valeurs d'épaisseurs?

## Partie 2

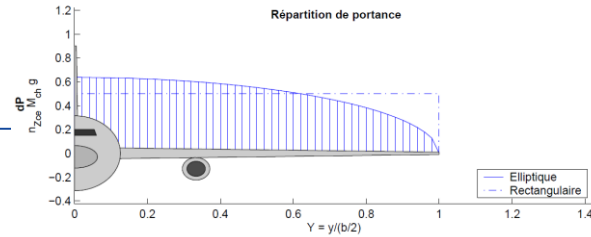
- Faire un schéma de l'aile comme une poutre
- Représenter les conditions limites, les chargements
- Bien identifier les hypothèses
- Noter les paramètres qu'il nous manque

# Dimensionnement Avion | Ailes - Efforts

- Efforts vus par les ailes: **flexion** provenant des forces de portance, du moteur et de sa masse propre



## Force de portance



- Hypothèses sur la forme de sa répartition le long de l'envergure.
- L'important c'est que la force totale supportée par les 2 ailes soit égale à  $n \cdot g \cdot \text{MasseAvion}$ 
  - $n$  : facteur de charge  $= 2,5 \cdot 1,5 = 3,75$  (en croisière,  $n=1$ )
  - $g$  : accélération de la pesanteur
- On prend souvent une **répartition elliptique** de la forme d'une force linéique, à une position  $Y$  en envergure :
$$F(Y) = \frac{2ngMTOW}{\pi Y_{tip}} \sqrt{1 - \left(\frac{Y}{Y_{tip}}\right)^2} \text{ (en N/m)}$$
- Dans le projet, vous pouvez être plus précis en utilisant directement les valeurs de portance ( $C_l$ ) du calcul.

## Partie 2 (réponse)

- Voir tableau

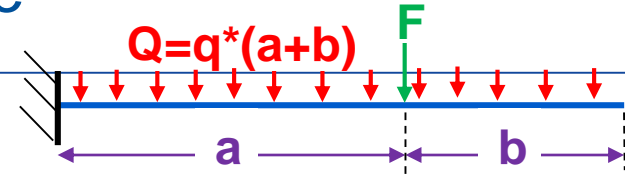


## Partie 3

- Modéliser la section de l'aile
- Repérer les données nécessaires, les chercher
- Propose une méthode pour calculer le moment quadratique

# Dimensionnement Avion | Ailes - Modèle

## Modélisation de l'aile



- On ne dimensionnera pas ni les longerons ni les nervures.
- On ne dimensionne que la partie **structure primaire**
  - Délimitée par les longerons et le revêtement
  - c'est elle qui tient les efforts
- On peut voir l'aile comme une grande poutre, encastrée au niveau du fuselage.
- Plein d'hypothèses sur sa géométrie :
  - Pas d'angle de flèche
  - Forme de sa section?

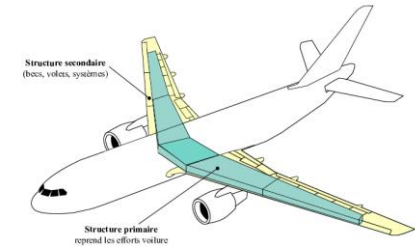
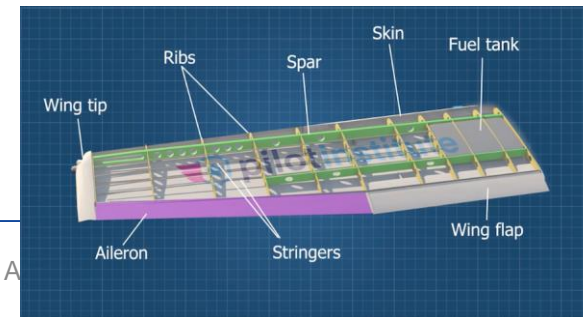


FIG. 3.1 – Structure primaire (qui reprend les efforts) et structure secondaire (dispositifs hypersustentateurs...) de l'aile.

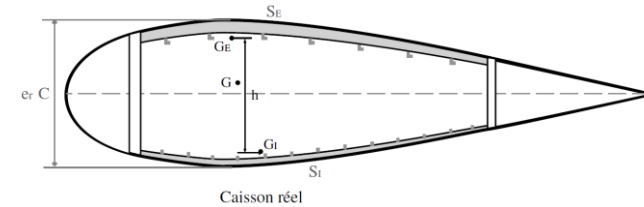
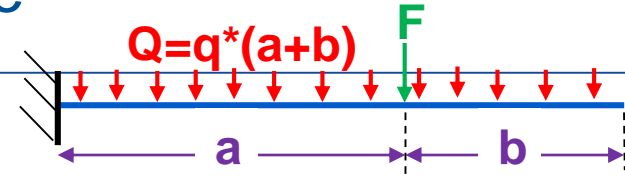


# Dimensionnement Avion | Ailes - Modèle

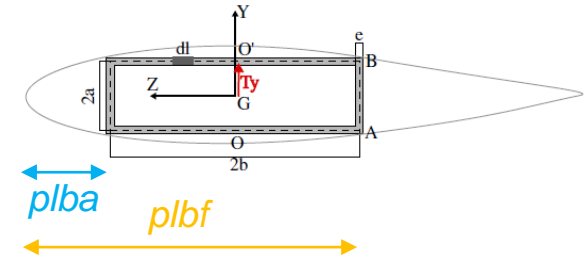
## Modélisation de l'aile

### Modèle de la section :

- Le but est de calculer son moment quadratique en fonction de sa géométrie
- Créer une boîte représentant fidèlement la forme réelle qui dépend du profile de l'aile.
- Choix de la **position des longerons**.
  - $plba$  entre 10 et 15% de la corde
  - $plbf$  entre 55 et 65% de la corde
- Donner une épaisseur cohérente aux **longerons**



*Exemples de modélisation*

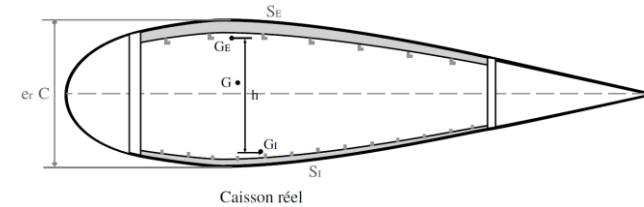
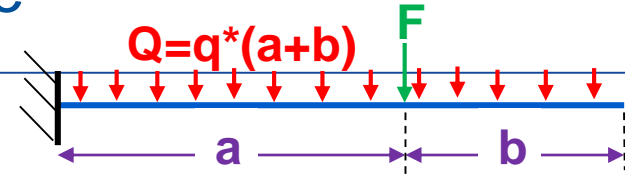


# Dimensionnement Avion | Ailes - Modèle

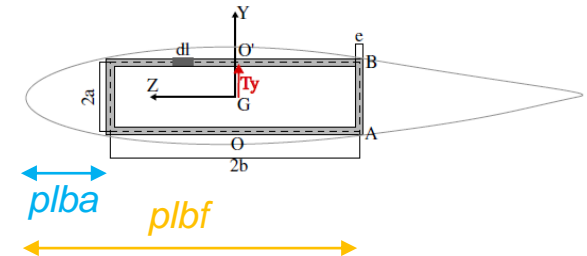
## Modélisation de l'aile

### Modèle de la section :

- Pour prendre en compte les lisse, on ajoute leur moment quadratique
- On remarque que les nervures n'amènent pas de raideur de flexion et n'interviennent pas dans le modèle.



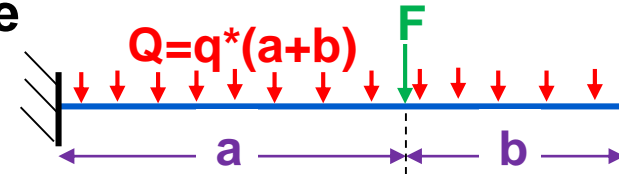
### *Exemples de modélisation*



## Partie 4

- Faire un schéma du processus global d'optimisation de l'aile le plus complet possible
- Comment prendre en compte la masse et on évolution au fil des itérations?

## Dimensionnement de l'aile



### Minimum attendu :

- Optimisation de l'épaisseur du revêtement, du nombre et de la forme des lisses avec les efforts de portance, la masse du moteur.
- On suppose que la section est constante le long de l'envergure.
- On vérifie la tenue à la plasticité.

### Suites possibles

- Tenue au flambage des lisses (selon la distance entre les nervures) et du revêtement.
- Faire évoluer la section le long de l'envergure

- Roux É. (2006). Modèle de Masse Voilure : Avions de transport civil, SupAéro-ONÉRA
- Cours de Jean-Fred Begue, « *Airframe Structural Design* »