



## Freinage de l'A320

(D'après CCP MP 2007)



### 1 – La problématique

Le freinage est une des fonctions vitales d'un avion, au même titre que la propulsion ou la sustentation. C'est grâce à lui que l'avion peut s'immobiliser après l'atterrissage, circuler au sol en toute sécurité mais également s'arrêter en cas d'urgence lors d'une interruption de décollage alors que l'avion est à pleine charge de carburant et lancé à la vitesse de décollage (même si le risque est de l'ordre de 1 pour 1 million de décollages). Outre les freins, le pilote peut aussi actionner les inverseurs de poussée des moteurs et les aérofreins.

La fonction globale de freinage doit répondre à des exigences économiques et opérationnelles extrêmement élevées :

- Les exigences économiques sont essentiellement relatives à la maintenance des équipements et au renouvellement des parties consommables (les freins et les pneumatiques), dont la périodicité dépend directement de l'endurance de ceux-ci. La notion de coût à l'atterrissage (CPL ou "Cost Per Landing") est un paramètre essentiel pour les compagnies.
- Les exigences opérationnelles se déclinent essentiellement en trois qualités techniques : sécurité, efficacité et confort de freinage.

On retiendra le cas de l'Airbus A318, avion commercial de 120 places et de rayon d'action de 3240 km. La masse maximale au décollage est de 60 tonnes et la vitesse de décollage est estimée à 240 km/h. Pour les atterrisseurs, on distingue :

- le train avant qui, en dehors de l'appui, est orientable ce qui lui permet d'agir sur les trajectoires au sol mais qui n'est pas équipé de freins,
- les deux trains principaux au niveau des ailes, chacun portant deux roues freinées indépendamment.

### 2 - Constitution des freins

Les disques de frein sont empilés les uns sur les autres (voir figure 1), constituant ce qu'on appelle un "puits de chaleur" en raison de la température qu'ils peuvent atteindre : jusqu'à 3 000°C pour un avion freiné à pleine vitesse !

La moitié de ces disques est solidaire de la roue (ou jante) et tourne avec elle, ce sont les rotors ; l'autre moitié est solidaire de l'avion par l'intermédiaire de l'essieu et ne tourne pas, ce sont les stators. Ils sont montés en alternance. Ce sont ainsi les frottements des disques les uns sur les autres qui assurent le freinage.

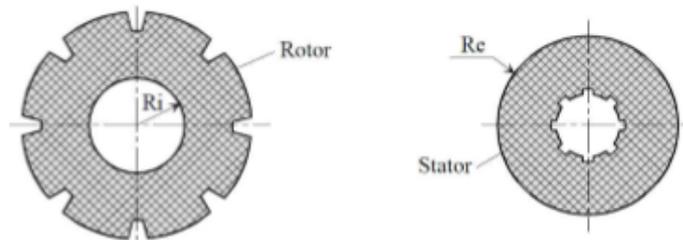


Figure 0.1

Les disques de friction sont en carbone pour des raisons de température de fonctionnement et de légèreté.

Le premier disque sur lequel agissent les pistons à l'origine des efforts presseurs est un stator solidaire de l'essieu. La figure ci-dessous montre deux solutions de montage pour le dernier disque :

- **Solution 1** : le dernier disque est monté sur l'essieu, c'est donc un stator.
- **Solution 2** : le dernier disque est monté sur la jante, c'est donc un rotor.

On souhaite d'autre part, lors de la mise en pression des pistons, une constance de l'effort axial auquel les roulements coniques sont soumis.

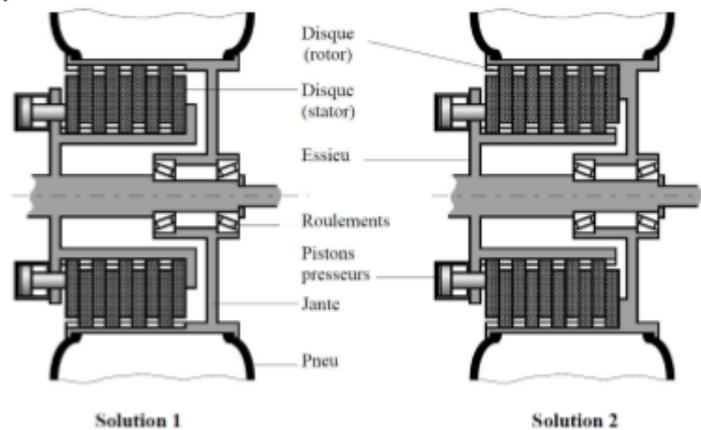


Figure 0.2

**Question 1** : Parmi les deux solutions proposées, quelle solution retiendriez-vous ? Justifiez votre choix.

Par mesure de sécurité, le dispositif de freinage est doublé sur chaque roue. Ainsi,  $2 \times N_p$  pistons sont montés sur chaque essieu (voir Figure 1) mais seulement  $N_p$  agissent simultanément sur les disques de frein, les  $N_p$  autres n'étant utilisés qu'en cas de défaillance du système de freinage principal.

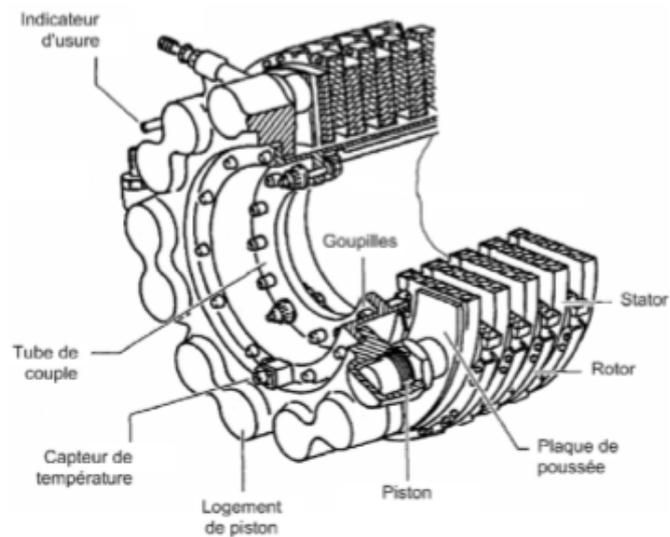


Figure 1



TD Comportement statique des systèmes - Densité surfacique d'efforts

On note :

- $P_h$  : pression hydraulique d'alimentation des pistons,
- $p$  : pression supposée uniforme entre les deux faces des disques en contact,
- $S_p$  : section d'un piston,
- $N_p$  : nombre de pistons actifs,
- $N_d$  : nombre de disques (stator + rotor) par roue,
- $F$  : effort presseur délivré par l'ensemble des pistons actifs,
- $R_i$  et  $R_e$  : respectivement rayons intérieurs et extérieurs des parties actives des disques de friction,
- $f$  : coefficient de frottement de glissement entre les disques.

**Question 2 :** On désigne par  $V_a$  la vitesse de l'avion et on ne suppose aucun glissement des roues sur la piste. En déduire l'expression de la vitesse de glissement  $V_g$  des garnitures de friction en regard pour un point situé à la distance  $r$  de l'axe de rotation.

**Question 3 :** Exprimer l'effort presseur  $F$  auquel est soumis chaque face des disques de friction en fonction de  $P_h$ ,  $S_p$  et  $N_p$ .

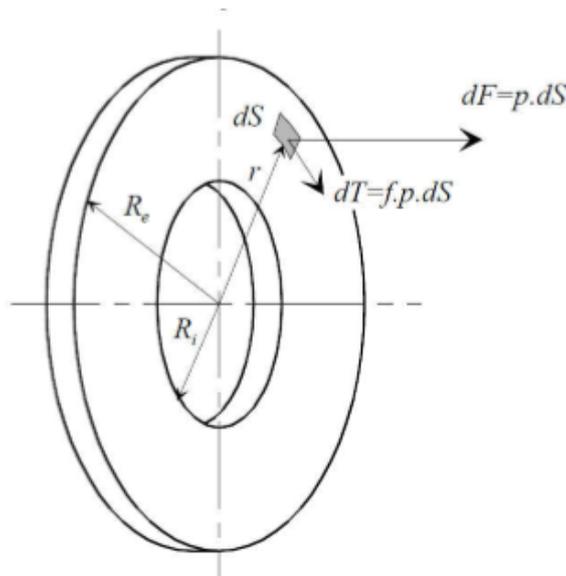


Figure 2

**Question 4 :** En déduire l'expression de la pression  $p$ , supposée uniforme, entre deux disques en contact.

On considère un élément de surface  $dS$  situé sur un rotor à une distance  $r$  telle que  $R_i < r < R_e$  de l'axe de la roue (voir Figure 2).

**Question 5 :** Démontrer, en s'aidant des indications de la figure 2, que la contribution au couple de freinage de deux surfaces en regard est donnée par l'expression :  $C = \frac{2}{3} \pi \cdot f \cdot p \cdot (R_e^3 - R_i^3)$ .

**Question 6 :** En déduire le couple total  $C_t$  exercé par les  $N_d$  disques du système de freinage d'une roue en fonction de  $P_h$  et des données géométriques et de frottement.

D'après l'étude dynamique menée précédemment, le couple de freinage par roue s'exprime :

$$C_f = -\frac{M a D}{8}$$

**Question 7 :** En déduire alors que la décélération  $a$  de l'avion s'exprime sous la forme :  $a = K_f \times P_h$  où  $K_f$  est une constante.



---

TD Comportement statique des systèmes - Densité surfacique d'efforts

---