

Statique : Freinage de l'airbus A318. (CCP MP 07)

Mise en situation.

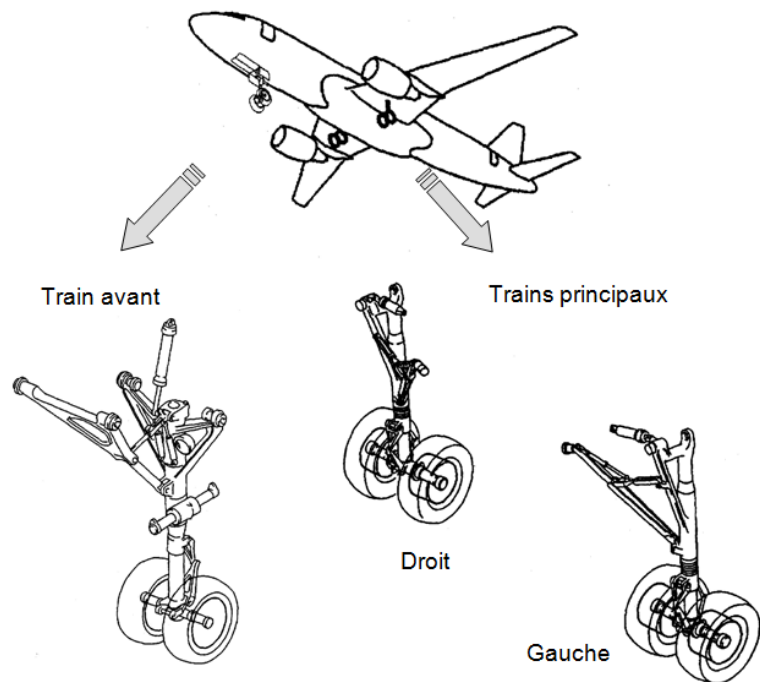
Le freinage est une des fonctions vitales d'un avion, au même titre que la propulsion ou la sustentation.



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.

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 élevées :



- ✓ Les exigences économiques sont essentiellement relatives à la maintenance des équipements et au renouvellement des parties consommables (les freins et les pneumatiques).
- ✓ 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 $60 \cdot 10^3$ kg et la vitesse de décollage est estimée à 240 km/h.

Pour les atterrisseurs, on distingue :

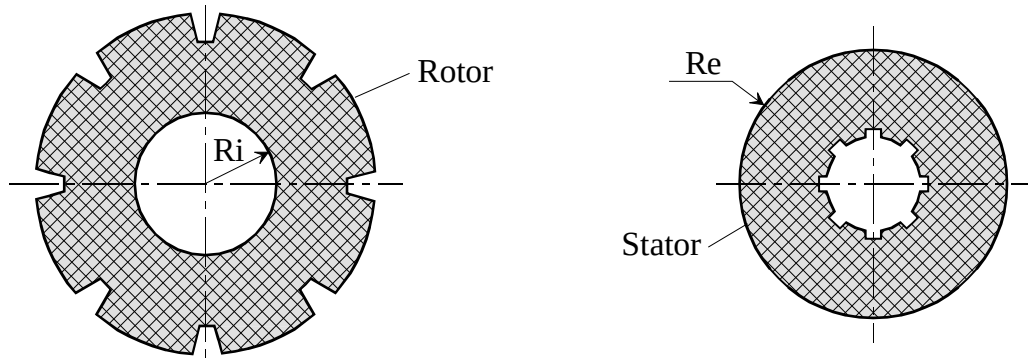
- ✓ le train avant qui, en dehors de l'appui, est orientable ce qui lui permet d'agir sur les trajectoires au sol mais qui n'est pas équipé de freins,
- ✓ les deux trains principaux au niveau des ailes, chacun portant deux roues freinées indépendamment.

Problème posé : On se propose de calculer le couple minimal de freinage à l'arrêt que doivent exercer les freins de parking au niveau de chaque roue puis de déterminer le couple de freinage en fonction des caractéristiques des freins.

Constitution des freins

Les disques de frein sont empilés les uns sur les autres, 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.

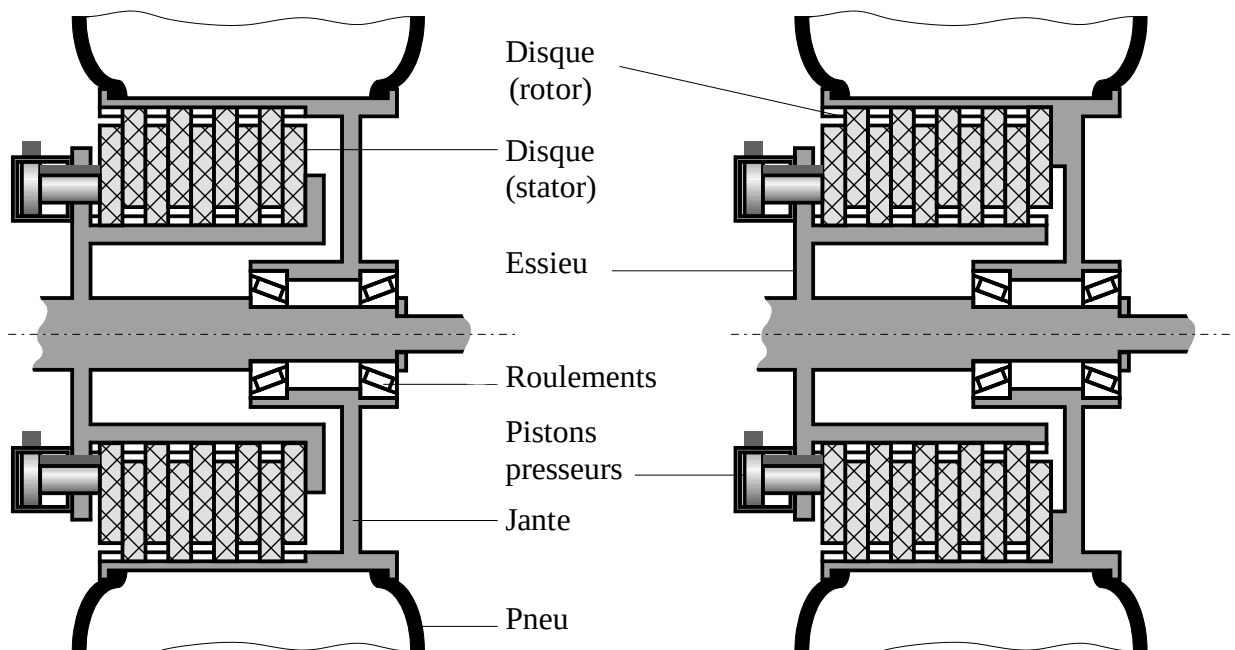


Les disques de friction sont en carbone pour des raisons de température de fonctionnement et de légèreté.

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 :

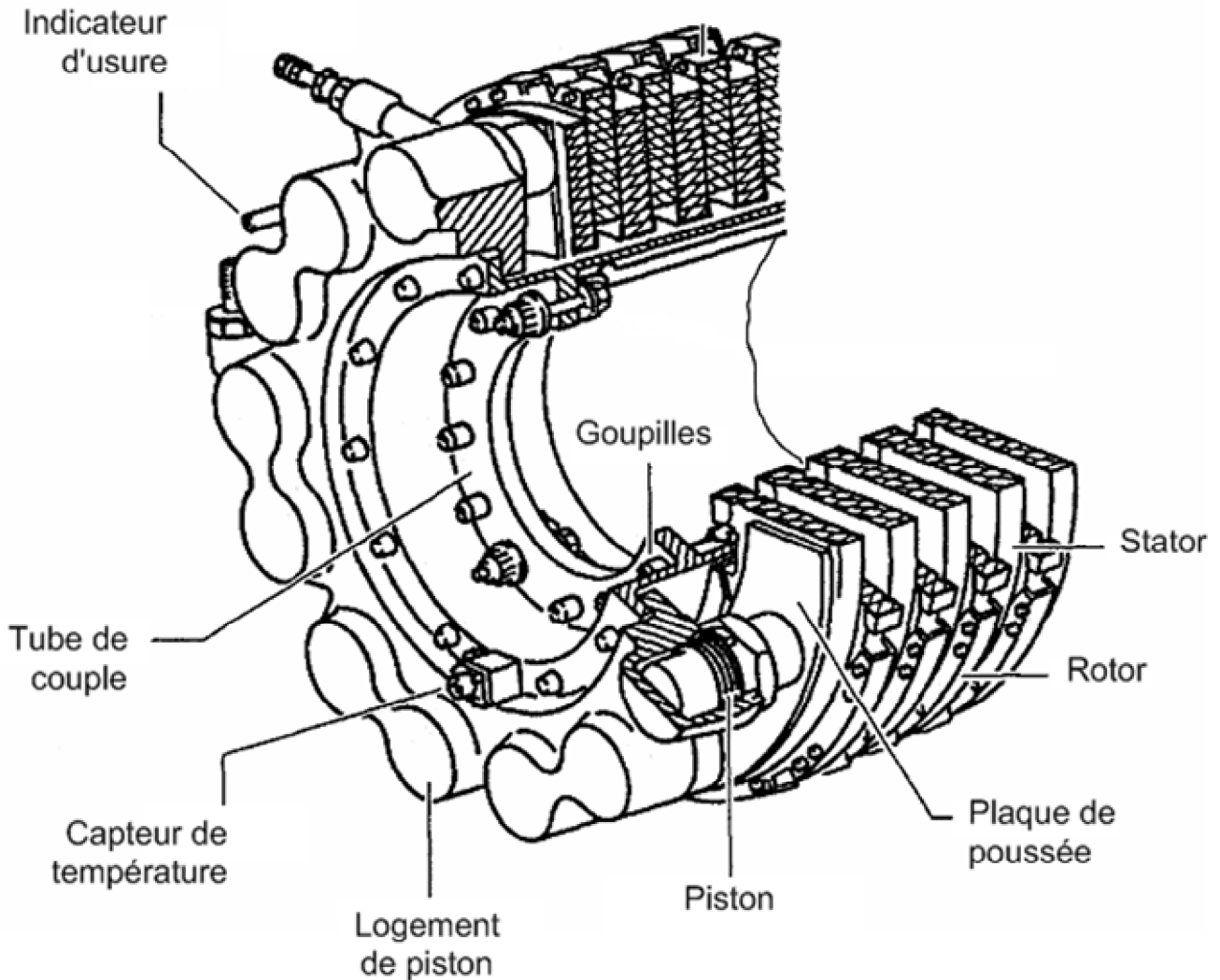
- ✓ Solution 1 (à gauche) : le dernier disque est monté sur l'essieu, c'est donc un stator
- ✓ Solution 2 (à droite) : le dernier disque est monté sur la jante, c'est donc un rotor.

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.



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

Par mesure de sécurité, le dispositif de freinage est dédoublé sur chaque roue. Ainsi, $2 \times N_p$ pistons sont montés sur chaque essieu 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.



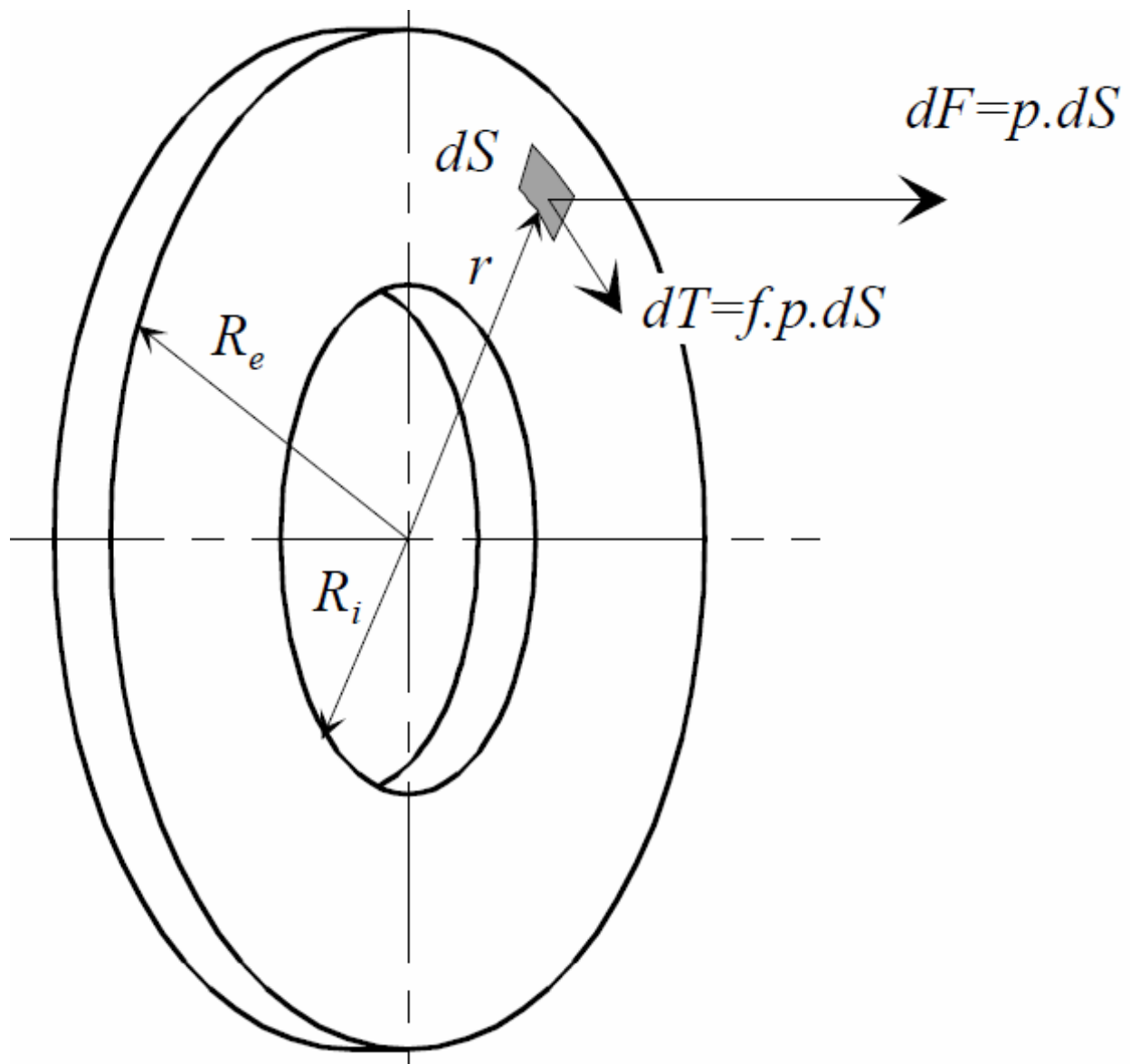
On note :

- ✓ 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 activés,
- ✓ 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.

Questions.

2. On désigne par V_a la vitesse de l'avion, R le rayon des roues et on 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 la fusée.
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 .
4. En déduire l'expression de la pression p , supposée uniforme, entre deux disques en contact.
5. On considère un élément de surface dS situé sur un rotor à une distance r ($R_i < r < R_e$) de l'axe de la roue. Démontrer, en s'aidant des indications de la figure que la contribution au couple de freinage de deux surfaces en regard est donnée par l'expression :

$$C = \frac{2}{3} \pi \cdot f \cdot p \cdot (R_e^3 - R_i^3)$$



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.