

Activité S7-4 (Documentaire) : Qu'est-ce que la force de résistance aérodynamique ?

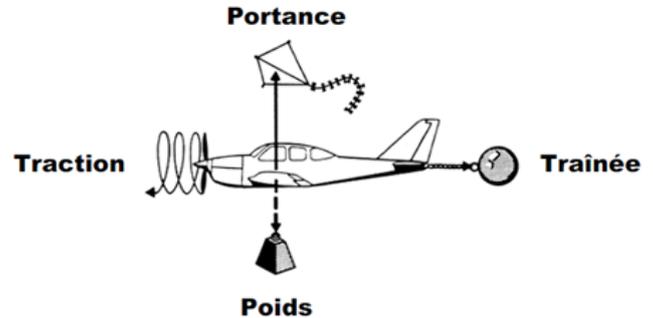
Lorsqu'un système est en mouvement sur un support il subit une force de frottement \vec{f} opposé au mouvement due au contact du système sur le support. C'est la cause de l'arrêt d'un ballon de football lancé sur le gazon par exemple. C'est pour cela aussi que les joueurs de curling balaisent la glace afin de créer une fine couche d'eau et limiter le frottement de la pierre pour qu'elle continue d'avancer.

Mais qu'en est-il lorsqu'un système se déplace dans l'air ?

Document 1 : Forces exercées sur un avion

Les avions volent grâce aux forces qu'exerce l'air autour des ailes quand l'avion se déplace. Il y a donc plusieurs forces qui entrent en jeu dans le vol d'un aéronef :

- la force de traction, créée par l'hélice ou le réacteur
- la traînée
- la portance, créée par le déplacement de l'aile
- le poids, effet de la gravité sur l'avion



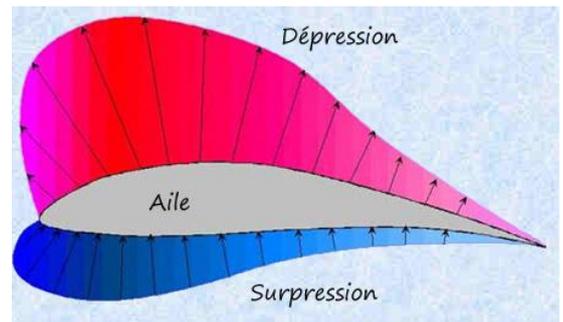
Toutes les forces s'appliquent au centre de gravité de l'avion or en vol rectiligne uniforme sa trajectoire est une droite et sa vitesse est constante, donc la somme des forces s'appliquant au point G est nécessairement nulle : $\Sigma F=0$ (Principe d'inertie)

Document 2 : La portance

C'est une force notée Π , aussi appelée sustentation, dirigée du bas vers le haut. Elle est opposée au poids de l'avion et doit lui être au moins égale pour que l'avion s'élève. Elle résulte de la pénétration dans l'air de l'aile.

Une aile d'avion est telle que l'air doit parcourir une distance supérieure sur le dessus de l'aile (Dépression).

L'écoulement de l'air sur la partie supérieure de l'aile (Extrados) est plus rapide que celui de la partie inférieure (Intrados). Cela est dû au profil de l'aile, bombé sur le dessus. Il en résulte une pression plus faible sur l'extrados et donc une aspiration vers le haut. La sustentation est générée principalement par l'extrados.



L'angle que forme l'aile avec la couche d'air qu'elle traverse (appelé angle d'incidence) agit sur la portance de l'aile. Plus celui-ci augmente, plus la portance augmente. Mais cela jusqu'à un certain point. Au-delà, l'aile décroche brutalement et perd sa portance.

Document 3 : La traînée

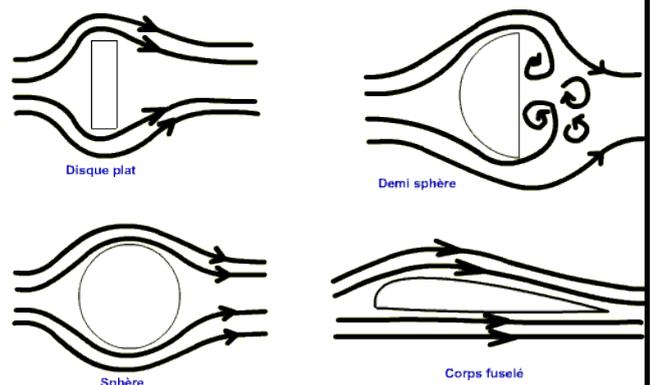
C'est la force opposée au déplacement de l'avion et qui résulte de sa résistance à l'air. C'est la résistance à l'avancement, on cherche donc à la réduire au maximum.

La traînée est la résistance de l'air sur l'aile. Cette force de résistance aérodynamique a pour expression :

$$F_{\text{rés}} = \frac{1}{2} \rho_a \cdot S \cdot C_x \cdot v^2$$

$F_{\text{rés}}$: force de résistance aérodynamique en newtons (N)
 ρ_a : masse volumique du fluide en kilogrammes par mètre cube ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)
 S : maître couple ou section frontale du solide en mètres carrés (m^2)
 C_x : coefficient sans dimension reflétant l'aérodynamisme du solide
 v : vitesse du solide en mètres par seconde ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)

Le corps fuselé est le mieux adapté pour diminuer la résistance à l'air. En effet, la zone de dépression est comblée, les tourbillons sont nuls, et les filets d'air se rejoignent. Le coefficient de traînée C_x est très faible.



Document 3 : Le poids et la traction

Le poids P agit sur la masse totale de l'avion et s'applique en son centre de gravité.

C'est contre cette force que l'avion doit lutter pour s'élever dans les airs. Pour que l'altitude soit constante, il faut que la valeur de la portance soit égale à celle du poids. Le poids joue aussi un rôle dans le choix des matériaux et dans la structure de l'avion car la voilure et le fuselage subissent des efforts importants.

La traction T provient des moteurs par l'intermédiaire de l'hélice ou des turboréacteurs. Si l'avion a des réacteurs, c'est la poussée de ceux-ci qui équilibre la traînée. Une hélice imprime à une masse d'air une accélération vers l'arrière et elle reçoit à son tour une force dirigée vers l'avant: c'est la traction et l'avion est propulsé vers l'avant. Lors du décollage, l'aile rencontre l'air chassé par l'hélice, et il commence à y avoir une portance.

Données :

Intensité de la pesanteur $g = 10 \text{ N.kg}^{-1}$

Masse volumique de l'air à 2000 m d'altitude (environ 6500 pieds): $1,007 \text{ kg/m}^3$

Coefficient de traînée C_x d'un objet suivant sa forme :

Forme				
C_x	0,47	0,42	1,05	0,04

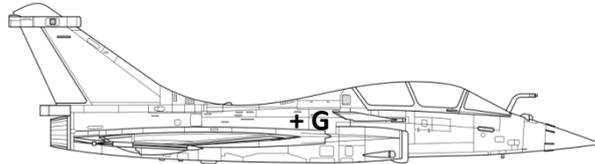
Caractéristiques de l'avion Rafale :

Masse de l'avion : 15 tonnes

Motorisation : 2 turboréacteurs de poussée unitaire 50 kN

Maitre couple : 50 m^2

1. Au centre de gravité G, représenter les forces qui s'exercent sur l'avion en mouvement rectiligne uniforme horizontalement représenté ci-dessous. (Échelle : 1cm pour $1,0 \cdot 10^5 \text{ N}$)



2. Quelles sont les caractéristiques de la force de frottement due à l'air qui s'exerce sur un avion en mouvement rectiligne uniforme horizontalement ?

3. De quoi dépend cette force aérodynamique ?

4. Pour obtenir une résistance aérodynamique la plus faible possible, sur quels paramètres peuvent agir les constructeurs ?

5. En déduire pourquoi les ailes d'avions sont fuselées.

6. Quelle est la vitesse (en m.s^{-1} et en km.h^{-1}) de vol du rafale en plein régime à 6500 pieds d'altitude ?