

## Annexe 1.0.0

# Notions de base d'aérodynamique

Afin de faciliter la compréhension de ce TPE, nous fournissons cette annexe qui regroupe les principales notions de base d'aérodynamique.

## L'aile

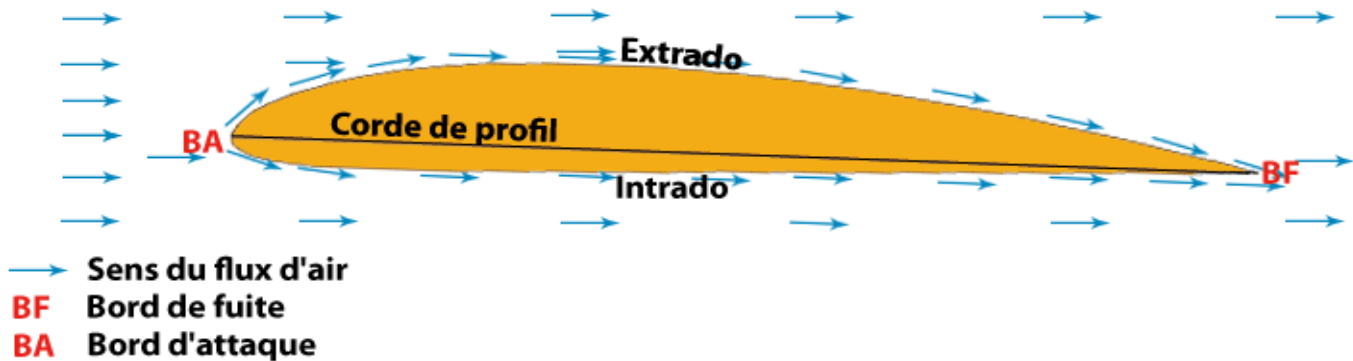


Illustration 1.0.0.1 : Profil d'aile et composition

L'aile assure la sustentation aérodynamique. Sur le profil d'aile présenté en illustration ci-dessus, on peut visualiser les principales parties d'une aile. La partie supérieure de l'aile est appelée Extrados et la partie inférieure Intrados. La corde de profil est la droite qui lie le bord d'attaque au bord de fuite. On appelle « angle d'incidence de l'aile » l'angle entre cette corde de profil et l'horizontale.

Un avion vol car il est aspiré vers le haut. En effet, l'Extrados est le siège d'une dépression (dû au fait que l'air, pour rejoindre le bord de fuite, a beaucoup plus de distance à parcourir que l'air en contact avec l'intrados, du fait de la courbure de l'aile).

Cette dépression est responsable de 90% de la portance, tandis que l'intrados, siège d'une surpression restitue les 10% de portance restante.

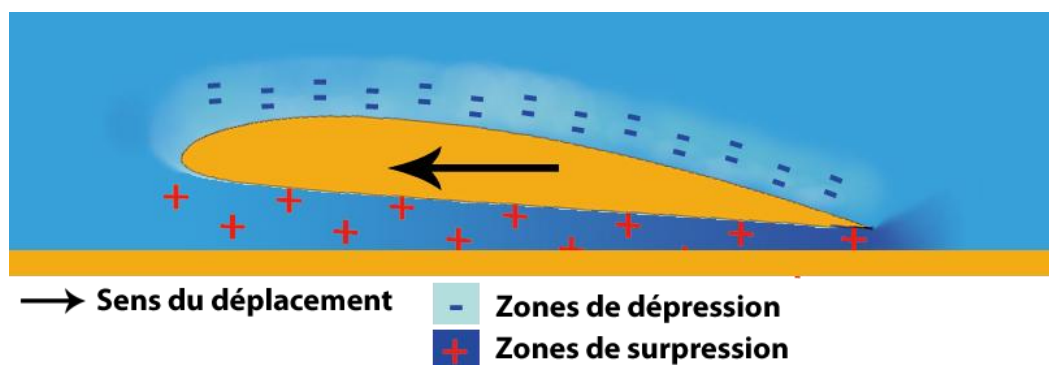


Illustration 1.0.0.2 : Pressions aux abords d'une aile en déplacement près du sol

Une aile possède des paramètres propres, notamment deux paramètres principaux qui la caractérisent : le  $C_x$  et le  $C_z$

Le  $C_x$ , également appelé coefficient de traînée est un paramètre relatif à chaque aile. Ce paramètre varie avec l'angle d'incidence de l'aile (quand on s'approche d'un angle de  $0^\circ$ , le  $C_x$  diminue). Sa valeur est toujours strictement

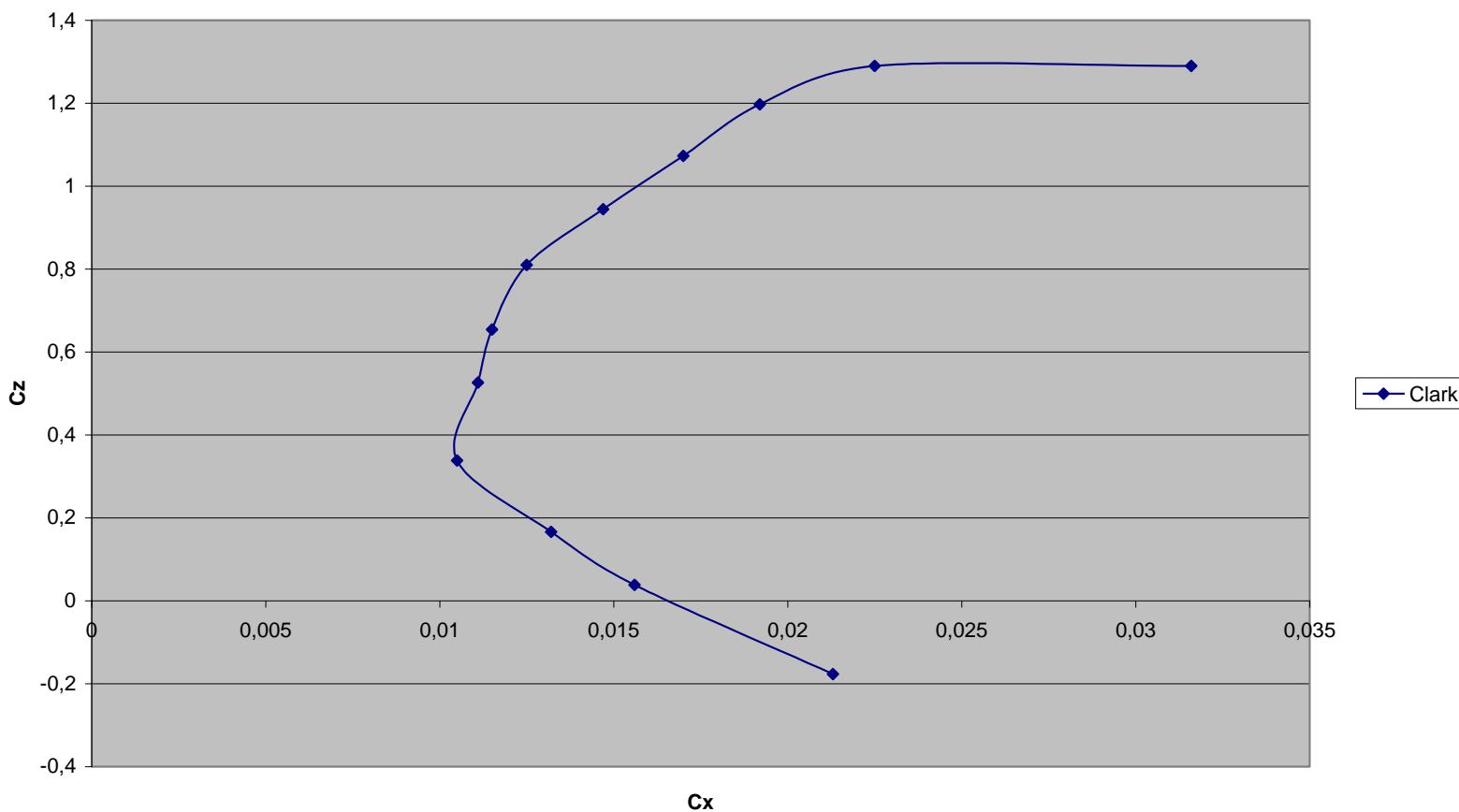
supérieur à 0 (car sinon, cela signifierait que l'aile ne traîne pas, ce qui est impossible).

Le  $C_z$ , également appelé coefficient de sustentation ou de portance est un paramètre également variable selon l'incidence de l'aile, et il peut devenir négatif en dessous d'un certain angle d'incidence. Ce coefficient chute brutalement arrivé à une incidence de quelques degrés, il s'agit de l'incidence de décrochage. A cette incidence, il n'y a plus suffisamment de portance et l'avion « décroche », et il se met à perdre de l'altitude (il se trouve en fait en chute libre)

Si il y a de la portance, alors il y a toujours de la traînée !

On peut caractériser une aile en traçant sa polaire, avec le  $C_z$  en ordonnée et le  $C_x$  en abscisse :

**Polaire d'une aile avec un profil Clark Y**



**Polaire :** Pour une aile avec un profil de type Clark Y

La portance est la composante verticale de la résultante aérodynamique, qui va équilibrer le poids de l'avion pour lui permettre de voler. On l'exprime grâce à l'équation :  $mg = \frac{1}{2} \rho S V^2 C_z$  avec :

- m, masse totale de l'avion
- g, accélération de la pesanteur, sur Terre, 9,81
- $\rho$ , densité de l'air, à savoir, au niveau de la mer et en atmosphère standard,  $1,2 \text{ kg.m}^{-3}$
- S, surface alaire en  $\text{m}^2$  (la surface alaire, est la surface totale d'une aile)

- $V$ , vitesse en  $\text{m.s}^{-1}$
- $C_z$ , coefficient de portance comme définis plus haut

Quand le paramètre de portance a une valeur supérieure ou égale au poids de l'appareil, alors l'avion peut décoller. La portance est donc une force de même sens que le poids, mais de direction opposée.

La portance est comme nous l'avons vu plus haut, indissociable de la traînée. La traînée, également nommée force de résistance à l'avancement est donc la composante horizontale de la résultante aérodynamique. Elle est essentiellement due aux frottements avec l'air. On peut la calculer avec l'équation suivante :  $R_x = \frac{1}{2} \rho S V^2 C_x$  avec :

- $R_x$  traînée exprimée en Newtons
- $\rho$ , densité de l'air, à savoir, au niveau de la mer et atmosphère standard,  $1,2 \text{ kg.m}^{-3}$
- $S$ , surface alaire en  $\text{m}^2$  (la surface alaire est la surface totale d'une aile)
- $V$ , vitesse en  $\text{m.s}^{-1}$
- $C_x$ , coefficient de traînée comme définis plus haut

Les frottements de la carlingue avec l'air produisent comme on l'a vu de la traînée. Cette force a tendance à ralentir l'avion. Pour que l'avion avance, il est nécessaire de fournir de l'énergie, avec une force de propulsion qui sera de même sens que la traînée, mais de direction contraire, à savoir vers l'avant. La puissance nécessaire, donnée en Watts (W), pour contrer la traînée est donnée par l'équation

$F_{\text{Propulsion}} = \frac{1}{2} \rho S V^3 C_x$  avec :

- $R_{\text{Propulsion}}$ , exprimé en W
- $\rho$ , densité de l'air, en  $\text{kg.m}^{-3}$
- $S$ , surface alaire en  $\text{m}^2$
- $V$ , vitesse, en  $\text{m.s}^{-1}$
- $C_x$ , coefficient de traînée de l'aile, sans unité

On remarquera que la masse de l'avion n'intervient pas directement dans cette relation (en fait elle intervient indirectement, par la vitesse de décollage, car l'avion ne peut décoller en dessous d'une certaine vitesse).

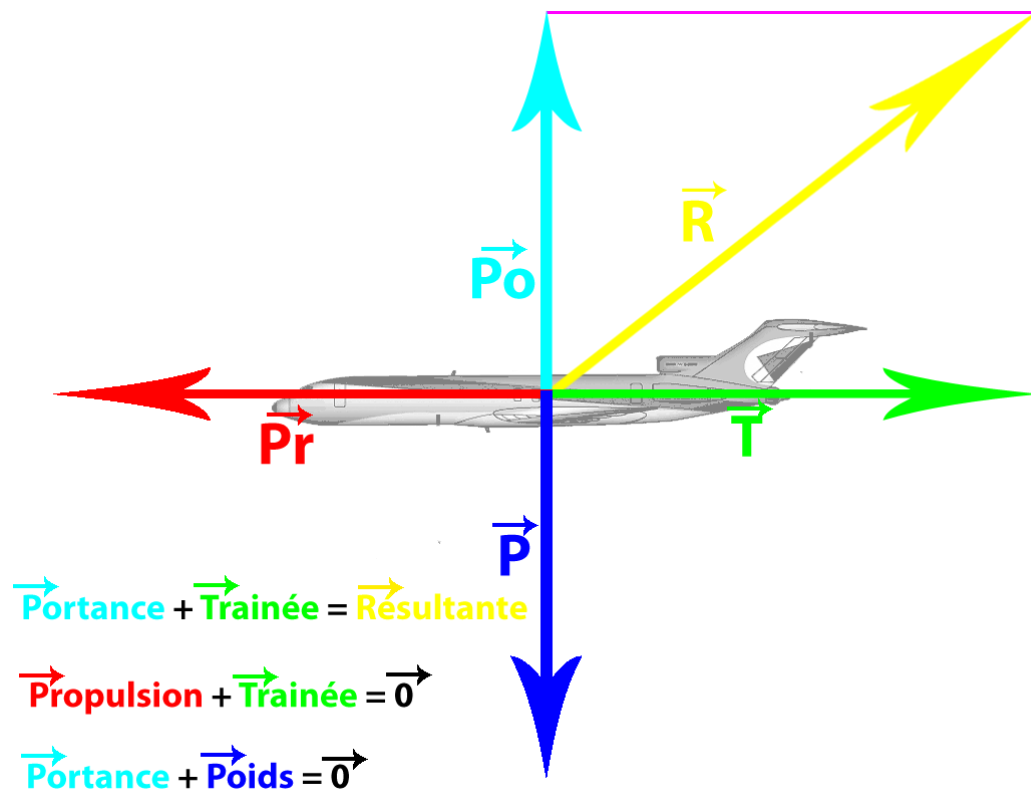


Illustration 1.0.0.3 : Les forces s'exerçant sur un aéronef en vol