

# AERODYNAMIQUE

## I- Généralité :

Partie de la **physique**, et plus précisément de la **mécanique des fluides**, qui étudie la formation, les caractéristiques et les effets des **forces** qui peuvent s'exercer dans une **masse d'air** ou, dans un sens plus large, dans un fluide gazeux quelconque.

Les forces qui entrent en jeu par action réciproque entre une masse d'air atmosphérique et un **solide** en **mouvement** relatif, présente un intérêt particulier.

Ainsi les ailes d'un moulin à vent et l'air qui les heurte, les voiles d'un bateau et le vent qui les gonfle, l'aile d'un avion et l'air qu'elle traverse.

## II- Aperçu historique :

En aérodynamique comme dans toutes les disciplines, les **applications techniques** ont précédé les **observations systématiques** et les études théoriques furent organisées et développées dans les œuvres de **Léonard de Vinci**, **I. Newton** et **D. Bernoulli**, **G. Eiffel**, **S. D. Poisson**, **L. Euler**, **N. I. Joukovski** et **I. Prandtl**.

On peut considérer l'aérodynamique comme une science encore en plein développement, particulièrement dans les domaines des **vitesse supersoniques**, les **écoulements hypersoniques** et les **altitudes suborbitales** : en effet, ici l'aérodynamique s'étend jusqu'à embrasser des domaines spécifiques d'autres sciences physiques (**thermodynamique**, **acoustique**, **balistique**, etc.) et plus exactement, on devrait parler de **dynamique des gaz**.

## III- Aérodynamique générale :

La production de force dans une masse d'air peut avoir pour origine de très nombreuses causes ; la plus générale, la pression atmosphérique, est causée par l'accumulation de molécules gazeuses au-dessus d'un lieu.

Mais une explosion, l'ouverture d'un récipient sous pression ou sous vide, une variation de **température** de l'air (et la variation de **volume** qui s'en suit), et même la **chaleur** du **soleil** (qui réchauffe continuellement de nouvelles zones d'atmosphère) sont également à l'origine de forces.

Il y a une aérodynamique générale qui étudie la formation, les caractéristiques et les effets des forces qui agissent dans les masses d'air et dans lesquelles il n'y a pas de corps en mouvement. Sur ces phénomènes, on se limitera à observer que les masses d'air ne sont pas entravées et que, par conséquent, toute variation de force se traduit par un mouvement de l'air même, et en conséquence de la **viscosité** de l'air, lorsque deux masses d'air sont en mouvement relatif peut naître un **tourbillon**. Cela revêt un grand intérêt par exemple en **météorologie**.

#### **IV- Aérodynamique proprement dite :**

D'une façon générale, on appelle aujourd'hui aérodynamique la science qui étudie les forces réciproquement induites entre l'air et des corps solides en mouvement relatif.

L'aérodynamique est partagée en deux branches : l'**aérodynamique théorique** et l'**aérodynamique expérimentale**. La première par l'emploi d'**algorithmes** adaptés, définit mathématiquement les **lois** auxquelles se soumettent les phénomènes aérodynamiques et fournit les instruments de calculs permettant de prévoir le comportement de ces mêmes phénomènes ; la seconde, en utilisant des instruments adaptés, apporte la vérification des lois et recherche de nouveaux phénomènes desquels, par la suite, pourra être déduite la loi qui les régit.

L'aérodynamique aussi bien théorique qu'expérimentale, trouve sa plus importante application dans l'**aéronautique** et dans l'**aérotechnique**, et se fonde sur quelques considérations fondamentales sur la pression que l'air exerce sur les corps solides qui s'y trouvent.

a) Un corps solide immobile plongé dans l'air immobile est soumis en chacun de ses points à la seule pression atmosphérique, donc il s'élève s'il est moins dense que l'air, il descend s'il est plus dense, il reste immobile s'il a la même **densité (aérostatique)**.

b) Quand un corps solide se déplace dans l'air immobile, ou quand une masse d'air non tourbillonnante investit un corps solide immobile, la **valeur** de la pression exercée par l'air sur la surface du solide ne demeure plus égale à celle de la pression atmosphérique. En particulier, si la direction du mouvement est parallèle à la surface effleurée, la pression diminue lorsque la vitesse

augmente, et puisque la vitesse devient différente entre chaque point de la surface, le solide est soumis en chacun de ses points à des pressions qui diffèrent d'autant plus de la pression atmosphérique que la vitesse relative est grande (**théorème de Bernoulli**,

$\rho V^2$

$p + \frac{\rho V^2}{2} = \text{constante}$ ).

2

c) Si les effets d'air qui glissent sur un corps solide qui se déplace dans l'air immobile (ou vis versa) sont obligés de suivre un parcours **asymétrique** par rapport à la direction du déplacement (et cela se vérifie, généralement, quand l'**inclinaison** de chaque point de la surface par rapport à la direction du mouvement varie d'une façon continue et de manière différente entre la surface supérieure et celle inférieure, comme cela se produit dans le profil des ailes d'un avion), la vitesse augmente plus fortement que dans le parcours le plus court.

Cela produit un effet équivalent à l'addition d'un mouvement de **rotation** et d'un mouvement de **translation**, selon un phénomène complexe appelé **circulation**.

Là où l'air ralentit par rapport aux filets d'air qui ne rencontrent pas d'obstacle, la pression augmente, là où l'air accélère, la pression diminue ; le solide sera ainsi soumis à une dynamique dont la composante est perpendiculaire à la direction de la vitesse des filets d'air qui ne rencontrent pas d'obstacle, cette composante est nommée **portance** (**N.I. Joukovski, 1904**). Elle peut jouer un rôle important pour l'équilibre dynamique de l'avion.

d) Un quelconque volume d'air, quand il se trouve entre deux courants qui se déplacent en direction opposée, est obligé de tourner et forme un tourbillon, les écoulements fluides ne se déplacent plus l'un parallèlement à l'autre mais donnent naissance à un champ de tourbillons, c'est-à-dire à un écoulement turbulent.

L'énergie dépensée pour former le tourbillon est perdue, elle ne suit plus la loi de Bernoulli et est irrécupérable par les moyens de l'aérotechnique (**théorie des tourbillons** et **théorie de Eiffel** sur les hélices).

e) Une très fine couche d'air adhère constamment, sans glisser, aux surfaces solides qui y sont plongées et, dans cette couche, se manifestent les petites forces d'origine visqueuse de l'air. C'est pour cela que tous les phénomènes étudiés par l'aérodynamique ne se produisent pas par une action directe entre surface et air, mais seulement à travers la **médiation** d'une couche limite, une très fine couche d'air dans laquelle se manifestent deux types de mouvements : l'un dans lequel la vitesse a une direction constante et qui est appelé **mouvement laminaire**, et un autre dans lequel à

la vitesse de direction constante vient s'ajouter une vitesse des particules d'air avec une direction aléatoire et qui est appelé mouvement turbulent (**théorie de Prandtl**).

#### **V- Subdivision de l'aérodynamique :**

Aujourd'hui on partage généralement l'aérodynamique selon le champ des vitesses mesurées avec le **nombre de Mach (M)**, qui représente le rapport entre la vitesse de l'**aéronef** et la vitesse du **son** dans les mêmes conditions ambiantes.

Ainsi nous avons l'**aérodynamique des basses vitesses** ( $0 < M < 0,3$ ), l'**aérodynamique des hautes vitesses subsoniques** ( $0,3 < M < 0,7/ 0,8$ ), l'**aérodynamique transsonique** ( $0,8 < M < 1,3$ ), l'**aérodynamique supersonique** ( $1,3 < M < 5$ ) et l'**aérodynamique hypersonique** ( $M \gg 5$ ).