

**CHAPITRE I GENERALITES SUR LES PROFILS AERODYNAMIQUES****I.1 INTRODUCTION**

Dans ce chapitre pour faire une bonne simulation sur l'écoulement autour dans profil aérodynamique, on va donner quelques notions fondamentales sur les profils tel que, caractéristique dans profil, les efforts, les coefficients aérodynamiques.

**I.2 DEFINITION DE PROFIL**

C'est une section verticale de l'aile (1) par un plan parallèle au plan de symétrie de l'avion (2). Cette section détermine un contour géométrique que l'on utilise pour figurer le profil d'une aile d'avion [1].

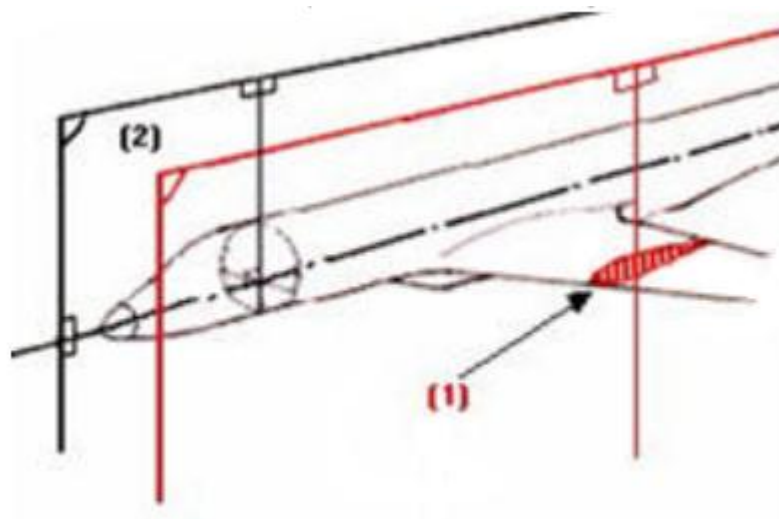


FIGURE I.1 : PROFIL AERODYNAMIQUE [1]

### I.3 CARACTERISTIQUES D'UN PROFIL D'AILE [2]

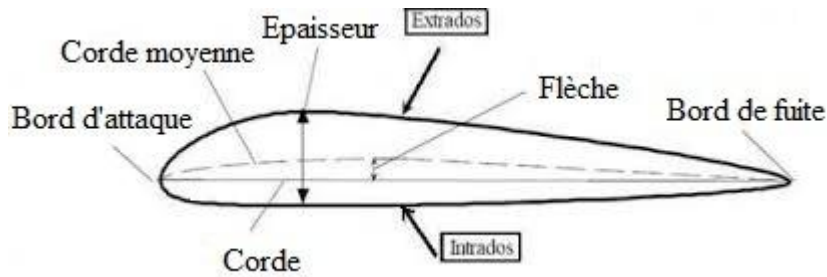


FIGURE I. 2 : CARACTERISTIQUES PRINCIPALES D'UN PROFIL D'AILE [2].

- ❖ Bord d'attaque : c'est la partie la plus avant du profil.
- ❖ Bord de fuite : c'est la partie la plus arrière du profil.
- ❖ Extrados : c'est la ligne joignant le bord d'attaque au bord de fuite par le dessus.
- ❖ Intrados : c'est la ligne joignant le bord d'attaque au bord de fuite par le dessous.
- ❖ Corde du profil: c'est le segment qui joint le bord d'attaque au bord de fuite.
- ❖ Incidence : c'est l'angle que forme la corde avec le vent relatif.
- ❖ Epaisseur : est la distance entre l'intrados et l'extrados ;
- ❖ Epaisseur relative : est la valeur maximale de l'épaisseur divisée par la longueur de la corde ;
- ❖ Flèche du profil : est la distance maximale entre la corde et la corde moyenne ;
- ❖ Courbure (cambrure) relative : est la rapport entre la flèche et la longueur de la corde ;
- ❖ Centre de portance (point d'application de la portance) : se situe entre 30 et 50% de la corde depuis le bord d'attaque. Il avance quand l'incidence augmente jusqu'à l'incidence de décrochage puis recule.

### I.4 ANGLE D'INCIDENCE

En aérodynamique ou hydrodynamique, l'incidence est un angle que forme un profil avec le courant de fluide [3].

Suivant la forme du profil cette incidence se mesure d'après des axes bien définis.

- Pour un profil d'aile l'incidence du profil sera l'angle que forme sa corde par rapport à la trajectoire générale du fluide.
- L'incidence est un paramètre déterminant dans la trainée et la portance.

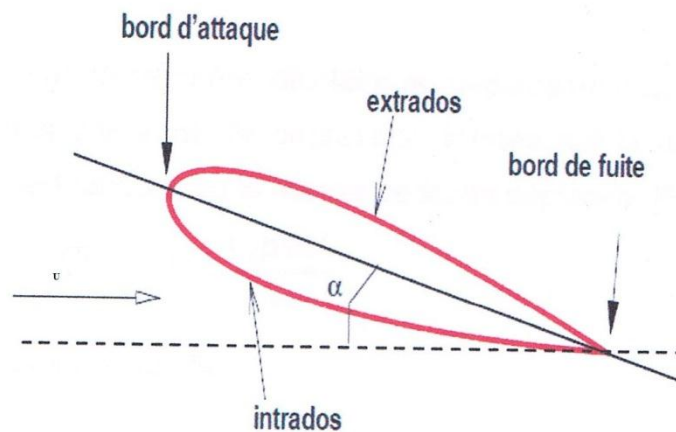


FIGURE.I.3 : PROFIL D'AILE BIDimensionNEL EN INCIDENCE [3]

### I.5 EFFORTS AERODYNAMIQUES

On définit les efforts aérodynamiques suivants :

A : la force axiale

N : la force normale

R : la force résultante

D : la trainée

L : la portance

$M_{BA}$  : le moment de tangage de bord d'attaque.

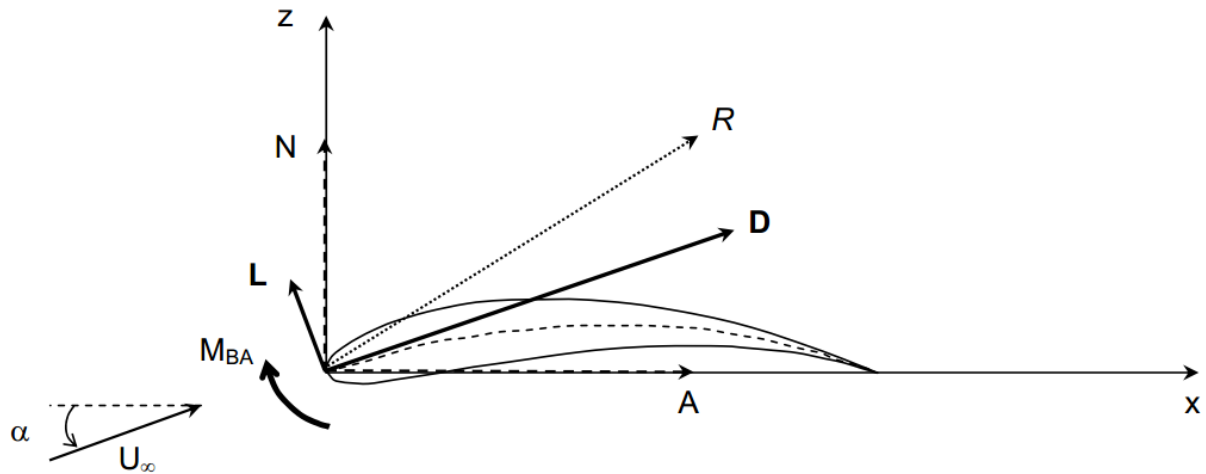


FIGURE I.4 : EFFORTS ET MOMENT AERODYNAMIQUES

La portance et la trainée peuvent être déterminées à partir des forces axiale et normale connaissant l'angle d'incidence du profil.

$$L = N \cos \alpha - A \sin \alpha$$

$$D = N \sin \alpha + A \cos \alpha$$

### I.5.1 RESULTANTE AERODYNAMIQUE :

C'est la force générée par l'ensemble des surpressions à l'intrados et dépressions à l'extrados, elle augmente avec la finesse et se déplace suivant l'angle d'incidence, le point d'application de la résultante aérodynamique s'appelle le " CENTRE DE POUSSÉE " [2].

### I.5.2 PORTANCE

La portance est une force perpendiculaire au déplacement du fluide. Elle est créée par l'aspiration dans une zone de dépression formée sur le dessus du profil dessinée à cet effet. Elle est fonction de la masse volumique du fluide [3].

$$L = \frac{1}{2} \rho S U^2 C_z$$

I.1

$\rho$ : Densité de l'air [kg/m<sup>3</sup>]

S : Surface de l'aile [ $m^2$ ]

U : Vitesse [m/s]

$C_Z$  : coefficient de portance.

### I.5.3 TRAINEE

La traînée, est la résultante, suivant l'axe x, des forces exercées par le fluide à sa surface [3].

On l'exprimer par la formule suivante :

$$D = \frac{1}{2} \rho S U^2 C_x \quad \text{I.2}$$

$\rho$  : Densité de l'air [ $kg/m^3$ ]

S : Surface de l'aile [ $m^2$ ]

U : Vitesse [m/s]

$C_X$  : coefficient de traînée.

### I.6 MOMENTS 3D

Dans l'espace, on définit les efforts aérodynamiques et les moments suivants :

\* D : la traînée ;

\* L : la portance ;

\* T : la dérive ;

\* MR : le moment de roulis ;

\* MT : le moment de tangage

\* ML : le moment de lacet

Dans le cas 2D, il ne reste, comme nous l'avons vu précédemment, que deux forces (traînée et portance) et un (moment de tangage). Ce moment pourra être appliquée, au bord d'attaque du profil [3].

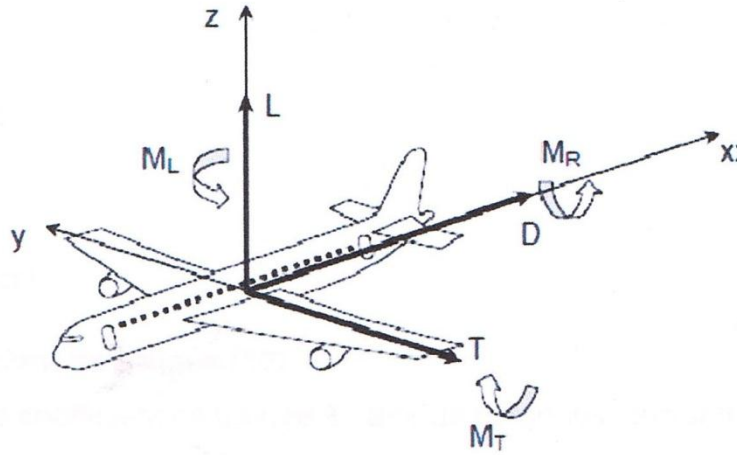


FIGURE I.6 : EFFORTS ET MOMENTS AERODYNAMIQUES [3]

## I.7 COEFFICIENTS AERODYNAMIQUES [3]

### I.7.1 COEFFICIENT DU FROTTEMENT ET COEFFICIENT DE PRESSION

Les coefficients de frottement est le critère de similitude relatif aux forces de viscosité mais avec références, il a pour l'expression :

$$C_f(x) = \frac{\tau_p(x)}{\frac{1}{2}\rho U^2} \quad \text{I.3}$$

$\tau_p$  : Contrainte de cisaillement visqueux.

On définit également le coefficient de pression :

$$C_p(x) = \frac{P - P_0}{\frac{1}{2}\rho U^2} \quad \text{I.4}$$

### I.7.2 COEFFICIENT DE PORTANCE

En mécanique des fluides, c'est un nombre sans dimension qui quantifie la capacité de portance d'une surface.

$$C_z = -\int_{BA}^{BF} (C_p \text{ extrados} - C_p \text{ int rados}) d\left(\frac{x}{c}\right) \quad \text{I.5}$$

Avec :

BA : bord d'attaque

BF : bord de fuite

C : la corde du profil

### I.7.3 COEFFICIENT DE TRAINEE

Le coefficient de traînée peut être déterminé à partir de la formule suivante :

$$C_x = \frac{2}{c} \int_{-y}^{+y} \left(\frac{u}{U_\infty} - 1\right) \frac{u}{U_\infty} dy \quad \text{I.6}$$

### I.7.4 FINESSE

Le rapport du  $C_z$  sur le  $C_x$  est nommé finesse du profil, il peut aller jusqu'à 60.

$$\frac{C_z}{C_x} = \frac{L}{D} \quad \text{I.7}$$

## 1.8 DEFINITION DES QUELQUES NOMBRES ADIMENSIONNEL

Les écoulements externes sont fortement influencés par les effets de turbulence, de compressibilité. On peut quantifier ce phénomène par quelque nombre adimensionnel.

### 1.8.1 NOMBRE DE REYNOLDS

Le nombre de Reynolds est le rapport des forces d'inertie sur les forces visqueuses.

$$\text{Re} = \frac{U \cdot L}{\nu} \quad \text{I.8}$$

Avec :

$U$  : vitesse de l'écoulement

$\nu$  : viscosité cinématique de l'écoulement

$L$  : Longueur caractéristique (la corde dans le cas d'une aile d'avions)

### 1.8.2 NOMBRE DE MACH

Le nombre de Mach est le rapport de la vitesse de l'écoulement  $U_\infty$  à la vitesse du son.

$$M_\infty = \frac{U_\infty}{a} \quad \text{I.9}$$

a : vitesse du son

Le nombre de Mach caractérise les effets de compressibilité dans un écoulement gazeux.

### I.9 ECOULEMENT DE L'AIR AUTOUR D'UN PROFIL

Des expériences faites en soufflerie ont permis de déterminer, de façon précise, les phénomènes de l'écoulement de l'air autour d'un profil, par la mesure des pressions et des vitesses [2]

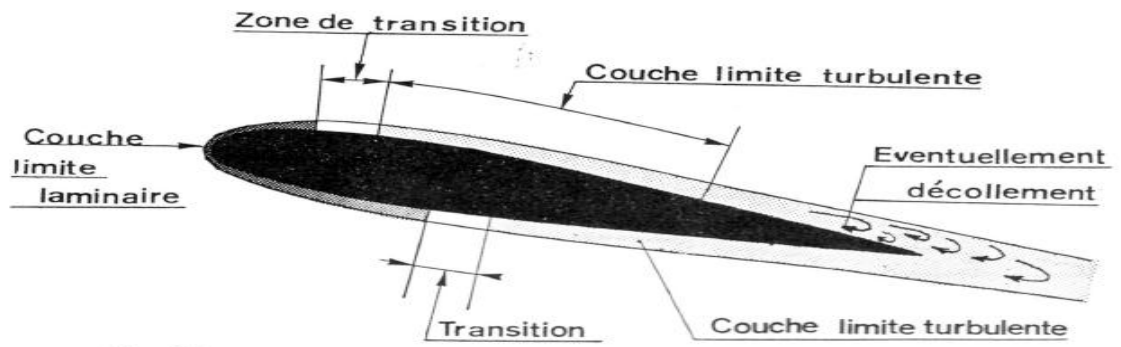


FIGURE I.7 : DEVELOPPEMENT DE LA COUCHE LIMITE AUTOUR D'UN PROFIL [2]

La couche limite joue un rôle important car elle conditionne directement la résistance de frottement de l'aile.

Cette couche limite peut-être laminaire ou turbulente. Dans la plupart des cas, elle commence par une couche limite laminaire sur la surface voisine du bord d'attaque puis devient turbulente à partir d'un point appelé point de transition. Ce point de transition n'a pas une position fixe, aussi existe-t-il, en réalité, une zone de transition dont les limites dépendent, en grande partie, de la turbulence de l'atmosphère. Sous certaines conditions, les filets fluides peuvent se séparer de la paroi et le phénomène du décollement apparaît.



## I.10 REPARTITION DES PRESSIONS

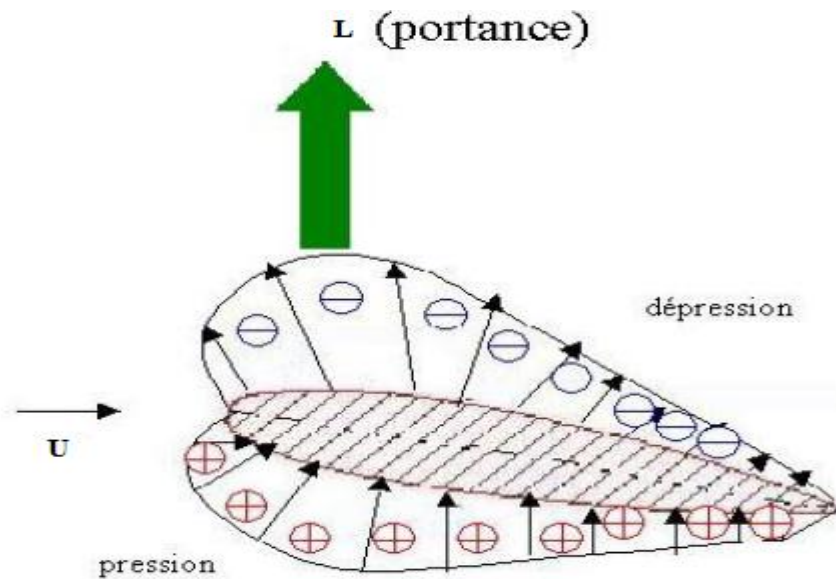


FIGURE I.8 : DISTRIBUTION DE PRESSION SUR UN PROFIL [3]

A l'extrados : Tout l'extrados est le siège d'une dépression locale généralisée,

Au débit la couche limite est laminaire qui va devenir peu à peu turbulente,

A l'intrados : le profil constituant un obstacle à l'écoulement, l'air va freiner: donc il va apparaitre une surpression localisée sur l'intrados.

## I.11 PROFILS DE TYPES NACA

Le prédécesseur de la NASA était le NACA (National advisory comitté for aéronautiques) cet organisme a étudié différentes familles de profils répondants à diverses application parmi ces profils, on retrouve les profils à quatre chiffres, à cinq chiffres et les profils laminaires[4].

### I.11.1 FAMILLE DE PROFIL A 4 CHIFFRES

Dans cette famille, on identifie un profil à 4 chiffres, par exemple le cas du profil

NACA2415, de la manière suivante :

- Le chiffre 2 représente la position de courbure relative maximale (2%).

- Le chiffre 4 représente l'abscisse de la courbure maximale (40%).
- Le nombre 15 représente l'épaisseur relative maximale.

Le profil de la forme NACA00ee est un profil symétrique.

- 00 indique que le profil est sans cambrure donc symétrique.
- ee indique à l'épaisseur relative (ee % )

### I.11.2 FAMILLE DE PROFIL A 5 CHIFFRES

Dans cette famille, 5 chiffres caractéristique chaque profil par exemple, dans le cas du

NACA23015

- Le chiffre 2 représente le coefficient de portance ;
- Le nombre 30 représente la double position et la cambrure maximale  $(30) \cdot (1/2) = 15\%$  de la corde).
- Le nombre 15 représente l'épaisseur relative maximale (15%).

### I.11.3 FAMILLE DE PROFILS LAMINAIRES

Le NACA a également étudiée une série de profils dont l'écoulement est laminaire sur une majeure partie de sa surface et les a désignés par un ensemble de chiffres significatifs .Par exemple pour NACA 66<sub>2</sub>-215.

- Le premier 6 représentent la désignation de la série (profil laminaire).
- Le deuxième 6 représentent la position de la pression minimale (60%).
- L'indice 2 est la marge au-dessus et au-dessous de coefficient de portance caractéristique par laquelle il existe un gradient de pression favorable (0.2).
- Le 2 représente le coefficient de portance caractéristique (0.2).
- Le 15 représente l'épaisseur relative maximale (15%).

Le profil de BASE qui nous sert d'étude est le profil symétrique NACA 0015

Dans le cas des profils symétriques de cette famille, on se sert de l'expression suivante pour le calcul de sa forme géométrique [5] :

$$Y = e(1.4845X - 0.63X - 1.758X^2 + 1.4215X^3 - 0.5075X^4) \quad \text{I.10}$$

**I.12 CONCLUSION**

Dans ce chapitre nous avons présenté :

une définition de profil et leur caractéristique ; et les efforts qui agit sur eu,et nous avons vu aussi le comportement de l'écoulement autour du profil et l'influence de l'onde de choc,et enfin nous avons présenté brièvement les profil de types NACA et l'expression de calcul de sa forme géométrique.