

Chapitre -1-Présentation d'une turbine axiale

1-1-Généralités sur les profils portants :

Durant les années 1930 la NACA (National Advisory Committee for aeronautic) (prédécesseur de la NASA) systématise l'étude des performances de profils. L'organisation utilise la classification NACA à 4 et 5 chiffres, (les profils laminaires , profils supercritiques.....).

a)-classification d'une aile suivant sa géométrie : (voir fig1-1)

► Sa surface portante $S=b.l$ avec b : envergure, l : corde ► Son allongement λ : $\lambda = \frac{b}{l}$ ► Sa cambrure géométrique : $\frac{h_{max}}{l} = 0 \text{ à } 20\%$ ► Son épaisseur relative : $\frac{e_{max}}{l} = 4 \text{ à } 20\%$

b)-classification d'une aile suivant son utilisation et par famille : (voir fig1-2)

Les différents types de profils sont classés par familles, Ces familles sont au nombre de 6.

c)- Ecoulement et répartition des pressions autour d'un profil d'aile : (voir fig1-4)

Une dépression à l'**extrados** et une surpression à l'**intrados**. On constate que les forces de sustentation les plus importantes sont localisées sur le tiers avant du profil de l'aile. C'est l'extrados qui est majoritairement responsable de l'effet sustentateur.

d) – Décrochage de l'aile : (voir fig1-4) Pour des angles d'incidence α inférieurs à environ 15° , l'écoulement reste attaché sur l'aile. Par contre, pour des angles plus élevés, Cet écoulement engendre une surpression de côté extrados et par conséquent une perte de portance : c'est le décrochage de l'aile.

1-2- Les principaux efforts aérodynamiques : (voir fig1-3)

F appliqué en un point (foyer aérodynamique). Cette force résultante est classiquement décomposée en force liées à l'écoulement :

- une force de traînée D parallèle à la vitesse V_1
- une force de portance L perpendiculaire à la vitesse V_1

Dans certaines applications liées à l'aube:

- une composante normale F_N perpendiculaire à la corde
- une composante tangentielle F_T alignée avec la corde

Les différentes composantes ci-dessus sont reliées par les expressions suivantes :

$$D = F_N \sin(\alpha) + F_T \cos(\alpha) ; L = F_N \cos(\alpha) - F_T \sin(\alpha) ;$$

$$F_T = D \cos(\alpha) - L \sin(\alpha) ; F_N = D \sin(\alpha) + L \cos(\alpha)$$

a)-Coefficients aérodynamiques globaux : Pour juger des performances aérodynamiques d'une aile, On introduit les coefficients les plus utilisés:

► Coefficient de traînée: $C_D = \frac{D}{q_\infty A}$

► Coefficient de portance : $C_L = \frac{L}{q_\infty A}$

► Coefficient de force normale : $C_N = \frac{F_N}{q_\infty A}$

► Coefficient de force axiale : $C_T = \frac{F_T}{q_\infty A}$

- Avec : $q_\infty = \frac{1}{2} \rho V_\infty^2$: La pression dynamique à l'infini amont, A : La surface de l'aile

b)-Coefficients aéro- locaux : ► coef de pression: $C_p = \frac{p-p_\infty}{q_\infty}$

► coef de frottement: $C_f = \frac{\tau_p}{q_\infty}$

1-3-Finesse et angle de perte : (voir fig1-5)

■ La finesse f d'un profil ou d'une aile est le rapport entre le coefficient de portance et le coefficient de traînée : $f = \frac{C_L}{C_D} = \frac{L}{D} = \frac{d}{h}$, La finesse est fonction de la forme du profil ou de l'aile, mais également de l'angle d'incidence et Le régime d'écoulement.

■ Par contre l'angle de perte ε défini par la relation : $tg\varepsilon = \frac{D}{L} = \frac{1}{f}$

■ -Les performances sont données sous forme graphique C_L et C_D en fonction de l'angle d'incidence α comme le montre la figure 1-5 (voir fig1-5).

-Ou par une Polaire d'une aile : (voir fig1-6) La POLAIRE est la courbe pour déterminer les caractéristiques d'un profil, d'une aile. Elle montre comment varie la portance en fonction de la traînée et en fonction de l'angle d'incidence

-Points remarquables d'une polaire: P1 : C_L nul : point de portance nulle, P2 : traînée C_L minimal P3 : finesse maximale ,P5 : portance C_L maximal : vitesse de chute minimale

1-4- paramètres géométriques d'une grille d'aube (turbine axiale) : (voir fig1-7)

l : corde, t : pas, σ : solidité= l/t , a : ou la cambrure et $\max \leq 0,5$, ϕ : Angle de calage

-Angle de cambrure à l'entrée et à la sortie : θ_1 et θ_2

-Angle de cambrure : $\theta = \theta_1 + \theta_2$

-Angle d'aube à l'entrée et à la sortie : $\beta_1 = \theta_1 - \phi$ et $\beta_2 = \theta_2 + \phi$

-Angle de fluide à l'entrée et à la sortie : $\alpha_1 = \theta_1 - \phi + i$ et $\alpha_2 = \theta_2 + \phi - \delta$

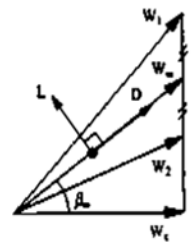
-Angle d'incidence : $i = \alpha_1 - \beta_1$

-Angle de déviation δ : $\delta = \beta_2 - \alpha_2$

-Angle de déflexion : $\varphi = \alpha_1 + \alpha_2 = \theta + i - \delta$

1-5-Composantes de la résultante des forces aérodynamique liées à la vitesse d'écoulement :(Portance et traînée sur un profil) (voir fig1-8)

Par définition les forces de portance et de trainée sont les composantes de $\vec{F}$, respectivement perpendiculaire et parallèle à la vitesse moyenne $\vec{W}_m$ pour les aubes rotorique, ou à la vitesse moyenne $\vec{C}_m$ pour les aubes statoriques. Les vitesses moyennes sont définies comme suit :



$$\vec{C}_m = \frac{\vec{C}_1 + \vec{C}_2}{2} \text{ et } \vec{W}_m = \frac{\vec{W}_1 + \vec{W}_2}{2}, \quad tg\alpha_m = \frac{tg\alpha_1 + tg\alpha_2}{2} \text{ et } tg\beta_m = \frac{tg\beta_1 + tg\beta_2}{2}$$

Si bien que les forces de portance et de traînée sont données par :

$$L_R = C_{LR} A \frac{\rho W_m^2}{2}, \quad D_R = C_{DR} A \frac{\rho W_m^2}{2}; \quad L_S = C_{LS} A \frac{\rho C_m^2}{2}, \quad D_S = C_{DS} A \frac{\rho C_m^2}{2}$$
$$F_a = L \cos \beta_m + D \sin \beta_m = C_{LA} \frac{\rho W_m^2}{2} \frac{\cos(\beta_m - \varepsilon)}{\cos \varepsilon} \quad F_u = L \sin \beta_m - D \cos \beta_m = C_{LA} \frac{\rho W_m^2}{2} \frac{\sin(\beta_m - \varepsilon)}{\cos \varepsilon}$$

1-8-Rendement d'aube d'une grille de turbine axiale (rendement de diffusion) : (voir fig1-7)

$$\eta_a = \frac{\text{variation idéal de pression statique}}{\text{variation réel de pression statique}} = \frac{\frac{\rho}{2} (W_2^2 - W_1^2)}{\frac{\rho}{2} (W_2^2 - W_1^2) + \Delta P_0} = \frac{1 - tg\varepsilon \cdot tg\beta_m}{1 + tg\varepsilon \cdot \cotg\beta_m}$$

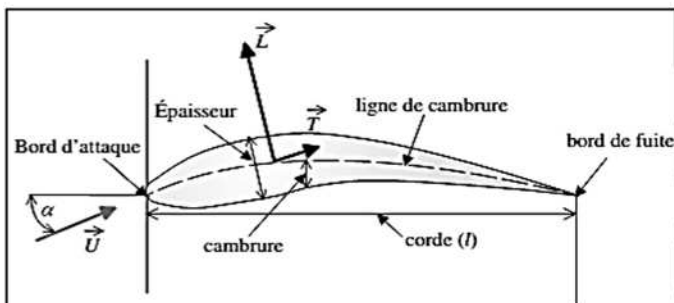


Fig-1-1. Profil d'aile portante

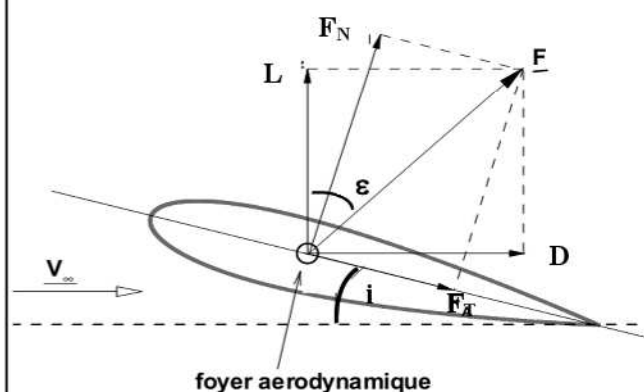


Fig.1-3-Décomposition de la résultante des forces aérodynamique.

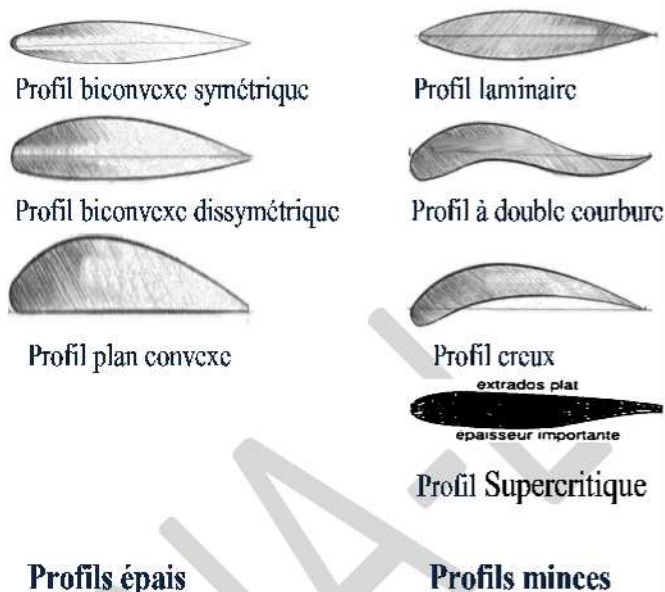
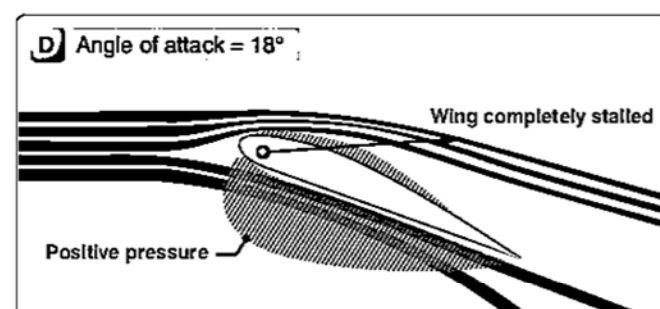
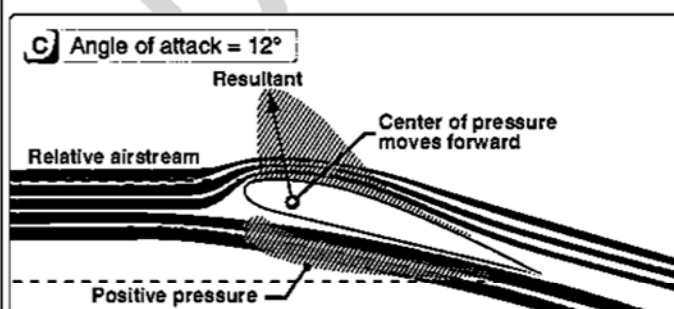
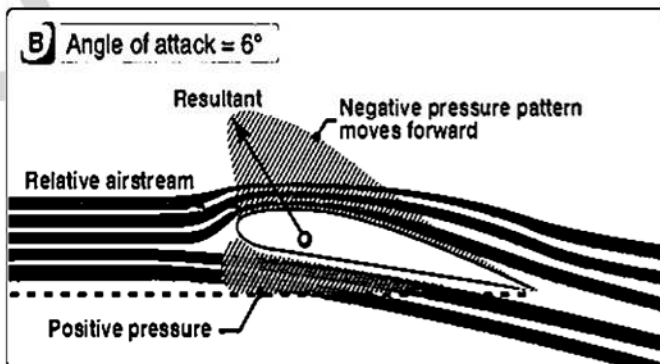
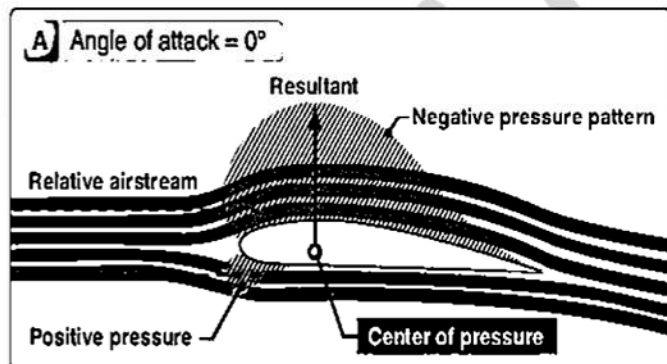


Fig-1-2. Différent types de profils suivant l'utilisation.



-A-B-C- : Écoulement attaché : aile portante

-D- : écoulement décollé : décrochage de l'aile

Figure 1-4 : Écoulement attaché et décollé

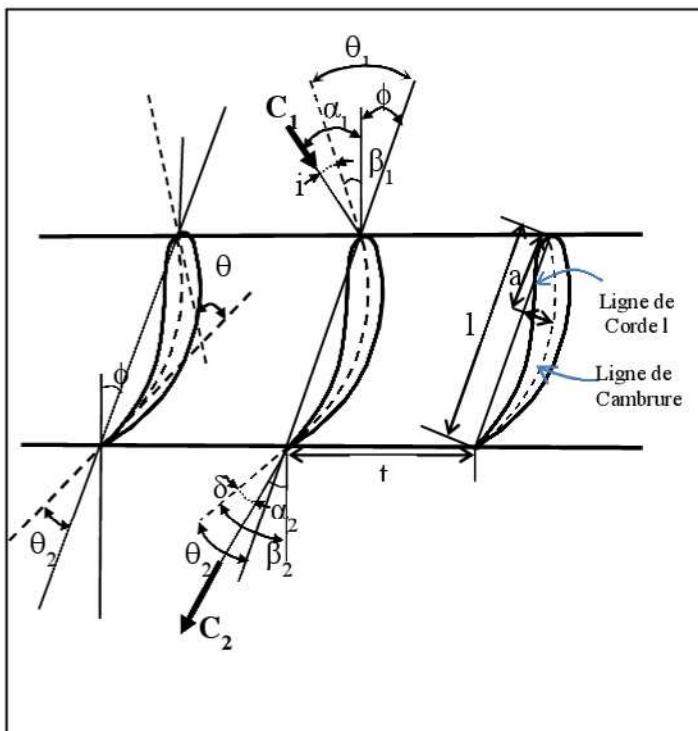


Fig-1-7- Paramètres géométriques d'une grille d'aubes

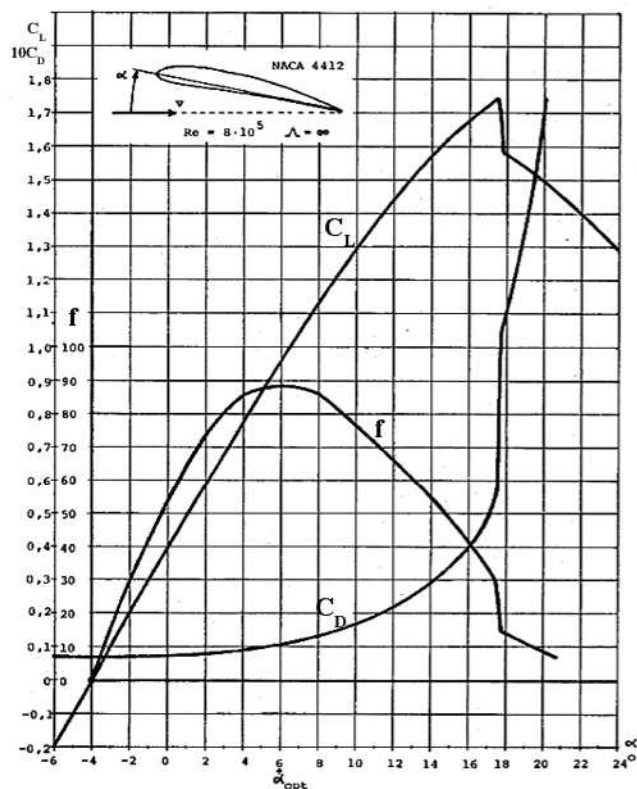


Fig-1-5- Coefficient de portance et de trainée en fonction de l'angle d'incidence pour un profil d'aile de type NACA 4412

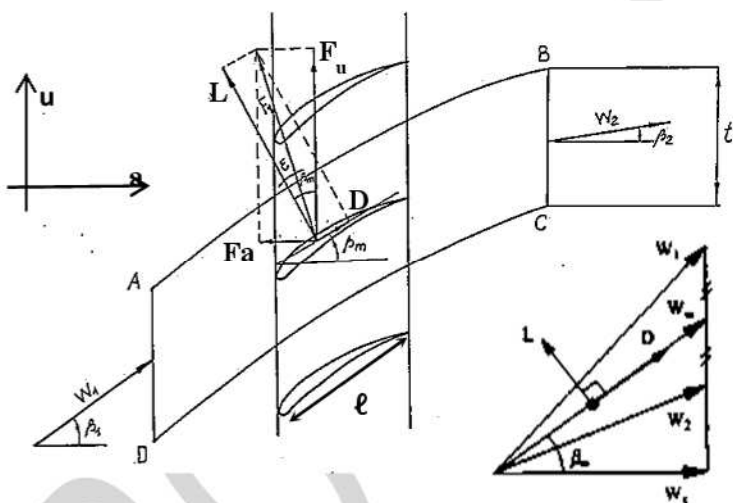


Fig.1-8- Ecoulement autour d'une aube

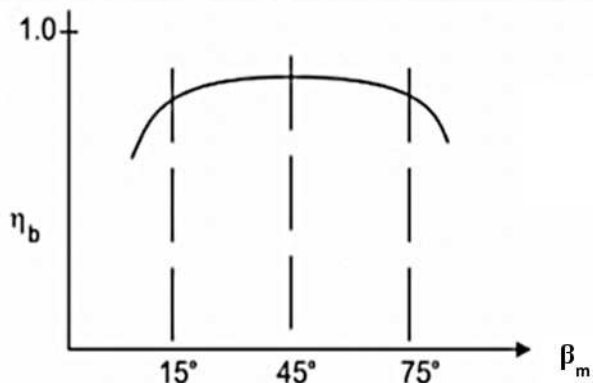


Fig.1-9- Rendement η_a en fonction de l'angle moyen β_m

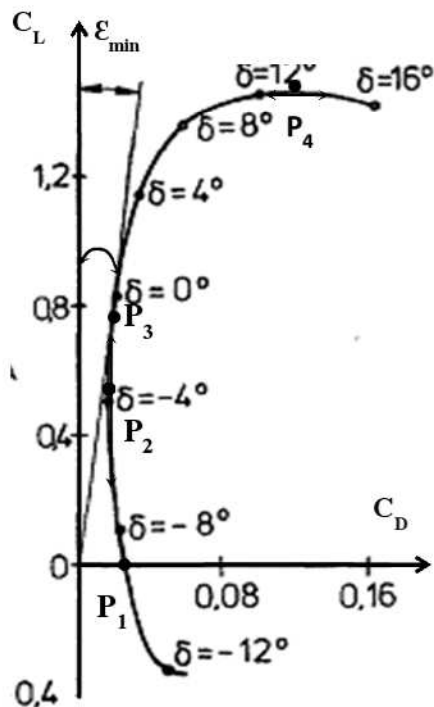


Fig-1-6. -Polare d'une aile portante