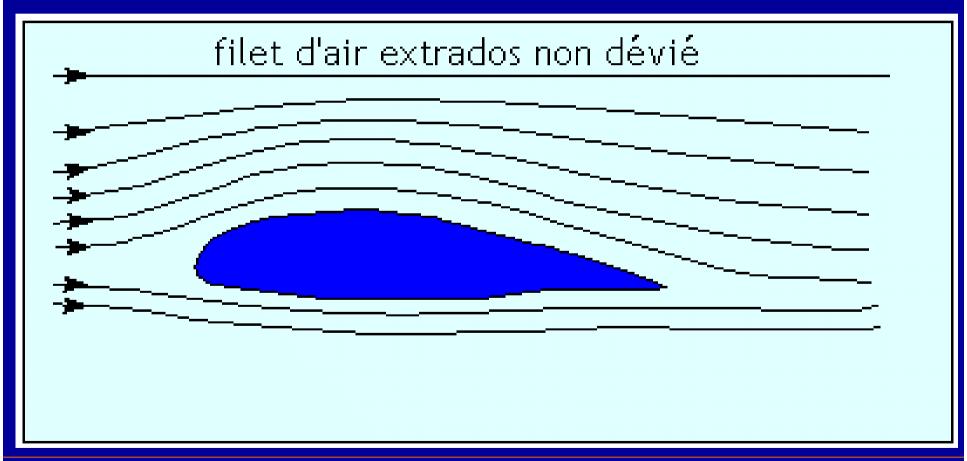
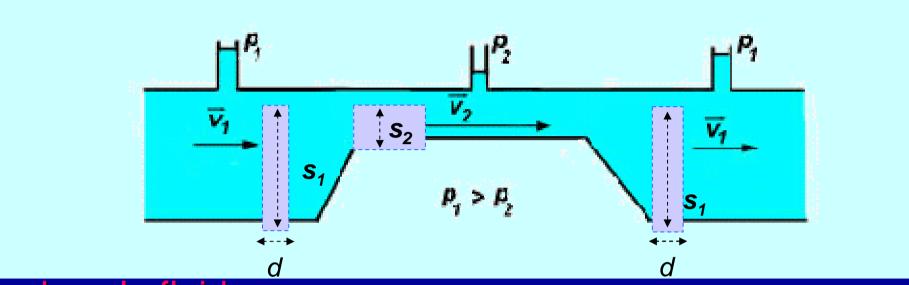
MECANIQUE DU VOL (1)

Quelques rappels d'aérodynamique

Effet Venturi



Loi de Bernouilli



dans le fluide:

- la pression diminue quand sa vitesse d'écoulement augmente
- la vitesse d'écoulement augmente à cause de la conservation de la masse déplacée

Débit massique conservé

$$S_1V_1\rho = S_2V_2\rho$$

Principe de la conservation de l'énergie (cinétique + potentielle)

Si le fluide acquiert de l'énergie cinétique il perd de l'énergie potentielle

Energie cinétique $mV^2 = \rho SdV^2$

Energie potentielle $mH = \rho SdH$

- Énergie cinétique + énergie potentielle = énergie totale
- Énergie du fluide = Travail de la force de pression exercée sur ce qui l'entoure
 - ➤ Travail = Force x Déplacement
 - ➤ Force = Pression x Surface

Énergie = Pression x Surface x Déplacement

Principe de la conservation de l'énergie

Energie totale $\rho SdV^2 + \rho SdH = Constante$

 ρ SdV² + ρ SdH = Pression.Surface.Déplacement = Constante

Surface.Déplacement = Volume (constant)

Pression
$$_{totale} = \frac{Energie_{totale} (constante)}{Volume (constant)}$$

La Pression totale est une Constante

$$Pression = \frac{\rho SdV^2 + \rho SdH}{Surface.Déplacement}$$

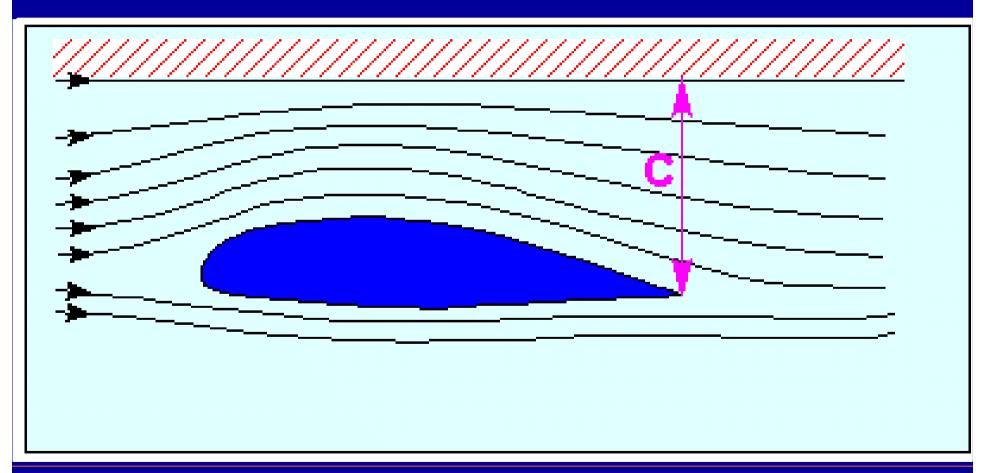
Pression =
$$\frac{\rho SdV^2}{S.d} + \frac{\rho SdH}{S.d}$$

$$P_{totale} = \rho V^2 + \rho H$$

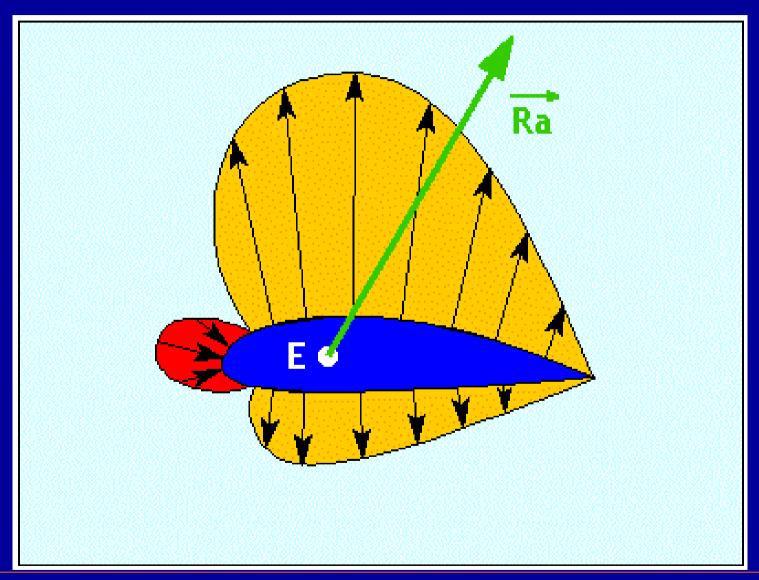
$$\rho V^2 = Pression dynamique$$

 $\rho H = Pression statique$

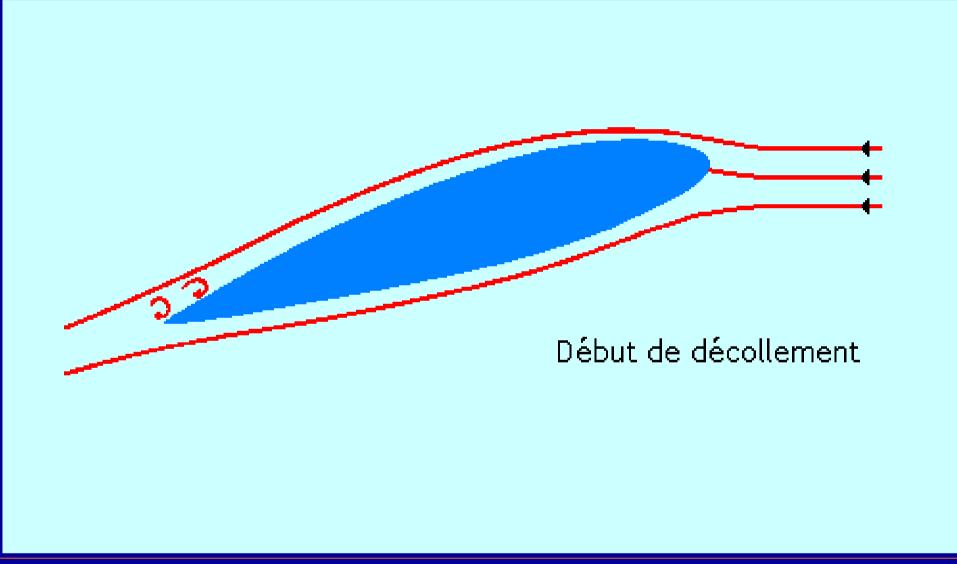
Effet Venturi



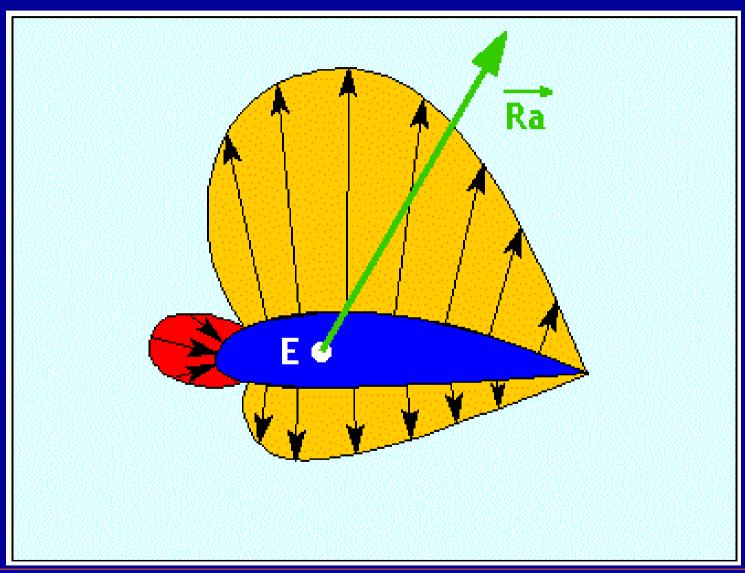
Répartition des pressions autour du profil



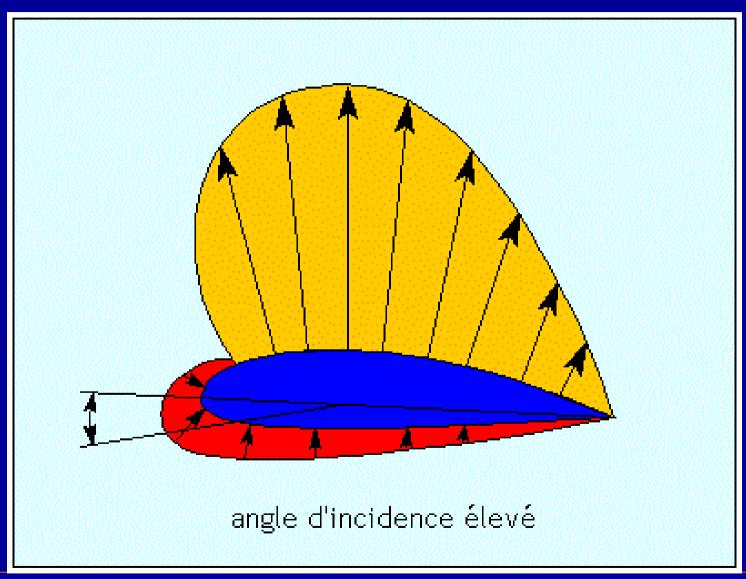
Couche limite



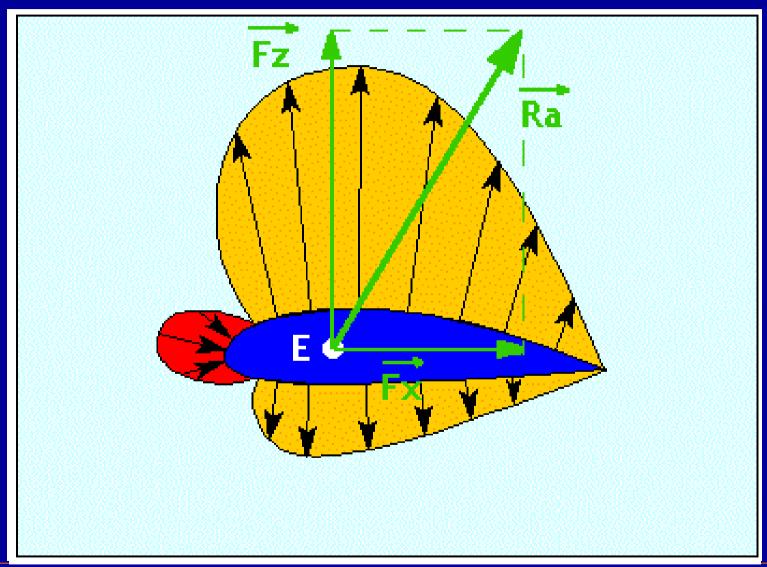
Influence de l'angle d'incidence



Influence de l'angle d'incidence



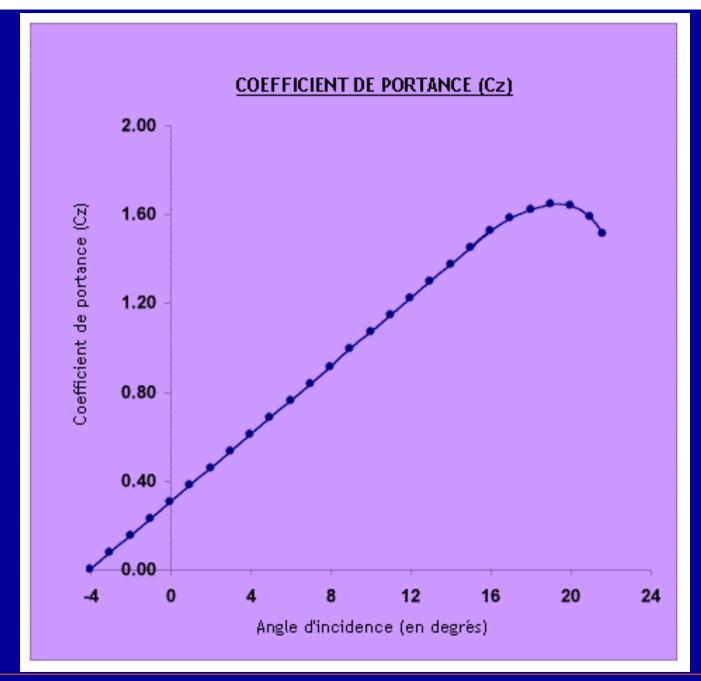
Les forces aérodynamiques



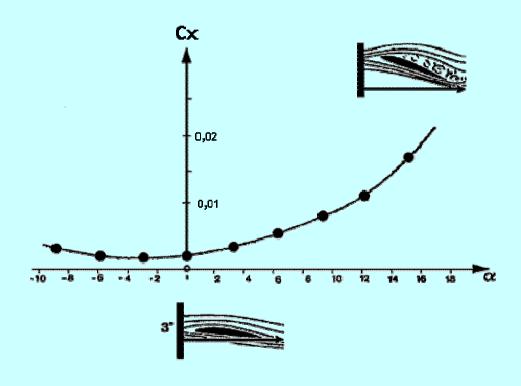
Formules de la Portance et de la Traînée

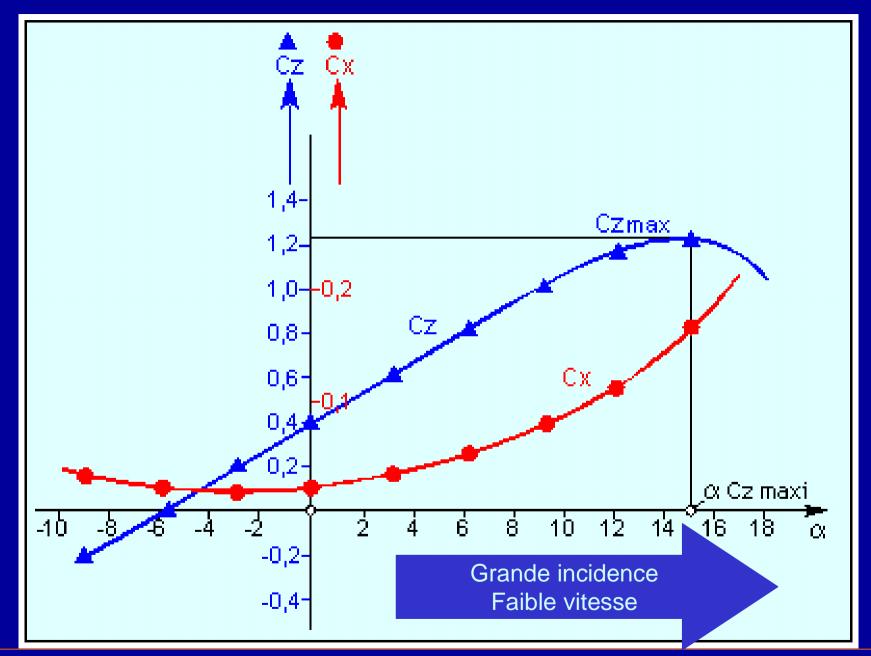
$$F_z = \frac{1}{2} \rho SV^2 C_z$$

$$F_{x} = \frac{1}{2} \rho SV^{2}C_{x}$$

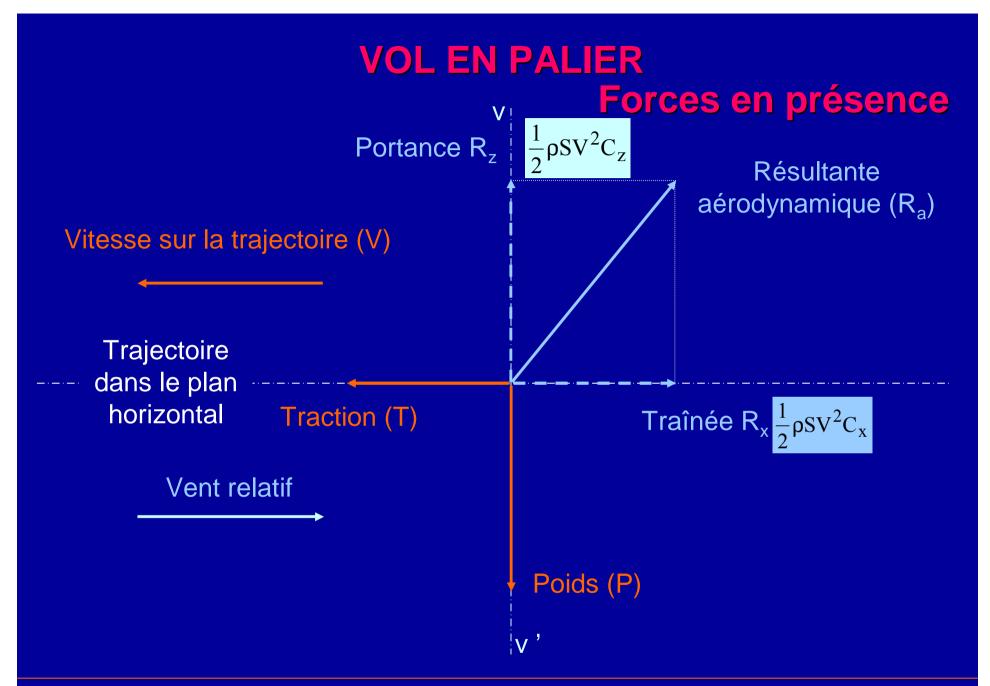


Coefficient de traînée (Cx)





VOL RECTILIGNE EN PALIER



VOL EN PALIER: équation de sustentation

Portance (R_z)

Equilibre quand Poids (P) = Portance (R_z)

$$P = \frac{1}{2}\rho SV^2 C_z$$

Traction (T)

Traînée (R_x)

Equilibre à vitesse stabilisée, sans facteur de charge, atteint à

$$V_{\acute{e}q} = \sqrt{\frac{2}{\rho} \frac{P}{S} \frac{1}{C_Z}}$$

Poids (P)

Vitesse minimum de sustentation V_s

$$V_{\rm S} = \sqrt{\frac{2}{\rho} \frac{P}{S} \frac{1}{C_{Z\,max}}}$$

Le terme P/S est appelé "charge alaire"

VOL EN PALIER : équation de propulsion

Portance (R_z)

Equilibre quand Traction (T) = Traînée (R_x)

$$T = \frac{1}{2} \rho SV^2 C_x$$

Puissance nécessaire au déplacement horizontal W_{nh} = T V

$$W_{nh} = \frac{1}{2}\rho SV^3 C_x$$

Traction (T)

Traînée (R_x)

avec

$$V_{\text{\'eq}} = \sqrt{\frac{2}{\rho} \frac{P}{S} \frac{1}{C_Z}}$$

$$W_{nh} = \sqrt{\frac{2}{\rho} \frac{P^3}{S} \frac{C_x^2}{C_z^3}}$$

Poids (P)

Equilibre de puissance à vitesse stabilisée, sans facteur de charge :

$$W_{nh} = W_{ua}$$

W_{ua}: Puissance utile appliquée, fournie par le moteur via l'hélice

VOL EN PALIER: autonomie maximum

Autonomie = temps de vol effectué avec l'énergie disponible

$$Puissance = \frac{Energie}{Temps}$$

$$Temps = \frac{Energie}{Puissance}$$

L'énergie disponible à bord est limitée : le temps de vol effectué sera maximum si la puissance nécessaire au vol est minimum

$$W_{nh} = \sqrt{\frac{2}{\rho} \frac{P^3}{S} \frac{C_x^2}{C_z^3}}$$

terme
$$\frac{2}{\rho} \frac{P^3}{S}$$
 constant, au délestage près

Wnh minimum si $\frac{C_X^2}{C_Z^3}$ est minimum ; ce qui est obtenu à la vitesse "plafond"

L'autonomie est maximum en adoptant la vitesse "plafond"

20

VOL EN PALIER: rayon d'action maximum

Rayon d'action = déplacement effectué avec énergie disponible

L'énergie disponible E_{disp} est consommée pour fournir le travail moteur T.d (travail de la traction T pendant son déplacement d)

$$d = \frac{E_{disp}}{T}$$

Rayon d'action d maximum si T minimum

En palier
$$T = R_x \text{ et } R_z = P$$

Finesse
$$f = \frac{R_Z}{R_X}$$
 $R_x = \frac{R_Z}{f}$ $T = \frac{P}{f}$

$$R_x = \frac{R_Z}{f}$$

$$T = \frac{P}{f}$$

Traction minimum quand la Finesse est maximum.

Rayon d'action maximum en adoptant la vitesse de finesse max.

VOL EN PALIER : quelques données chiffrées

Quelle traction faut-il exercer pour qu'un avion de 1000 kg et de finesse 10 vole à la vitesse de finesse max de 145 kmh?

$$T = \frac{P}{f}$$

$$T_{\text{(Newtons)}} = 1000 \text{kg.} 9,81 \text{m/s}^2 \div 10$$

T = 981 Newtons

Quelle puissance faut-il fournir à l'avion dans ce cas?

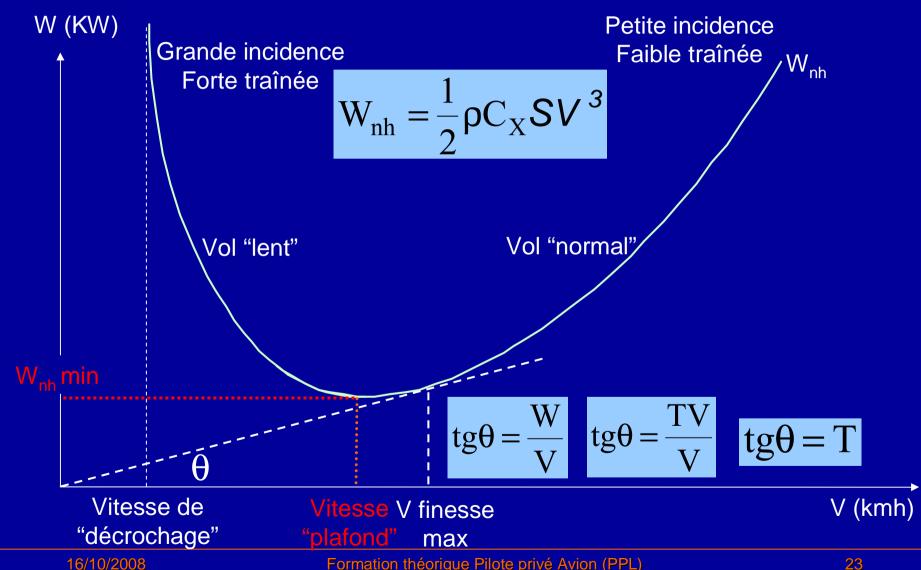
$$W_{nh} = T V$$

$$W_{\text{nh (Watts)}} = T_{\text{(Newtons)}} V_{\text{(m/s)}}$$

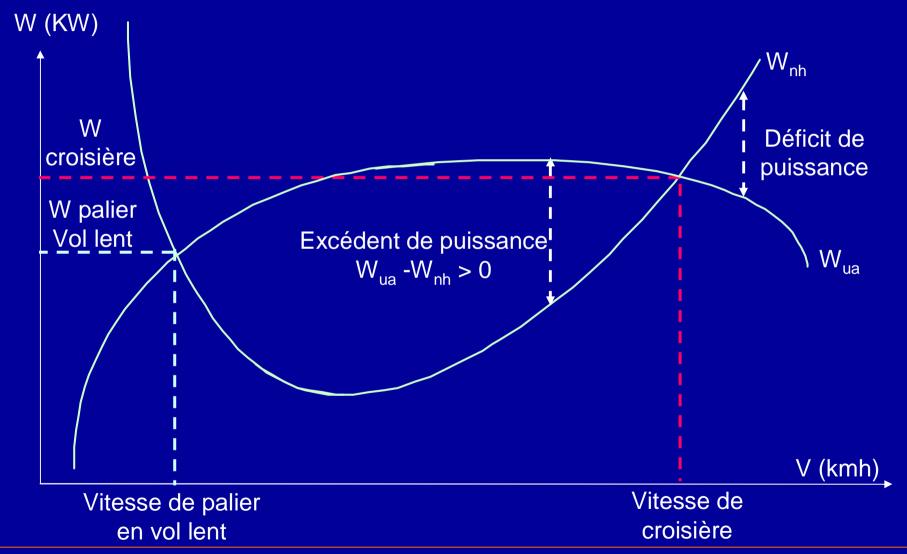
$$W_{nh (Watts)} = 981.(80_{kts}.1/2)_{m/s}$$

 $W_{nh} = 39,25 \text{ KW}$ (environ 53 CV)

Variation de la Puissance nécessaire au vol horizontal selon la Vitesse d'équilibre



« Points de fonctionnement à l'équilibre en palier »



Notion de vol aux premier et second régimes



Une variation instantanée de l'incidence provoque une variation de la vitesse / W_{nh} et un différentiel des puissances

2ème régime : à la Wu max (décollage) le déficit de puissance est divergent donc "dangereux" – l'avion ne peut pas monter- la vitesse ne peut que diminuer -le palier est impossible!

1er régime : l'excédent de Wu sur Wnh traduit un déséquilibre de propulsion "avantageux" permettant à l'avion de monter ou d'accélèrer (Traction > Traînée) pour converger naturellement vers Wnh = Wu (stabilité de la vitesse)

V (kmh)

Variation de la Vitesse en palier selon la Puissance utile appliquée Wua (régime moteur)

