

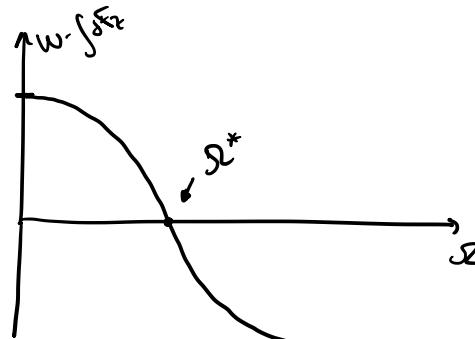
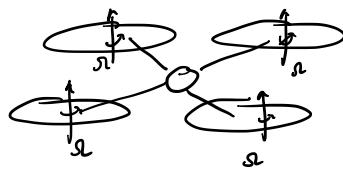


Trabajó

Problema:

$$\text{sr tal que } \int dF_z = W$$

Dron de vuelo
a punto fijo



Necesario hacer un círculo numérico para encontrar el resultado.

• Círculo Jorjet de forma realista.

Tenemos: $W, \underline{s}, c(\alpha), c(\alpha), \theta(t), \tau(r), R$.
(Datos)

a partir de BEM $\rightarrow V(y) / \lambda_i(t)$

Calcular velocidades

de forma realista

con $\lambda_i(r)$, puedo usar BETH para calcular $\int dF_z$ (1)

Dato \vec{V} , incógnita fuerzas

METH (octo fuerzas incógnitas \vec{V}).

Datos \rightarrow todos los demás datos se calculan a partir de rotor ideal.

Método de la Biseción:

(Matlab, fsolve).

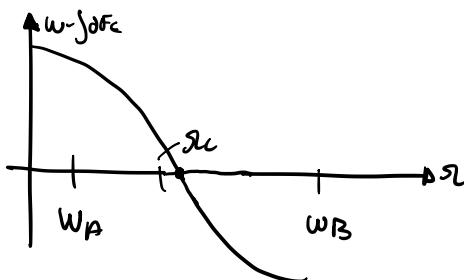
Empezamos probando w a partir de valores iniciales

$$(W - \int dF_z) = F,$$

$$\begin{cases} -F_1(A) \\ -F_1(B) \end{cases}$$

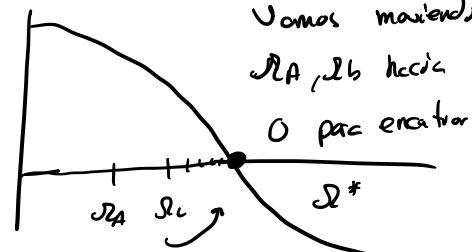
Si $F_1(A) \cdot F_1(B_A) > 0 \rightarrow$ Problema (cambiar B_B)

$F_1(A) \cdot F_1(B_B) < 0 \rightarrow B_B$ en



$$sr_c = \frac{sr_A + sr_B}{2} \quad F_1(sr_A) \cdot F_1(sr_c) > 0 \rightarrow sr_A = sr_c$$

Proceso de avance



• Modo de converger:

$$\left| \frac{|F_1(sr_c)|}{W} \right| < \varepsilon_1 \rightarrow \text{criterio de rango} \approx 10^{-3}$$

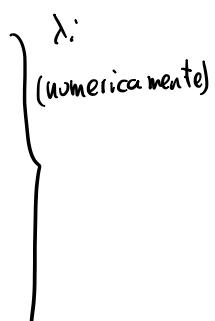
$$\left| \frac{|sr_A - sr_B|}{sr_c} \right| < \varepsilon_2 \rightarrow \text{distancia entre puntos muy pequeña.} \approx 10^{-3}$$

Calculo de las velocidades inducidas de BEM

$$-4\lambda_i(\lambda_c + \lambda_i) \cdot r = \frac{\sum}{2} (r^2 + (\lambda_c + \lambda_i)^2) \left[C_L(\alpha) \cdot \cos(\phi) - C_D(\alpha) \cdot \sin(\phi) \right]$$

$$-\phi = \arctg \left(\frac{\lambda_c + \lambda_i}{r} \right)$$

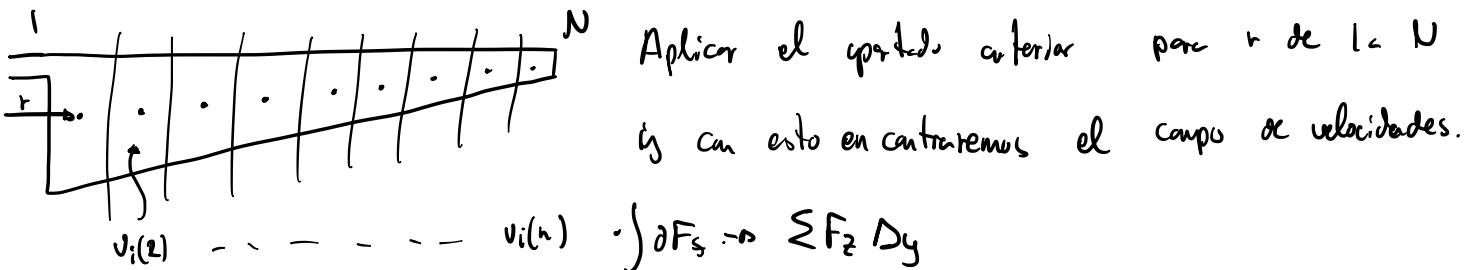
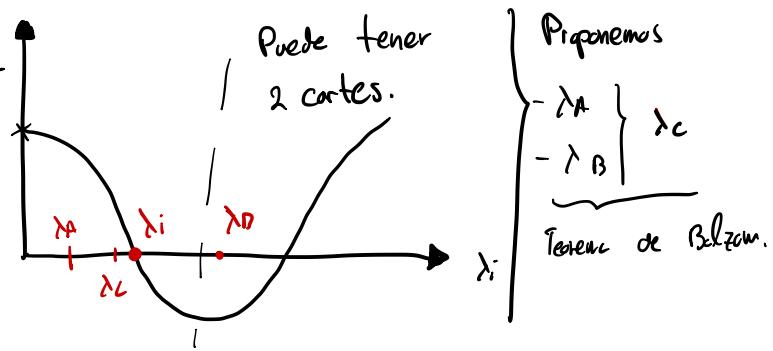
$$-\alpha = \theta - \phi$$



$$\cdot F_2 = (\partial C_{F_2} - \partial C_T) \quad (\text{Porc una r dada})$$

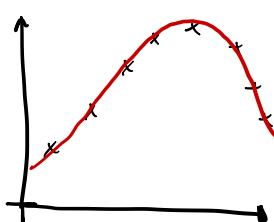
\downarrow
 $f(\lambda_i)$

Si la función corta varias veces cosemos el primer valor λ_c que irá a ser hora negativo



Primer apartado $\rightarrow \theta(r)$

Elección del perfil



Experimentales
 $Cl(\alpha) = PCHIP$ (Matlab)
 ↓
 Polinomio de interpolación.

→ Nos inventamos puntos para que los valores de α grandes le se vayan a 0.

• QBlade → para inventarse punto

modelos de perfiles extender C_l/C_0

1) Vol a punt fix!

→ Tria un perfil aerodinàmic i caracteritzar la sostenació i la resistència del perfil.

Utilitzar dades empíriques si es disposa d'aquestes.

→ Calcular, llevat de corda, velocitats individuals : distribució de sostenació : Momentum

→ Casos: 1) Rotor ideal (MTH : BEM)

2.) Elements de palma sense pèrdues per tipus Rotor vertex (BEM)

3.) BEM + pèrdues + compressibilitat.

→ Passos previs:

$Cl(\alpha)$, $C_d(\alpha)$ i $\frac{C_l(\alpha)}{C_d(\alpha)}$ del perfil. Representar punts i resultat de Pchip Matlab.

1) Perfil \rightarrow

Dades totals $\left\{ \begin{array}{l} \rho_w(kg) \rightarrow 1.225 \\ M_p L \rightarrow 18 kg \\ R \rightarrow 0.35 \end{array} \right.$

Altura

8 ≈ 5000 rpm

$$\text{La } 5000 \text{ rev.} \cdot \frac{1 \text{ m}}{60 \text{ s}} \cdot \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} = \frac{5000\pi}{3} \text{ rad/s} \rightarrow v = w \cdot r \quad v \approx 183 \text{ m/s}$$

$$\cdot A_{in}(v) = 1.822 \cdot 10^{-3}$$

$$\cdot Re \approx \frac{1822 \cdot 10^{-3}}{1.225 \cdot 10^{-3}} = 1477 \downarrow$$

law ✓

- XFLRS study
- NACA 23012
 - Re ≈ 800.000
- extracer puntos ($C_L(\alpha)$, $C_d(\alpha)$, $\frac{C_L(\alpha)}{C_d(\alpha)}$) (necesario interpolar el C_d)
- Until here ($C_d(\alpha)$, $C_m(\alpha)$, $C_L(\alpha)$, $\frac{C_L(\alpha)}{C_d(\alpha)}$, done)
- ↳ Import. → Spline.
↳ Pchip.
- Now $\theta(r)$

Condicions de Disseny

→ Perfil: NACA 23012 → $R = 0,3 \text{ m}$ h_{-al} (altura del vol de disseny) = 300 m $P_{des} = 2$

→ Pdes = 8 kg → $h = 2000 \text{ m}$ (altitud del vol) . $P_L = 0,5 \text{ MPL} = 0,5 \cdot 15 = 7,5 \text{ kg}$

$M_{tip} = 0,5$

→ $v_i = M_{tip} \cdot \sqrt{\gamma R T}$ $\left\{ \begin{array}{l} \gamma = 1,4 \\ R = 287 \frac{\text{m}^2}{\text{K} \cdot \text{K}} \end{array} \right.$ (i) → $v_i = 0,5 \cdot \sqrt{1,4 \cdot 287 \cdot 273,15} = 166,24 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

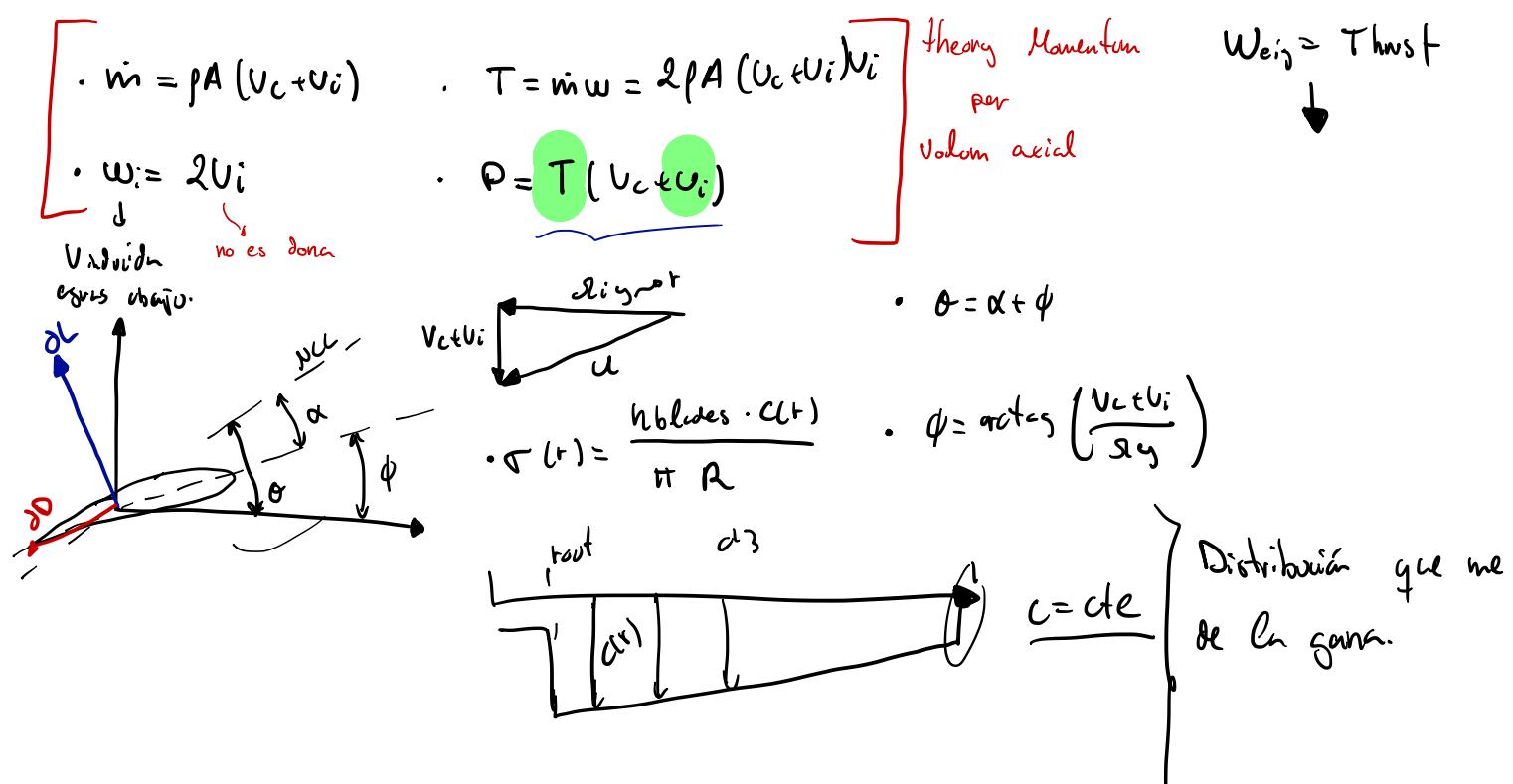
→ $T(h) = T_0 + \alpha(h - h_0)$ $\left\{ \begin{array}{l} T(2000) = 283,15 + (-6,5) \cdot 2 = 275,15 \text{ K} \quad (2,15^\circ) \\ h_0 = 0, T_0 = 283,15 \text{ K} \end{array} \right.$ (ii)
trapos forma

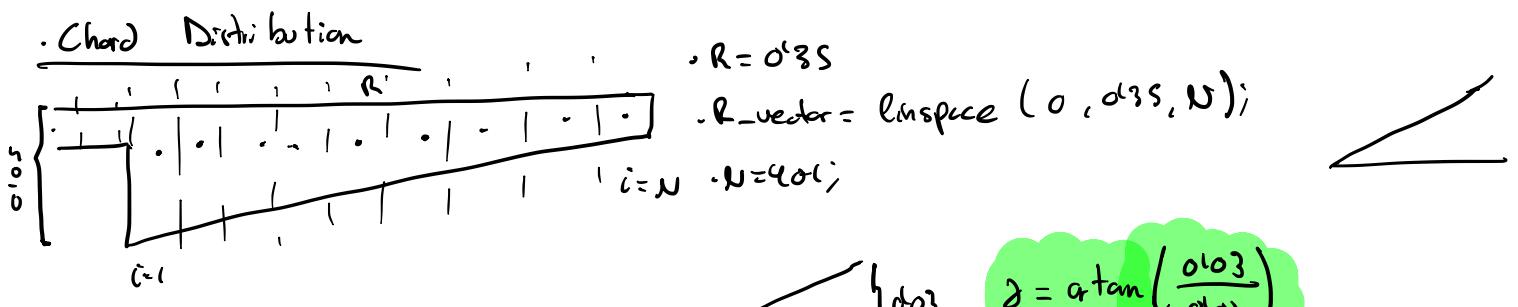
→ $\dot{\omega}_i$ (de disseny) = $\frac{v_i}{R} = 554,164 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \rightarrow \frac{1 \text{ rev}}{2\pi \text{ rad}} \cdot \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 5291,87 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \approx 5300 \frac{\text{rev}}{\text{min}}$

• Llei de Cordes $\theta(r)$, solidesa $\sigma(t)$

• Teoria del rotor ideal (angle d'atac de disseny sigui el de maximum efficiència).

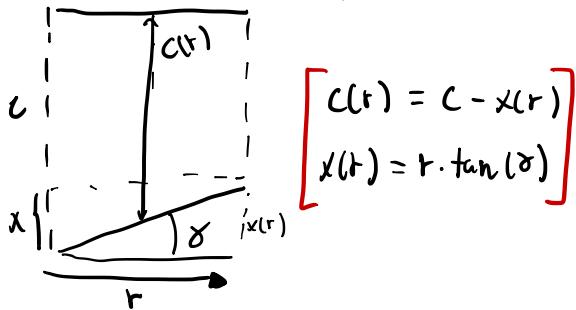
• Applying momentum theory:



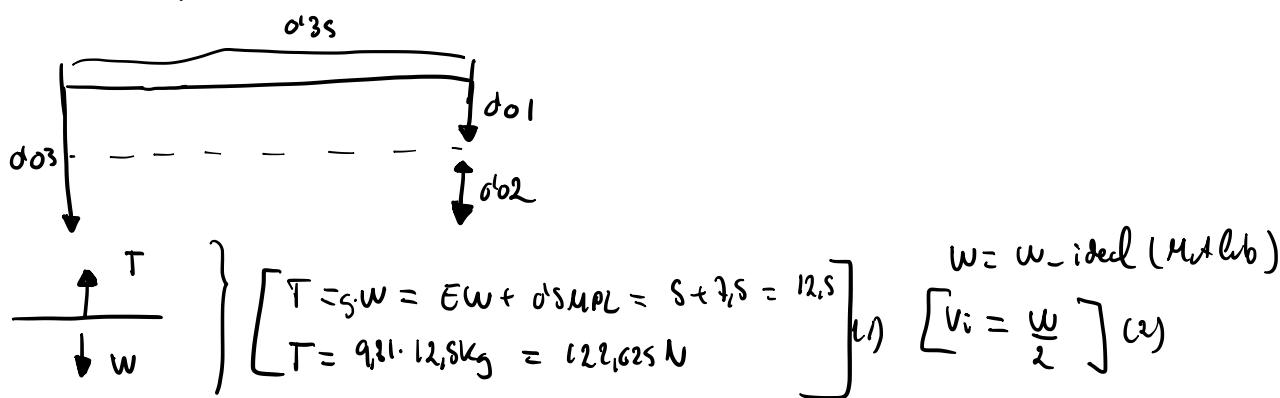


$\rightarrow C_{\text{start}} = 0.05 \text{ m} \rightarrow C_{\text{tip}} = 0.01 \text{ m};$

$\gamma = \arctan\left(\frac{0.03}{0.01}\right)$



$\frac{N=401}{0.03 - 0.01} = \Delta x = 5 \cdot 10^{-5}$

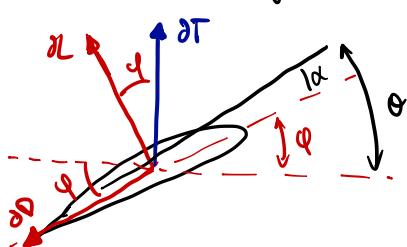


$\cdot T = m \omega \rightarrow m = \frac{T}{\omega} \quad (3) ; \rightarrow \frac{m}{\rho A} = v_c + v_i \rightarrow \left[v_c = \frac{m}{\rho A} - v_i \right] \quad (4)$

$\cdot \theta = \alpha|_{\text{max eff}} + \phi = \alpha|_{\text{max eff}} + \arctan\left(\frac{v_c + v_i}{\omega y}\right) \quad (5)$

Segunda parte

Tercer BEM \rightarrow preguntar cual es la velocidad que tenemos.

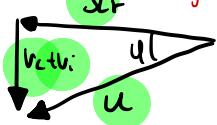


$\partial T = W = \int \partial F_z = \partial L \cos(\varphi) - \partial D \sin(\varphi)$

teniendo $dy = dr \rightarrow$ longitudinal.

$\left\{ \begin{array}{l} \partial L = \frac{1}{2} \rho u^2 c \partial L \partial y \\ \partial D = \frac{1}{2} \rho u^2 c \partial D \partial y \end{array} \right\}$

$F_z = W - \int \partial F_z \rightarrow W(\text{peso}) - \frac{1}{2} \rho u^2 \int_{dr} [c L(\alpha) \cdot c(r) \cdot dr \cdot \cos(\varphi) - c d(\alpha) \cdot c(r) \cdot dr \cdot \sin(\varphi)]$



$\sin(\varphi) = \frac{v_c + v_i}{u}; \cos(\varphi) = \frac{\partial r}{u};$

$u = \sqrt{(v_c + v_i)^2 + (\partial r)^2}$

Demas de las incognitas

(segundo peso)

- 1) BEM (v_c, α)
- 2) MTH (L, σ)

Cálculo de Velocidades - tránsito de BEM

A partir de BEM podemos llegar a la ecuación:

$$\frac{-q\lambda_i(\lambda_c + \lambda_i) \cdot r}{\partial C_T} = \frac{\sigma}{2} (r^2 + (\lambda_c + \lambda_i)^2) \left[C_L(\alpha) \cdot \cos(\phi) - C_D(\alpha) \cdot \sin(\phi) \right] \quad \left. \begin{array}{l} \phi = \arctan \left(\frac{\lambda_c + \lambda_i}{r} \right) \\ \alpha = \theta - \phi \end{array} \right\}$$

$$\cdot \partial C_T = \lambda_i \cdot (\lambda_c + \lambda_i) \cdot \frac{r}{R} \quad (1)$$

$$\cdot \partial C_{F_2} = \frac{n \cdot C_L(\alpha)}{\pi R} \cdot \left(\frac{r}{R} + (\lambda_c + \lambda_i)^2 \right) \left[C_L(\alpha) \cdot \cos \left(\alpha \tan \left(\frac{\lambda_c + \lambda_i}{r} \cdot R \right) \right) - C_D(\alpha) \cdot \sin \left(\alpha \tan \left(\frac{\lambda_c + \lambda_i}{r} \cdot R \right) \right) \right] \quad (2)$$

$$\cdot \alpha = \theta - \phi \quad (\text{preguntar si } \alpha \text{ de XFCRS es } \alpha \text{ o } \underline{\alpha})$$

Preguntar si λ_c es constante o no que hay que calcular es λ_i

→ Un ves dados resueltos.

$\delta F_2 = \delta C_{F_2} - \delta C_T$ y aplicar teorema de Biot-Savart para encontrar λ_i , despues MTH → encontrar fuerzas. y $\underline{\underline{F}}$

→ Necesitamos imponer primero la onda y después el intervalo

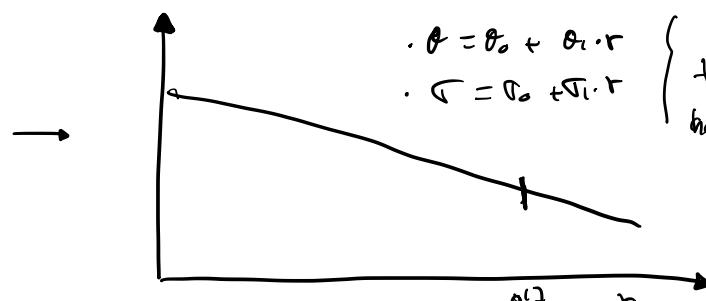
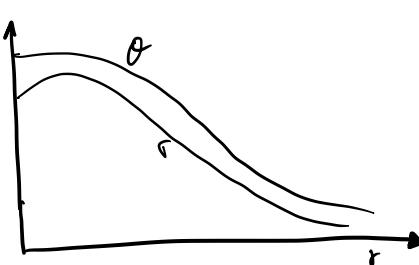
Implementación de $F_i(x)$

$$F_i(\text{adim}) = \frac{\omega}{(2\pi)^2 \pi R^2 \rho} - \int_0^r \delta C_{F_2} \left(\frac{\omega}{2\pi}, \lambda_i \right) \cdot \sum C_F \cdot \Delta r$$

• Pasar el -poliprop por referencia const.

→) Dibujar el rotor optim:

$$\left. \begin{array}{l} \lambda_i = cte \\ C_{L\text{opt}} \end{array} \right\} \rightarrow \text{MTH} \rightarrow \lambda_i(\text{optim}), \text{vel. punt fix} \rightarrow \underline{\lambda_c = \alpha}$$



→ Punts fira de rang

↳ Fer punts des de -20 fins a 45 graus → QBlade

Incloure pèrdues i compresibilitat

$$Cl = \frac{Cl(\text{incore})}{\sqrt{1 - M_{\infty}^2}} \quad (\text{correcció de Prandtl - (1) - Glauert})$$

→ Efectes de pèrdues de punts de palma

$$(4 \lambda_i (\lambda_c + \lambda_i) r) \cdot F_{(n_b, \rho, r)}$$

$$\cdot F = \frac{2}{\pi} \arccos(e^{-f}), \quad f = \frac{n_b \rho R}{2} \left(\frac{1-r}{r \varphi(r)} \right)$$

A la funció de BEM del Cl inclouen la correcció (1), ho podem utilitzar des de 0'3-0'7

$$F \uparrow \quad \downarrow \text{Pales, } \uparrow \phi$$

Per programar utilitzar el document que hi ha a antenec.

• Primer encontre σ, θ i després la corba.

$$\psi = \operatorname{atan} \left(\frac{U_c + U_i}{2g} \right) \quad \rightarrow \quad \theta = \alpha_{\text{max,eff}} + \psi(r) \quad \left. \begin{array}{l} \\ \downarrow \\ \text{L}(r) \end{array} \right\}$$

$$\Gamma(r) = \frac{n_b \cdot C(r)}{\pi R} \quad \rightarrow \quad C(r) = \frac{\sigma(r) \cdot C(R)}{n_b} \quad (\text{falta})$$

$$\left. \begin{array}{l} \rho = T \cdot (U_c + U_i) \\ \downarrow \\ T = \omega \end{array} \right\} \quad \begin{array}{l} \cdot P = \omega \left(\frac{\partial}{\partial t} (U_c + U_i) \right) \\ \cdot T = \rho A \omega \left(\frac{\partial}{\partial t} (U_c + U_i) \right) \\ \cdot U_i = \end{array}$$

$$\Gamma = \frac{\frac{d \lambda_i^2}{dr}}{r C_{\text{loop}}} \quad \rightarrow \quad \left. \begin{array}{l} \lambda_i = \frac{U_i}{2r} \\ \text{(sigma).} \end{array} \right\}$$

$$\left. \begin{array}{l} \theta^r(r) = \theta_0 + \theta_1 r \\ \sigma^r(r) = \sigma_0 + \sigma_1 r \end{array} \right\} \quad \underline{r=0'7}$$

$$\frac{d\sigma}{dr} = \frac{d\sigma^i}{dr}$$

$$\begin{aligned} & \rightarrow \theta^i(\theta^r) = \theta_0 + \theta_1 r \rightarrow \underline{\theta_0 = \theta^i(\theta^r) - \theta_1 r} \\ & \rightarrow \sigma_0 = \sigma^i(\theta^r) - \sigma_1 r \end{aligned}$$

$$\frac{d(\theta(r))}{dr} = \theta_1 = \frac{d\theta^i}{dr} ; \quad \Gamma_1^r = \frac{d\sigma^i}{dr}$$

