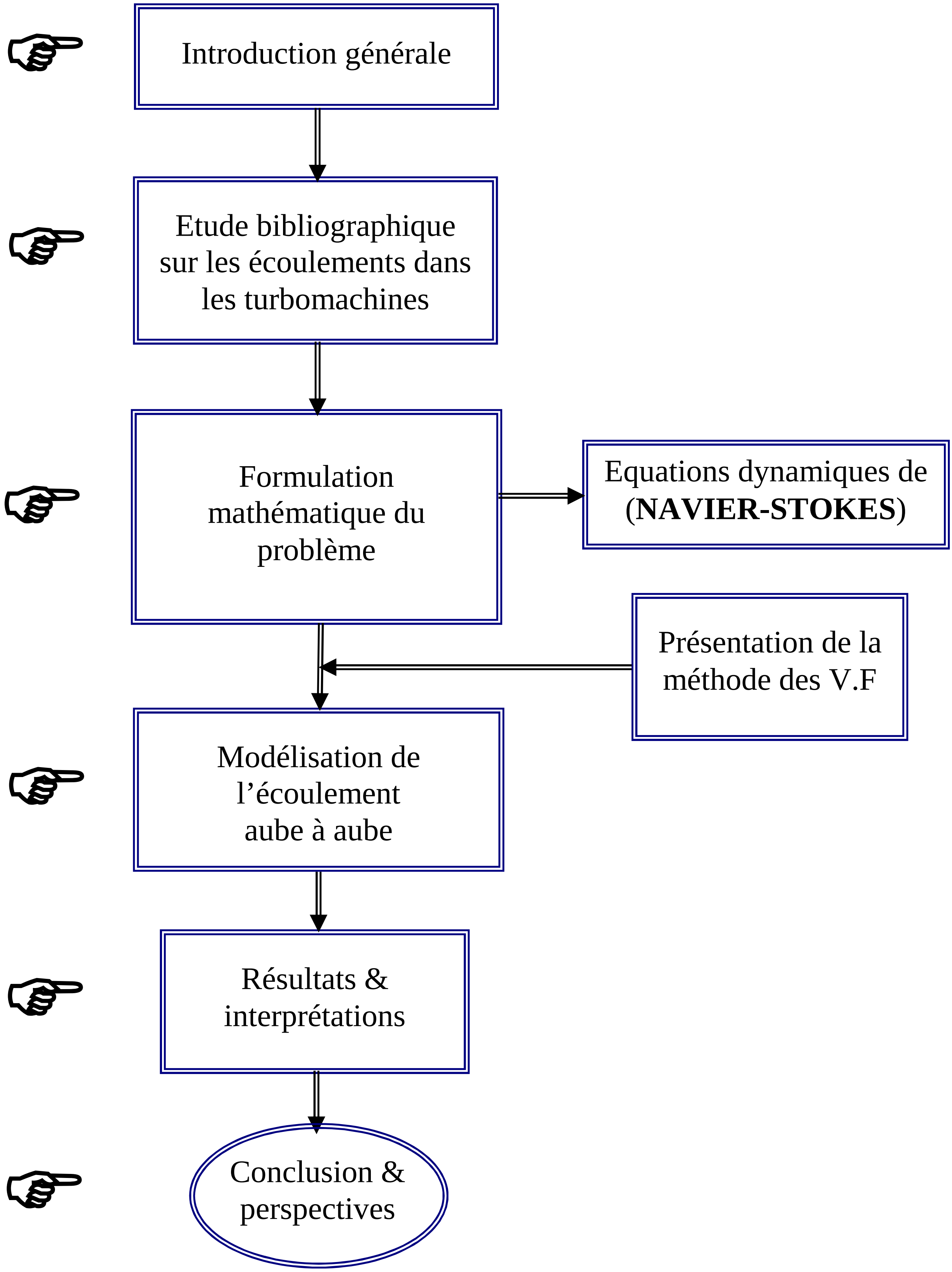
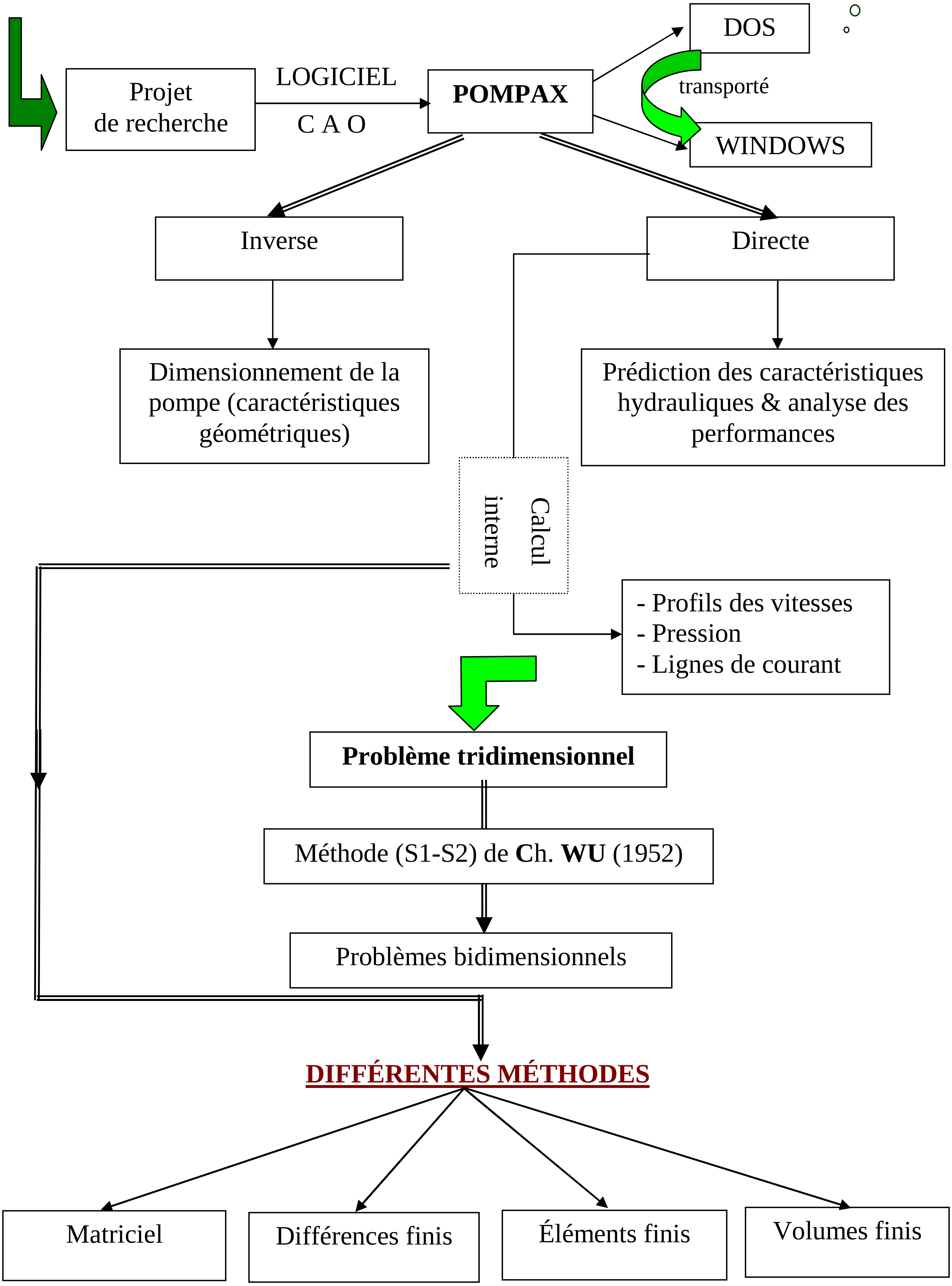
PLAN DE L'EXPOSÉ



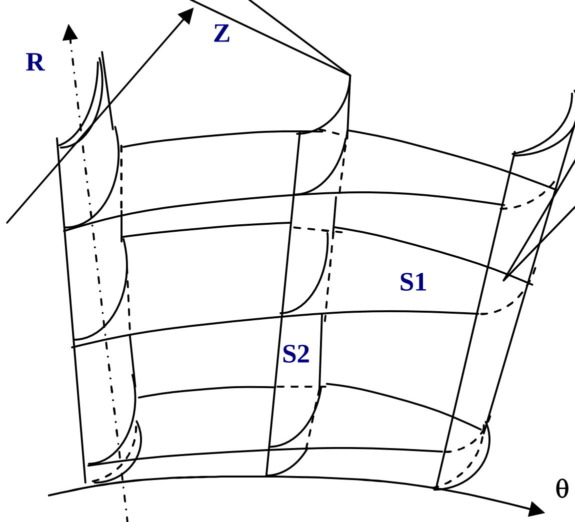
INTRODUCTION ET POSITION DU PROBLÈME



DECOMPOSITION DE L'ECOULEMENT TRIDIMENSIONNEL EN DEUX ECOULEMENTS BIDIMENSIONNELS

surfaces de courant générées par des particules situées sur une droite perpendiculaire à l'axe de rotation.

surfaces de courant générées par des particules situées sur des cercles centrés sur l'axe de rotation de la machine.



Modèle des surfaces.

⇓

Étude de l'écoulement aube-à-aube (S1).

EQUATIONS DE BASE

Changement de repère suivant

(r, rθ, z) coord. cylindriques liées à la roue → (x, y, z) coord. cartésiennes

EQUATION DE CONTINUITE

$$\frac{D\rho}{Dt} + \rho\vec{\nabla}\vec{V} = 0$$

$$\frac{D}{Dt} = \frac{\partial}{\partial t} + \vec{V}\vec{\nabla}$$

EQUATIONS DE QUANTITE DE MOUVEMENT

N = C[te] → $\gamma_{tag} = 0.$

Les équations de **NAVIER-STOKES** s'écrivent

$$\begin{cases} \rho \cdot \dfrac{Du}{Dt} = \rho \cdot f_x + \mu\left(\dfrac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \dfrac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \dfrac{\partial^2 u}{\partial z^2}\right) + \dfrac{\mu}{3} \cdot \dfrac{\partial}{\partial x} \cdot \left(\dfrac{\partial u}{\partial x} + \dfrac{\partial v}{\partial y} + \dfrac{\partial w}{\partial z}\right) - \dfrac{\partial p}{\partial x} \\ \rho \cdot \dfrac{Dv}{Dt} = \rho \cdot f_y + \mu\left(\dfrac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \dfrac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \dfrac{\partial^2 v}{\partial z^2}\right) + \dfrac{\mu}{3} \cdot \dfrac{\partial}{\partial y} \cdot \left(\dfrac{\partial u}{\partial x} + \dfrac{\partial v}{\partial y} + \dfrac{\partial w}{\partial z}\right) - \dfrac{\partial p}{\partial y} \\ \rho \cdot \dfrac{Dw}{Dt} = \rho \cdot f_z + \mu\left(\dfrac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \dfrac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \dfrac{\partial^2 w}{\partial z^2}\right) + \dfrac{\mu}{3} \cdot \dfrac{\partial}{\partial z} \cdot \left(\dfrac{\partial u}{\partial x} + \dfrac{\partial v}{\partial y} + \dfrac{\partial w}{\partial z}\right) - \dfrac{\partial p}{\partial z} \end{cases}$$

$$\rho \frac{DV}{Dt} = \rho . f_i + \mu . \Delta V - \nabla p \quad \text{i=x,y,z}$$

Hypothèses simplificatrices

- Fluide incompressible (ρ=c[te]).
- Modélisation du plan (S1) de **C**h. **WU**.
(écoulement bidimensionnel stationnaire).
- Les forces de volume sont négligées.

Equation de continuité **:**

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0$$

Equation de quantité de mouvement **:**

$$\begin{cases} \rho\left(u\dfrac{\partial u}{\partial x} + v\dfrac{\partial u}{\partial y}\right) = -\dfrac{\partial p}{\partial x} + \mu\left(\dfrac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \dfrac{\partial^2 u}{\partial y^2}\right) \\ \rho\left(u\dfrac{\partial v}{\partial x} + v\dfrac{\partial v}{\partial y}\right) = -\dfrac{\partial p}{\partial y} + \mu\left(\dfrac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \dfrac{\partial^2 v}{\partial y^2}\right) \end{cases}$$

MODÉLISATION DE L'ÉCOULEMENT AUBE A AUBE

ETUDE DU CHAMP DYNAMIQUE

$$\frac{\partial(\rho u_i)}{\partial x_i} = 0$$

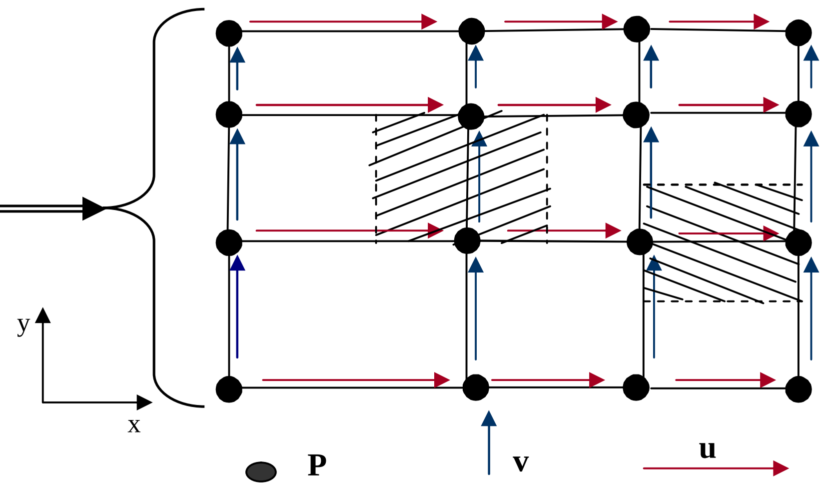
$$\rho u_i . \frac{\partial \phi}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} . (\mu \frac{\partial \phi}{\partial x_i}) + s \text{ ;i=1,2}$$

$$\phi = u, v$$

$$s = -\frac{\partial p}{\partial x_i}$$

DISCRETISATION DES EQUATIONS

MAILLAGE



Représentation du maillage décalé.

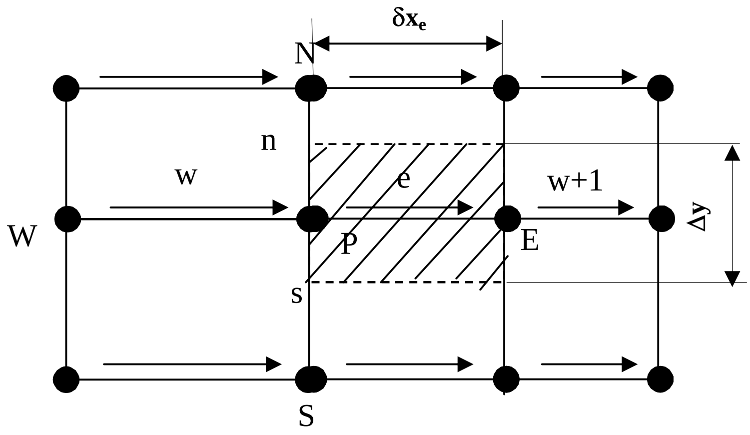
Lois du maillage

$$\Delta y = \frac{Pas}{(m_1 + 1).m_1}$$

$$\Delta y(i) = \frac{Pas(i)}{(m_1 + 1).m_1}$$

EQUATIONS DU MOUVEMENT

Composante suivant l'axe x : (ϕ=u)



Représentation du volume de contrôle -U$_e$-.

$$\rho u.\frac{\partial u}{\partial x} - \mu.\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \rho v.\frac{\partial u}{\partial y} - \mu.\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = -\frac{\partial p}{\partial x}$$

$$\frac{\partial J_x}{\partial x} + \frac{\partial J_y}{\partial y} = -\frac{\partial p}{\partial x}$$

$$\begin{cases} J_x = \rho u.u - \mu.\dfrac{\partial u}{\partial x} \\ J_y = \rho v.u - \mu.\dfrac{\partial u}{\partial y} \end{cases}$$

Intégration autour de u_e :
($\delta x_e . \Delta y$)

$$(J_{Ex} - J_{Px}).\Delta y + (J_{ny} - J_{sy}).\delta x_e = (p_P - p_E).\Delta y$$

$$\begin{cases} J_{Ex} = (\rho u)_E . u_E - \left(\mu.\dfrac{\partial u}{\partial x}\right)_E \\ J_{Px} = (\rho u)_P . u_P - \left(\mu.\dfrac{\partial u}{\partial x}\right)_P \\ J_{ny} = (\rho v)_n . u_n - \left(\mu.\dfrac{\partial u}{\partial y}\right)_n \\ J_{sy} = (\rho v)_s . u_s - \left(\mu.\dfrac{\partial u}{\partial y}\right)_s \end{cases}$$

l'équation discrétisée devient

$$a_e u_e = a_w u_w + a_{w+1} u_{w+1} + a_n u_n + a_s u_s + (p_p - p_E) A_e$$

avec :

$$\begin{cases} a_w = D_{Px} \cdot A(|R_{e\,Px}|) + [\![F_{Px}, 0]\!] \\ a_{w+1} = D_{Ex} \cdot A(|R_{e\,Ex}|) + [\![-F_{Ex}, 0]\!] \\ a_s = [\![F_{sy}, 0]\!] \\ a_n = [\![-F_{ny}, 0]\!] \\ a_e = a_w + a_{w+1} + a_s + a_n \end{cases}$$

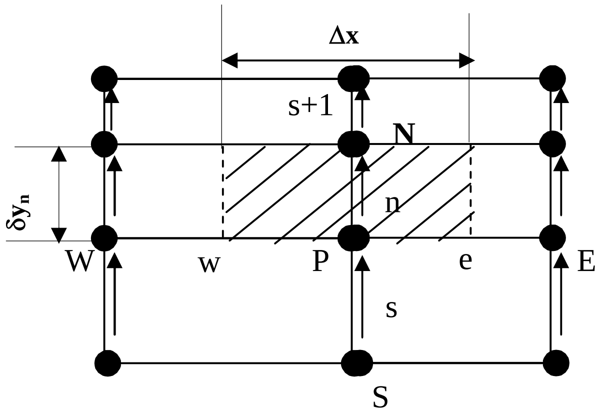
et

$$\begin{cases} D_{Ex} = \left(\dfrac{\mu_E}{\Delta x}\right)\delta y_n \quad ; \quad F_{Ex} = (\rho u)_E . \delta y_n \\ D_{Px} = \left(\dfrac{\mu_P}{\Delta x}\right)\delta y_n \quad ; \quad F_{Px} = (\rho u)_P . \delta y_n \\ D_{Ny} = \left(\dfrac{\mu_N}{\Delta y}\right)\delta x_e \quad ; \quad F_{ny} = (\rho v)_n . \delta x_e \\ D_{Py} = \left(\dfrac{\mu_P}{\Delta y}\right)\delta x_e \quad ; \quad F_{sy} = (\rho v)_s . \delta x_e \\ R_{e_{Px}} = \dfrac{F_{Px}}{D_{Px}} \\ R_{e_{Ex}} = \dfrac{F_{Ex}}{D_{Ex}} \end{cases}$$

forme générale

$$a_e u_e = \sum a_{nb} u_{nb} + A_e (p_P - p_E)$$

Composante suivant l'axe y : (ϕ=v)



Représentation du volume de contrôle –V_n-.

$$\rho u.\frac{\partial v}{\partial x} - \mu.\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \rho v.\frac{\partial v}{\partial y} - \mu.\frac{\partial^2 v}{\partial y^2} = -\frac{\partial p}{\partial y}$$

$$\frac{\partial J_x}{\partial x} + \frac{\partial J_y}{\partial y} = -\frac{\partial p}{\partial y}$$

Intégration autour de v_n :
($\Delta x.\delta y_n$)

$$\begin{cases} J_x = \rho u.v - \mu.\dfrac{\partial v}{\partial x} \\ J_y = \rho v.v - \mu.\dfrac{\partial v}{\partial y} \end{cases}$$

$$(J_{ex} - J_{wx}).\delta y_n + (J_{Ny} - J_{py}).\Delta x = (p_P - p_N).\Delta x$$

avec :

$$\begin{cases} J_{ex} = (\rho u)_e.v_e - \left(\mu.\dfrac{\partial v}{\partial x}\right)_e \\ J_{wx} = (\rho u)_w.v_w - \left(\mu.\dfrac{\partial v}{\partial x}\right)_w \\ J_{Ny} = (\rho v)_N.v_N - \left(\mu.\dfrac{\partial v}{\partial y}\right)_N \\ J_{Py} = (\rho v)_P.v_P - \left(\mu.\dfrac{\partial v}{\partial y}\right)_P \end{cases}$$

l'équation discrétisée devient

$$a_n v_n = a_{s+1} v_{s+1} + a_s v_s + a_e v_e + a_w v_w + (p_P - p_N) A_n$$

avec :

$$\begin{cases} a_w = [\![F_{wx}, 0]\!] \\ a_s = D_{Py} \cdot A(|R_{e\,Py}|) + [\![F_{Py}, 0]\!] \\ a_e = [\![-F_{ex}, 0]\!] \\ a_{s+1} = D_{Ny} \cdot A(|R_{e\,Ny}|) + [\![F_{Ny}, 0]\!] \\ a_n = a_w + a_s + a_{s+1} + a_e \end{cases}$$

et

$$\begin{cases} D_{Ex} = \left(\dfrac{\mu_E}{\Delta x}\right)\delta y_n \quad ; \quad F_{ex} = (\rho u)_e . \delta y_n \\ D_{Px} = \left(\dfrac{\mu_P}{\Delta x}\right)\delta y_n \quad ; \quad F_{wx} = (\rho u)_w . \delta y_n \\ D_{Ny} = \left(\dfrac{\mu_N}{\Delta y}\right)\delta x_e \quad ; \quad F_{Ny} = (\rho v)_N . \delta x_e \\ D_{Py} = \left(\dfrac{\mu_P}{\Delta y}\right)\delta x_e \quad ; \quad F_{Py} = (\rho v)_P . \delta x_e \\ R_{e_{Py}} = \dfrac{F_{Py}}{D_{Py}} \\ R_{e_{Ny}} = \dfrac{F_{Ny}}{D_{Ny}} \end{cases}$$

forme générale

$$a_n v_n = \sum a_{nb} v_{nb} + A_n (p_P - p_N)$$

système

$$\begin{cases} a_e u_e = \sum a_{nb} u_{nb} + A_e (p_P - p_E) \qquad (1) \\ a_n v_n = \sum a_{nb} v_{nb} + A_n (p_P - p_N) \qquad (2) \end{cases}$$

P connue → (u, v) connues

Choix initial

$\overset{*}{p}$ → $(\overset{*}{u}, \overset{*}{v})$

$$\begin{cases} a_e \overset{*}{u}_e = \sum a_{nb} \overset{*}{u}_{nb} + A_e(\overset{*}{p}_P - \overset{*}{p}_E) & (1) \\ a_n \overset{*}{v}_n = \sum a_{nb} \overset{*}{v}_{nb} + A_n(\overset{*}{p}_P - \overset{*}{p}_N) & (2) \end{cases}$$

et

$$\begin{cases} p = \overset{*}{p} + p' & (1) \\ u = \overset{*}{u} + u' & (2) \\ v = \overset{*}{v} + v' & (3) \end{cases}$$

$$a_e u'_e = \sum a_{nb} u'_{nb} + A_e(p'_P - p'_E)$$

Algorithme de **SIMPLE**

$$\sum a_{nb} u'_{nb} \approx 0.$$

FORMULES DE CORRECTION DES VITESSES

$$u'_e = d_e(p'_P - p'_E)$$

$$d_e = \frac{A_e}{a_e}$$

$$u'_w = d_w(p'_P - p'_W)$$

$$d_w = \frac{A_w}{a_w}$$

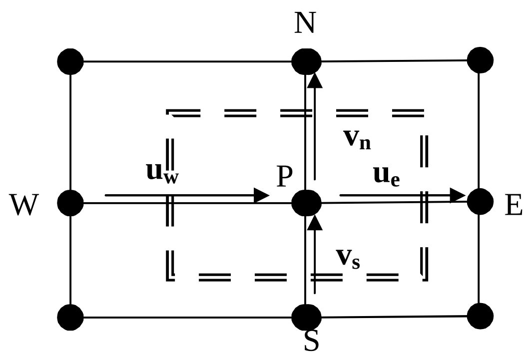
$$\begin{cases} u_e = \overset{*}{u}_e + d_e(p'_P - p'_E) \\ u_w = \overset{*}{u}_w + d_w(p'_P - p'_W) \end{cases} \quad \text{et} \quad \begin{cases} v_n = \overset{*}{v}_n + d_n(p'_P - p'_N) \\ v_s = \overset{*}{v}_s + d_s(p'_P - p'_S) \end{cases}$$

$$\begin{cases} d_n = \dfrac{A_n}{a_n} \\ d_s = \dfrac{A_s}{a_s} \end{cases}$$

ÉQUATION DE CORRECTION DE PRESSION

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} = 0$$

Intégration



***Représentation du volume de contrôle total*.**

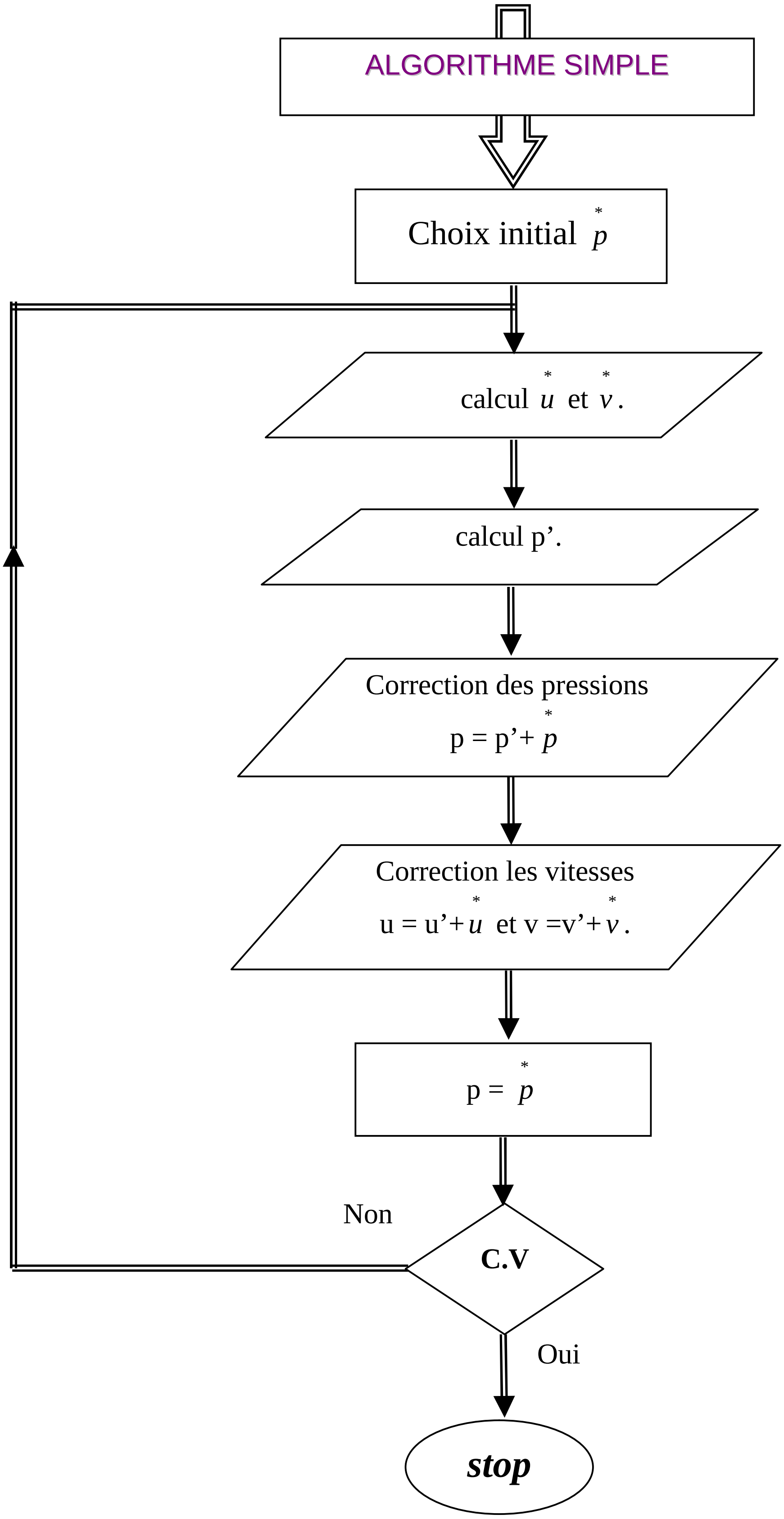
$$\{(\rho u)_e - (\rho u)_w\}\Delta y + \{(\rho v)_n - (\rho v)_s\}\Delta x = 0$$

$$\begin{cases} \left\{\rho_e(\overset{*}{u}_e + d_e(p'_P - p'_E)) - \rho_w(\overset{*}{u}_w + d_w(p'_P - p'_W))\right\}.\Delta y \\ + \left\{\rho_n(\overset{*}{v}_n + d_n(p'_P - p'_N)) - \rho_s(\overset{*}{v}_s + d_s(p'_P - p'_S))\right\}.\Delta x = 0 \end{cases}$$

$$a_P p'_p = a_E p'_E + a_W p'_W + a_N p'_N + a_S p'_S + b$$

$$\begin{cases} a_E = \rho_e \cdot d_e \cdot \Delta y \\ a_N = \rho_n \cdot d_n \cdot \Delta x \\ a_W = \rho_w \cdot d_w \cdot \Delta y \\ a_S = \rho_s \cdot d_s \cdot \Delta x \\ a_P = a_E + a_W + a_N + a_S \\ b = \left\{ (\rho \overset{*}{u})_w - (\rho \overset{*}{u})_e \right\} \Delta y + \left\{ (\rho \overset{*}{v})_s - (\rho \overset{*}{v})_n \right\} \Delta x \end{cases}$$

REMARQUE


ALGORITHME SIMPLE
Choix initial $\overset{*}{p}$
calcul $\overset{*}{u}$ et $\overset{*}{v}$.
calcul p'.
Correction des pressions
p = p'+ $\overset{*}{p}$
Correction les vitesses
u = u'+$\overset{*}{u}$ et v =v'+$\overset{*}{v}$.
p = $\overset{*}{p}$
Non
C.V
Oui
stop

COMMENT FAIT-ON LE CHOIX DES PRESSIONS ?

ALGORITHME SIMPLER *(PATANKAR 1979),*

un choix initial $\overset{*}{u}$ et $\overset{*}{v}$

$$\begin{cases} \hat{u} = \dfrac{\sum a_{nb}\, \overset{*}{u}_{nb}}{a_e} \\ \hat{v} = \dfrac{\sum a_{nb}\, \overset{*}{v}_{nb}}{a_n} \end{cases}$$

$$\begin{cases} u_e = \hat{u}_e + d_e(p_P - p_E) \\ u_w = \hat{u}_w + d_w(p_P - p_W) \\ v_n = \hat{v}_n + d_n(p_P - p_N) \\ v_s = \hat{v}_s + d_s(p_P - p_S) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \left\{\rho_e(\hat{u}_e + d_e(p_P - p_E)) - \rho_w(\hat{u}_w + d_w(p_P - p_W))\right\}.\Delta y \\ + \left\{\rho_n(\hat{v}_n + d_n(p_P - p_N)) - \rho_s(\hat{v}_s + d_s(p_P - p_S))\right\}.\Delta x = 0 \end{cases}$$

EQUATION DE PRESSION

$$a_P p_p = a_E p_E + a_W p_W + a_N p_N + a_S p_S + b$$

$$\begin{cases} a_E = \rho_e \cdot d_e \cdot \Delta y \\ a_N = \rho_n \cdot d_n \cdot \Delta x \\ a_W = \rho_w \cdot d_w \cdot \Delta y \\ a_S = \rho_s \cdot d_s \cdot \Delta x \\ a_P = a_E + a_W + a_N + a_S \\ b = \left\{ (\rho \hat{u})_w - (\rho \hat{u})_e \right\} \Delta y + \left\{ (\rho \hat{v})_s - (\rho \hat{v})_n \right\} \Delta x \end{cases}$$

EQUATION DE LA FONCTION DE COURANT

$$\begin{cases} \dfrac{\partial \psi}{\partial x} = -\rho.B.v & \rightarrow (1) \\ \dfrac{\partial \psi}{\partial y} = \rho.B.u & \rightarrow (2) \end{cases}$$

CALCUL DE LA FONCTION DE COURANT

↓

Calcul de la 1[ière] valeur de ψ / x

$$\psi_P - \psi_S = \rho_s.u_s.\Delta y \quad \rightarrow \quad \psi_P = \psi_S + \rho_s.u_s.\Delta y$$

↓

Calcul des valeurs de ψ / x

$$\psi_E - \psi_P = -\rho_e.u_e.\Delta x \quad \rightarrow \quad \psi_E = \psi_P - \rho_e.u_e.\Delta x$$

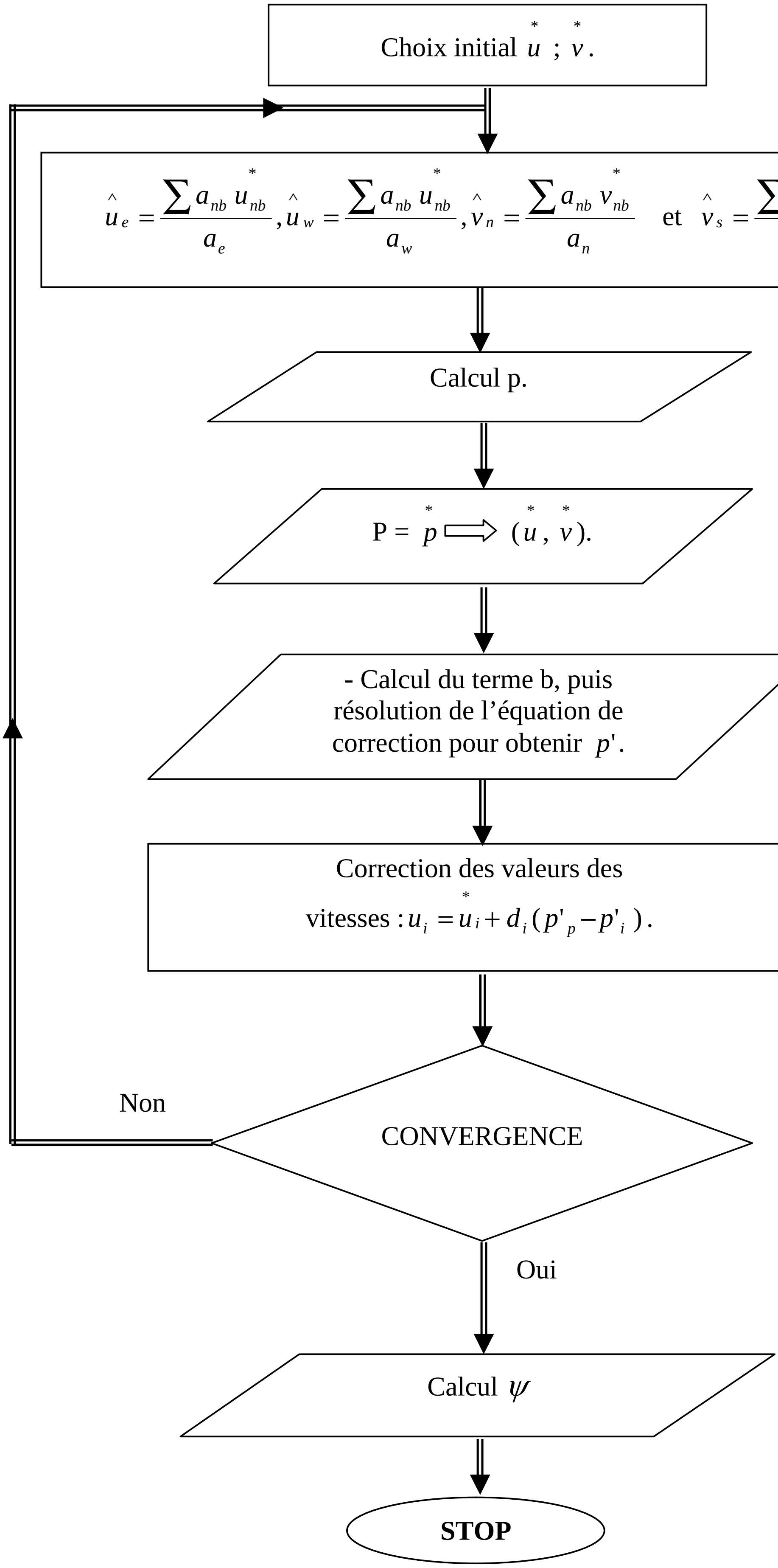
densité et viscosité dynamique aux interfaces

↓

$$\begin{cases} \mu_e = f_e.\mu_E + (1 - f_e).\mu_P \\ \rho_e = f_e.\rho_E + (1 - f_e).\rho_P \end{cases}$$

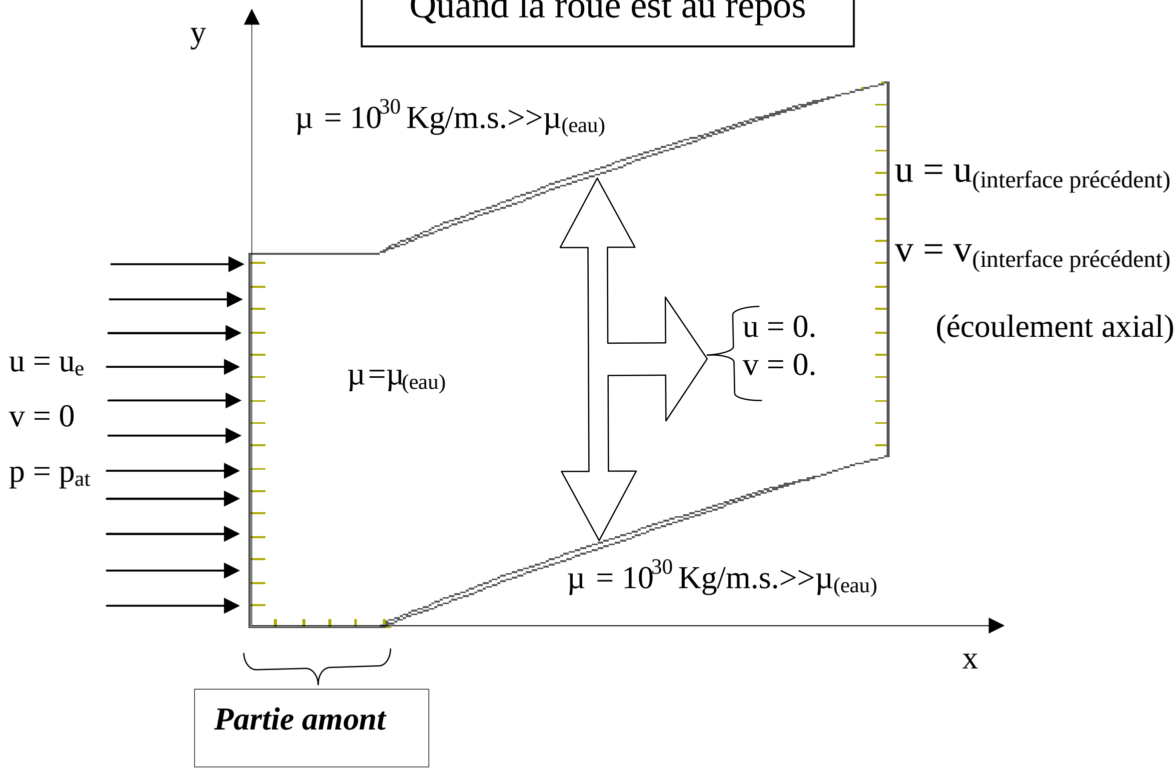
$$f_e = \frac{\Delta x}{2.(\delta x_e)}$$

DIFFERENTES ETAPES DE L'ALGORITHME–SIMPLER-

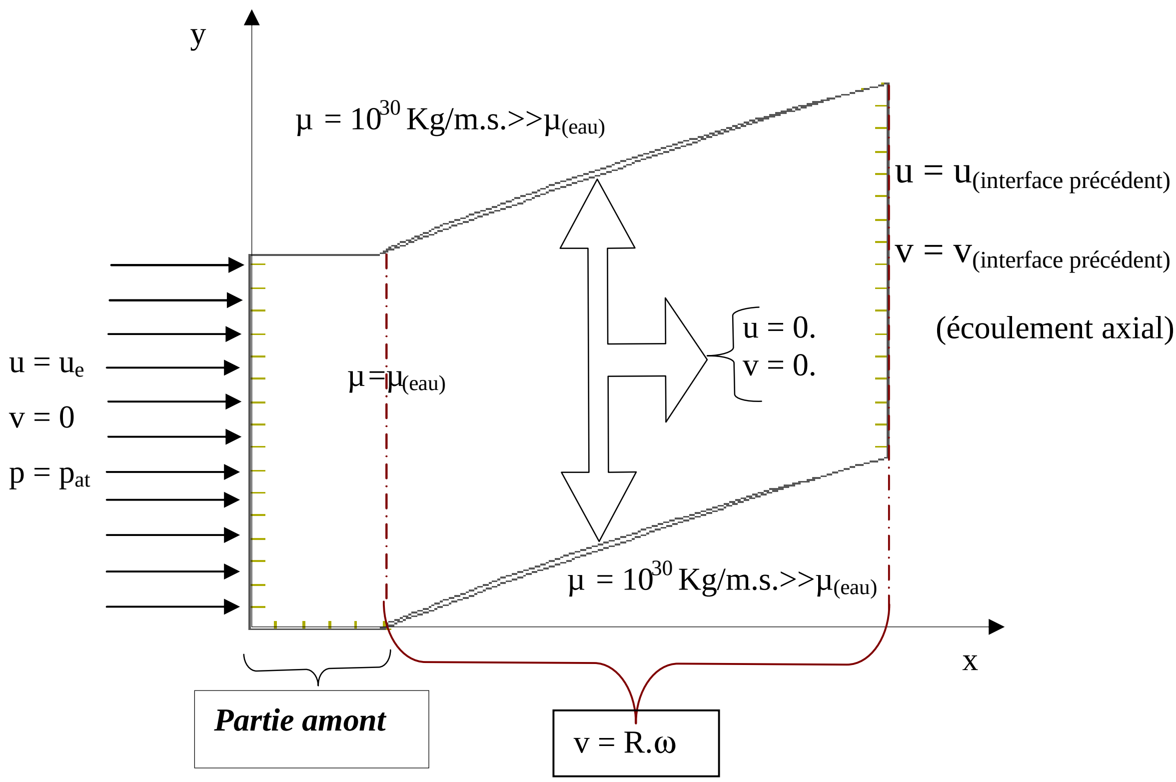


CONDITIONS AUX LIMITES

Quand la roue est au repos



Quand la roue est en rotation avec une vitesse N



RÉSOLUTION DES ÉQUATIONS ALGÉBRIQUES

MÉTHODE DE T.D.M.A

RELAXATION PAR BLOC

$$A_{i,j}\,\phi_{i,j}=B_{i,j}\,\phi_{i+1,j}+C_{i,j}\,\phi_{i-1,j}+D_{i,j}\,\phi_{i,j+1}+E_{i,j}\,\phi_{i,j-1}$$ i=1,L, j=1,M

A une itération donnée

$$\phi_{i,j}=\overset{*}{\phi}_{i,j}+\alpha.\phi'_j$$

$\overset{*}{\phi}_{i,j}$ la valeur trouvée au nœud i,j.

$\phi_{i,j}$ la valeur corrigée.

ϕ'_j le terme de correction pour le bloc j.

POUR UN BLOC J=1 :

$$\begin{cases} A_{1,1}\left[\overset{*}{\phi}_{1,1}+\phi'_1\right]=B_{1,1}\left[\overset{*}{\phi}_{2,1}+\phi'_1\right]+C_{1,1}\left[\quad\right]+D_{1,1}\left[\overset{*}{\phi}_{3,1}+\phi'_1\right]+E_{1,1}\left[\quad\right] \\ A_{2,1}\left[\overset{*}{\phi}_{2,1}+\phi'_1\right]=B_{2,1}\left[\overset{*}{\phi}_{3,1}+\phi'_1\right]+C_{2,1}\left[\overset{*}{\phi}_{1,1}+\phi'_1\right]+D_{2,1}\left[\overset{*}{\phi}_{2,2}+\phi'_1\right]+E_{2,1}\left[\quad\right] \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ A_{L-1,1}\left[\overset{*}{\phi}_{L-1,1}+\phi'_1\right]=B_{L-1,1}\left[\overset{*}{\phi}_{L,1}+\phi'_1\right]+C_{L-1,1}\left[\overset{*}{\phi}_{L-2,1}+\phi'_1\right]+D_{L-1,1}\left[\overset{*}{\phi}_{L-1,2}+\phi'_1\right]+E_{L-1,1}\left[\quad\right] \\ A_{L,1}\left[\overset{*}{\phi}_{L,1}+\phi'_1\right]=B_{L,1}\left[\quad\right]+C_{L,1}\left[\overset{*}{\phi}_{L-1,1}+\phi'_1\right]+D_{L,1}\left[\overset{*}{\phi}_{L,2}+\phi'_1\right]+E_{L,1}\left[\quad\right] \end{cases}$$

$\sum$ des équations

$$\begin{cases} \sum_1^L\left[A_{i,1}-B_{i,1}-C_{i,1}\right]\phi'_1=\sum_1^L D_{i,1}.\phi'_2+\sum_1^L E_{i,1}.[\quad]+ \\ \left\{\sum_1^L\left(B_{i,1}.\overset{*}{\phi}_{i+1,1}+C_{i,1}.\overset{*}{\phi}_{i-1,1}+D_{i,1}.\overset{*}{\phi}_{i,2}+E_{i,1}.[\quad]-A_{i,1}\,\overset{*}{\phi}_{i,1}\right)\right\} \end{cases}$$

POUR UN BLOC J :

$$\begin{cases} \sum_{1}^{L}\left[A_{i,j}-B_{i,j}-C_{i,j}\right]\phi'_j=\sum_{1}^{L}D_{i,j}.\phi'_{j+1}+\sum_{1}^{L}E_{i,j}.\phi'_{j-1}+ \\ \left\{\sum_{1}^{L}(B_{i,j}.\overset{*}{\phi}_{i+1,j}+C_{i,j}.\overset{*}{\phi}_{i-1,j}+D_{i,j}.\overset{*}{\phi}_{i,j+1}+E_{i,j}.\overset{*}{\phi}_{i,j-1}-A_{i,j}\,\overset{*}{\phi}_{i,j})\right\} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \alpha_j=\sum_{1}^{L}\left[A_{i,j}-B_{i,j}-C_{i,j}\right] \\ \beta_j=\sum_{1}^{L}E_{i,j} \\ \gamma_j=\sum_{1}^{L}D_{i,j} \\ \delta_j=\left\{\sum_{1}^{L}(B_{i,j}.\overset{*}{\phi}_{i+1,j}+C_{i,j}.\overset{*}{\phi}_{i-1,j}+D_{i,j}.\overset{*}{\phi}_{i,j+1}+E_{i,j}.\overset{*}{\phi}_{i,j-1}-A_{i,j}\,\overset{*}{\phi}_{i,j})\right\} \end{cases}$$

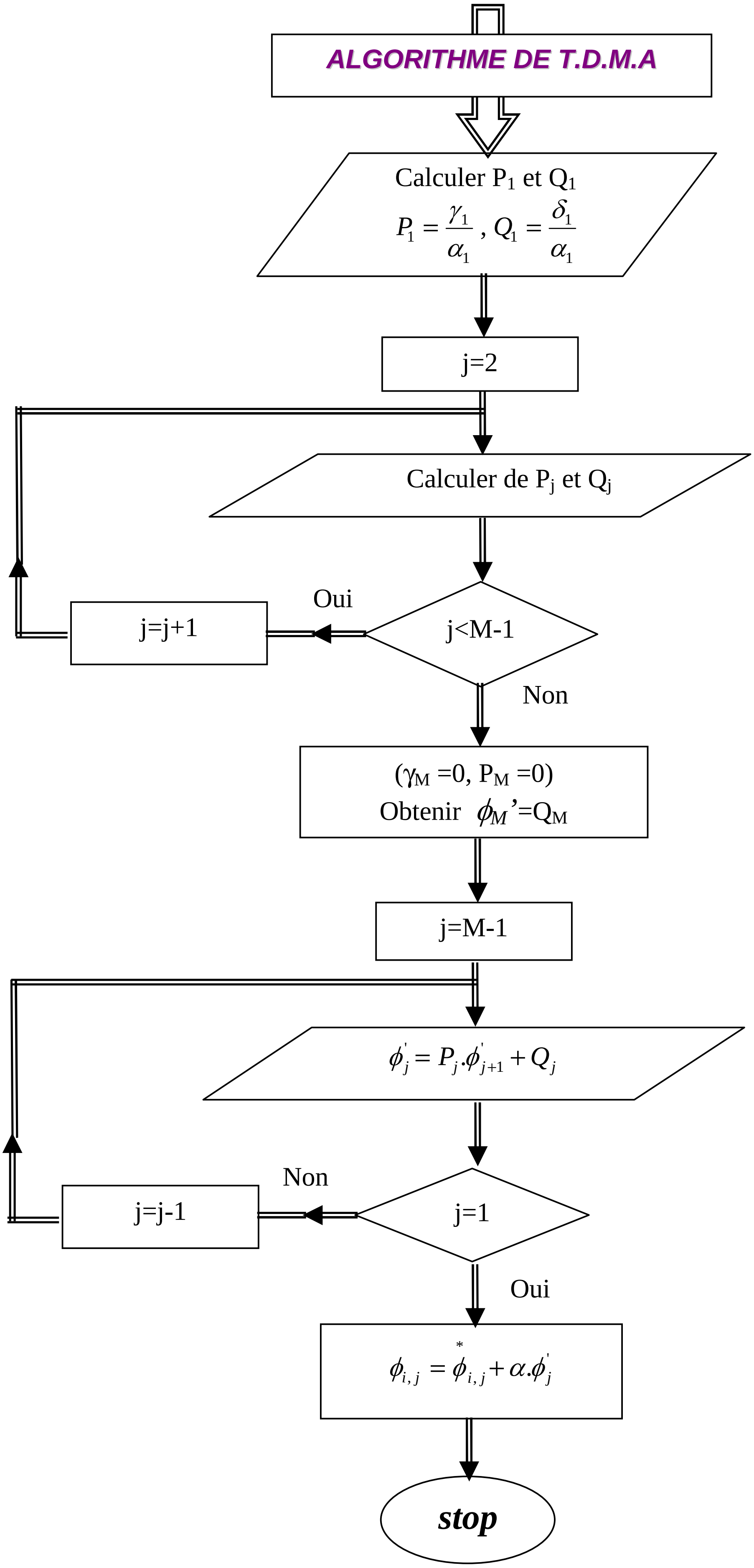
système tridiagonal
(T.D.M.A)

$$\begin{cases} \alpha_1.\phi'_1=\beta_1.[\quad]+\gamma_1.\phi'_2+\delta_1 \\ \alpha_2.\phi'_2=\beta_2.\phi'_1+\gamma_2.\phi'_3+\delta_2 \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ \alpha_{M-1}.\phi'_{M-1}=\beta_{M-1}.\phi'_{M-2}+\gamma_{M-1}.\phi'_M+\delta_{M-1} \\ \alpha_M.\phi'_M=\beta_M.\phi'_{M-1}+\gamma_M.[\quad]+\delta_M \end{cases}$$

RESOLUTION DE **T.D.M.A**

Formule de récurrence

$$\begin{cases} \phi'_j=P_j.\phi'_{j+1}+Q_j \\ \text{où :} \\ P_j=\dfrac{\gamma_j}{\alpha_j-\beta_j.P_{j-1}} \\ Q_j=\dfrac{\delta_j+\beta_j.Q_{j-1}}{\alpha_j-\beta_j.P_{j-1}} \end{cases}$$


ALGORITHME DE T.D.M.A
Calculer P_1 et Q_1
$P_1 = \frac{\gamma_1}{\alpha_1}$, $Q_1 = \frac{\delta_1}{\alpha_1}$
j=2
Calculer de P_j et Q_j
j<M-1
Oui
j=j+1
Non
(γ_M =0, P_M =0)
Obtenir ϕ_M'=Q_M
j=M-1
$\phi'_j = P_j.\phi'_{j+1} + Q_j$
j=1
Non
j=j-1
Oui
$\phi_{i,j} = \overset{*}{\phi}_{i,j} + \alpha.\phi'_j$
stop

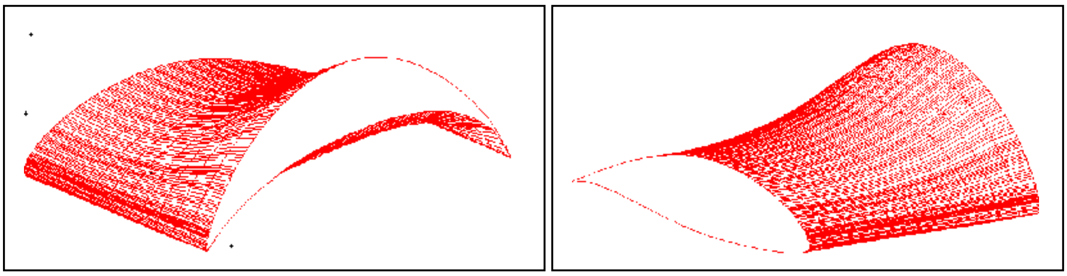
CARACTERISTIQUES DE LA POMPE DE RÉFÉRENCE

Q=0.5160 m^3/s. U=8.548 m/s. N=1450 tr/mn. Nr=4. Ns=5.

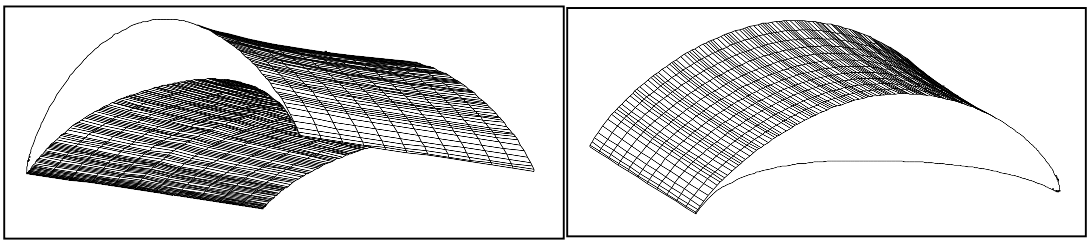
CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉTRIQUES

	Rotor			*Stator*		
Rayon (m)	***Corde(m)***	γ (°)	δ	***Corde(m)***	γ (°)	δ
R_i=0.0727	0.1569	24.61	1.39	0.1360	20.68	1.50
R_m=0.1110	0.1547	52.67	0.89	0.1353	16.23	0.97
R_s=0.1517	0.1641	63.33	0.69	0.1564	12.57	0.83

$$Pas = \frac{corde}{sigma}$$



Vues 3D d'une aube de rotor calculée avec « POMPAX »



Vues 3D d'une aube de stator calculée avec « POMPAX »

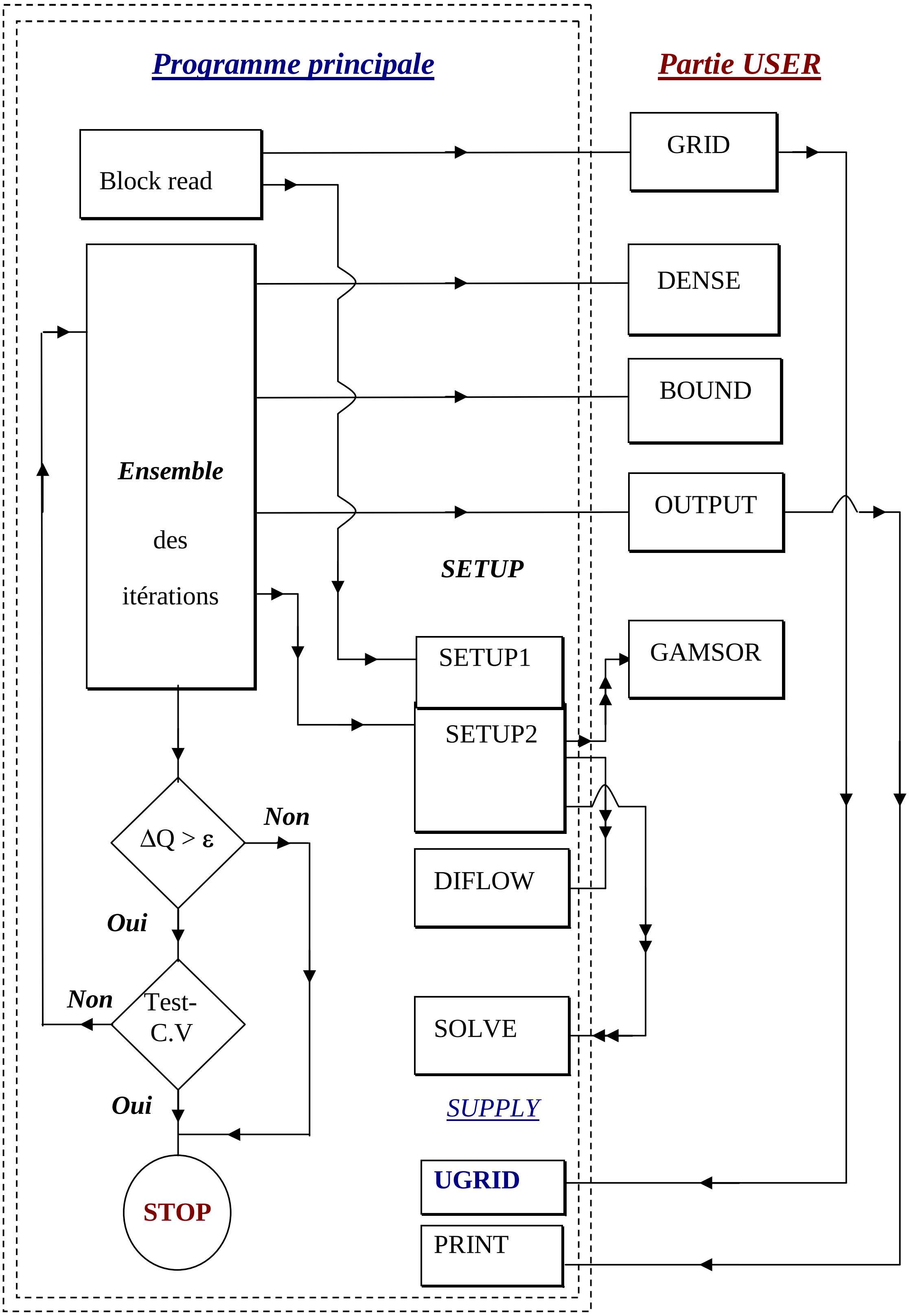
Vues tridimensionnelles des aubes de la pompe.

		u_e=4.274 m/s		u_e=17.097 m/s	
Rayon (m)	***Pas (m)***	R_e	q (m^2/s)	R_e	q (m^2/s)
R_i=0.0727	0.1129	54217	0.4825	216869	1.9301
R_m=0.1110	0.1738	83463	0.4728	333852	2.9712
R_s=0.1517	0.2378	114197	1.0164	456790	4.0654

q : est le débit par unité de profondeur.

PRESENTATION DU PROGRAMME

Programme langage Fortran (Fvwb32) 1500 lignes

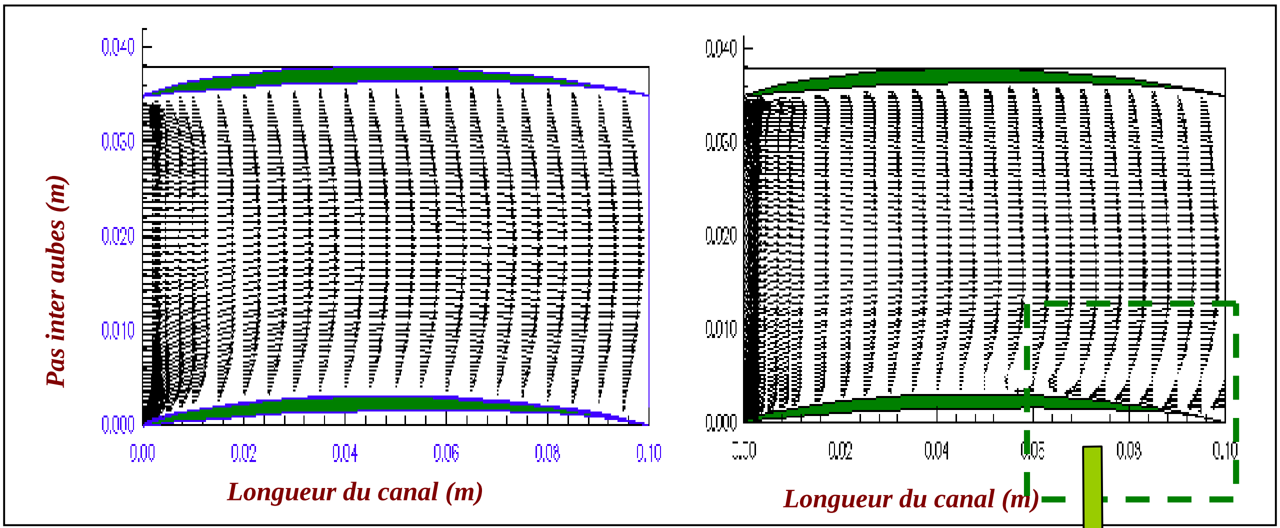


Organigramme de simulation de l'écoulement -S1-.

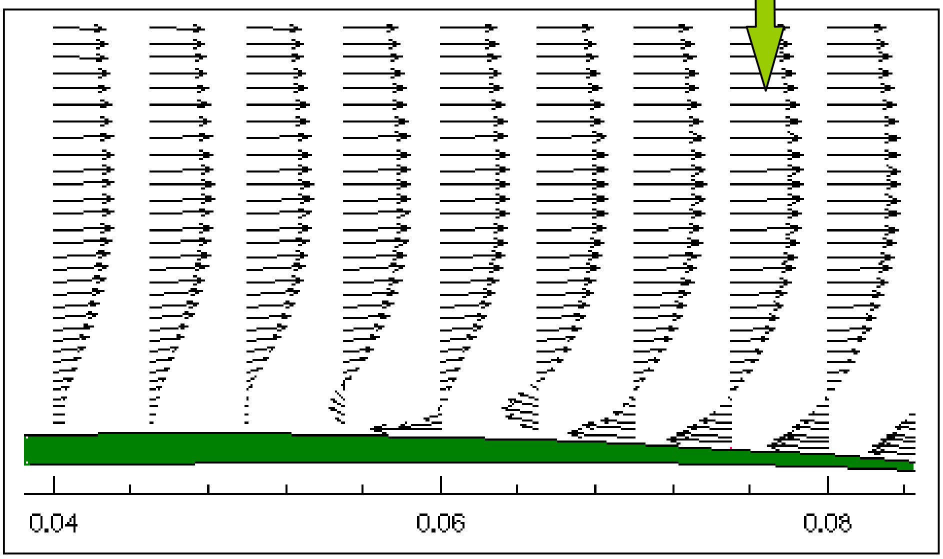
PRESENTATION DES RESULTATS

ECOULEMENT DANS UN CANAL NON CALÉ

Avec une échelle de 1/5 pour le pas inter- aubages du canal



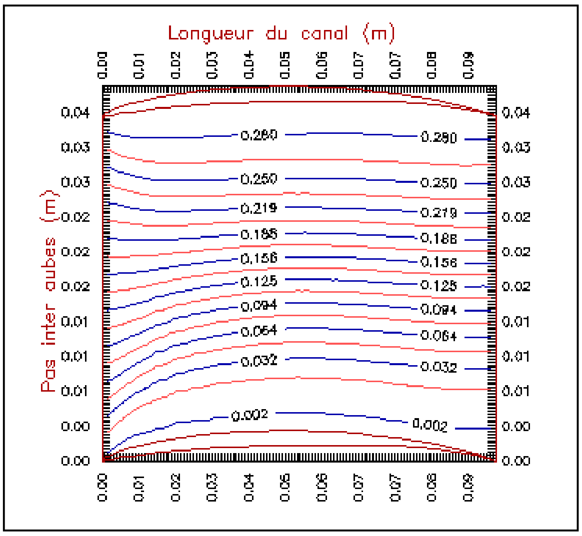
_N=0.0 tr/mn._ **_N=1450 tr/mn._**



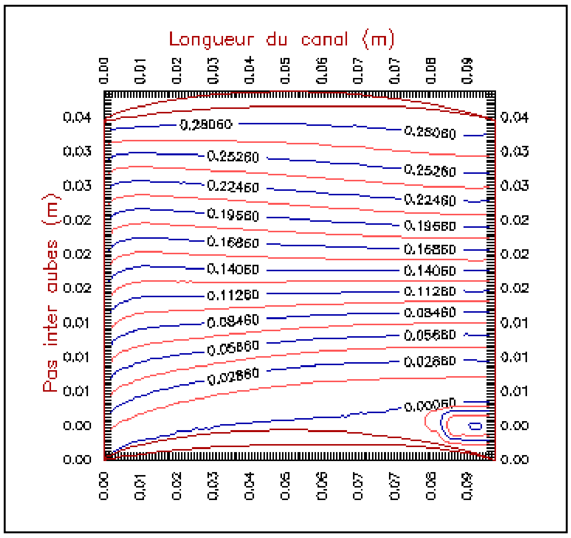
Champ de vitesses dans le canal :

R=0.1110 m, μ=0.0089 Kg/m.s, u_e=8.548 m/s.

L'établissement du profil de vitesse dans le canal.



N=0.0 tr/mn.



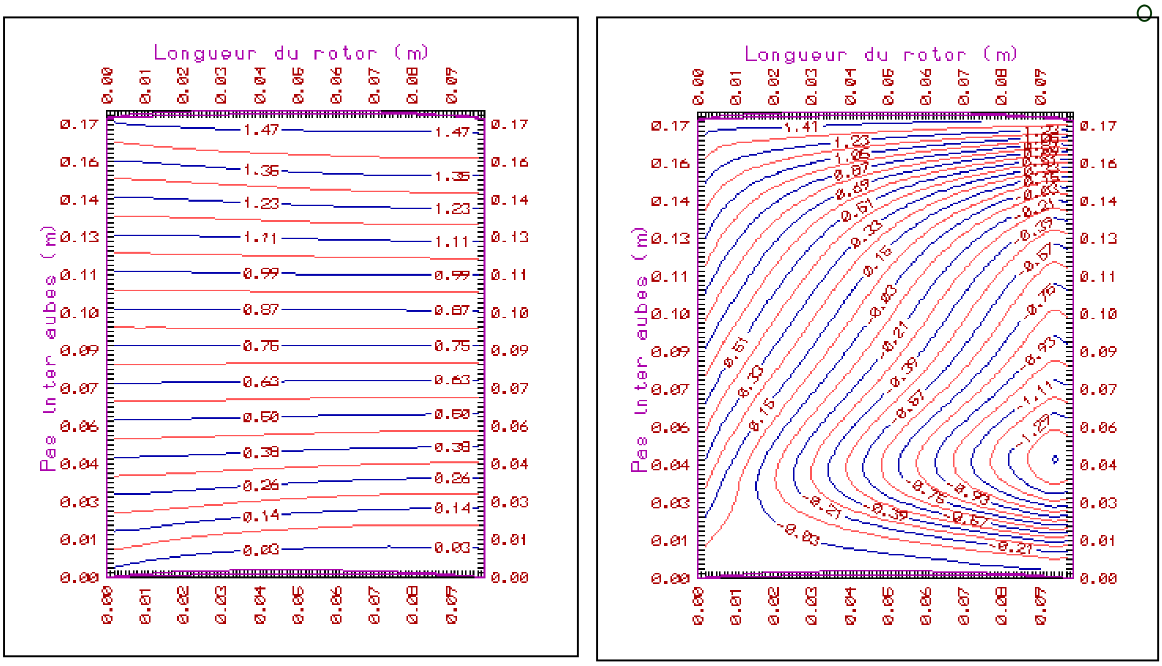
N=1450 tr/mn.

Distribution des lignes de courant dans le canal :

R=0.1110 m, μ=0.0089 Kg/m.s, u_e=8.548 m/s.

L'ampleur de la recirculation du fluide dépend de la vitesse débitante et la vitesse de rotation.

Ecoulement dans le rotor



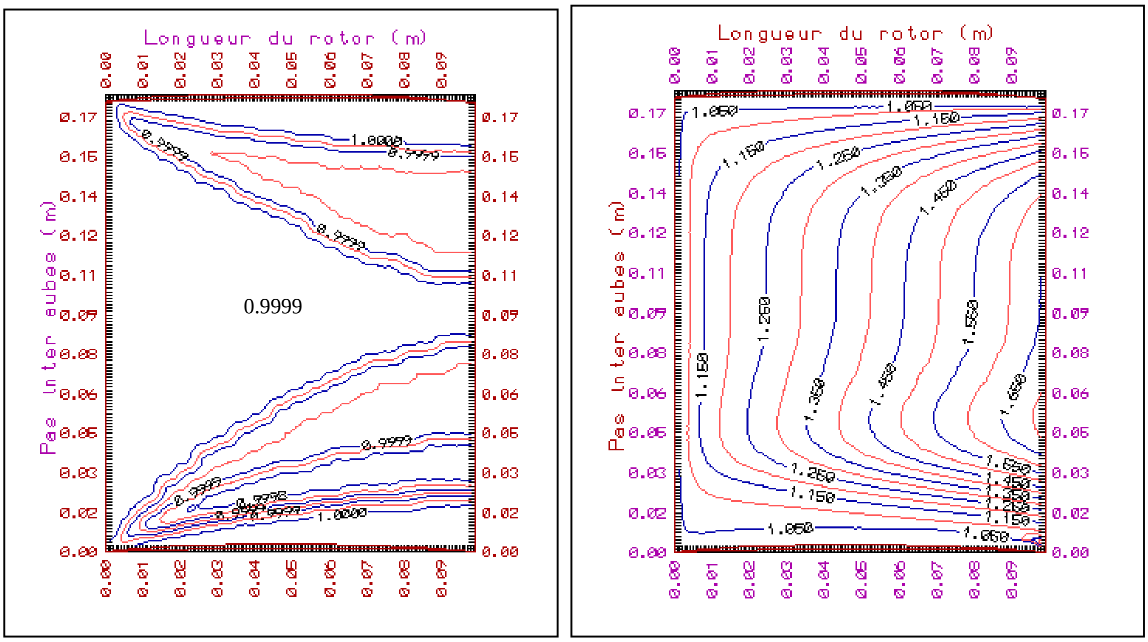
N=0.0 tr/mn. ***N=1450 tr/mn.***

Distribution des lignes de courant dans le rotor :

R=0.1110 m, μ=0.0089 Kg/m.s, u_e=8.548 m/s.

Ecoulement de **POISEUILLE** (écoulement entre deux plaques parallèles).

Regroupement des lignes de courant au niveau de l'intrados.



N=0.0 tr/mn. ***N=1450 tr/mn.***

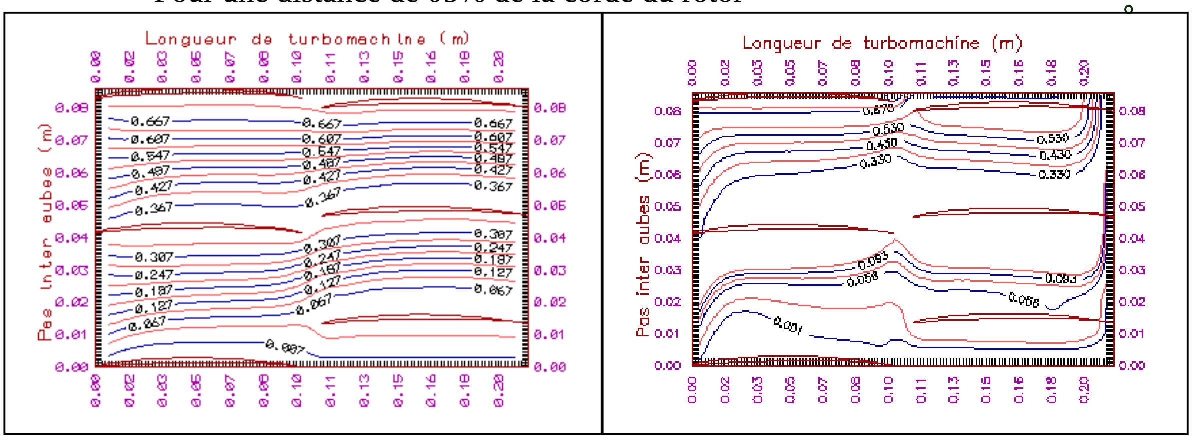
Distribution des isobars (en bar) dans le rotor :

R=0.1110m, μ=0.0089 Kg/m.s, u_e=8.548 m/s.

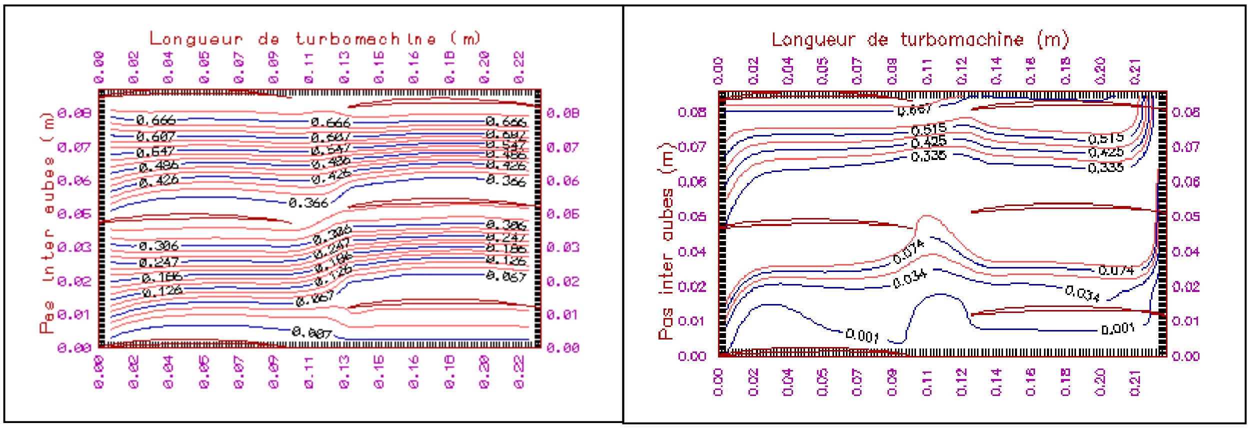
Pression constante (N=0.) -Pression atteint environ de 1.7 bar à la sortie.

Ecoulement dans la pompe

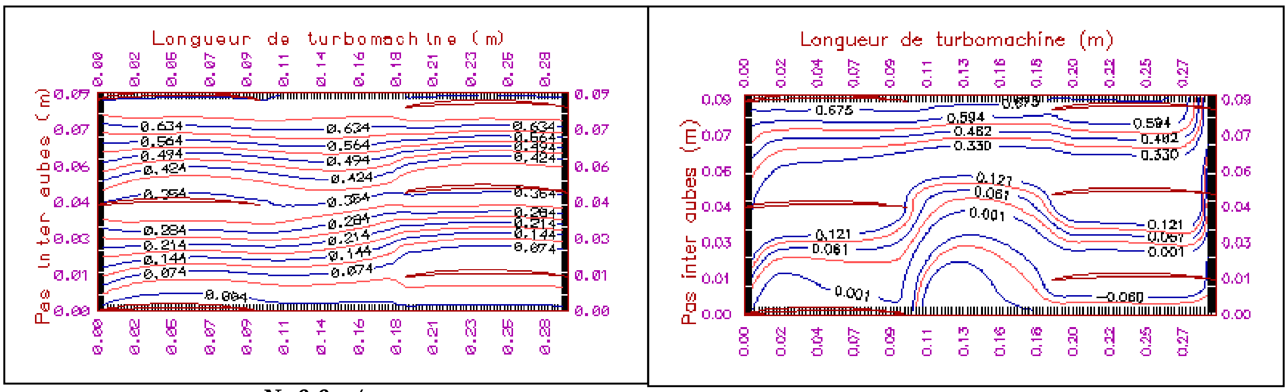
Pour une distance de 05% de la corde du rotor



Pour une distance de 20% de la corde du rotor



Pour une distance de 60% de la corde du rotor



N=0.0 tr/mn. ***N=1450 tr/mn.***

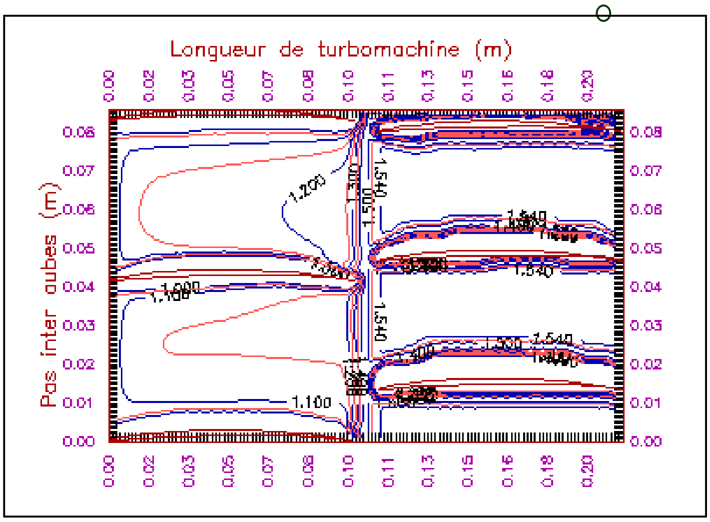
Distribution des lignes de courant dans la pompe :

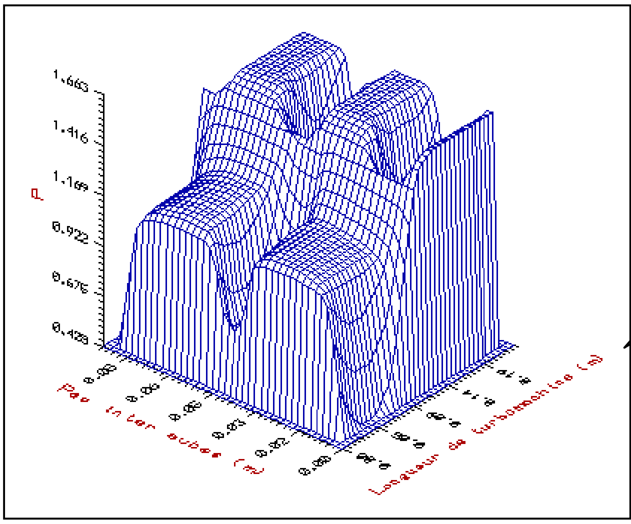
R=0.1110 m, μ=0.0089 Kg/m.s, u_e=8.548 m/s.

Distribution uniforme

Débit

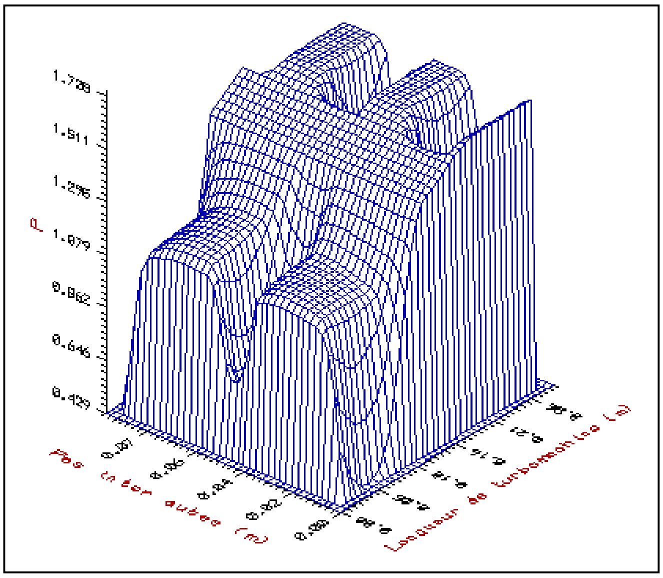
pour une distance de 05% de la corde du rotor





pour une distance de 20% de la corde du rotor

pour une distance de 60% de la corde du rotor



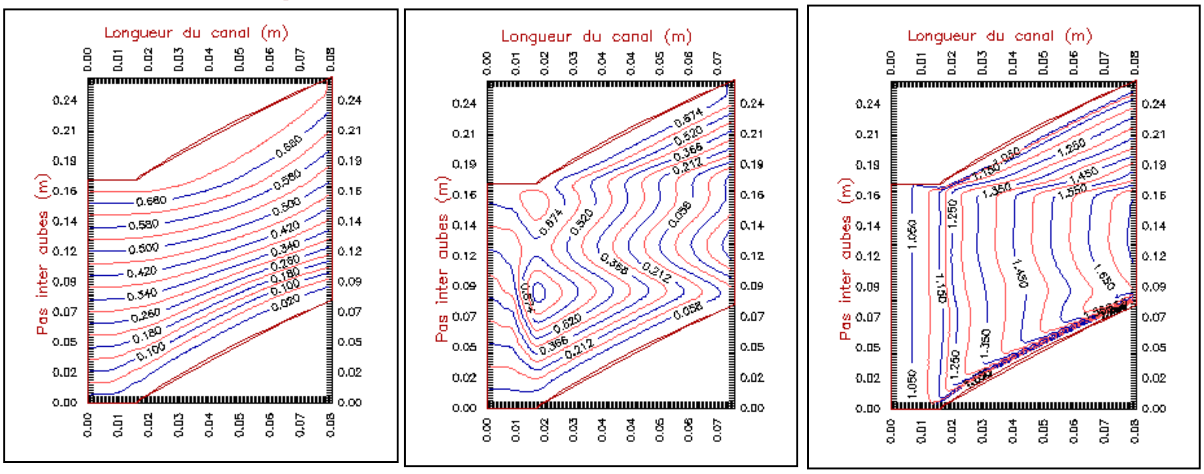
Champ de pression et lignes isobars (en bar) dans la pompe :

R=0.1110 m, μ=0.0089 Kg/m.s, u_e=8.548 m/s, N=1450 tr/mn.

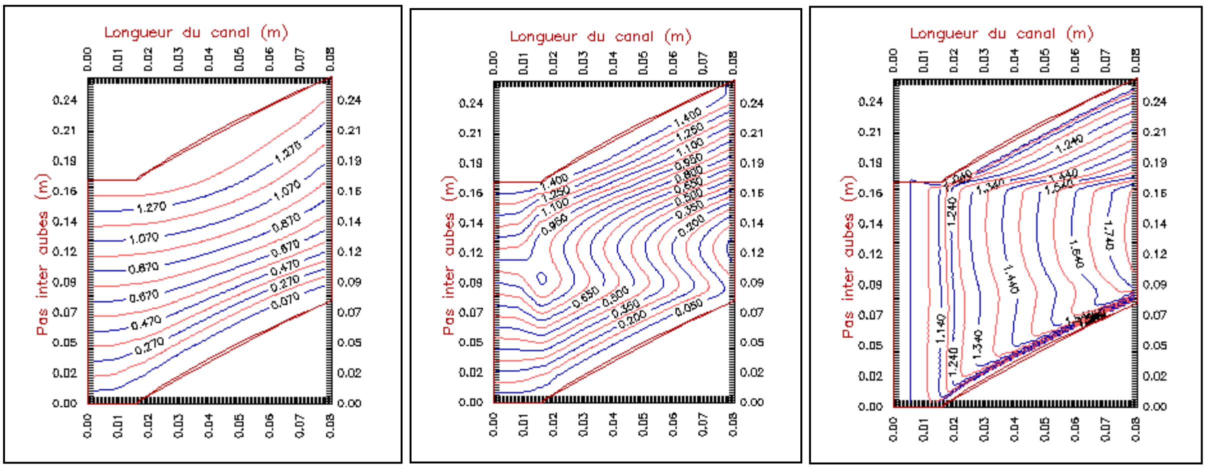
ECOULEMENT DANS UN CANAL REEL

Partie amont

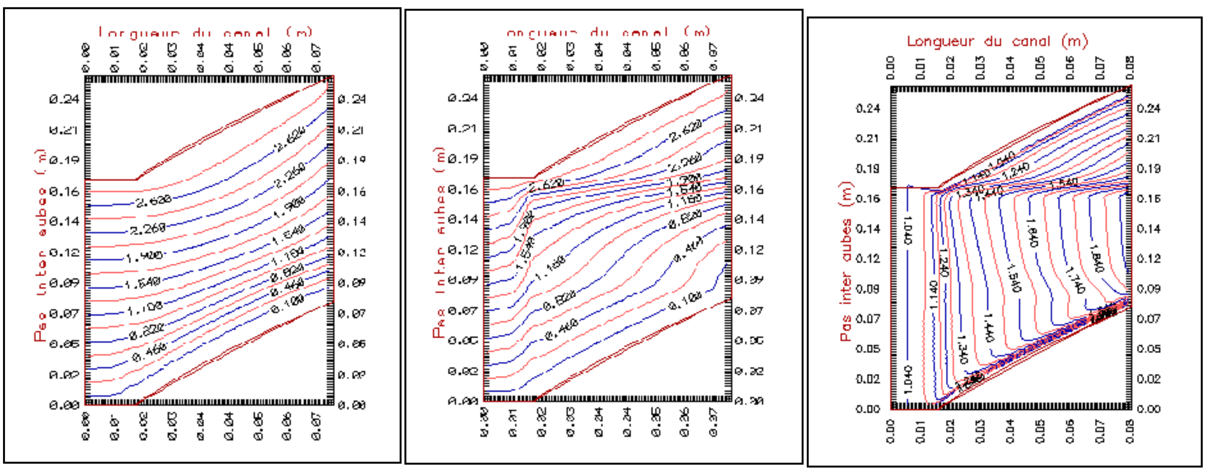
Influence de la vitesse débitante



Avec une vitesse débitante uniforme : $u_1 = u_e/2$. ***u_1=4.274 m/s.***



Avec une vitesse débitante uniforme : $u_2 = u_e$. ***u_2=8.548 m/s.***



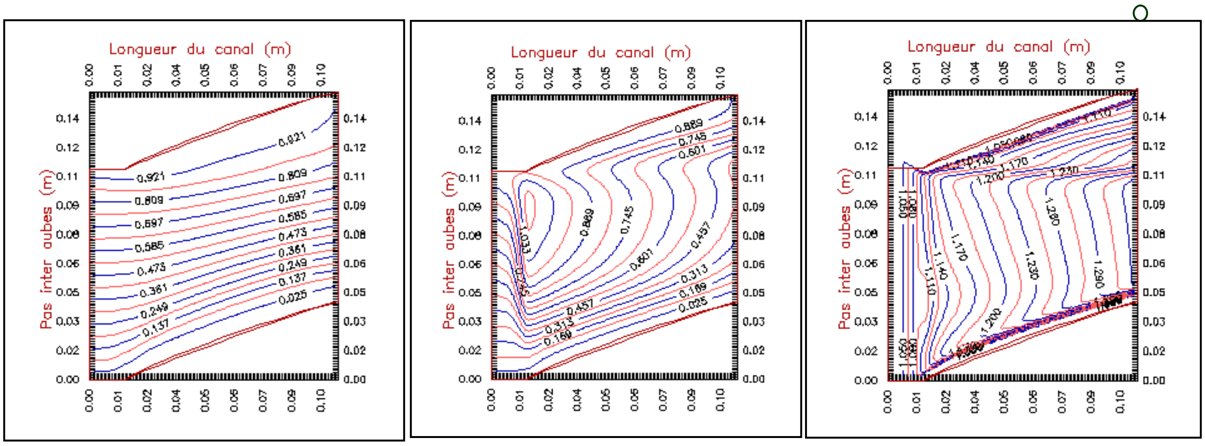
Avec une vitesse débitante uniforme : $u_3 = 2u_e$. ***u_3=17.10 m/s.***

N=0.0 tr/mn. ***N=1450tr/mn.***

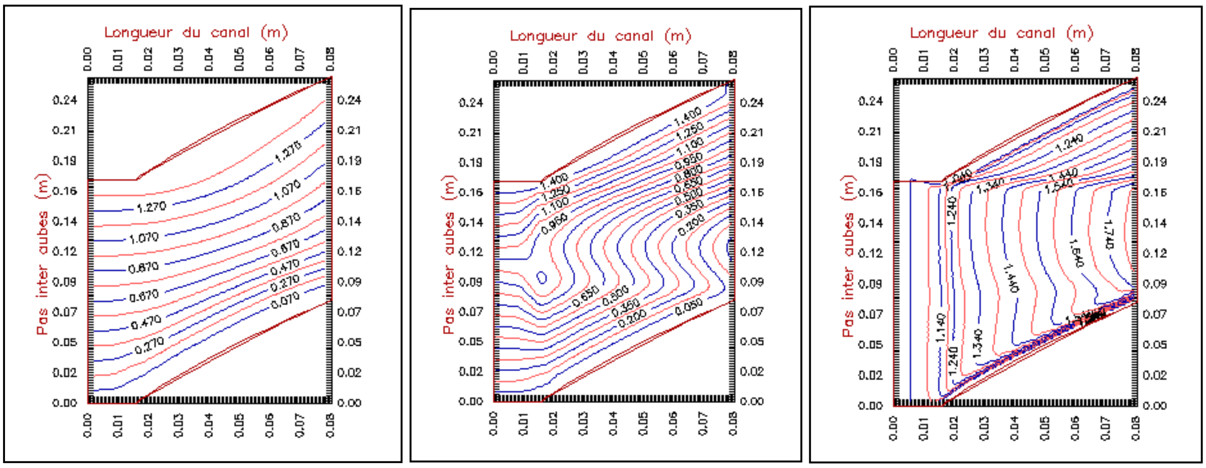
Distribution des lignes de courant : ***Distribution des isobars (en bar) :***

R=0.1110 m, γ=52.67 °, μ=0.0089 Kg/m.s.

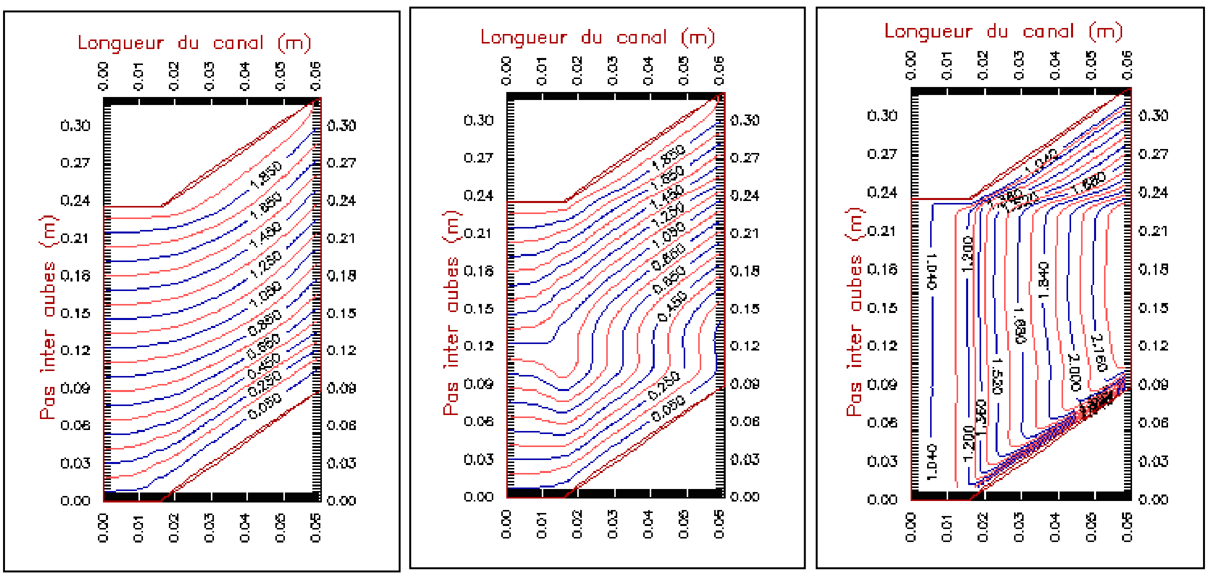
Etude de l'écoulement aubne-à-aube dans le rotor



Au niveau du moyeu : ***R=0.0727 m, γ=24.61 °.***



Au niveau du rayon moyen : ***R=0.1110 m, γ=52.67 °.***



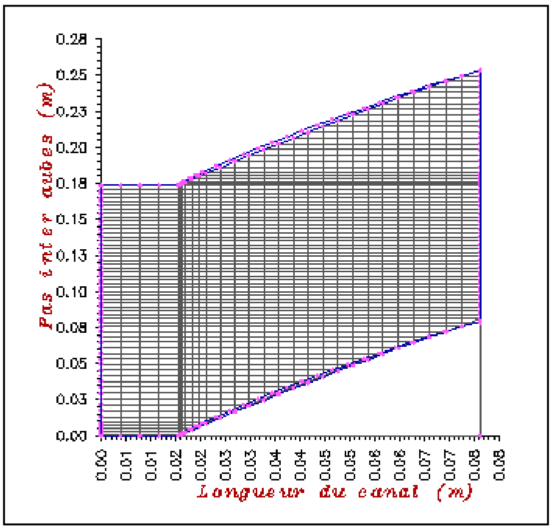
Au niveau de la ceinture: ***R=0.1517 m, γ=63.33 °.***

N=0.0 tr/mn. ***N=1450tr/mn.***

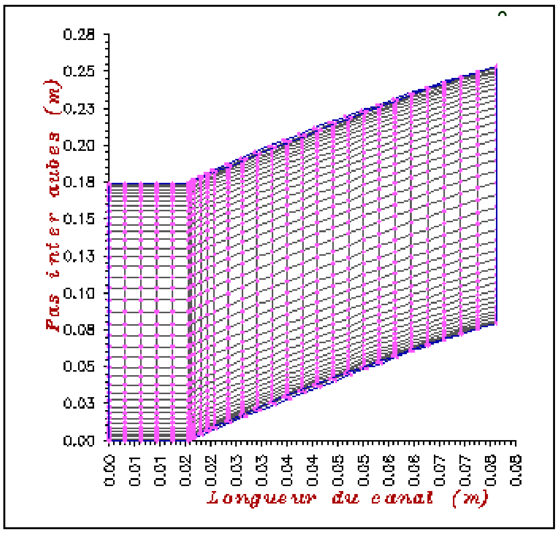
Distribution des lignes de courant : ***Distribution des isobars (en bar) :***

μ=0.0089 Kg/m.s, u_e=8.548 m/s.

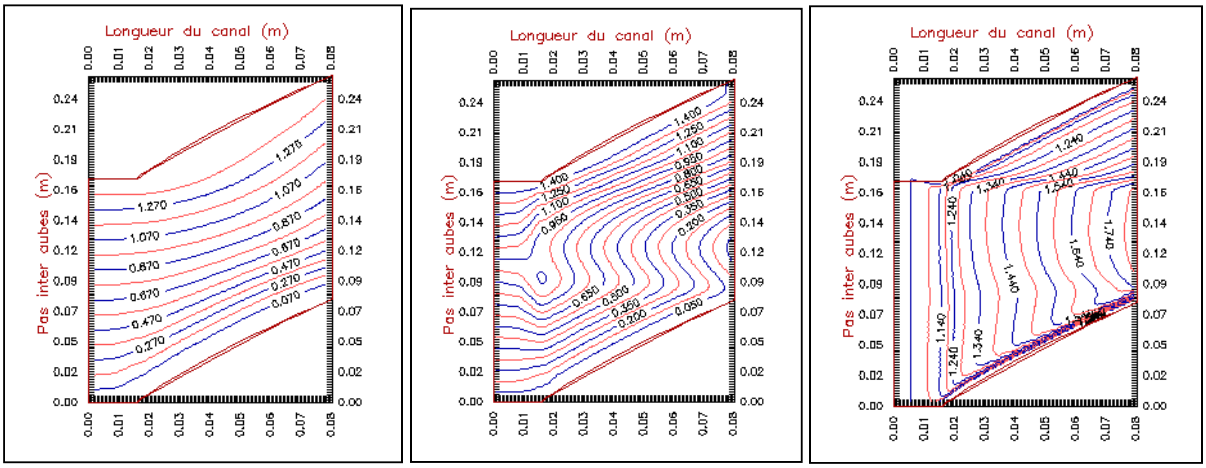
RAFFINAGE DU MAILLAGE



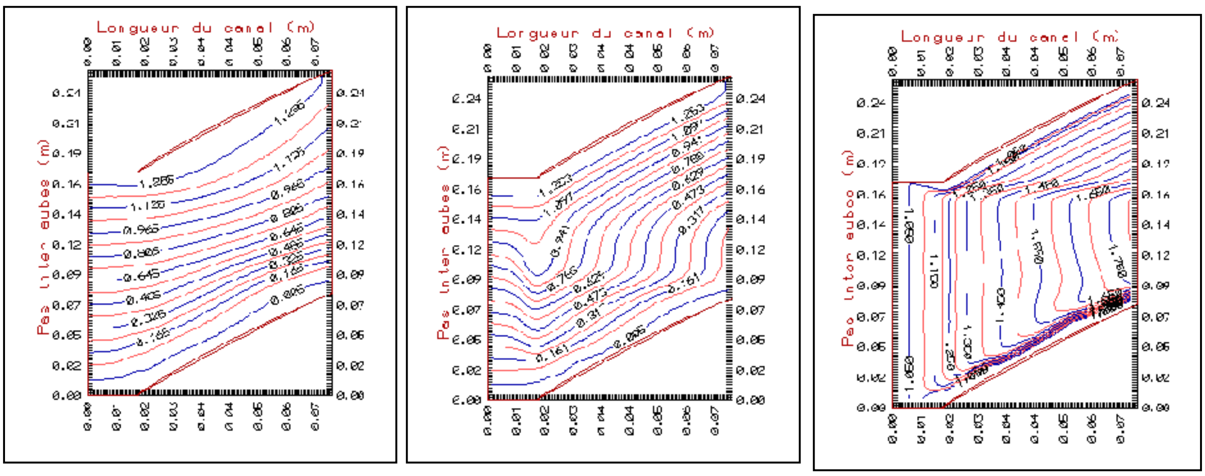
Maillage rectangulaire droit au rayon moyen.



Maillage raffiné au rayon moyen.



Maillage rectangulaire droit



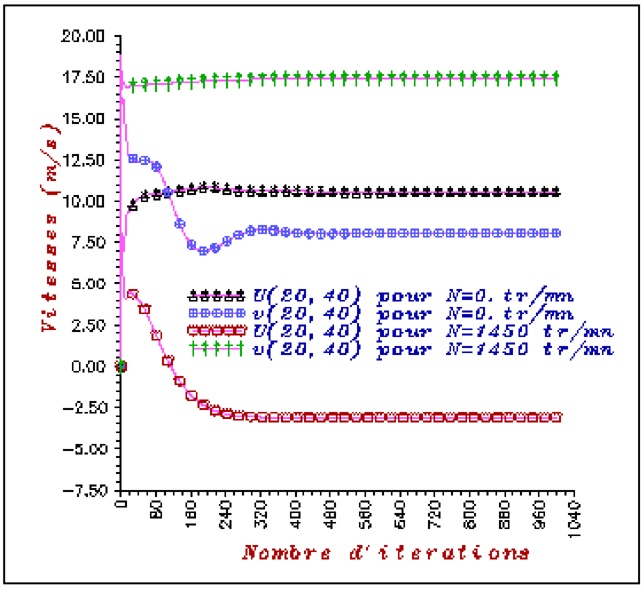
Maillage raffiné.

N=0.0 tr/mn. ***N=1450tr/mn.***

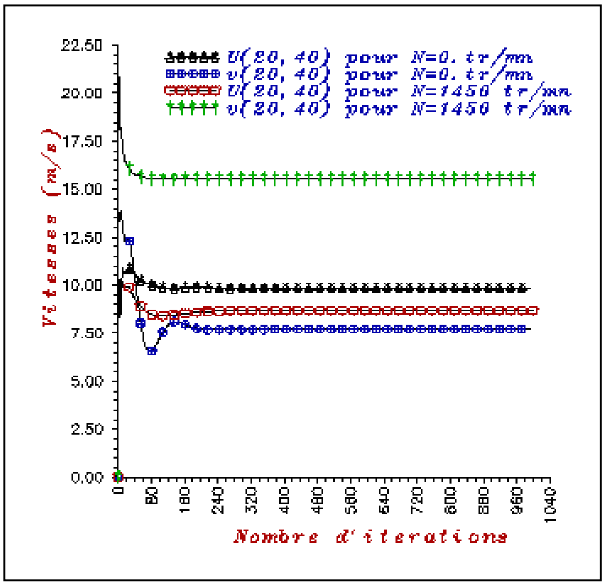
Distribution des lignes de courant : ***Distribution des isobars (en bar) :***

R=0.1110 m, γ=52.67 °, μ=0.0089 Kg/m.s, u_e=8.548 m/s.

ETUDE DE LA STABILITE



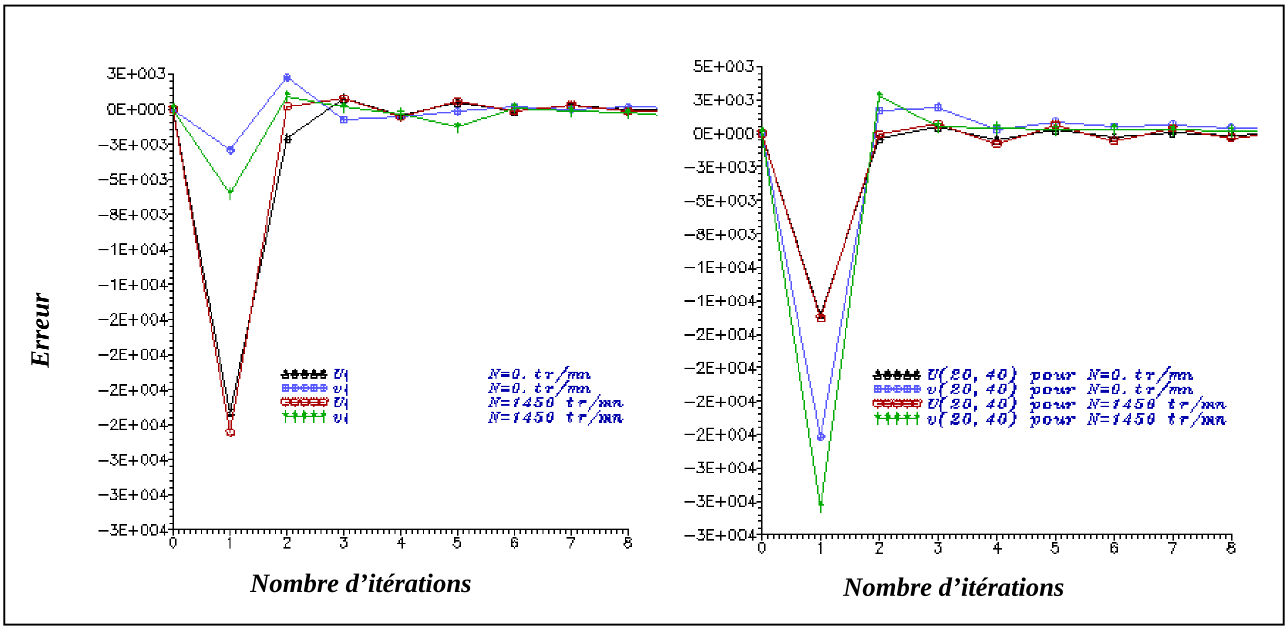
Maillage rectangulaire droit.



Maillage raffiné.

Evolution de la stabilité dans le rotor.

R=0.1110 m, γ=52.67 °, μ=0.0089 Kg/m.s, u_e=8.548 m/s.



Evolution de l'erreur dans la pompe. *Evolution de l'erreur dans le rotor, (γ=52.67 °).*

R=0.1110 m, μ=0.0089 Kg/m.s, u_e=8.548 m/s.

$$\text{Erreur} = \sum_{(i,j)=(1,1)}^{(L1,M1)} (u^k(i,j) - u^{k+1}(i,j))$$

k : représente l'ordre d'une itération.

k+1 : représente l'ordre d'une itération suivante.

CONCLUSION & PERSPECTIVES

Description d'un écoulement entre deux profils d'aubes dans le rotor et autour des profils d'aubes dans le stator

Étudie de l'influence de la distance entre le rotor et le stator

⇓

Bonne marche du programme

Calcul les caractéristiques d'un écoulement pour les différentes zones du canal

l'influence de la vitesse débitante sur ces caractéristiques au rayon moyen

⇓

simulation d'un écoulement tridimensionnel

(modélisation de Ch. WU)

Ralentissement des particules de fluide au niveau de l'extrados et de l'intrados

Pressions obtenues à la sortie du rotor sont satisfaisantes

⇓

Les résultats concordent bien avec la réalité du phénomène physique

BUT

↓

Notre but, comme nous l'avons fait pour « ***POMPAX*** », est d'avoir globalement les caractéristiques de l'écoulement interne en un minimum de temps.

Perspectives

Expliquer tous les phénomènes qui interviennent du fait de la complexité de l'écoulement réel
Simulation de l'écoulement quasi-tridimensionnel

Étude de l'écoulement sur les surfaces méridiennes (S2)

Un couplage entre ces études