

Candidat : 15865

Planta potabilizadora

Gral. San Martín

USINE DE TRAITEMENT DE
L'EAU POTABLE : Argentine



PRESENTATION DE L'USINE

- PROCESSUS DE TRAITEMENTS DE L'EAU

EXTRACTION DE L'EAU DU
FLEUVE

DECANTATION
(EXTRACTION D'ARGILE)

FILTRAGE ET DESINFECTION



PRÉSENTATION DE L'USINE

<u>POMPAGE</u>	1
<u>DIFFUSEURS</u>	2
<u>DÉCANTEURS</u>	3
<u>FILTRAGE</u>	4
<u>CHLORATION</u>	5
<u>ALCALINISATION</u>	6
<u>DISTRIBUTION</u>	7
<u>RÉSERVOIR COAGULANT</u>	



SOMMAIRE ET CAHIER DES CHARGES

I Assurer l'extraction de l'eau du fleuve

- Dimensionnement du moteur
- Assurer la course de la pompe

 BINOME

 BAUDEL

II Assurer la diffusion du coagulant dans l'eau

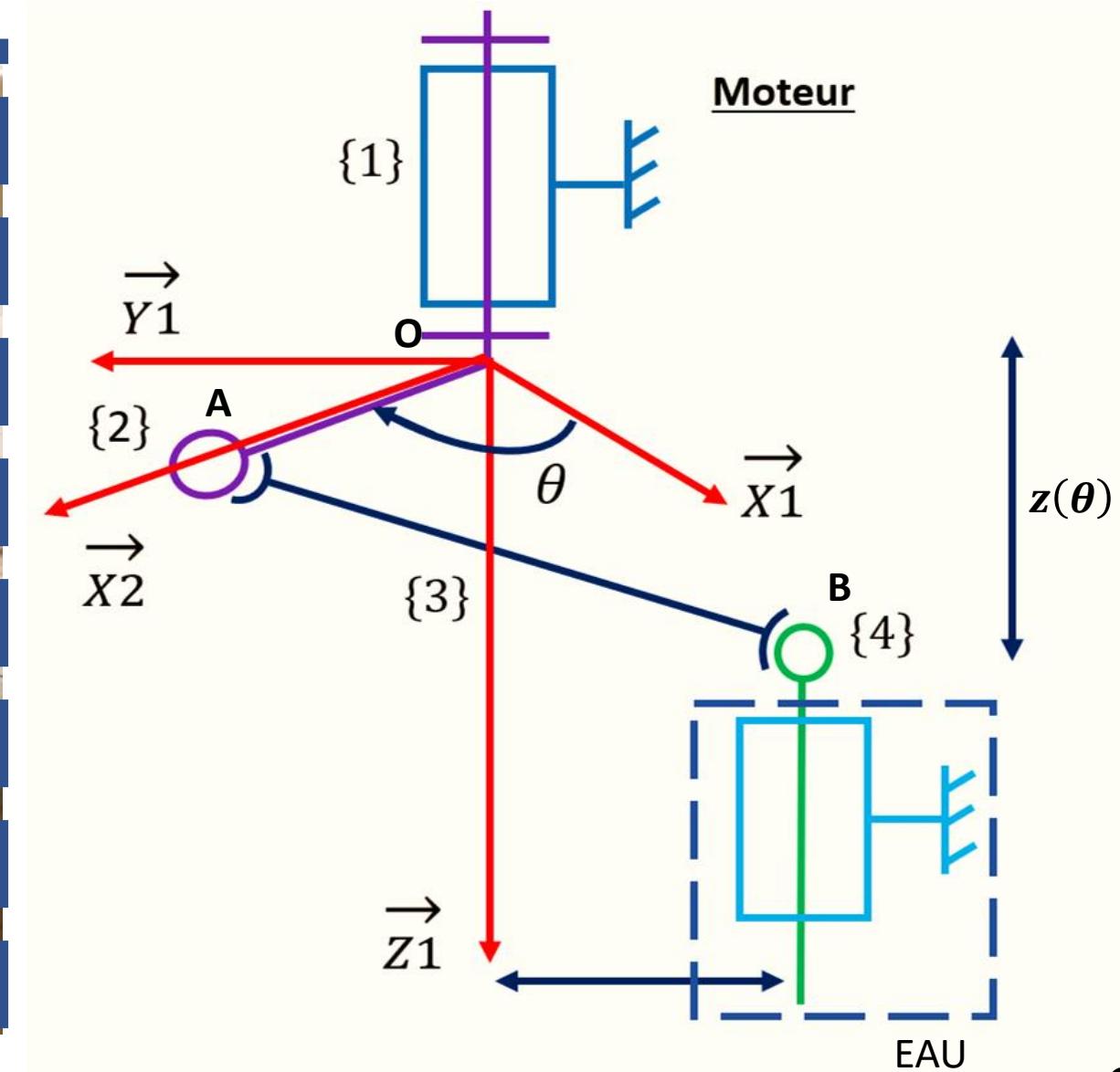
- Dimensionnement de la pompe du diffuseur
- Etude des Pertes de charges
- Mesure du Cx du diffuseur (Expérience)
- Modélisation de la structure du diffuseur (SolidWorks)
- Etude de la coagulation dans une solution (Expérience)

III Etude du réservoir du coagulant

- Modélisation de la température
- Modélisation du réservoir (SolidWorks)

EXTRACTION DE L'EAU DU FLEUVE : ÉTUDE DE POMPES

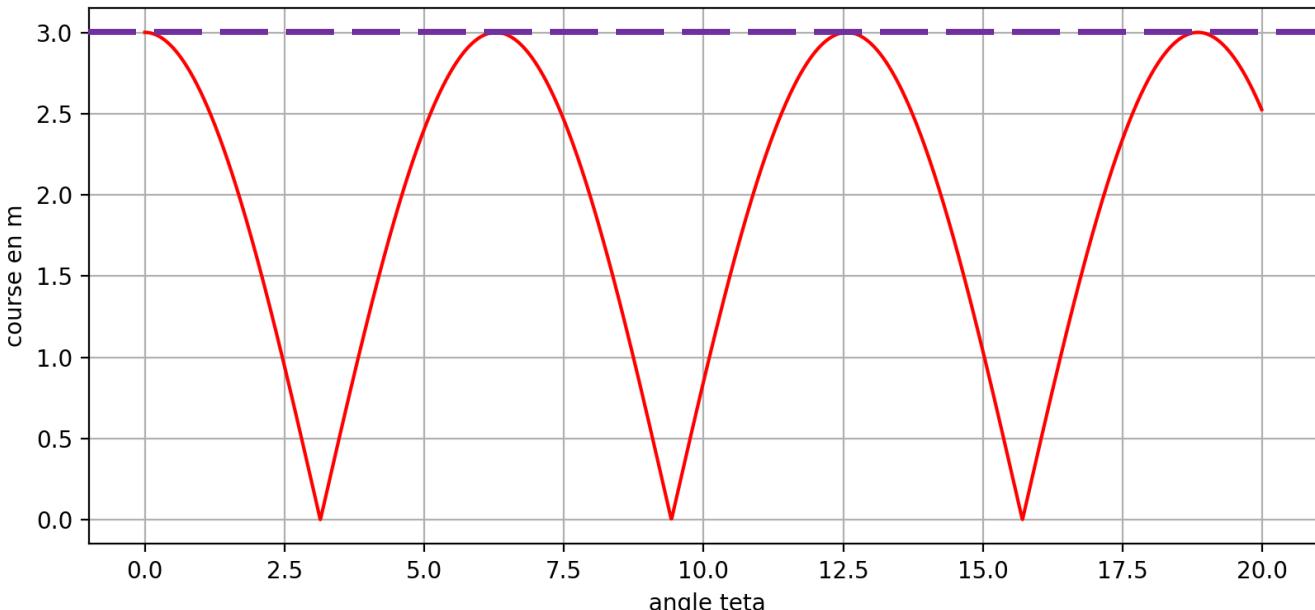
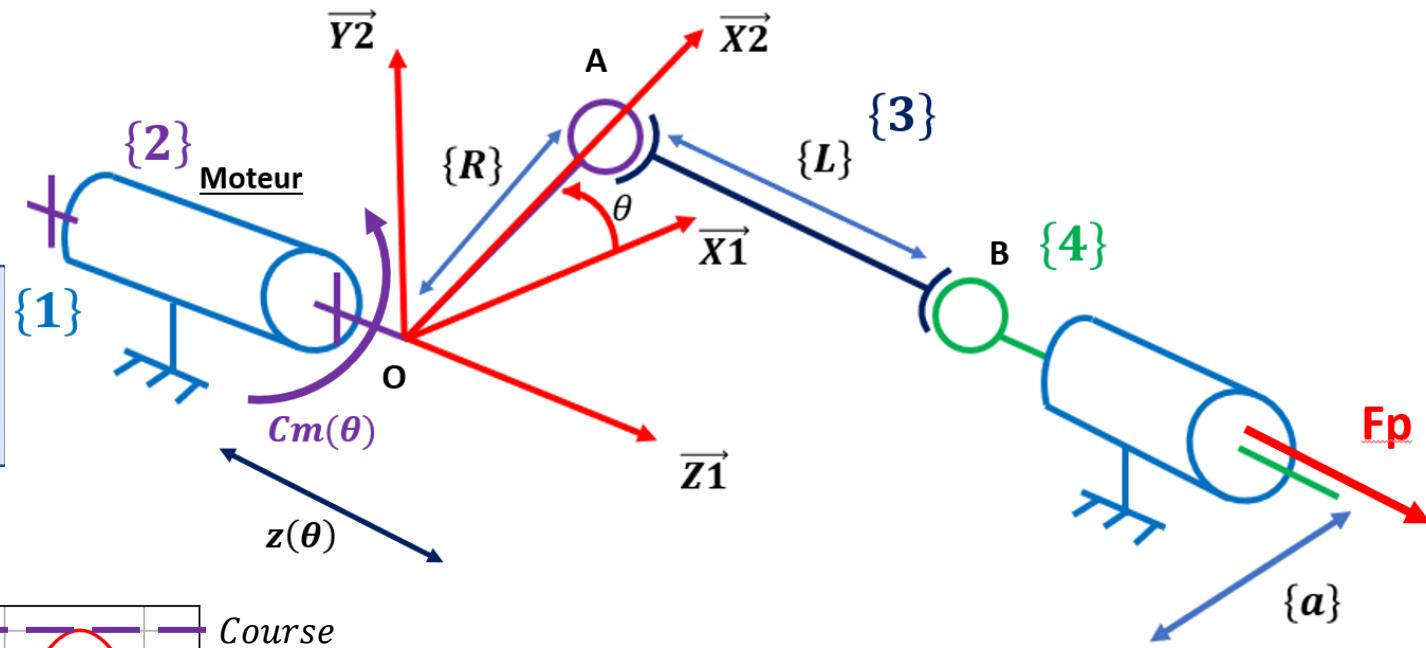
ÉTUDE DES POMPES VERTICALES



COURSE DE LA POMPE

Par fermeture géométrique sur OAB,
(Démonstration en annexe) on a :

$$z(\theta) = \sqrt{L^2 - (a^2 + r^2 - 2 a * r * \cos(\theta))}$$



Course

Données :

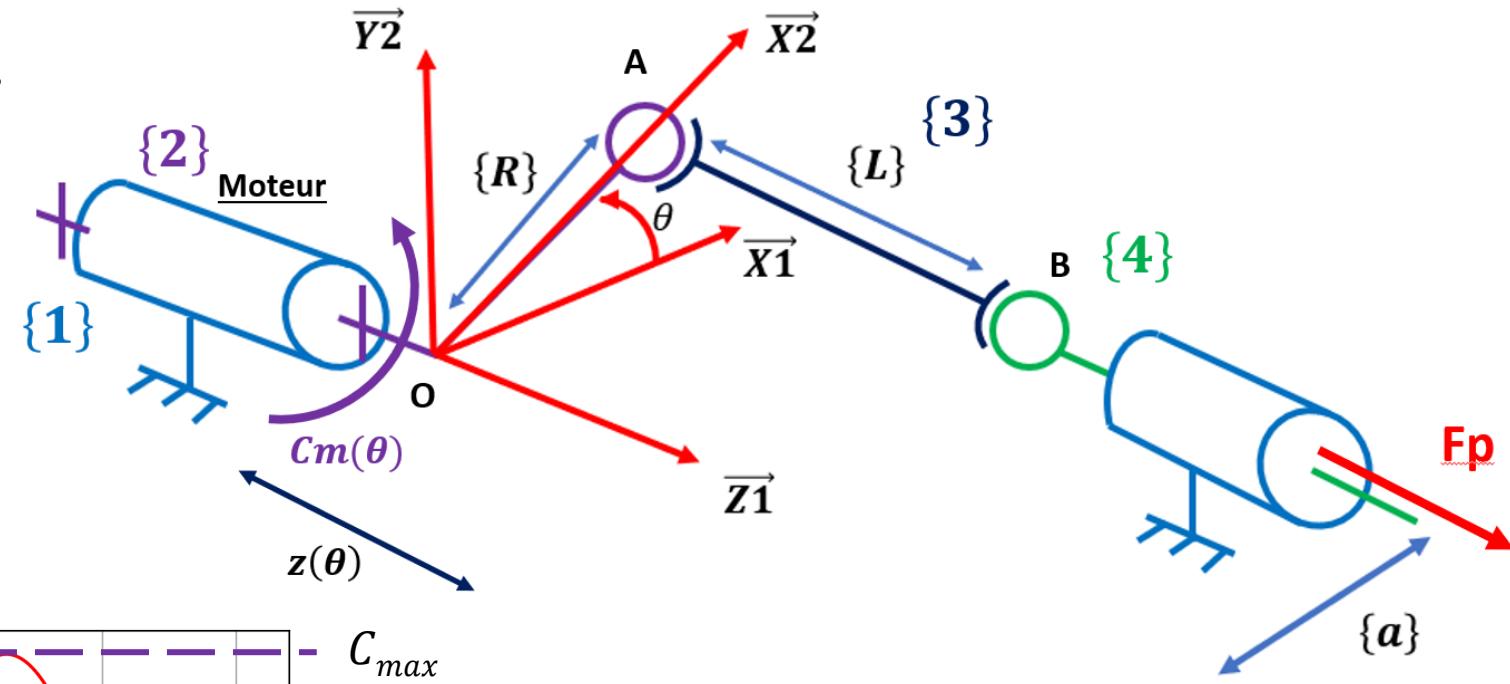
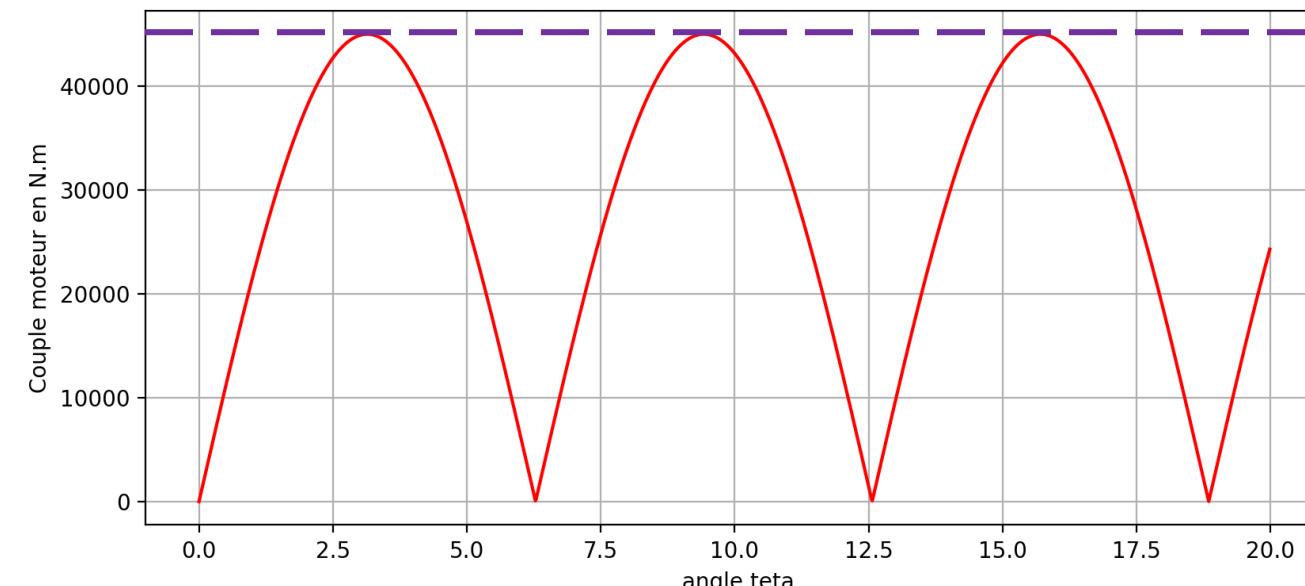
$L = 3\text{m}$, $a = 1,5\text{ m}$, $r = 1.5\text{m}$

Conclusion: Le cahier des charges impose une course de 3 mètre. Elle est vérifiée.

DIMENSIONNEMENT DE LA POMPE

En utilisant le théorème du moment dynamique,
(Démonstration en annexe) on a :

$$C_m(\theta) = \frac{r * F_p * \sin(\theta) * a}{z(\theta)}$$



$$P = C_{max} * \omega_m = 585 \text{ kW}$$

$$\begin{aligned} F_p &= 30 \text{ kN} \\ C_{max} &= 45\,000 \text{ N.m} \end{aligned}$$

$$\omega_m = 13 \text{ rad/s}$$

DIMENSIONNEMENT DE LA POMPE

Comme le fluide est incompressible, permanent, on a d'après la relation de Bernoulli :

$$P_i = D_m \Delta \left(\frac{v^2}{2} + gz + \frac{P}{\mu} \right)$$

$$\Rightarrow P_i = D_m \Delta \left(\frac{\dot{z}(\omega t)^2}{2} + g(z(\omega t) + h_{régulières}) \right)$$

$$\Rightarrow P_i = D_m \left(\frac{\Delta \dot{z}(\omega t)^2}{2} + g(z(\omega t) + \xi \dot{z}(\omega t)^2 * \frac{z(\omega t)}{2gd}) \right)$$

Les pertes de charges régulières sont :

$$h_{rég} = \xi \frac{v^2}{2g} * \frac{L}{d}$$

Données:

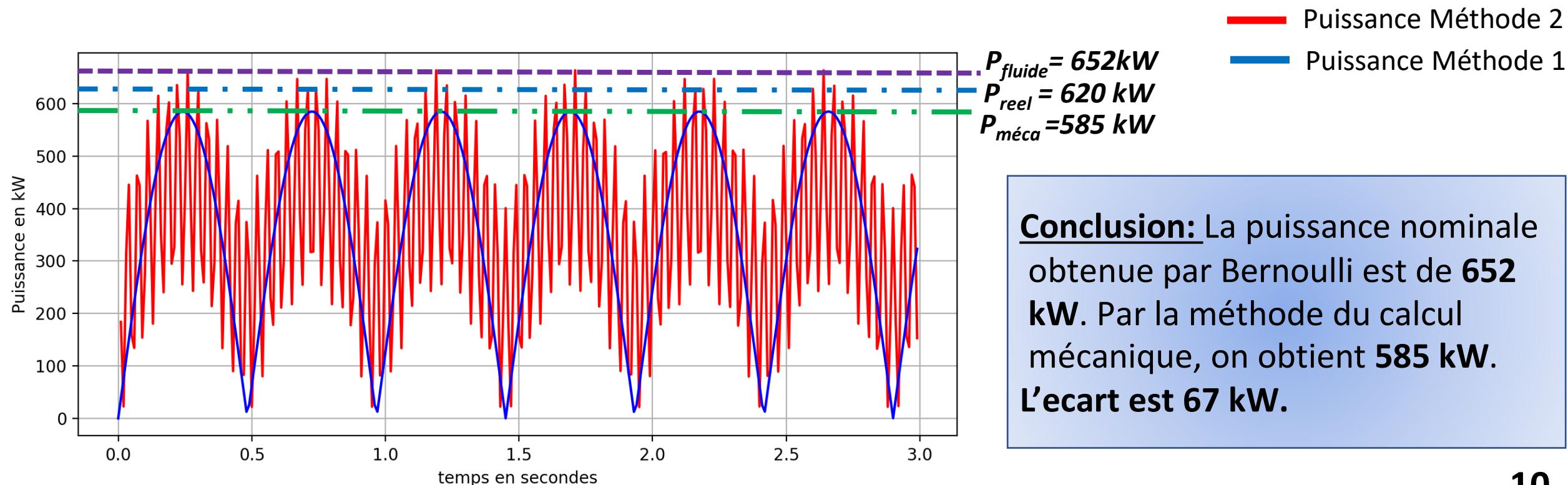
$D_m = 2200 \text{ kg/s}$	$\theta_{position basse} = 0$
$D_v = 2,2 \text{ m}^3/\text{s}$	$\theta_{position haute} = \pi$
$Course = 3 \text{ mètres}$	$\xi = 0.009$
$\dot{z}(\theta_{basse}) = 4 \text{ m/s}$	$\dot{z}(\theta_{haute}) = 20 \text{ m/s}$
$D = 0.70 \text{ m}$	
$\dot{z}(\theta_{moyen}) = 10 \text{ m/s}$	

$$P_{nom} = D_m \left(\frac{\dot{z}(\theta_{haute})^2}{2} - \frac{\dot{z}(\theta_{basse})^2}{2} + g * (z(\theta_{haute}) + \xi \dot{z}(\theta_{moyen})^2 * \frac{z(\theta_{haute})}{2gd}) \right) = 652 \text{ kW}$$

COMPARAISON DES DEUX MÉTHODES

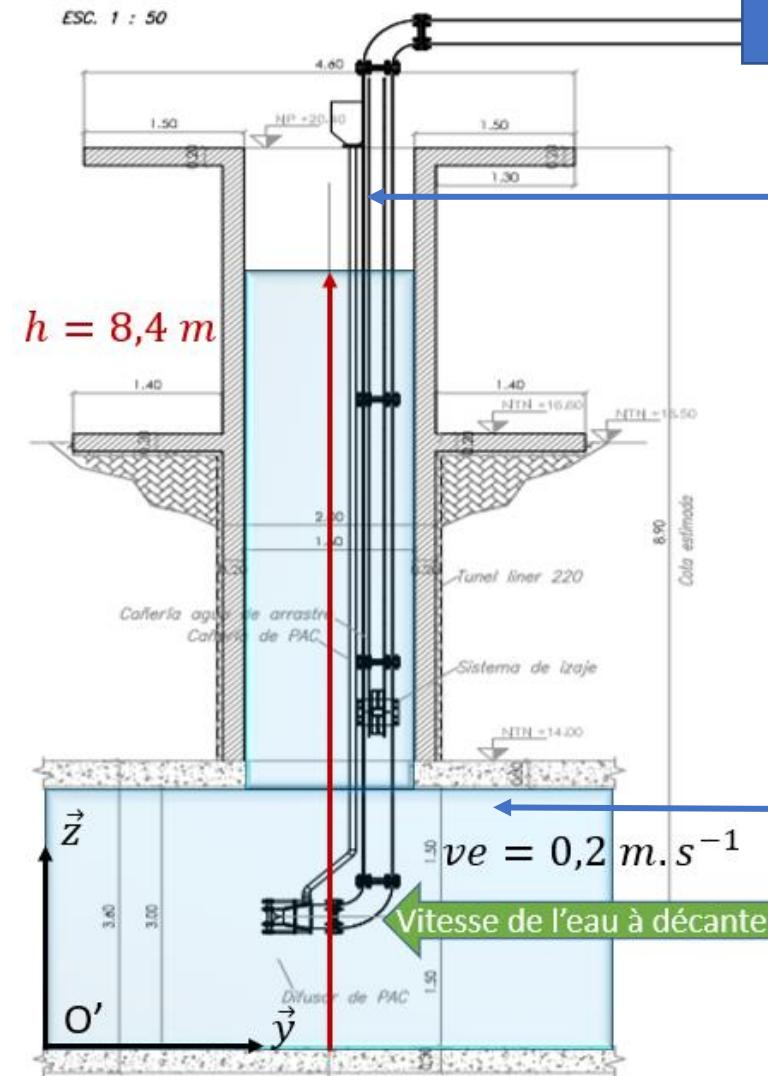
Critiques des deux modèles

- L'effort dynamique de F_p doit être mieux estimé (Poids du fluide 10 kN et le poids des pièces 10 KN et efforts dynamiques 10 kN)
- Pour un fluide éloigné du piston, \dot{z} ne sera pas égal à la vitesse du fluide.
- Pour la puissance (Méthode 2) il faut prendre la première harmonique.



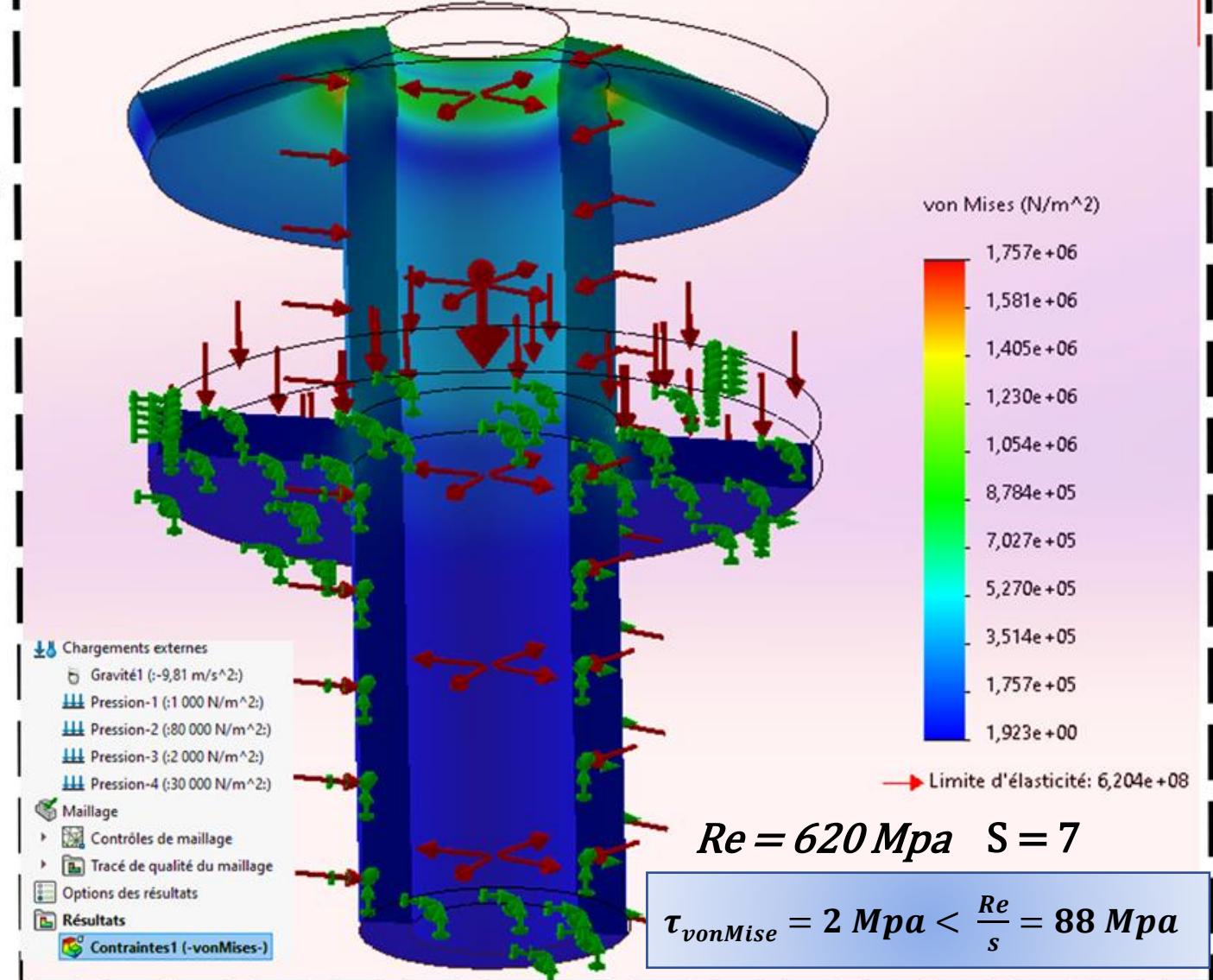
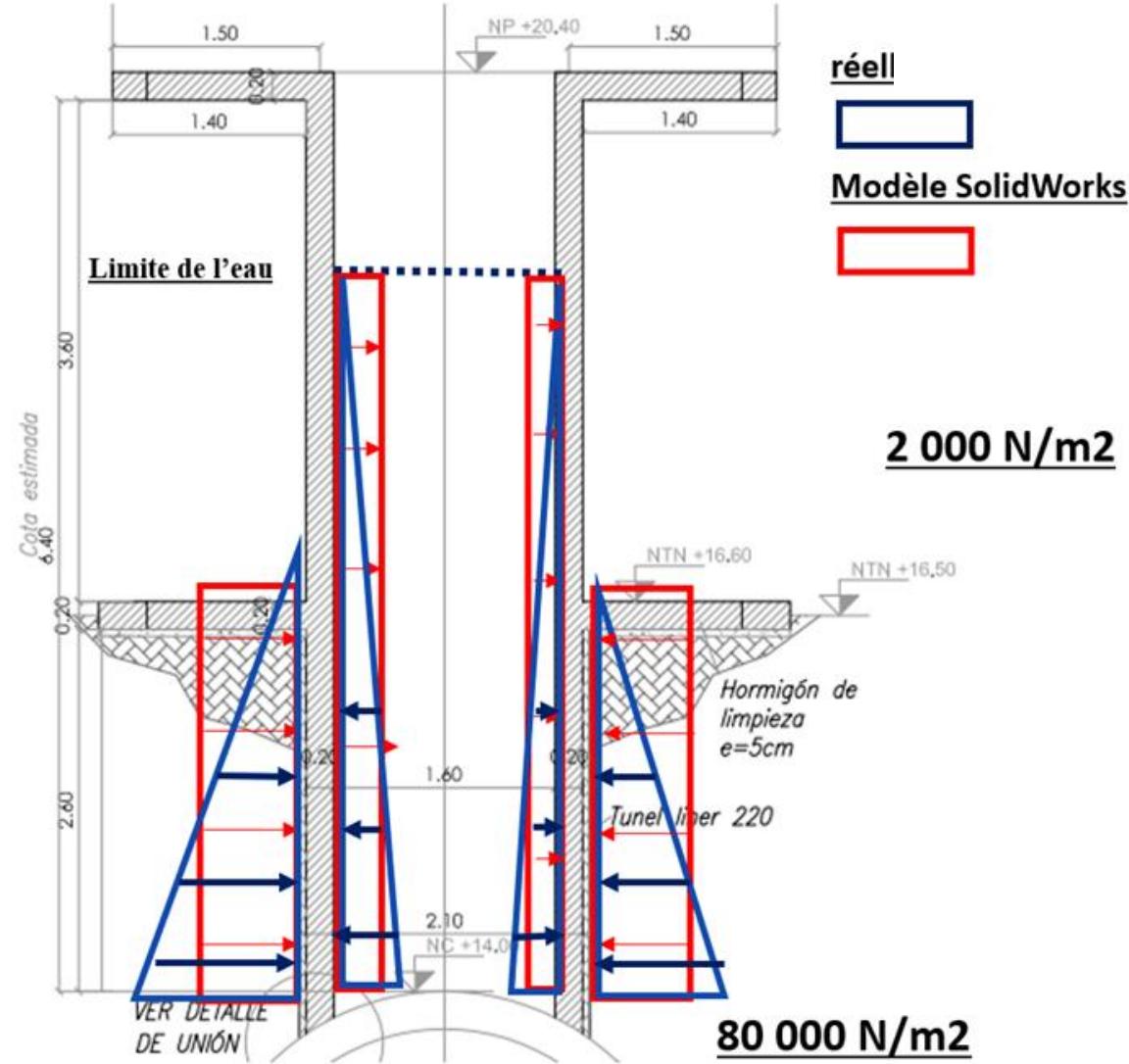
LE DIFFUSEUR

SOUS SYSTÈME DIFFUSEUR



Réseaux général d'eau avant traitement



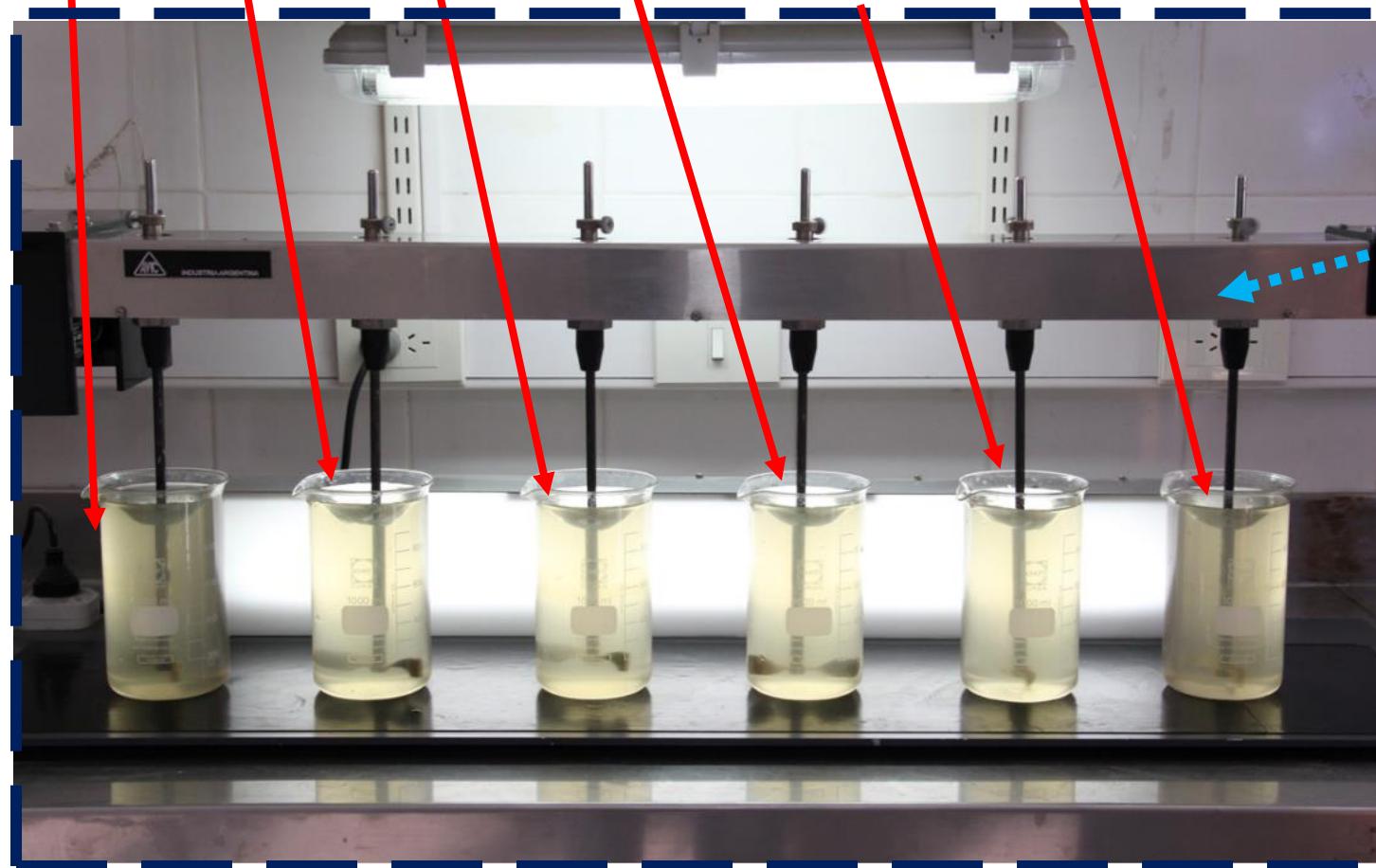


ETUDE DE LA STRUCTURE DU DIFFUSEUR

EXPÉRIENCE : ASSURER LA DOSE DE COAGULANT

Concentration du polychlorure d'Aluminium :

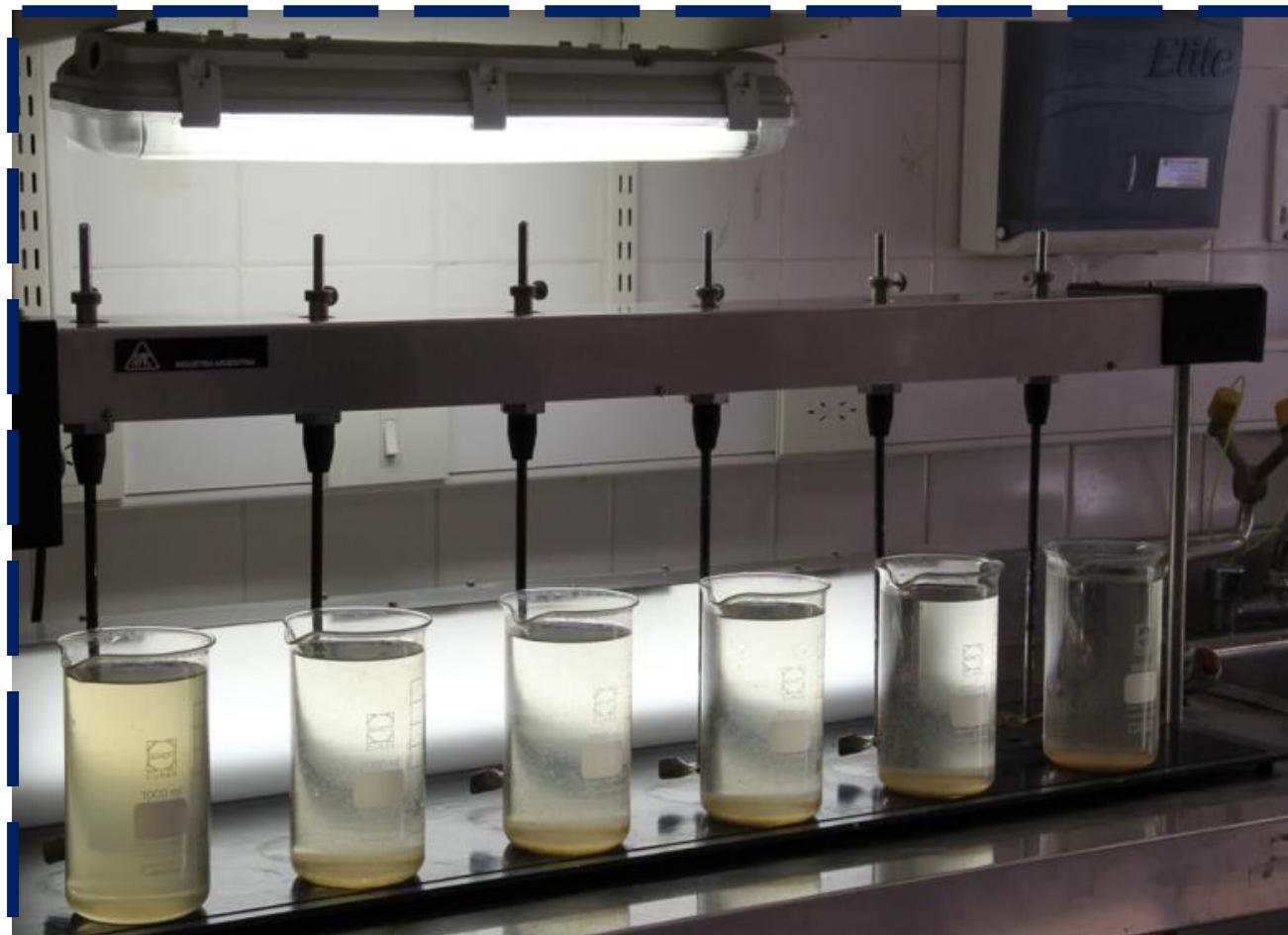
70 mg/L 80 mg/L 90 mg/L 100 mg/L 110 mg/L 120mg/L



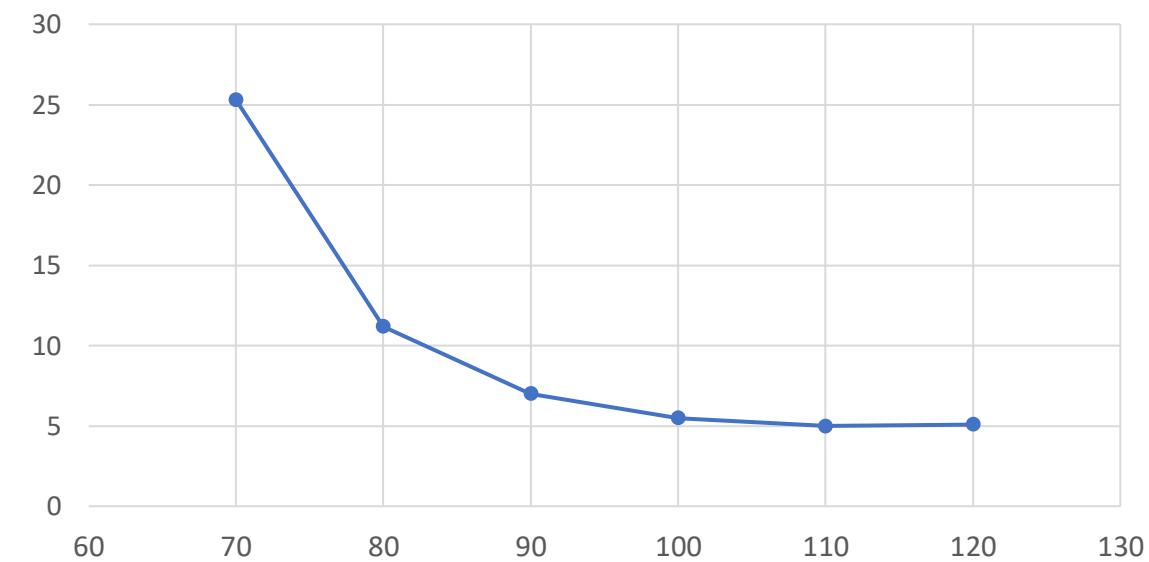
Mélangeur qui simule le diffuseur

EXPERIENCE : ASSURER LA DOSE DE COAGULANT

Après 20 minutes d'agitation, on a :



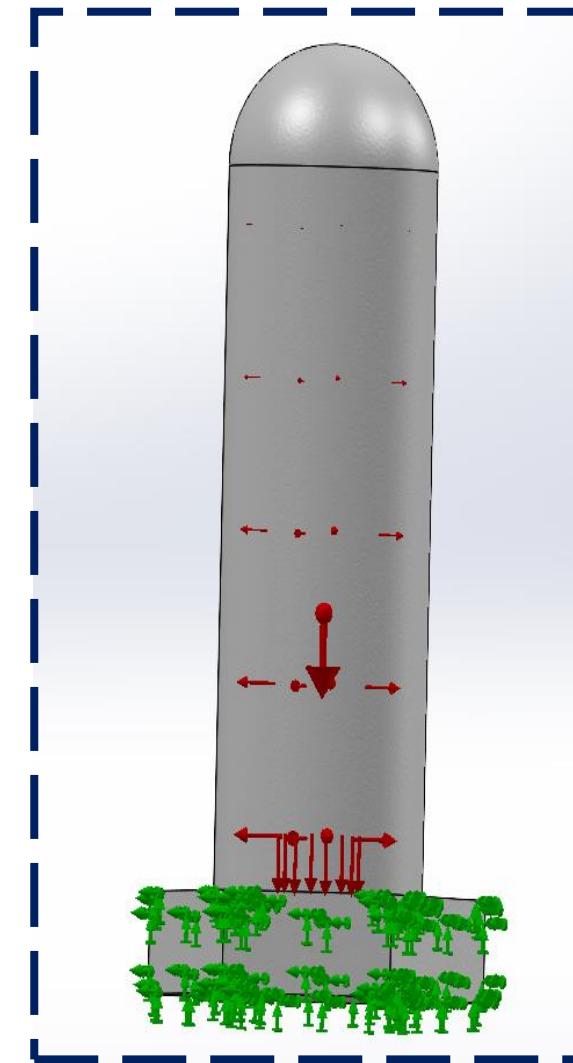
Turbidité en fonction de la concentration de polychlorure d'aluminium (mg/L)



Conclusion : La concentration du coagulant doit être de 100mg/L pour obtenir une turbidité optimale.

ETUDE DU RESERVOIR DE P.A.C

STOCKER LE COAGULANT



INTERET D'UN FLUX THERMIQUE FAIBLE

D'après le premier principe de la thermodynamique appliquée au coagulant entre t et t+dt, on a comme il s'agit d'une phase condensée idéale :

$$dU = m_{tot} * cp * dT = \Phi * dt \quad \text{Et on a: } \phi = \frac{T_{ext}-T}{R_{th}}$$

$$\frac{dT}{dt} + \frac{T}{\tau} = \frac{T_{ext}}{\tau} \quad \text{Avec } \tau = R_{th} * m_{tot} * cp = m_{tot} * cp \frac{\Delta T}{\phi}$$

Données :

$$T_{ext}=30^\circ$$

$$Cp = 1000 \text{ J/K/kg}$$

$$R_{th}=0,043 \text{ K/W}$$

$$R_{int}= 1.1 \text{ m}$$

$$R_{ext}= 1.5 \text{ m}$$

$$L = 10,5 \text{ m}$$

$$T_{int}=16^\circ$$

$$m_{tot} = 97 \text{ t}$$

$$\lambda = 0.15 \text{ WK}^{-1}\text{m}^{-1}$$

$$\rho = 2,44 \text{ t/m}^3$$

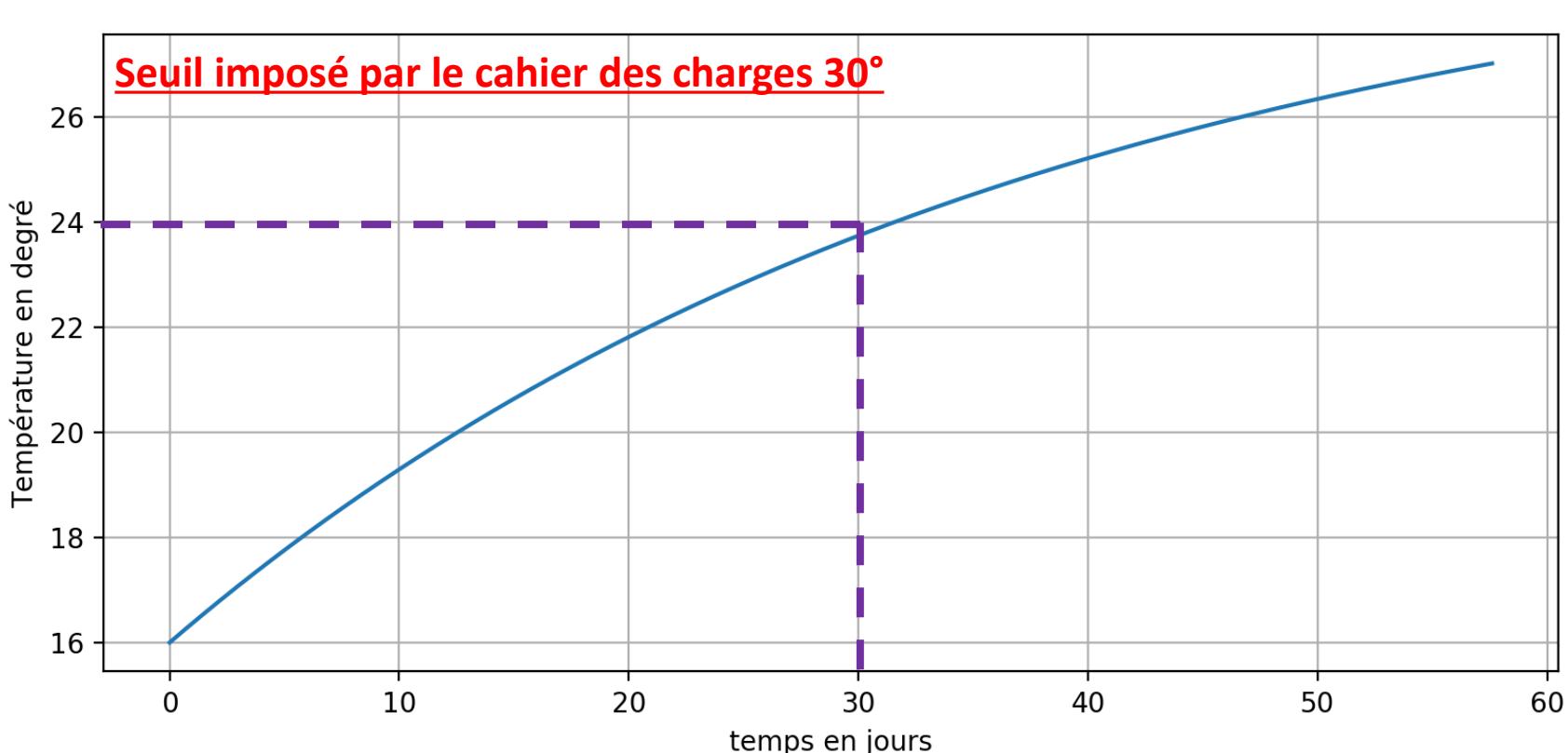
La solution de l'équation différentielle est:

$$T(t) = T_{ext} + (T_{int} - T_{ext})e^{-\frac{t}{\tau}}$$

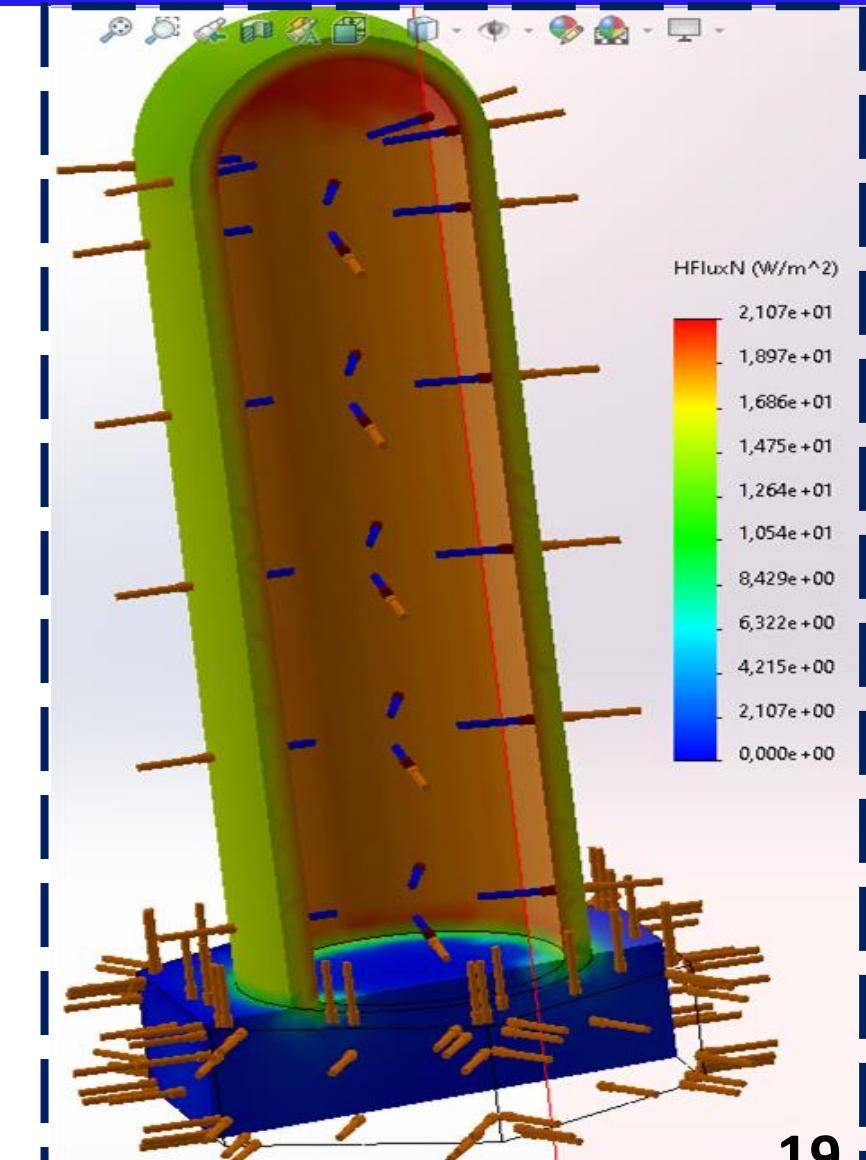
$$\tau = R_{th} * m_{tot}$$

(Démonstration de R_{th} en annexe)

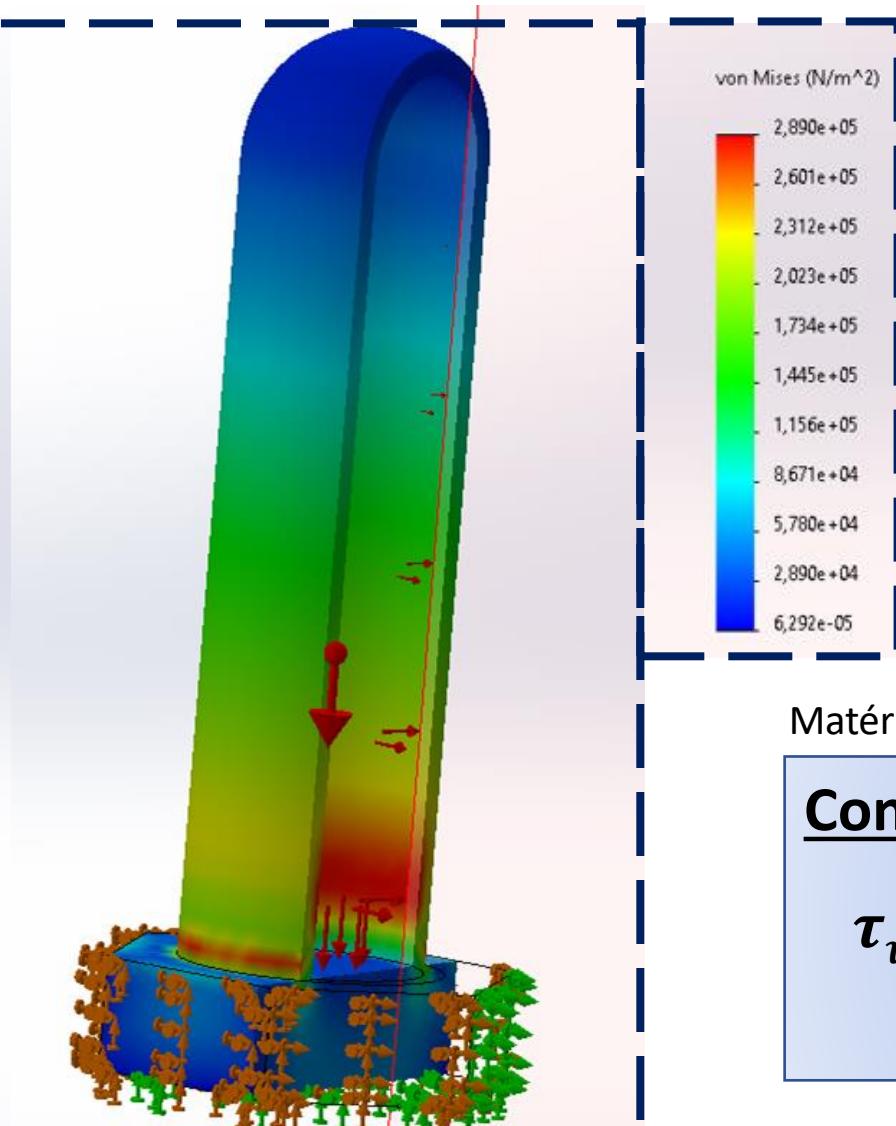
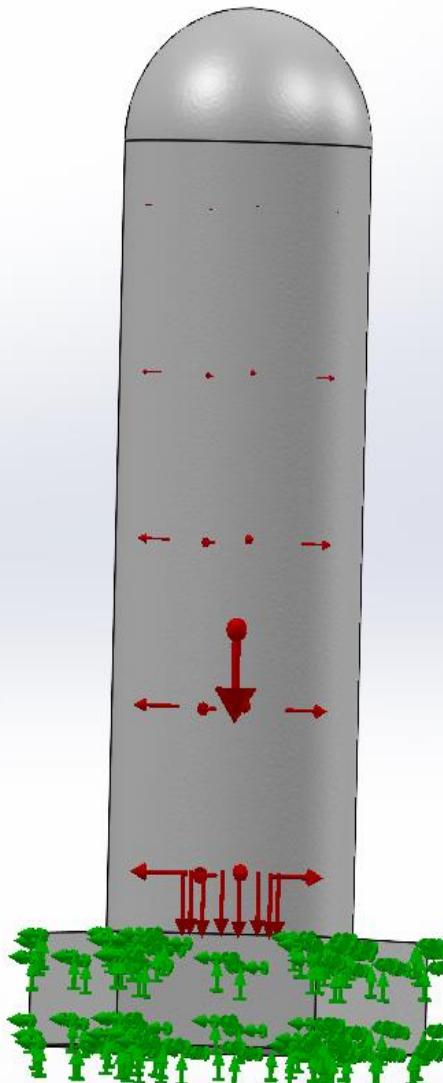
RESULTATS ET CRITIQUES DU MODELE



Conclusion: La valeur de la température au moment de la finalisation du vidange (30 jours) est inférieure à 30°. La contrainte de température du coagulant est respectée.



ETUDE DE LA RÉSISTANCE MECANIQUE DU RESERVOIR



Propriété	Valeur	Unités
Module d'élasticité	2380000000	N/m ²
Coefficient de Poisson	S.O.	
Module de cisaillement		N/m ²
Masse volumique	1310	kg/m ³
Limite de traction	53400000	N/m ²
Limite de compression	74000000	N/m ²
Limite d'élasticité		N/m ²
Coefficient de dilatation thermique		/K
Conductivité thermique	0.188	W/(m·K)

$$P = -\rho g z - P_{atm} = -2,4z - 1 \text{ (bar)}$$

$$Re_{\text{plastique renforcé}} = 200 \text{ Mpa}$$

$$S = 7$$

Matériaux = plastique renforcé de fibres de verre

Conclusion:

$$\tau_{vonMise} = 1 \text{ Mpa} < \frac{Re}{S} = 28 \text{ Mpa}$$

Le réservoir est sécurisé

CONCLUSION

 BINÔME

 BAUDEL

I Assurer l'extraction de l'eau du fleuve

- Moteur dimensionné à 620 kW.
- Course de 3m assurée

(Programme Python)

II Assurer la diffusion du coagulant dans l'eau

- Pompe dimensionnée à 16 kW
- Le C_x du diffuseur est de 0,264
- Boulons du diffuseur dimensionnés $\|\vec{F}_{boulon \rightarrow plaque}\| \leq F_{maxi}$

(Expérience)

- Résistance de la structure assurée : $\tau_{vonMise} = 2 \text{ Mpa} < \frac{Re}{s} = 88 \text{ Mpa}$
- Dose optimale de coagulant assurée: 100 mg/L

(SolidWorks)

(Expérience)

III Etude du réservoir du coagulant

- Température du coagulant inférieure à 30° assurée
- Le réservoir est sécurisé $\tau_{vonMise} = 1 \text{ Mpa} < \frac{Re}{s} = 28 \text{ Mpa}$

(Programme Python)

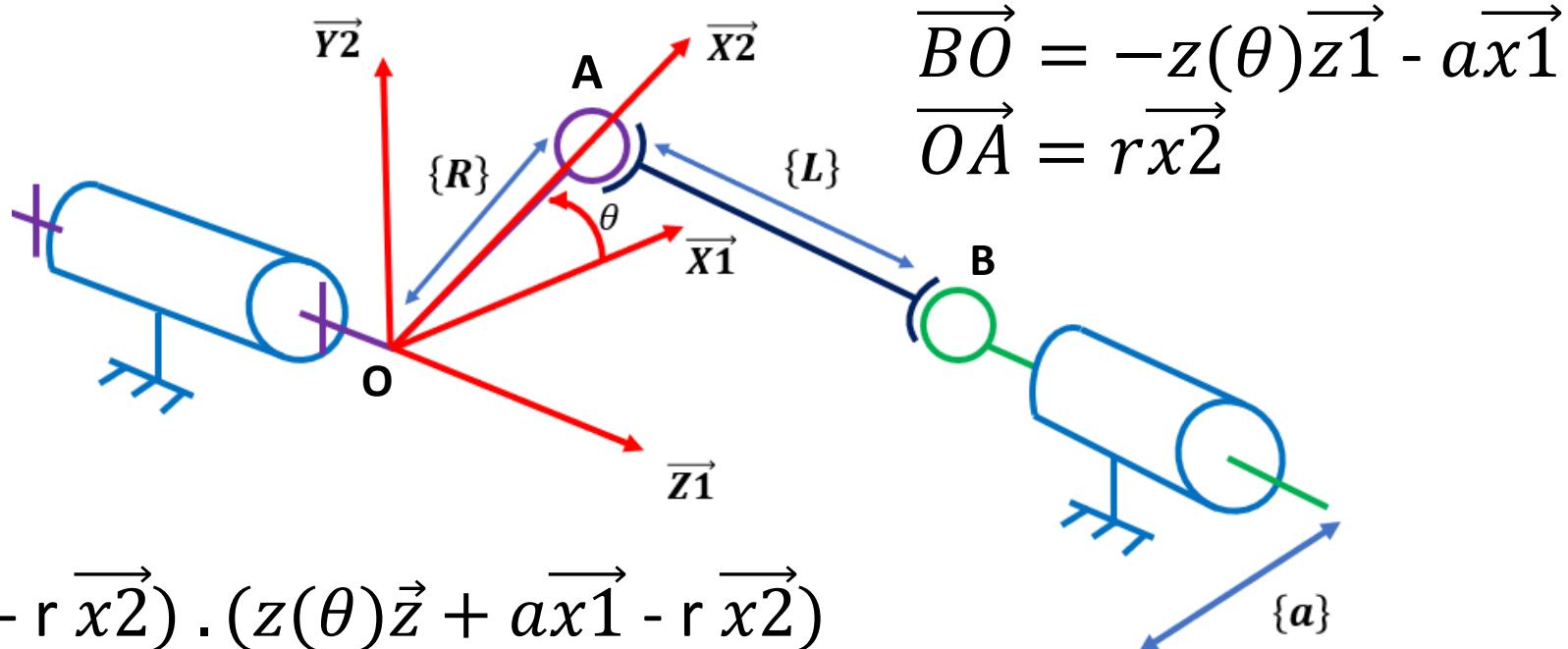
(SolidWorks)

ANNEXE : POMPES

FERMETURE GÉOMÉTRIQUE

$$\overrightarrow{OA} + \overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BO} = \vec{0}$$

$$\overrightarrow{AB} = z(\theta) \vec{z} + a \vec{x1} - r \vec{x2}$$



$$\begin{aligned}\overrightarrow{BO} &= -z(\theta) \vec{z1} - a \vec{x1} \\ \overrightarrow{OA} &= r \vec{x2}\end{aligned}$$

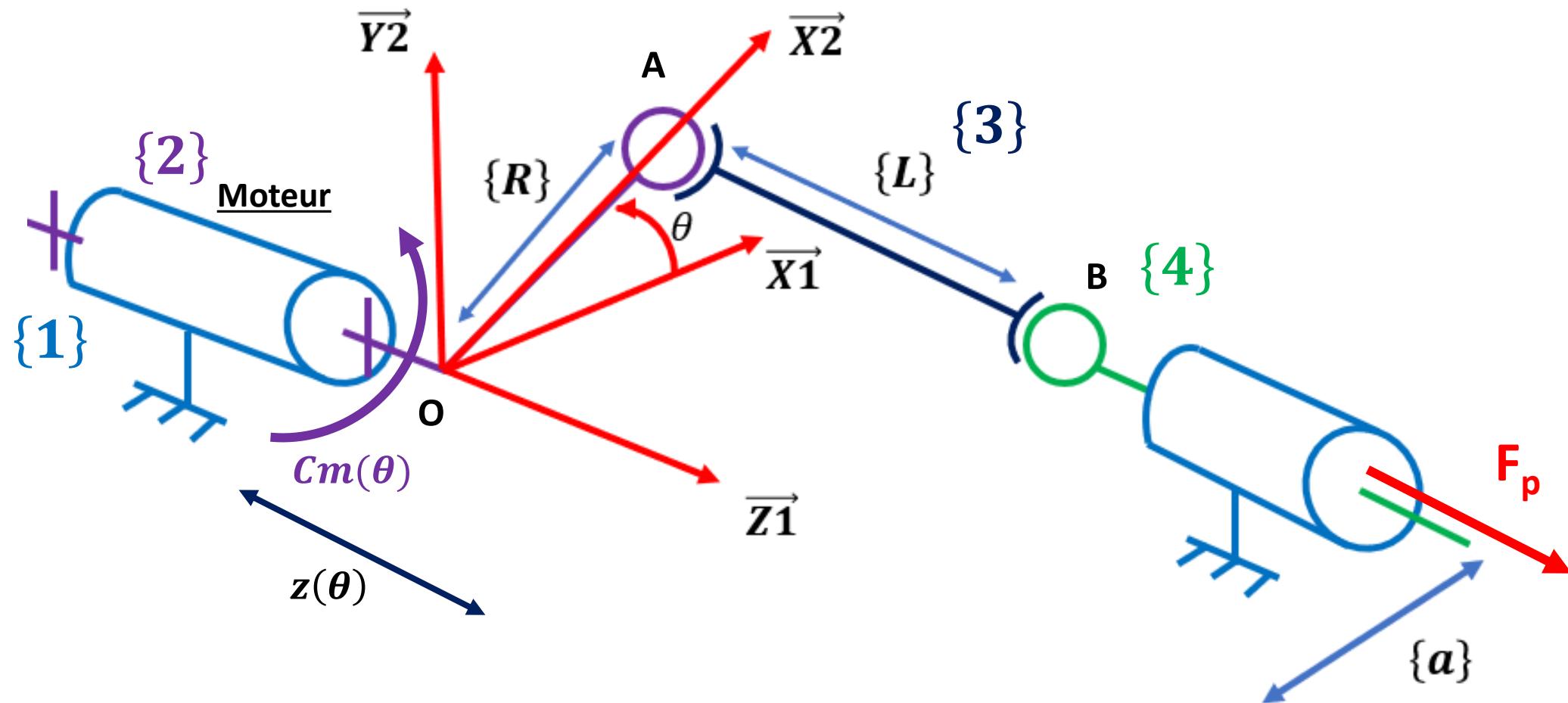
$$\overrightarrow{AB} \cdot \overrightarrow{AB} = L^2 = (z(\theta) \vec{z1} + a \vec{x1} - r \vec{x2}) \cdot (z(\theta) \vec{z} + a \vec{x1} - r \vec{x2})$$

$$\begin{aligned}L^2 &= z(\theta)^2 + a^2 + r^2 + 2 * z(\theta) * a * \vec{z1} \cdot \vec{x1} - 2 * a * r * \vec{x1} \cdot \vec{x2} \\ &= z(\theta)^2 + a^2 + r^2 - 2 * a * r * \cos(\theta)\end{aligned}$$

$$z(\theta) = \sqrt{L^2 - (a^2 + r^2 - 2 * a * r * \cos(\theta))}$$

MODELISATION DE LA POMPE

$F_p = \text{Poids du fluide} + \text{Poids de la tige} + \text{efforts dynamiques}$



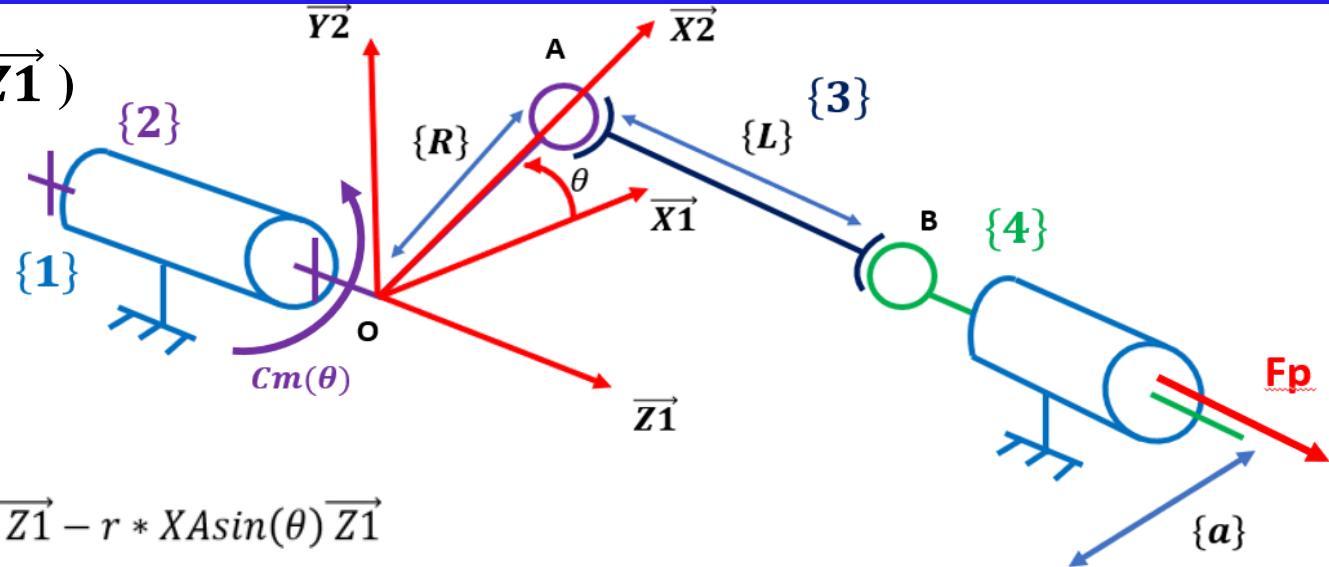
CALCUL DU COUPLE MOTEUR

D'après le théorème du moment dynamique en ($0, \overrightarrow{Z1}$) sur le solide 2, on a :

$$r * Y_A * \cos(\theta) - r * X_A * \sin(\theta) + Cm(\theta) = 0$$

Car :

$$\begin{aligned} MO \in 2/1 &= r \overrightarrow{X2} \wedge (ZA \overrightarrow{Z1} + YA \overrightarrow{Y1} + XA \overrightarrow{X1}) \\ &= r * ZA * \sin(\theta) \overrightarrow{X1} - r * ZA * \cos(\theta) \overrightarrow{Y1} + r * YA * \cos(\theta) \overrightarrow{Z1} - r * XA * \sin(\theta) \overrightarrow{Z1} \end{aligned}$$



D'après le théorème de la résultante statique sur 4 en ($B, \overrightarrow{Z1}$)

$$Z_B = F_p$$

D'après le théorème de la résultante statique sur 3 en ($A, \overrightarrow{X1}$) et ($A, \overrightarrow{Y1}$) :

$$\begin{aligned} Y_A &= Y_B \\ X_A &= X_B \end{aligned}$$

CALCUL DU COUPLE MOTEUR

D'après le principe du moment dynamique
en (A, $\overrightarrow{X_1}$) et (A, $\overrightarrow{Z_1}$) sur le solide 3, on a :

$$\begin{aligned} -z(\theta)Y_B - r * \sin(\theta)Z_B &= -z(\theta)Y_B - r * \sin(\theta)F_p = 0 \\ (a - r * \cos(\theta))Y_B + r * \sin(\theta)X_B &= 0 \end{aligned}$$

$$\text{Car : } M \left(a \in \frac{4}{3} \right) = \overrightarrow{AB} \wedge (Z_B \overrightarrow{Z_1} + X_B \overrightarrow{X_1} + Y_B \overrightarrow{Y_1})$$

$$M \left(a \in \frac{4}{3} \right) = (z(\theta) \overrightarrow{Z_1} + a \overrightarrow{X_1} - r \overrightarrow{X_2}) \wedge (Z_B \overrightarrow{Z_1} + X_B \overrightarrow{X_1} + Y_B \overrightarrow{Y_1})$$

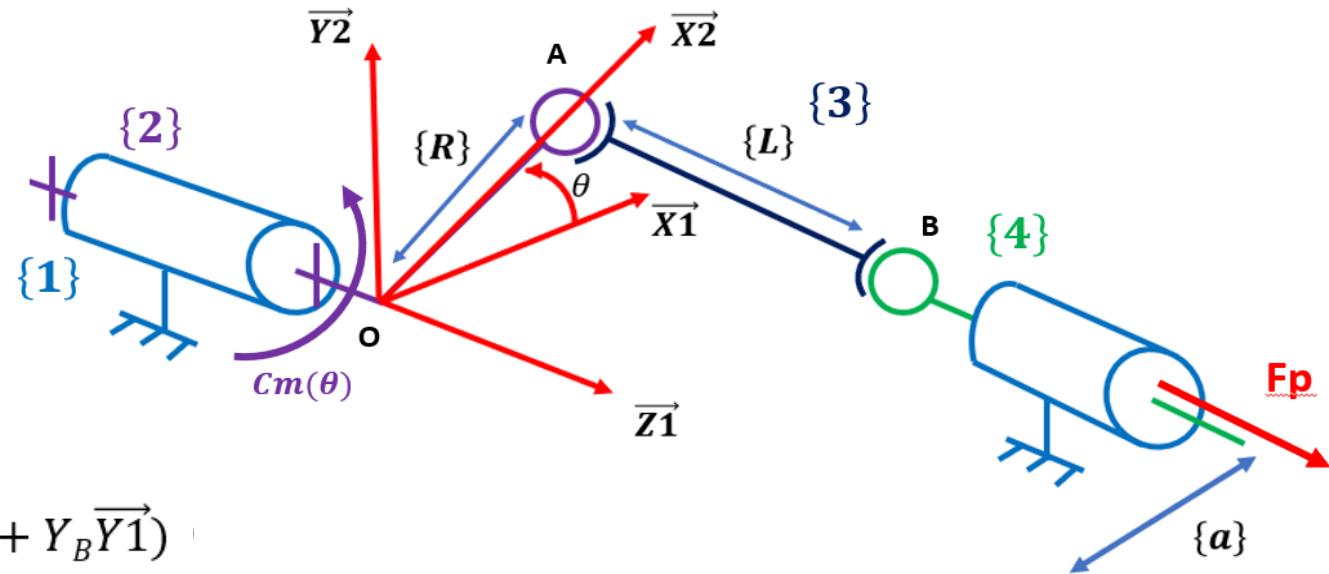
$$X_A = X_B = -F_p * \frac{r \cos(\theta) - a}{z(\theta)}$$

$$Y_A = Y_B = -F_p * \frac{r \sin(\theta)}{z(\theta)}$$

$$Cm(\theta) = -rY_A \cos(\theta) + r \sin(\theta)X_A = F_p * \frac{r^2 \sin(\theta) \cos(\theta)}{z(\theta)} - F_p * \frac{(r \cos(\theta) - a) \sin(\theta)}{z(\theta)}$$

$$= \frac{r * F_p * \sin(\theta)}{z(\theta)} (r \cos(\theta) - r \cos(\theta) + a)$$

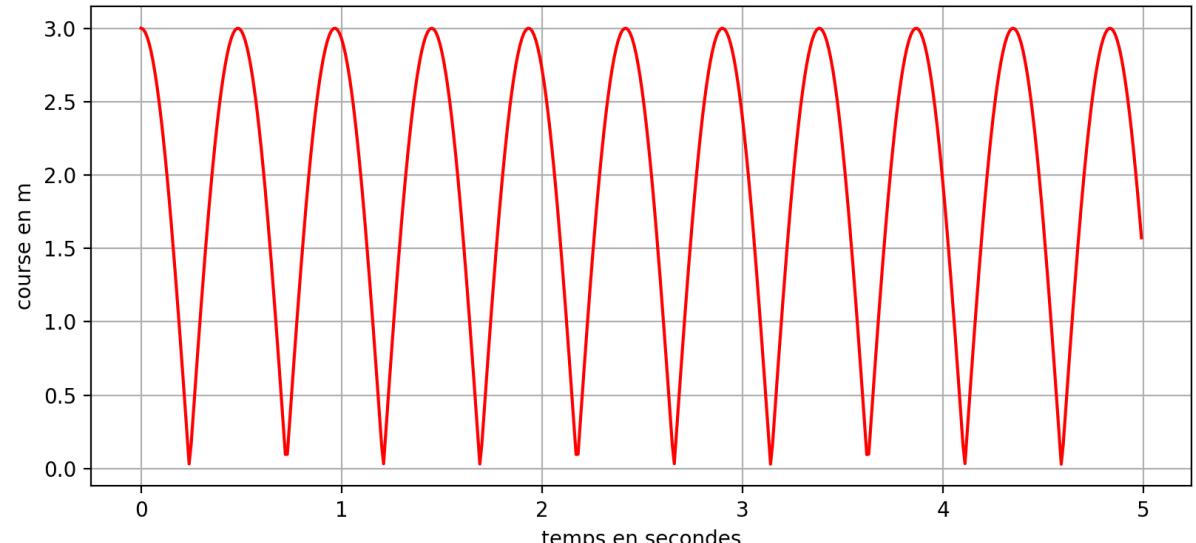
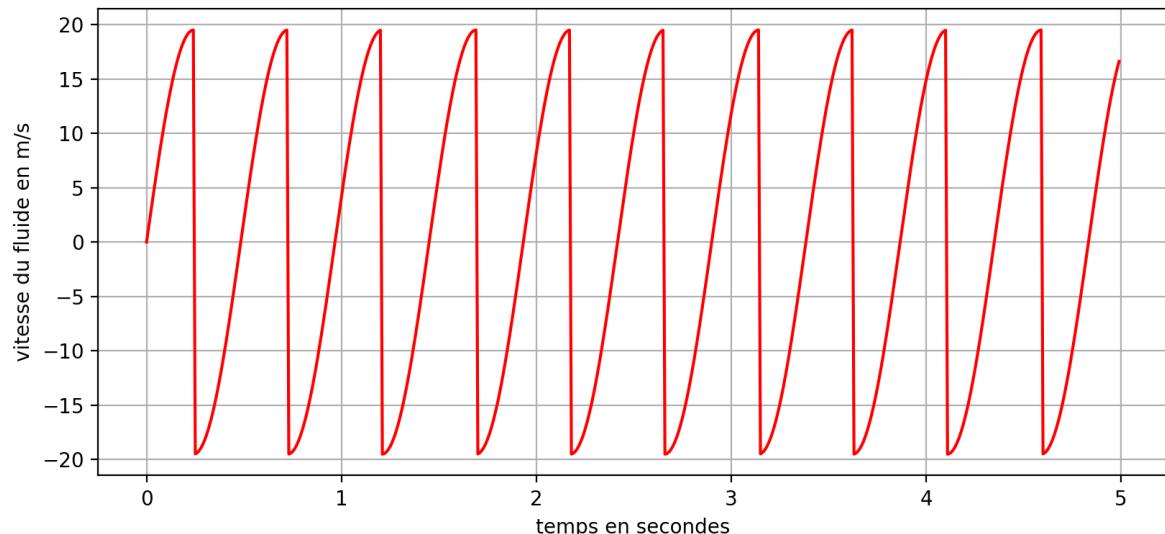
$$C_m(\theta) = \frac{r * F_p * \sin(\theta) * a}{z(\theta)}$$



Vitesse et position

$$z(\omega t) = \sqrt{L^2 - (a^2 + r^2 - 2 * a * r * \cos(\omega t))}$$

$$\Rightarrow \dot{z}(\omega t) = \frac{a * r * \omega * \sin(\omega t)}{\sqrt{L^2 - (a^2 + r^2 - 2 * a * r * \cos(\omega t))}}$$



Valeurs numériques :

$$L = 3 \text{ m}$$

$$a = 1.5 \text{ m}$$

$$R = 1.5 \text{ m}$$

$$\omega = 13 \text{ rad/s}$$

Estimation du coefficient de perte de charge

Rugosité relative :

$$\frac{\epsilon}{D} = \frac{0.025}{700} = 3.10^{-5}$$

Nombre de Reynolds:

$$Re = \frac{\rho 2 R v}{\eta} = 7,0 \cdot 10^6$$

Données:

$$\eta = 10^{-3} \text{ Pa.s}$$

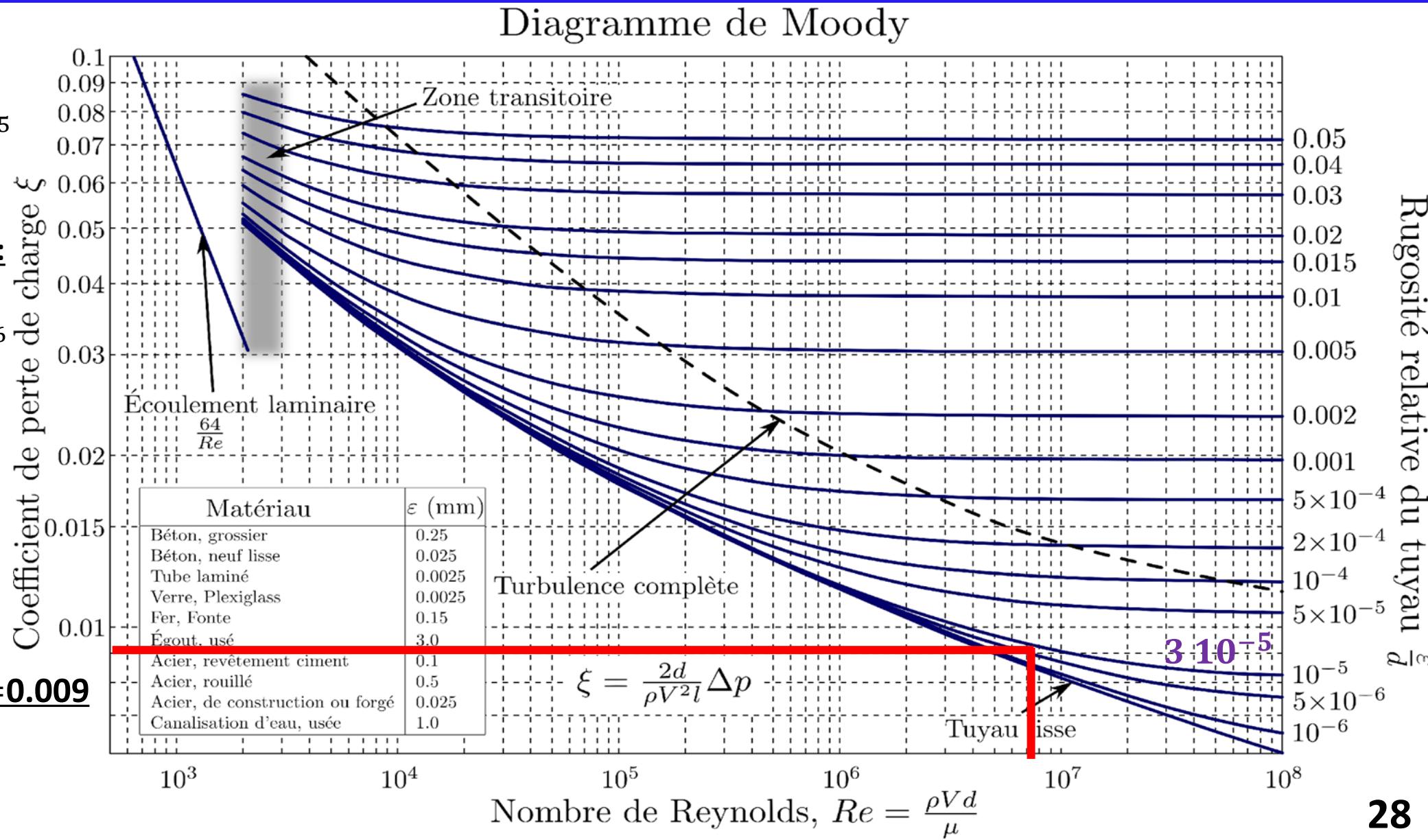
$$v_{moyen} = 10 \text{ m/s}$$

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$L = 2R = 0,70 \text{ m}$$

$$\xi = 0.009$$

$$\xi = 0.009$$



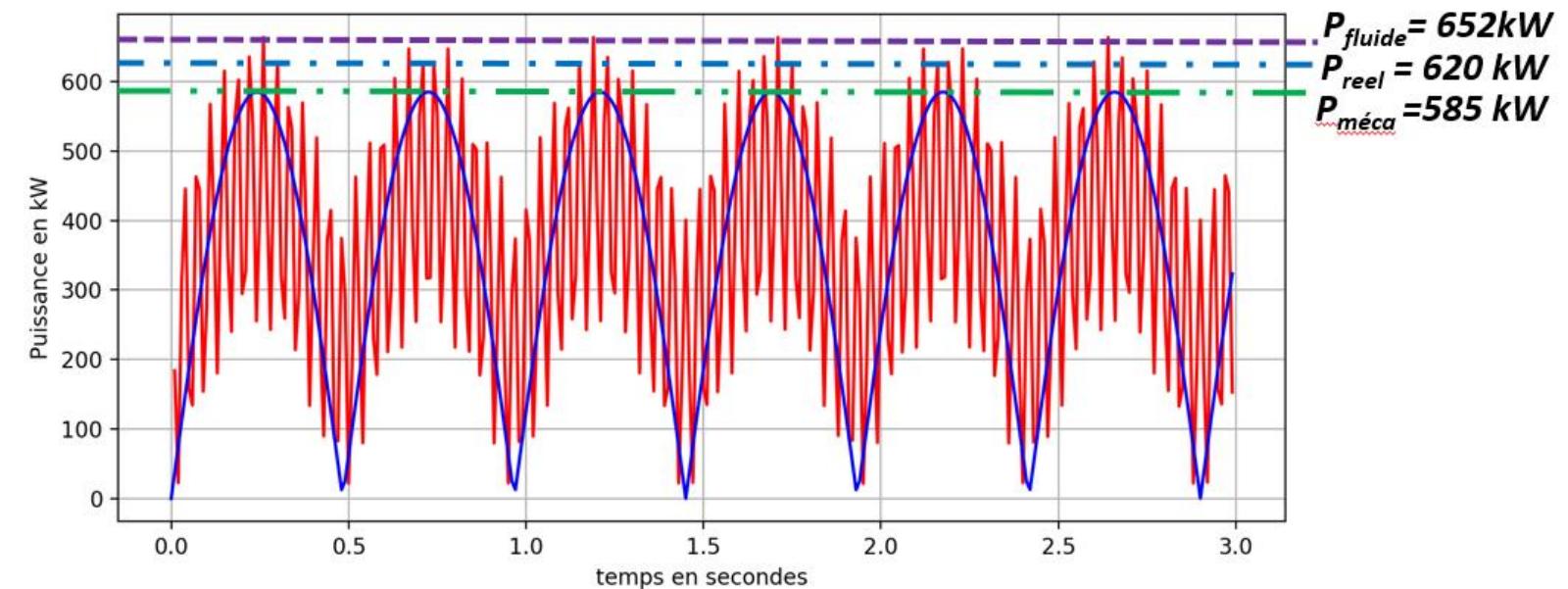
PUISANCE DE LA POMPE

$$z(\omega t) = \sqrt{L^2 - (a^2 + r^2 - 2 * a * r * \cos(\omega t))}$$

$$P_i = D_m \left(\frac{\Delta \dot{z}(\omega t)^2}{2} + g(z(\omega t) + \xi \dot{z}(\omega t)^2 * \frac{z(\omega t)}{2gd}) \right)$$

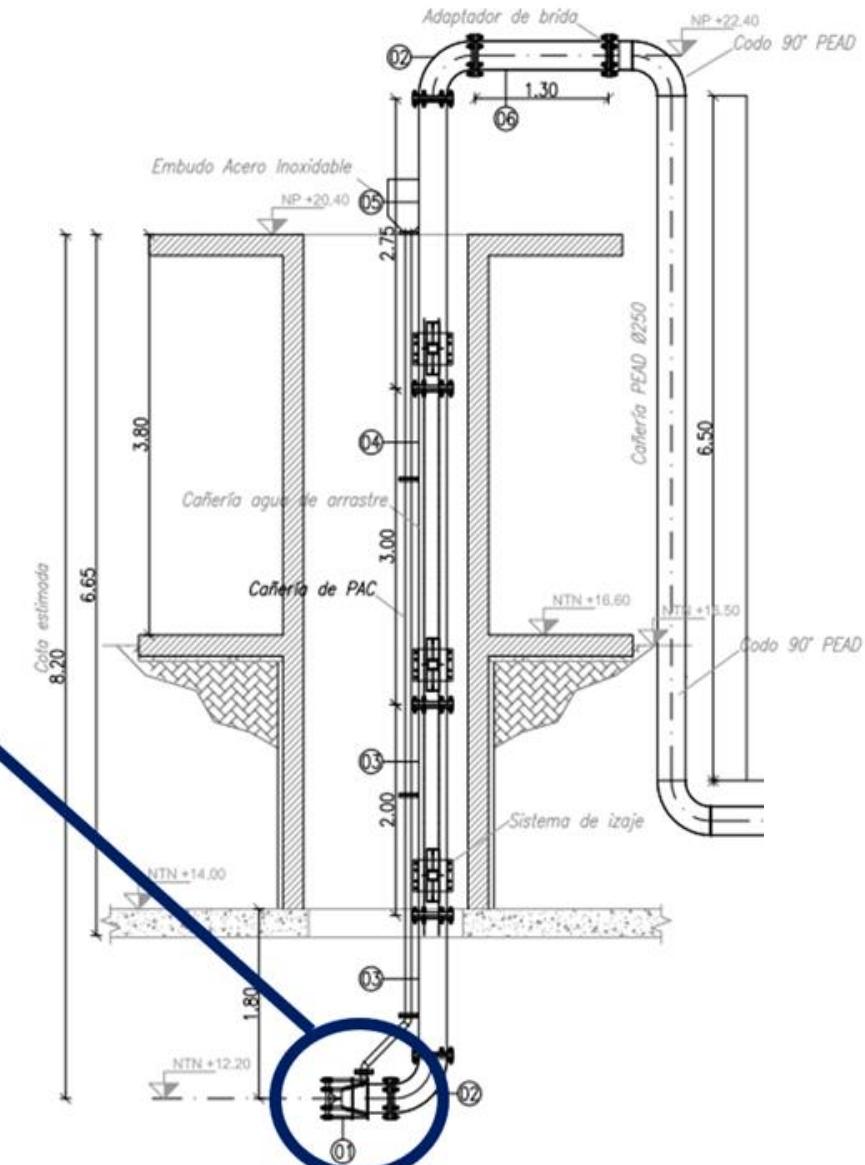
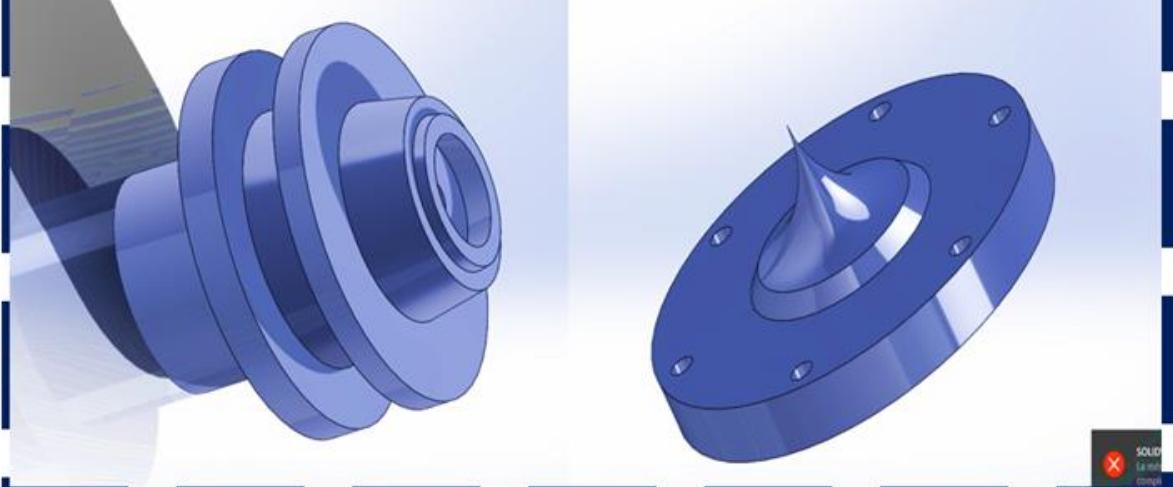
$$\dot{z}(\omega t) = \frac{a * r * \omega * \sin(\omega t)}{\sqrt{L^2 - (a^2 + r^2 - 2 * a * r * \cos(\omega t))}}$$

$$P_i = D_m \left(\frac{1}{2} \left(\frac{a * r * \omega * \sin(\omega t)}{\sqrt{L^2 - (a^2 + r^2 - 2 * a * r * \cos(\omega t))}} \right)^2 + g \left(\sqrt{L^2 - (a^2 + r^2 - 2 * a * r * \cos(\omega t))} + \xi \left(\frac{a * r * \omega * \sin(\omega t)}{\sqrt{L^2 - (a^2 + r^2 - 2 * a * r * \cos(\omega t))}} \right)^2 * \frac{\sqrt{L^2 - (a^2 + r^2 - 2 * a * r * \cos(\omega t))}}{2gd} \right) \right)$$



ANNEXE : DIFFUSEUR

LE DIFFUSEUR

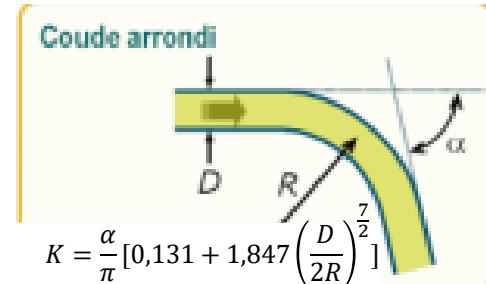


I. Dimensionnement de la pompe en régime établi

Calcul des pertes de charges singulières:

Données:

- $v = 0,71 \text{ m.s}^{-1}$
- $D = 63 \text{ mm}$
- $R = 160 \text{ mm}$



Pour un coude de 90° on a :

$$z_{coude} = \frac{Kv^2}{2g}$$

Et K:

$$K = \frac{1}{2} \left[0,131 + 1,847 \left(\frac{D}{2R} \right)^{\frac{7}{2}} \right] = 0,07$$

On a donc:

$$z_{coude} = 1,7 * 10^{-3} \text{ m}$$

$$\Rightarrow z_{pertes} = zr_{ég} + 8 * z_{coude}$$

$$\text{AN: } z_{pertes} = 0,79 \text{ m}$$

Théorème de Bernouilli:

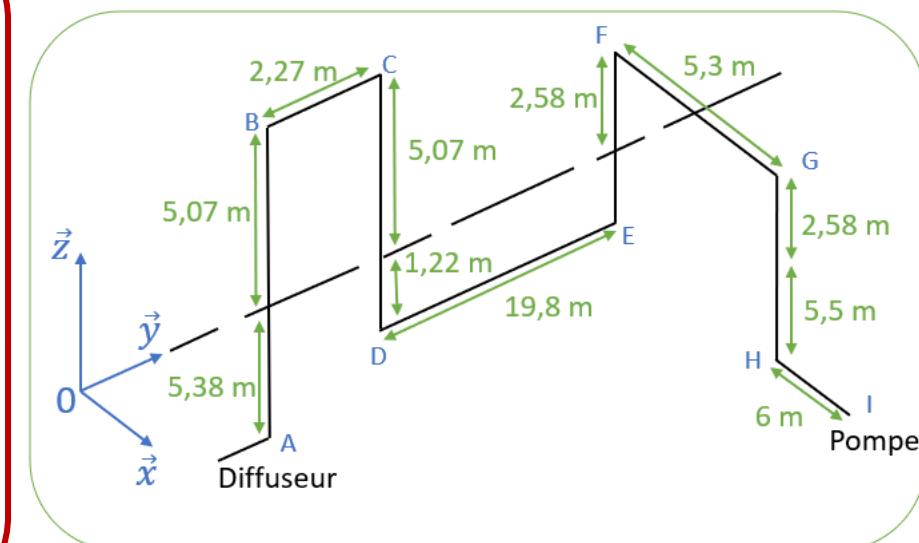
$$P_I = PA + \rho g(z_{pertes} + zA - zI)$$

$$\text{AN: } P_I = 6,1 * 10^5 + 2,44 * 10^3 * 9,81 * 0,91 = 6,3 \text{ bar}$$

Puissance utile de la pompe en régime établi:

$$P_u = Dv * PI = 1386 \text{ W}$$

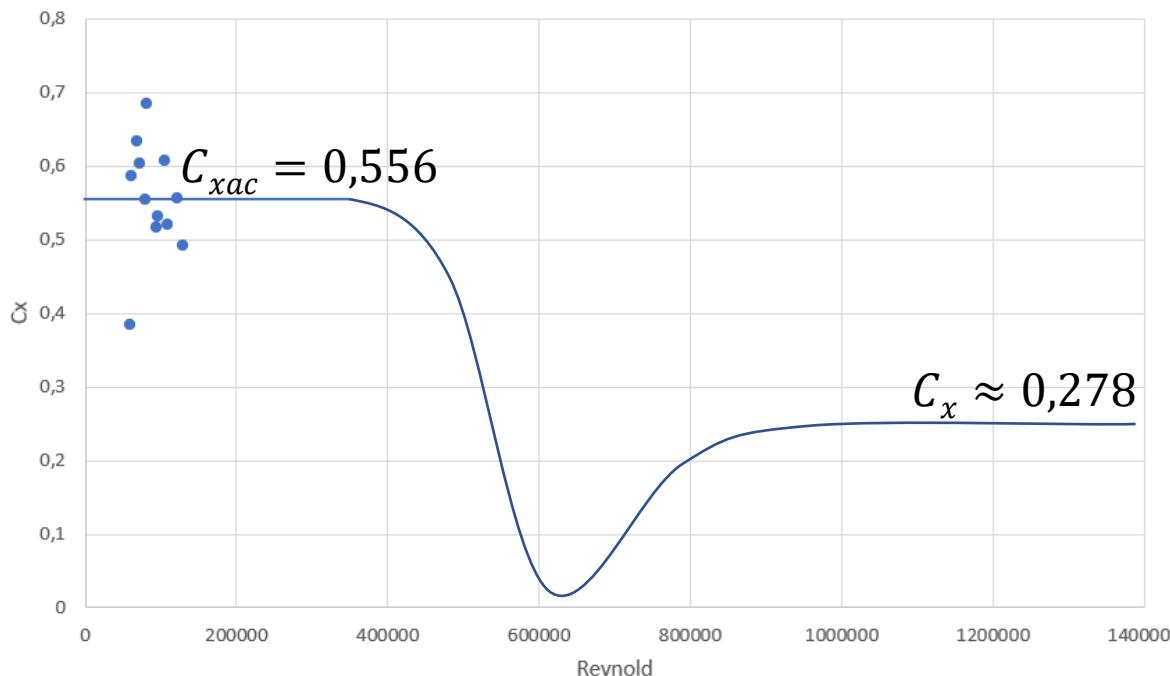
La pompe est en capacité de fournir P_u pour une puissance en entrée du moteur de la pompe de 3,5 kW.
3,8 kW pour le système réel.



II.3. Expérience: Calcul du coefficient Cx du diffuseur



Valeur de Cx en fonction du nombre de Reynold



Données :

$$S_{exp} = 5,84 * 10^{-6} m^2$$

$$m_{eau} = 5,4 * 10^{-2} kg$$

$$Re(réel) = 1,2 * 10^6$$

Application du PFS au cône:

$$\vec{P}_{liquide \rightarrow plaque} = -m_{exp} g \vec{z} - \left(\frac{1}{2} \frac{\rho C_{xac}}{S_{exp}} Q^2 + m_{eau} \right) \vec{z}$$

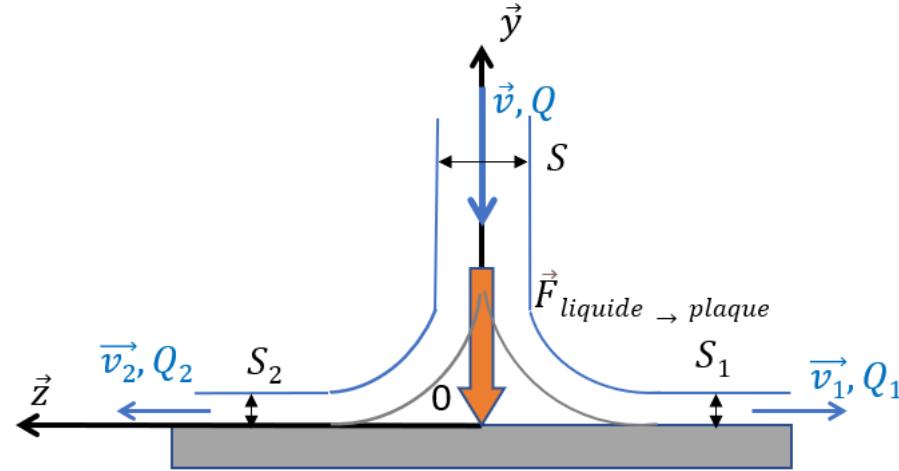
$$\Rightarrow C_{xac} = 2 \frac{S_{exp} g}{\rho Q^2} (m_{exp} - m_{eau})$$

$$\Rightarrow C_{xac} = 0,556$$

Après la crise de trainée:

$$C_x \approx \frac{C_{xac}}{2} \approx 0,264$$

II.3. Modélisation jet du liquide sur le cône



Théorème de quantité de mouvement appliquée à l'eau:

$$\overrightarrow{F_{liquide \rightarrow plaque}} = \frac{1}{2} \rho C_x (Q \vec{V} + Q_1 \vec{V}_1 + Q_2 \vec{V}_2)$$

$$/\vec{y} : F_{liquide \rightarrow plaque} = -\frac{1}{2} \rho C_x \frac{Q^2}{S}$$

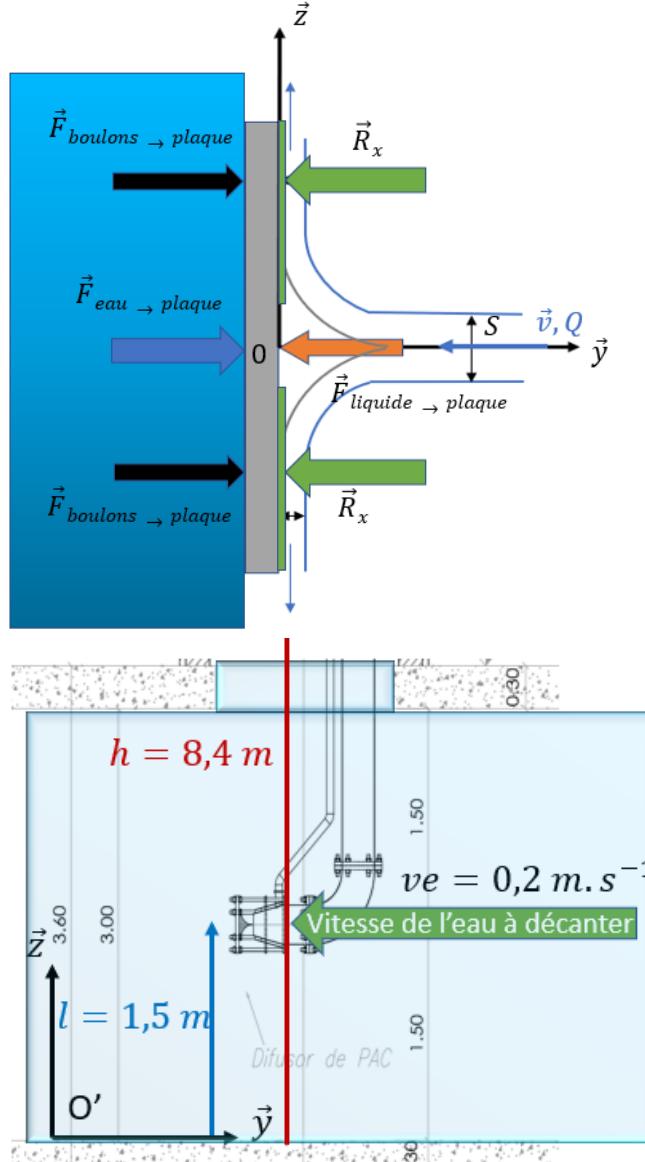
Données:

- $Q = 0,14 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
- $C_x = 0,278$

$$\begin{array}{|l} - \rho = 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \\ - S = 1,77 * 10^{-2} \text{ m}^2 \end{array}$$

$$\text{AN: } F_{liquide \rightarrow plaque} = -154 \text{ N}$$

II.5. Calcul de l'effort statique et dynamique R_x de l'eau exercé sur le cône



Avec le principe fondamental de la statique et par définition de la force de trainée:

$$\vec{R}_x = -\frac{1}{2} \rho C_{xplaque} S_{verte} * v_e^2 \vec{y} - \pi(R_2^2 - R_1^2)[P(h) + \rho g(h - l)] \vec{y}$$

Données:

$$Re = 6 * 10^6 \quad R_1 = 75 \text{ mm}$$

$$S_{verte} = 0,107 \text{ m}^2 \quad R_2 = 200 \text{ mm}$$

$$v_e = 0,2 \text{ m.s}^{-1} \quad C_{xplaque} = 0,367$$

AN: $\vec{R}_x \cdot \vec{y} = -18109 \text{ N}$

II.5. Effort exercé sur les boulons

PFS appliqué au cône:

$$6 * \vec{F}_{boulon \rightarrow plaque} + \vec{F}_{eau \rightarrow plaque} + \vec{R}_y + \vec{F}_{liquide \rightarrow plaque} = \vec{0}$$

$$\Rightarrow \vec{F}_{boulon \rightarrow plaque} = - \frac{\vec{F}_{eau \rightarrow plaque} + \vec{R}_y + \vec{F}_{liquide \rightarrow plaque}}{6}$$

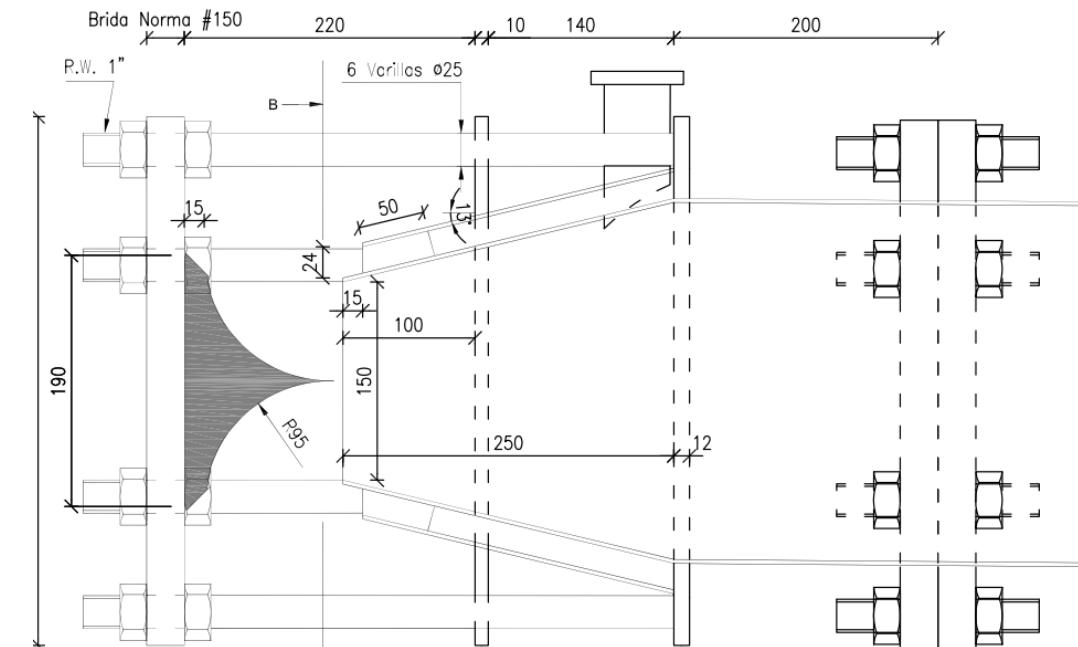
AN: $F_{boulon \rightarrow plaque} = 469 \text{ N}$

Dimensionnement des écrous en acier inoxydable:

- Écrous de classe 70, $S_{eq} = 388 \text{ mm}^2$, $Re = 450 \text{ MPa}$

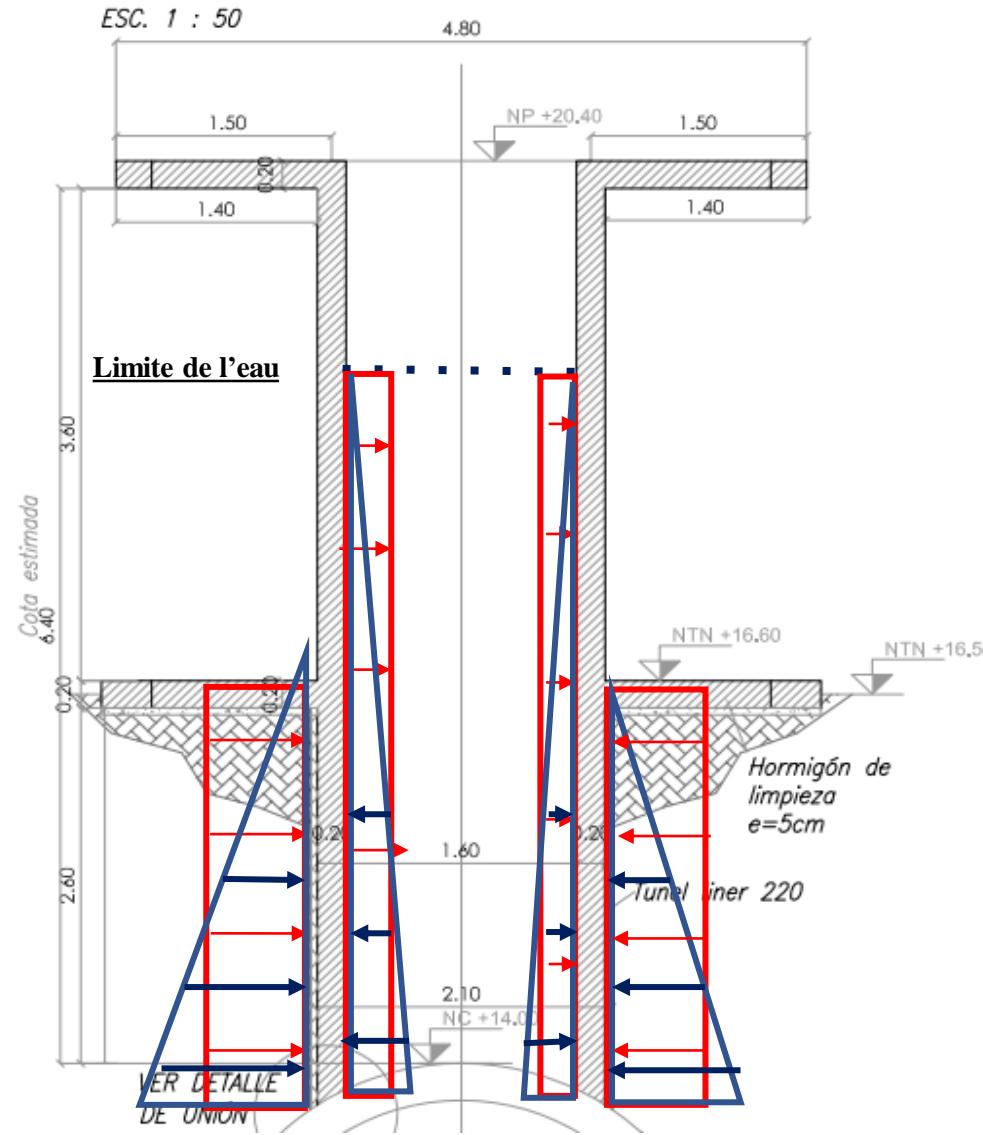
Charge de traction maximale supportée par la partie filetée d'un boulon:

$F_{maxi} = 0,9 * Seq * Re = 157 \text{ kN}$

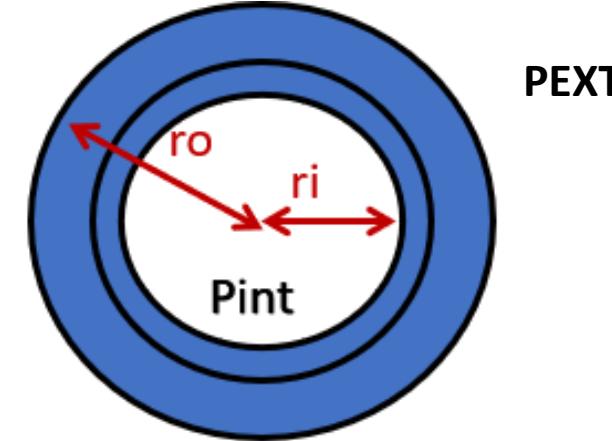


Conclusion:

- Boulons sollicités en traction
- $\|\vec{F}_{boulon \rightarrow plaque}\| \leq F_{maxi}$
- ⇒ Boulons correctement dimensionnés



Avec une pression interne Pint on a:



Valeurs:

$P_i = 30 \text{ Mpa} = 0,3 \text{ bar}$
 $R_o = 1,6 \text{ m}$
 $R_i = 1,8 \text{ m}$
 $r = 1,67$
 $P_o = 80 \text{ Mpa}$

Les contraintes axiales et tangentialles sont définies dans les ouvrages par :

$$\sigma_r = \frac{p_i * r_i^2 - p_o * r_o^2 - (p_i - p_o) * \frac{r_o^2 r_i^2}{r^2}}{r_o^2 - r_i^2} = 30 \text{ Mpa}$$

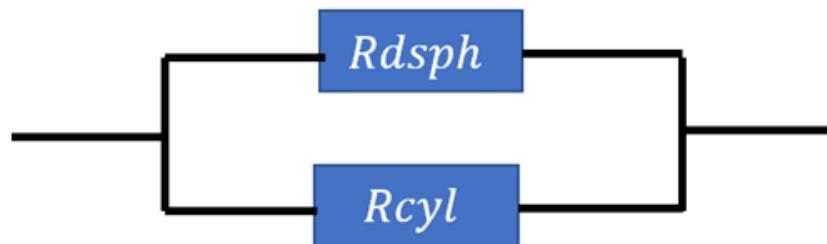
$$\sigma_t = \frac{p_i * r_i^2 - p_o * r_o^2 + (p_i - p_o) * \frac{r_o^2 r_i^2}{r^2}}{r_o^2 - r_i^2} = 430 \text{ Mpa}$$

Assurer la résistance mécanique des tuyaux dans l'air

ANNEXE : RÉSERVOIR

RESISTANCE THERMIQUE DU RESERVOIR

Schéma équivalent du réservoir



Résistance thermique d'une semi sphère

$$R_{dsph} = \frac{1}{2\lambda\pi} \left(\frac{1}{r_{int}} - \frac{1}{r_{ext}} \right)$$

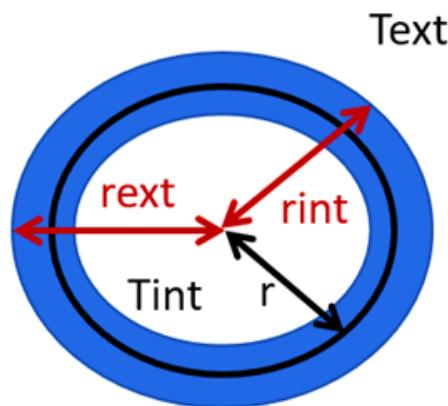
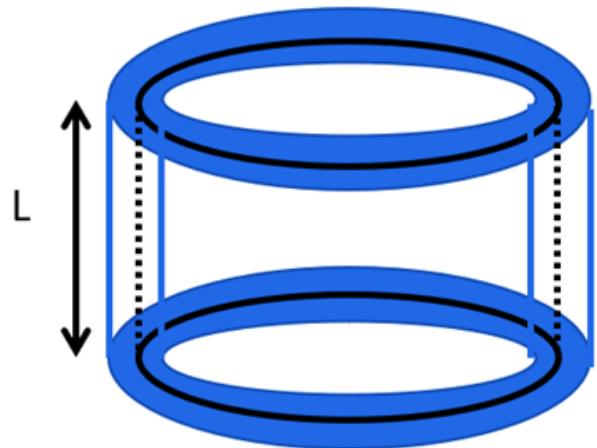
Résistance thermique d'un cylindre creux

$$R_{cyl} = \frac{\ln(\frac{r_{ext}}{r_{int}})}{2L\lambda\pi} \quad (\text{Démonstrations en annexe})$$

$$Y_{eq1} = \frac{1}{R_{dsph}} + \frac{1}{R_{cyl}} = \frac{1}{R_t} \Rightarrow R_t = \frac{R_{cyl} * R_{dsph}}{R_{cyl} + R_{dsph}}$$

$$R_t = \frac{\ln\left(\frac{r_{ext}}{r_{int}}\right) * \frac{1}{2L\lambda\pi} * \frac{1}{2\lambda\pi} * \left(\frac{1}{r_{int}} - \frac{1}{r_{ext}}\right)}{\ln\left(\frac{r_{ext}}{r_{int}}\right) * \frac{1}{2L\lambda\pi} + \frac{1}{2\lambda\pi} * \left(\frac{1}{r_{int}} - \frac{1}{r_{ext}}\right)} = 0,043 \text{ K/W}$$

Démonstration de la résistance thermique d'un cylindre



Hypothèse: - flux permanent

$$\Phi = \int_{cylindre} \overrightarrow{j_{th}(r)} * \overrightarrow{dS}$$

$$\Rightarrow \Phi = j_{th}(r) * \int_{cylindre} dS$$

$$\Rightarrow \Phi = 2\pi Lr * j_{th}(r)$$

$$\Rightarrow \Phi = -2\pi\lambda Lr * \frac{dT}{dr}$$

$$\Rightarrow dT = -\frac{\Phi}{2\pi\lambda L} \frac{dr}{r}$$

$$\Rightarrow \int_{T_{int}}^{T_{ext}} dT = -\frac{\Phi}{2\pi\lambda L} \int_{r_{int}}^{r_{ext}} \frac{dr}{r}$$

$$\Rightarrow T_{ext} - T_{int} = -\frac{\Phi}{2\pi\lambda L} * \ln\left(\frac{r_{ext}}{r_{int}}\right)$$

Or, on sait que: $R_{cyl} = \frac{T_{int} - T_{ext}}{\Phi}$

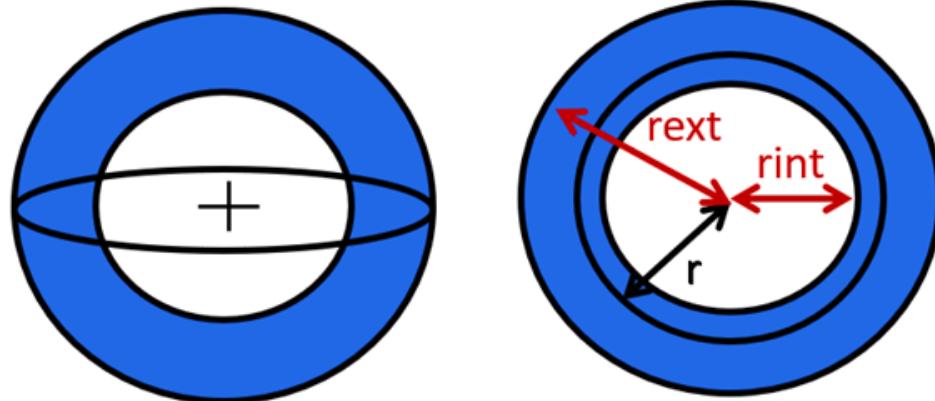
D'où:

$$R_{cyl} = \frac{\ln\left(\frac{r_{ext}}{r_{int}}\right)}{2L\lambda\pi}$$

$Sph =$
 $Scyl =$
 $St =$

En utilisant la loi de Fourier on en déduit par invariances :

Démonstration de la résistance thermique d'une demi sphère



$$\begin{aligned} & \Rightarrow \Phi = -4\pi\lambda r^2 \frac{dT}{dr} \\ & \Rightarrow dT = -\frac{\Phi}{2\pi\lambda r^2} dr \\ & \Rightarrow \int_{T_{int}}^{T_{ext}} dT = -\frac{\Phi}{2\pi\lambda} \int_{r_{int}}^{r_{ext}} \frac{dr}{r^2} \\ & \Rightarrow T_{ext} - T_{int} = -\frac{\Phi}{2\pi\lambda} \left(\frac{1}{r_{ext}} - \frac{1}{r_{int}} \right) \end{aligned}$$

Hypothèse: - flux permanent

$$\Phi = \int_{sphère} \overrightarrow{j_{th}(r)} * \overrightarrow{dS}$$

$$\Rightarrow \Phi = j_{th}(r) * \int_{sphère} dS$$

$$\Rightarrow \Phi = 2\pi r^2 * j_{th}(r)$$

En utilisant la loi de Fourier on en déduit par invariances :

$$\vec{\varphi}_r = -\lambda \overrightarrow{\text{grad}} T = -\lambda \frac{dT}{dr} \vec{e}_r$$

Or, on sait que: $R_{sph} = \frac{T_{int} - T_{ext}}{\Phi}$

D'où:

$$R_{sph} = \frac{1}{2\lambda\pi} \left(\frac{1}{r_{int}} - \frac{1}{r_{ext}} \right)$$

$Sph =$
 $Scyl =$
 $St =$

ANNEXE : PYTHON - DOT

Déroulé Opérationnel du TIPE

Septembre-décembre

- Choix des différents systèmes et récolte d'information sur les systèmes.
- Création de la structure du diffuseur sur SolidWorks
- Visites de l'usine (Voyage à la Toussaint)
- Expérience sur la coagulation

Janvier-février

- Création du réservoir sur SolidWorks et étude de résistance mécanique.
- Étude des pertes à l'intérieur du réservoir
- Etude de la structure en béton du diffuseur

Mars-avril

- Étude de la course de la pompe.
- Dimensionnement du moteur par la mécanique du solide et des fluides.
- Etude de l'évolution de la température à l'intérieur du réservoir

Mai

- Limites et critiques des différents modèles.
- Amélioration du diaporama, mise en forme
- Finalisation du TIPE.

PYTHON : Pompes

PYTHON : Réservoir

```
###  
Tint=16 # température intérieur initiale  
Text= 30 # température extérieur  
Rext=1.5 # rayon extérieur  
Rint=1.1 # rayon intérieur  
L=10.5 # hauteur du réservoir  
Lambda=0.15 # Conductivité thermique du plastique renforcé en fibre de verre isolant  
mtot=97000 # masse totale de coagulant  
cp= 1000 # capacité thermique massique du coagulant  
  
def résistancecylindrique(Rint,Rext,Lambda,L): # Resistance thermique d'un cylindre  
    return np.log(Rext/Rint)/(2*np.pi*Lambda*L)  
  
def résistancedemisphère(Rint,Rext,Lambda): # Resistance thermique d'une demi sphère  
    return (1/(np.pi*Lambda))*(1/Rext - 1/Rint)  
  
def résistancethermique2(rint, rext,Lambda,L): # Resistance thermique totale du réservoir  
    return (résistancecylindrique(Rint,Rext,Lambda,L)*résistancedemisphère(Rint,Rext,Lambda))/(résistancecylindrique(Rint,Rext,Lambda,L) + résistancedemisphère(Rint,Rext,Lambda))  
  
print(résistancethermique2(Rint, Rext,Lambda,L))  
  
def température(rint,rext,Lambda,L,To,Text,t,mtot,cp): # Solution de l'équation différentielle  
    return Text+(To-Text)*np.exp(-t/(mtot*cp*résistancethermique2(rint,rext,Lambda,L)))  
  
t=np.arange(0,5000000,60)  
plt.plot(t/86800, température(Rint,Rext,Lambda,L,Tint,Text,t,mtot,cp))  
plt.xlabel('temps en jours')  
plt.ylabel('Température en degré')  
plt.grid()  
plt.show()
```