Devoir n°7: dynamique des fluides réels

<u>Exercice 1</u>: circuit primaire d'une centrale nucléaire

On se propose d'étudier le circuit primaire de la centrale nucléaire de Nogent-sur-Seine.

De l'eau sous pression circule dans ce circuit en parcours fermé (voir Figure). Elle s'échauffe lors de son passage dans le cœur du réacteur grâce à l'énergie produite par les éléments combustibles. Cette énergie calorifique, transportée par l'eau sous pression, est utilisée, via l'échangeur, par le circuit secondaire (non représenté) pour produire de l'énergie électrique.

Pour l'étude qui suit, on considère que tous les points du circuit primaire sont à la même altitude.

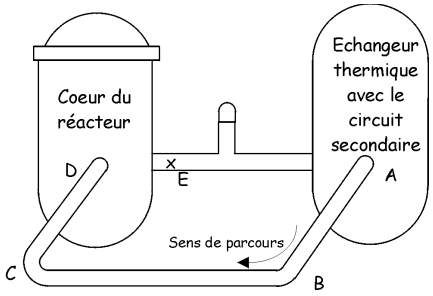


Figure : circuit primaire

Données numériques

- Débit massique de l'eau : $Q_m = 13{,}2\times10^3$ kg·s^{-1}.
- Diamètre de la conduite du circuit primaire : $D = 600$ mm.
- Longueurs de la conduite . $l_{AB} = l_{CD} = 2{,}0$ m ; $l_{BC} = 5{,}0$ m et chaque coude, en B et C, équivaut pour les pertes de charges à une longueur supplémentaire de 1,0 m.
- Masse volumique de l'eau : $\rho_{eau} = 1{,}0\times10^3$ kg·m^{-3}.
- Viscosité cinématique de l'eau : $\nu = 5{,}0\times10^{-7}$ m^2·s^{-1}.

1- **Calculer** le débit volumique Q_v de l'eau dans le circuit primaire.
2- **Montrer** que la vitesse de l'eau dans la conduite ABCD est $v = 46{,}7$ m·s^{-1}.
3- **Calculer** le nombre de Reynolds dans cette conduite. **En déduire** le type d'écoulement.
4- **Que vaut** le coefficient de pertes de charges linéaires λ, dans la conduite.
5- **Calculer** les pertes de charges linéaires J_{AD} dans la conduite entre les points A et D.
6- **En déduire** la variation de pression $\Delta p = p_D - p_A$ correspondante.

Formulaire de mécaniques des fluides :

Nombre de Reynolds $Re = \frac{vD}{\nu}$

Coefficient de pertes de charges linéaires λ :

$Re < 3000$	Ecoulement laminaire	$\lambda = \frac{64}{Re}$
$3000 < Re < 10^5$	Ecoulement turbulent lisse	$\lambda = (100\,Re)^{-0,25}$
$Re > 10^5$	Ecoulement turbulent rugueux	$\lambda = 3{,}5\times10^{-2}$,indépendant de Re

Pertes de charges linéaires en J·kg^{-1} : $J = -\frac{\lambda v^2 l}{2D}$

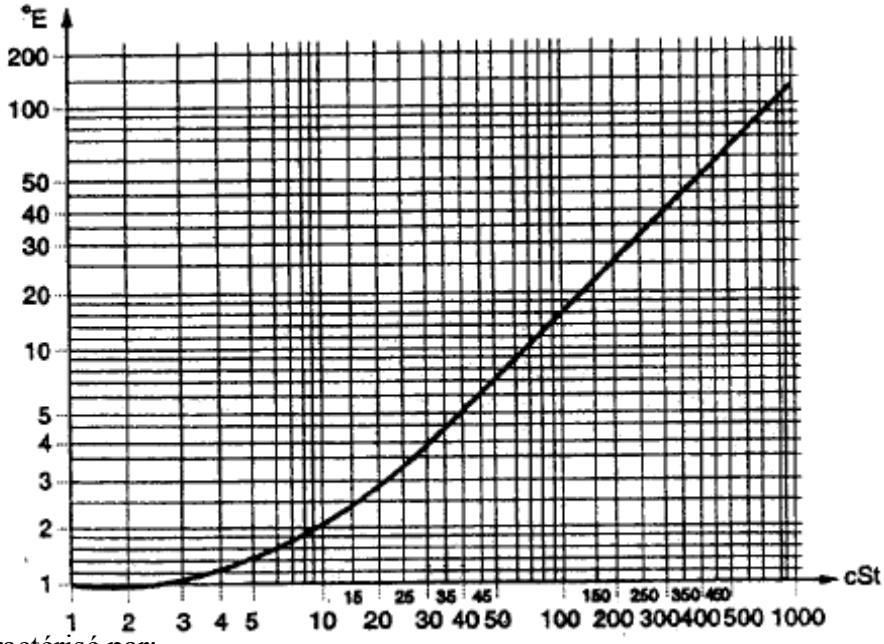
Équation de Bernoulli avec pertes de charges et échange de travail pour une masse unitaire $m = 1$ kg

$$W_{12} + J_{12} = (v_2^2 - v_1^2)/2 + (p_2 - p_1)/\rho + g(z_2 - z_1)$$

<u>Exercice 2</u>: viscosité d'une lessive et régime d'écoulement

Le régime d'écoulement d'une lessive dans une canalisation dépend de sa viscosité cinématique ν.
Pour la déterminer, on utilise le viscosimètre Engler qui permet de mesurer le temps t_{fluide} que mettent 200 mL du liquide étudié pour s'écouler à travers un tube calibré à 50°C et le temps t_{eau} que mettent 200mL d'eau dans les mêmes conditions.

La viscosité ν exprimée en degré Engler (°E) est donnée par la relation $\nu = \frac{t_{fluide}}{t_{eau}}$.



Le diagramme ci-contre permet de passer du degré Engler à l'unité de viscosité en centistokes (cSt).
Rappel: 1 cSt = 10^{-6} m².s^{-1}.

Le nombre de Reynolds Re est défini par $Re = \frac{v.d}{\nu}$ avec:
v : vitesse du fluide en m.s^{-1}
d : diamètre de la canalisation en m
et ν viscosité cinématique en m².s^{-1}.

Le type du régime d'écoulement est caractérisé par:

si Re ≤1600 le régime est laminaire et le coefficient de pertes est $K = \frac{64}{Re}$

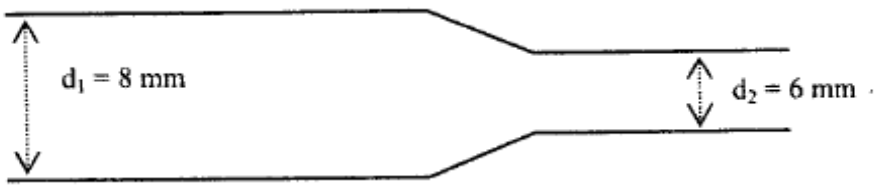
si 1600 < Re < 2400 le régime est transitoire

si Re ≥ 2400 le régime est turbulent et le coefficient de pertes est $K = \frac{0{,}316}{\sqrt[4]{Re}}$

Les pertes de charg dans une conduite, exprimée en Pa : $\Delta p = K \frac{L \rho v^2}{2d}$ avec L la longueur de la conduite en m et ρ la masse volumique de la lessive.

1- Le viscosimètre Engler fournit les mesures suivantes : t_{fluide} = 229 s et t_{eau} = 51 s.
a) **Calculer** la viscosité cinématique υ en degré Engler de la lessive.
b) **Exprimer** la viscosité en sentistokes, puis dans les unités du système international.
2- L'écoulement de la lessive se fait dans les conditions suivantes:
- vitesse d'écoulement v_1 = 5,0 m.s^{-1}.
- masse volumique de la lessive ρ = 1,1.10^3 kg.m^{-3}.
- diamètre de la canalisation d_1 = 8,0 mm.

a) **Calculer** le nombre de Reynolds Re.
b) **Caractériser** le type d'écoulement. **Correspond-il** à un écoulement souhaité dans une canalisation (**justifier** votre réponse, en évoquant les pertes de charge).
3- Pour des raisons pratiques, on prend un nombre de Reynolds Re égal à 1150. L'écoulement se fait dans les mêmes conditions qu'à la question 2.
a) **Calculer** le coefficient K de pertes de charge arrondi à 10^{-4} près.
b) **Calculer** les pertes de charge Δp pour une conduite de 20 cm de long.
4- A la sortie de la conduite précédente se trouve un étranglement (schéma ci- dessous).



a) **Calculer** la vitesse v_2 de la lessive à la sortie de l'étranglement. On rappelle que v_1 = 5,0 m.s^{-1}.
b) Le régime d'écoulement **est-il** laminaire à la sortie de l'étranglement ? **Justifier**.