

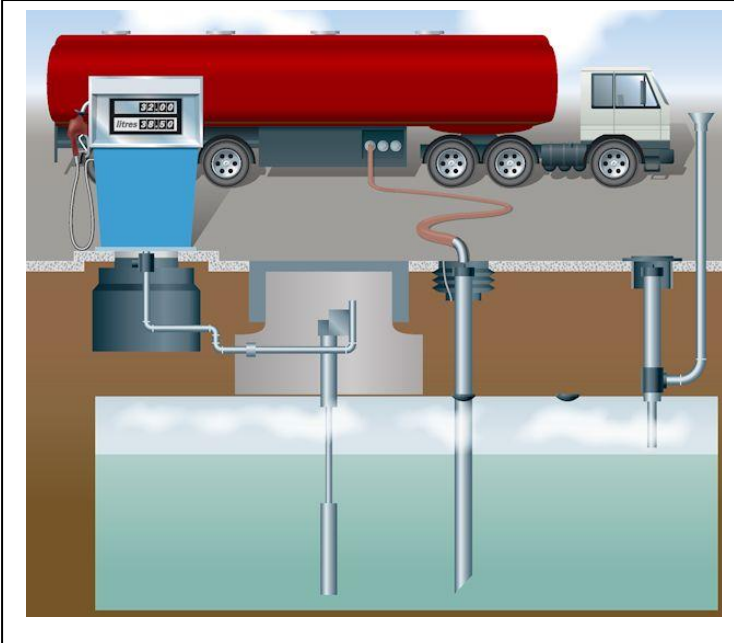
## Question simple

Rappeler la relation de Bernoulli et son sens physique. Citer les hypothèses nécessaires pour valider l'utilisation de la loi. Définir la grandeur appelée communément « invariant de Bernoulli ».

L'insertion d'un élément « actif » (pompe par exemple) dans le circuit du fluide modifie la relation précédente. En vous aidant d'une analyse dimensionnelle donner alors la formulation de la loi qu'il convient d'utiliser dans ce cas. Exprimer la relation en faisant apparaître la puissance mécanique de l'élément actif.

## Question ouverte : Station service

*La pompe volumétrique du distributeur de carburant d'une station-service permet d'aspirer le carburant stocké dans la cuve enterrée lorsqu'elle est commandée par la gâchette du pistolet.*



Estimer la puissance électrique nécessaire à l'alimentation d'une pompe de station-service.

Une estimation du résultat sera effectuée dans un premier temps en utilisant un modèle idéalisé et dans un second temps avec prise en compte des informations apportées par le document concernant le dispositif réel.

### **Valeurs qui pourront être utilisées :**

Durée nécessaire pour faire un plein de 50 L :  $\Delta t = 2$  min.

Niveau le plus bas du carburant dans la cuve : 4 m sous le niveau du sol.

Altitude du réservoir du véhicule par rapport au sol :  $H = 80$  cm.

Caractéristiques de la conduite assurant le transport du carburant de la cuve vers le réservoir du véhicule : rayon  $R = 2$  cm. Longueur  $L = 6$  m.

Masse volumique du diesel :  $\rho = 820$  kg.m<sup>-3</sup>

Viscosité cinématique du diesel  $\nu = 7.10^{-4}$  m<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>.

Rendement du moteur alimentant la pompe = 70 %

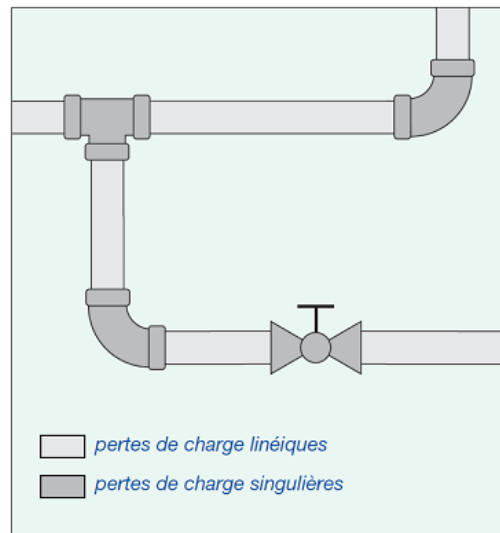
## DOCUMENT : Les pertes de charge.

### 1. Définition.

✚ Les pertes de charge sont des chutes de pression dues à la résistance que rencontrent les fluides en écoulement : les actions de cisaillement occasionnent en effet des pertes énergétiques.

✚ Les pertes de charge peuvent être :

- **Linéiques ou régulières** : elles correspondent alors à l'écoulement le long des conduites.
- **Singulières** : elles se manifestent sur les pièces spéciales qui modifient la direction ou la section de passage du fluide (raccord, T, vannes, soupapes, etc.).



✚ Il est fondamental de savoir les calculer :

- Pour dimensionner les conduites d'écoulement.
- Pour calculer les caractéristiques des pompes et ventilateurs qui provoquent et/ou maintiennent l'écoulement des fluides.

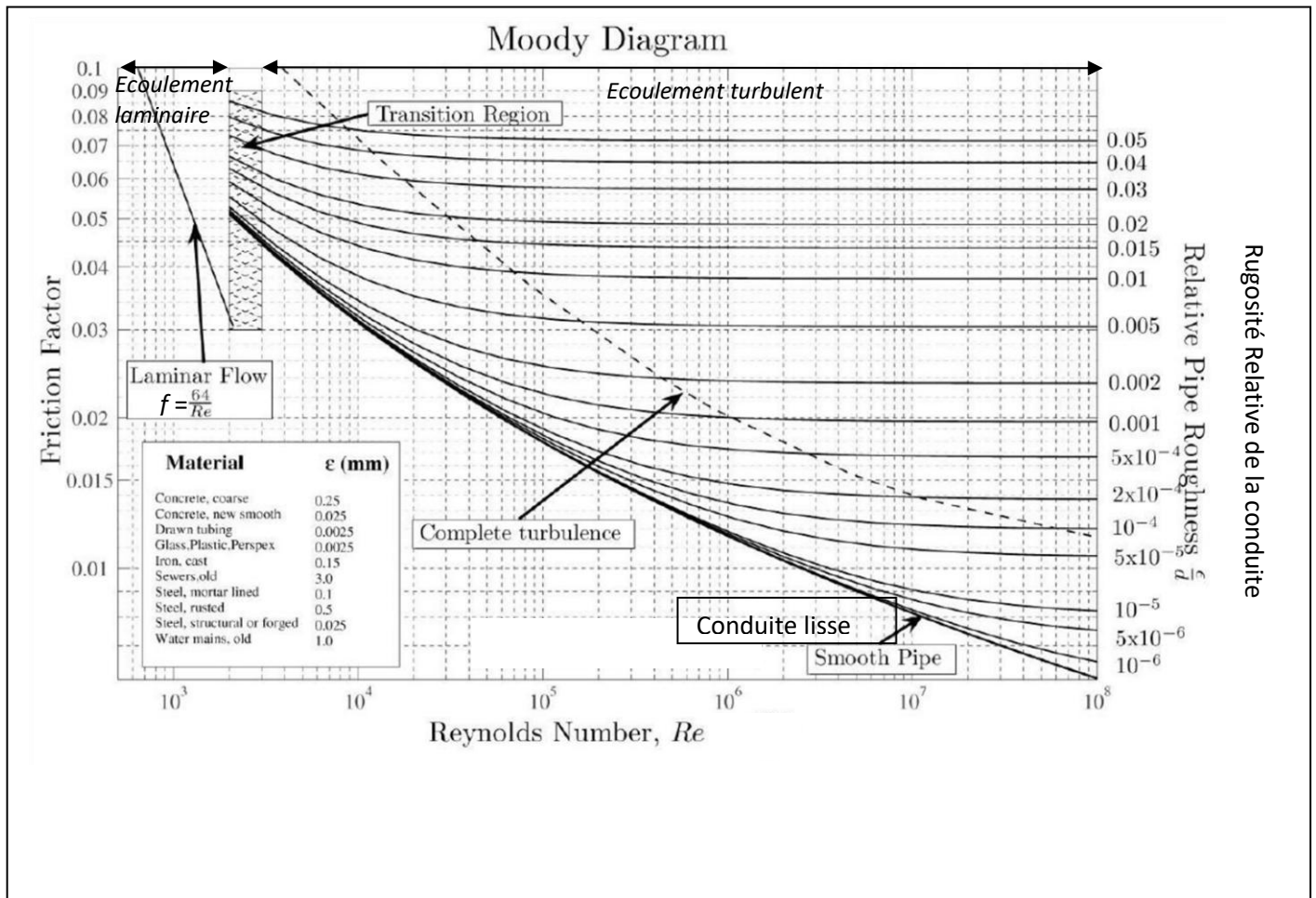
## 2. Expression de la perte de charge régulière.

Pour rendre compte de cette perte énergétique, on introduit la perte de pression correspondante :

$$\Delta P = f \frac{L}{D} \frac{1}{2} \rho V^2$$

- L est la longueur de conduite,
- D est le diamètre interne de la conduite,
- $\frac{1}{2} \rho V^2$  est l'énergie cinétique volumique du fluide
- **f est le coefficient de frottement ou coefficient de friction de la conduite**

Le coefficient de friction *f* dépend des caractéristiques du fluide à travers son nombre de Reynolds, ainsi que des caractéristiques de la conduite : géométriques (longueur, rayon) et mécaniques (rugosité relative du matériau). Sa valeur peut être extraite du diagramme de Moody.

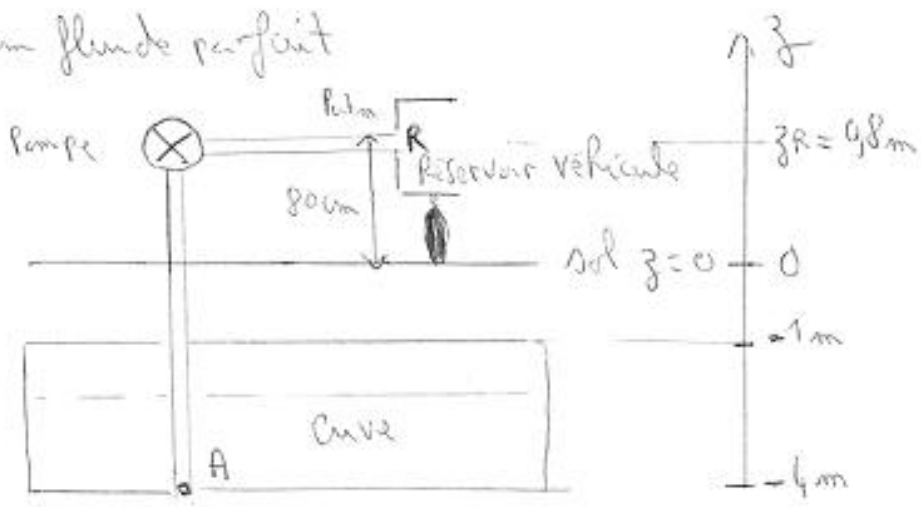


		+	-
<b>Analyser et s'approprier le problème (4 points)</b>			
Savoir exploiter les informations	Faire un schéma à partir des documents Reporter les altitudes des différents points		
Savoir choisir les domaines de concepts physiques et les notions utiles	Dynamique des fluides		
Savoir poser un problème	Relier la puissance électrique consommée à la puissance utile de pompage (rendement) Proposer un bilan énergétique du fluide entre la cuve et le réservoir du véhicule		
<b>Mise en place d'une stratégie de résolution (9 points)</b>			
Construire un modèle	Fluide incompressible Parfait Amélioration du modèle : visqueux en écoulement laminaire		
Introduire les paramètres physiques pertinents	Côtes des différents points Vitesses du fluide Pressions du fluide Débit du fluide Volume du réservoir Durée pour faire le plein Puissance utile Puissance électrique ; rendement Rayon des tubes Longueur des tubes Masse volumique du Diesel Viscosité du Diesel		
Introduire des simplifications pertinentes	Fluide supposé parfait Régime permanent Faible vitesse du fluide dans la cuve (grande section)		
Maîtriser les lois physiques et leurs domaines d'application	Bilan énergétique massique Bilan en puissance Relation entre débit, volume et durée Relation entre débit et vitesse Signification de la perte de charge Nature de l'écoulement ; nombre de Reynolds		
Choix et maîtrise des outils mathématiques	Expression littérale de la puissance utile ; signes Exploitation du diagramme de Moody		
Savoir réaliser efficacement les calculs analytiques et l'application numérique	Calcul de la vitesse à partir du débit Calcul de la section du tube Calcul du nombre de Reynolds Calcul du coefficient f et de la perte de charge Calcul de la puissance électrique consommée		
<b>Faire une analyse critique de la démarche (3 points)</b>			
Critique du modèle	Puissance électrique consommée supérieure à la puissance utile de la pompe Fluide non parfait Pertes de charge singulières négligées		
<b>Interagir et communiquer (4 points)</b>			
	Clarté de l'exposé.		
	Capacité de réponse aux questions de l'examineur.		
	Capacité d'écoute		
	Capacité d'exploitation des informations et documents fournis par l'examineur.		

**Grille d'évaluation : Station Service**

Pompe à carburant de station service (cuvage)

Hyp: Régime permanent de pompage et fluide = diesel assimilé à un fluide parfait



la puissance minimale  $\dot{P}$  de la pompe doit permettre de pomper le carburant dans la situation la plus défavorable ( $z = -4m$ )

$$D_m \Delta_{A \rightarrow R} \left( \frac{1}{2} v^2 + gz + \frac{P}{\rho} \right) = \dot{P}_{pompe}$$

$$\Rightarrow D_m \left[ \left( \frac{1}{2} v_R^2 + g z_R + \frac{P_{atm}}{\rho} \right) - \left( \frac{1}{2} v_A^2 + g z_A + \frac{P_A = P_{atm}}{\rho} \right) \right] = \dot{P}_{pompe}$$

car  $S_{réservoir} \rightarrow S_{tubo}$

$$\Rightarrow D_m \left[ \frac{1}{2} \left( \frac{D_m}{\rho \pi r^2} \right)^2 + g(z_R - z_A) \right] = \dot{P}_{pompe} \quad \text{avec } D_m = \rho Dv = \rho v \frac{D}{2} = \rho v R \pi r^2$$

P.N.:  $D_m = \rho \cdot Dv \quad Dv \approx \frac{50L}{2min} = \frac{50 \cdot 10^{-3}}{120} = 4,17 \cdot 10^{-4} m^3 s^{-1}$

Rayon du tube en R :  $r = 2cm = 2 \cdot 10^{-2} m$

$\dot{P}_{pompe} = 820 \times 4,17 \cdot 10^{-4} \left[ \frac{1}{2} \left( \frac{4,17 \cdot 10^{-4}}{\pi \cdot (2 \cdot 10^{-2})^2} \right)^2 + g \cdot (98 + 4) \right] = 16,1 W$

Valeur sans estimée car on a négligé les forces de viscosité

$\Rightarrow$  Prise en compte de la viscosité du Diesel ( $\nu = 7 \cdot 10^{-4} m^2 s^{-1}$ )

la viscosité  $\Rightarrow$  perte de charge à évaluer avec le diagramme de Moody

Nature de l'écoulement:  $R = \frac{v \times L_e}{\nu} = \frac{(Dv/\pi r^2) \times L_e}{\nu}$

$R = \frac{4,17 \cdot 10^{-4}}{\pi \times (2 \cdot 10^{-2})^2} \times 2 \cdot 10^2 = 9,5 \Rightarrow$  écoulement laminaire

Grâce au diagramme de Moody on peut chiffrer la perte de charge régulière en se plaçant dans la zone laminaire

$$f = \frac{64}{Re} = \frac{64}{9,5} = 6,74 \quad \Delta P = f \frac{L}{D} \frac{1}{2} \rho v^2 = f \frac{L}{D} \frac{1}{2} \rho \left(\frac{Q_v}{\pi r^2}\right)^2$$

$$\Delta P = 6,74 \times \frac{5}{4 \cdot 10^{-2}} \frac{1}{2} \cdot 820 \times \left(\frac{4,17 \cdot 10^{-4}}{\pi (2 \cdot 10^{-2})^2}\right)^2 = 3,8 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

ce qui correspond à une perte d'énergie massique de  $\frac{\Delta P}{\rho} = 46,4 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$

(=) perte de puissance  $D_m \frac{\Delta P}{\rho} = D_v \Delta P = 15,8 \text{ W}$  à compenser

⇒ la pompe devra fournir une puissance au moins égale à :

$$\hat{S} = 16,7 + 15,8 = 32 \text{ W} \quad \text{si on admet un rendement de 70\% pour le moteur qui actionne la pompe} \Rightarrow \hat{S}_{\text{à consommer}} = \frac{32}{0,7} = \boxed{46 \text{ W}}$$

Critique : les pertes de charges singulières au niveau des coudes, des raccords en T etc... ont été négligées ⇒ En réalité la puissance nécessaire sera supérieure à cette valeur