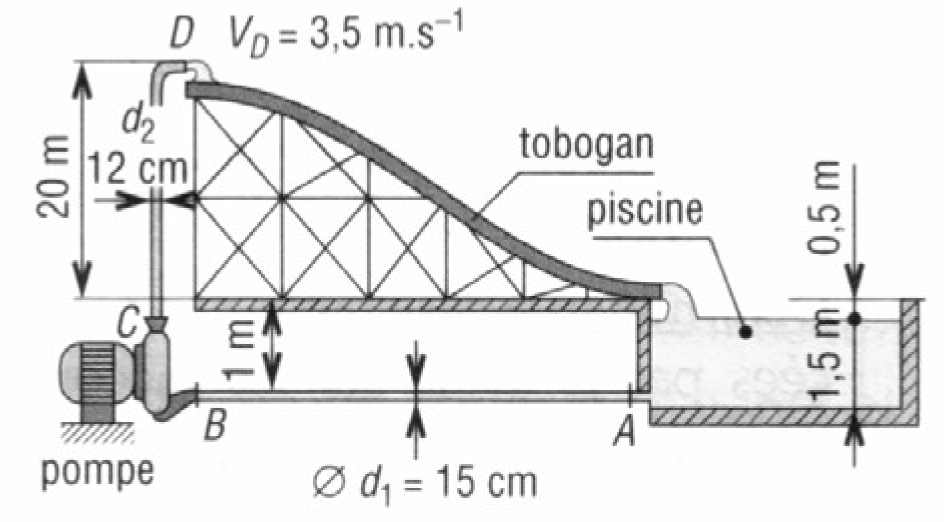
Colle Théorème de Bernoulli généralisé

Exercice n°1

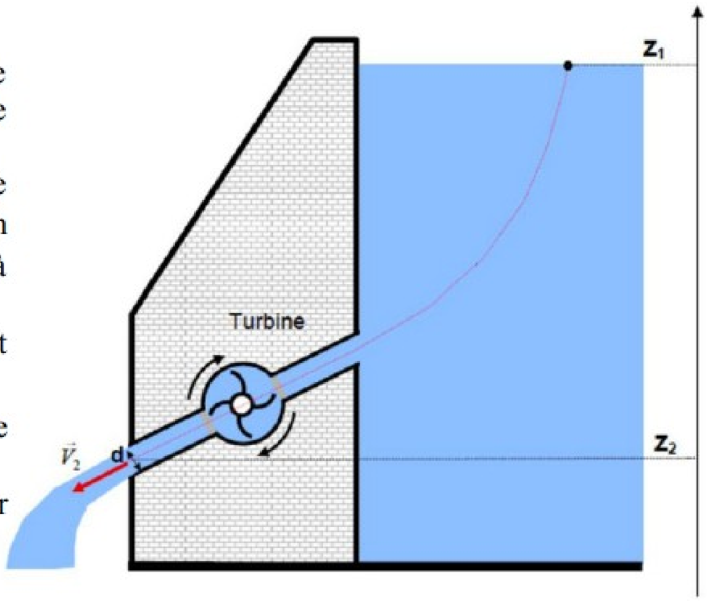
L'installation proposée fait partie d'un parc d'attractions. La pompe aspire de l'eau depuis une piscine et la refoule en D, haut d'un toboggan, à la vitesse de 3,5 m.s^{-1}. Les pertes de charge sont évaluées à 30 J.kg^{-1} entre A et B, à 25 J.kg^{-1} entre C et D.
Calculer la puissance de la pompe nécessaire à l'installation si son rendement est égal à 0,9.



Exercice n°2 **Centrale hydraulique**

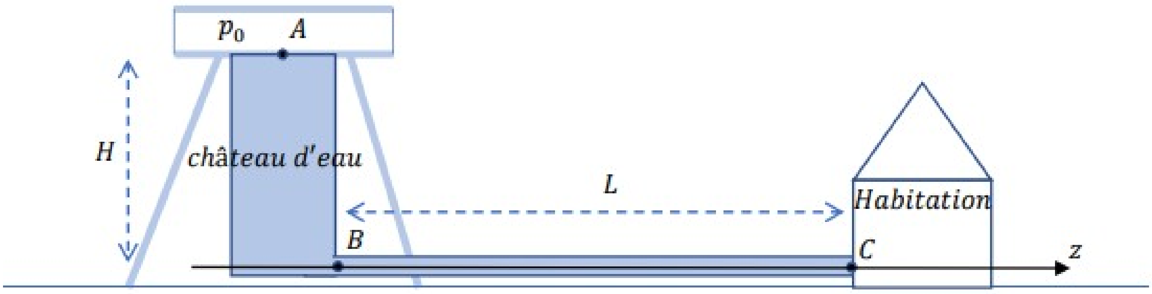
On considère un barrage afin de réaliser une centrale hydraulique. Cette dernière est équipée d'une turbine entraînée par un jet d'eau sous pression.
La conduite de sortie, de diamètre $d=2{,}5\,m$, est située à une altitude $z_2=5\,m$. Le débit volumique $Q_v=25\,m^3/s$. On suppose que le niveau d'eau dans le barrage, situé à $z_1=30\,m$, est constant.
Les pertes de charges régulières dans la conduite sont évaluées à $\Delta P_{reg}=32{,}75.10^3\,Pa$.

1. Calculer la vitesse v_2 d'écoulement d'eau à la sortie de la canalisation.
2. Déterminer la puissance P_a reçue par l'arbre moteur de la turbine.



Exercice n°3 :

On considère une installation simplifiée constituée d'un château d'eau alimentant une habitation. L'eau dans le réservoir atteint une hauteur $H = 30\,\mathrm{m}$ supposée constante. L'eau circule dans une canalisation cylindrique de rayon $a = 20\,\mathrm{mm}$ et de longueur L avant d'atteindre le robinet de la maison.



La pression atmosphérique p_0 est supposée uniforme, la masse volumique de l'eau supposée incompressible est notée ρ et l'intensité du champ de pesanteur terrestre est notée g. L'étude est menée dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

On ouvre le robinet en C et on remplit une baignoire de 180 L en 30 minutes.

1) Evaluer numériquement le débit volumique D_v en C en $\mathrm{m^3.s^{-1}}$.
2) En déduire la vitesse moyenne v_B de l'écoulement en B et la calculer.
   On prendra $\frac{1}{4\pi} \approx 0{,}08$.
3) Exprimer la pression p_B en B en fonction de v_B et des données du sujet en précisant les hypothèses utilisées pour appliquer la relation de Bernoulli. On supposera que la vitesse de l'écoulement en A est telle que $v_A \ll v_B$.
4) Comparer numériquement v_B^2 et $2gH$. En déduire une expression simple de p_B. Commenter ce résultat.

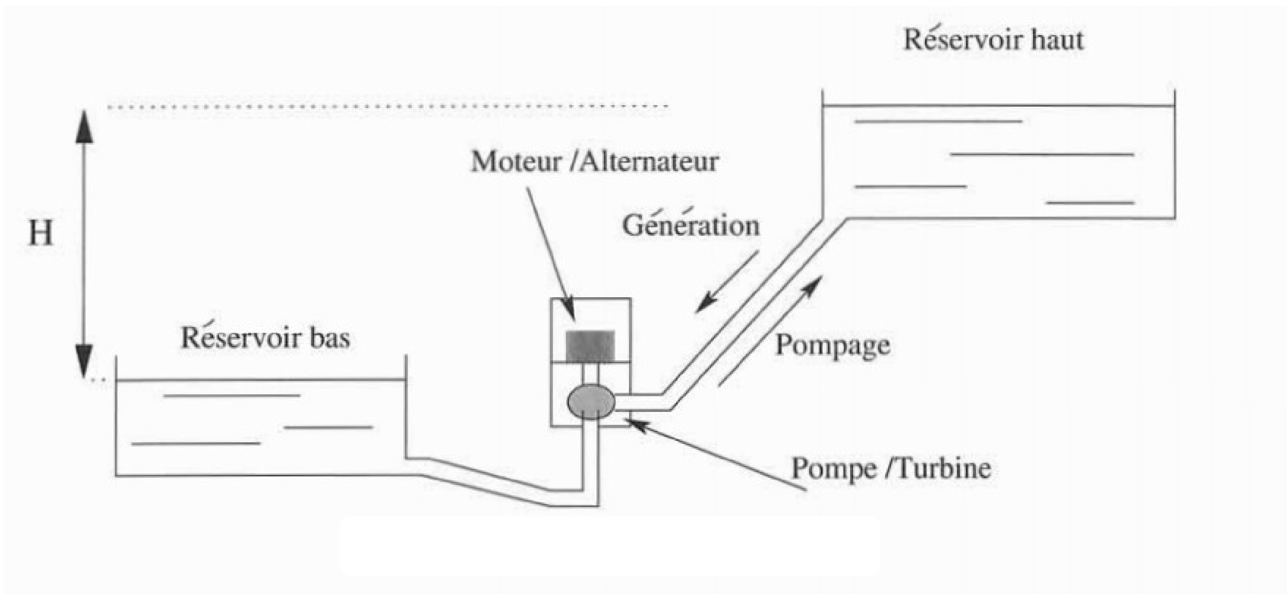
On prend en compte la viscosité du fluide , on peut appliquer, ici, la loi de Poiseuille reliant le débit volumique à la perte de charge Δp : $D_v = \frac{\pi a^4}{8\eta\ell}\Delta p$.

5) Montrer, à l'aide d'une analogie électrocinétique, que l'on peut définir une résistance hydraulique R_h entre les points B et C.
6) Expliquer alors l'intérêt des châteaux d'eau.

Exercice n° 4 : S.T.E.P

La production d'énergie par exploitation des énergies renouvelables est une production intermittente, indépendante des besoins du moment. Il est indispensable de stocker de l'énergie produite, afin de s'adapter aux besoins.
Différents modes de stockage sont utilisés actuellement, on s'intéresse ici au stockage hydraulique.
On étudie une S.T.E.P Station de Transfert d'Energie par Pompage.

S.T.E.P. de Revin



Lorsque le réseau produit un excès d'énergie , l'installation **fonctionne comme une pompe** et fait remonter l'eau dans le bassin supérieur
Lorsque le réseau présente une surconsommation, elle **fonctionne en turbine** .
Données :
-volume maximal du réservoir haut:$8,5.10^{6}$m^3
-volume maximale du réservoir bas : 9.10^{6} m^3

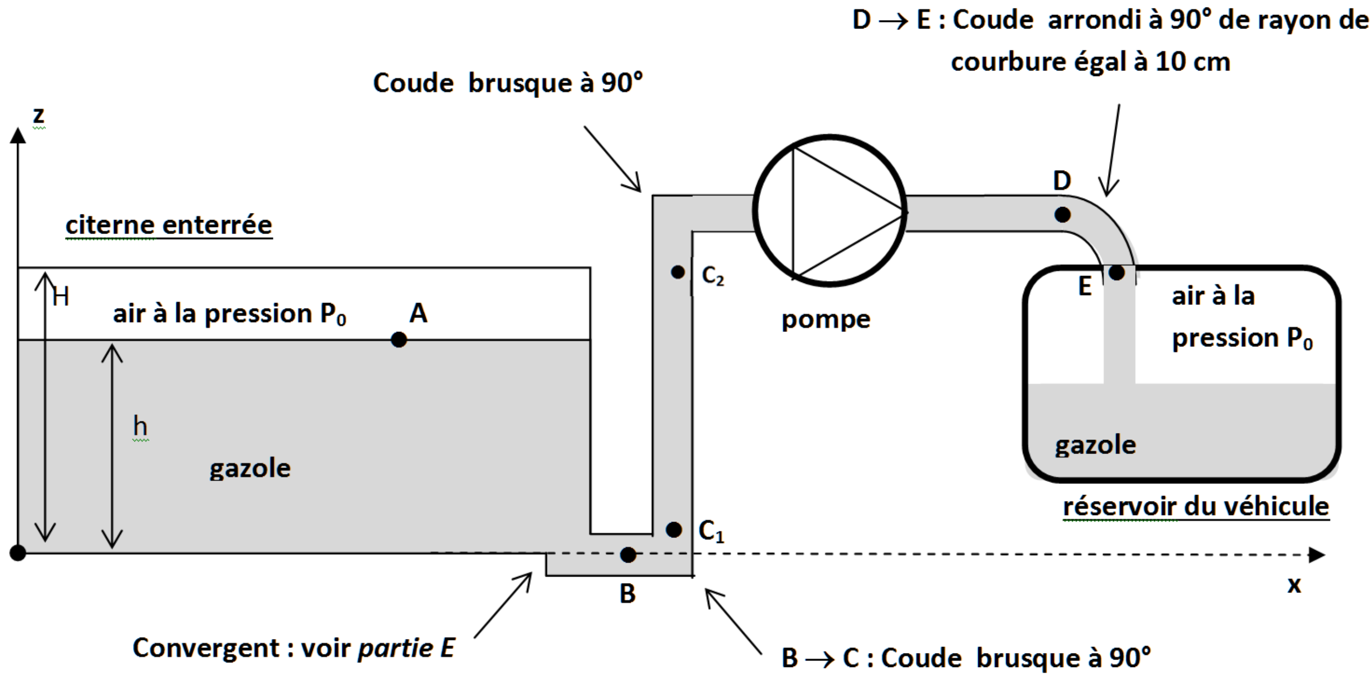
-altitude maximale de la surface libre du réservoir haut : zmax=406 m
-altitude minimale de la surface libre du réservoir haut : zmin= 395 m
-différence d'altitude moyenne entre les surfaces libres des deux réservoirs H=225m

-L'installation possède quatre groupes turbine-pompe de 180MW en mode turbine et 164MW en mode pompe.

1) En mode turbine, le débit volumique de chaque turbine est 100 $m^3.s^{-1}$. La durée maximale de turbinage en continu est de 5 h. Estimer la puissance moyenne fournie par chaque turbine. Retrouve-t-on les 180MW annoncé ?
2) Dans sa fonction de pompage, le S.T.E.P. a pour but de faire passer l'eau du réservoir du bas vers le réservoir du haut. Considérons un groupe turbine-pompe, notons P_0 la puissance développée par le moteur qui actionne la pompe lorsque le régime permanent de pompage est établi, le débit volumique correspondant est Q_0.
En mode pompage, exprimer la hauteur H_{th} que l'on pourrait obtenir sans aucune perte d'énergie dans les tuyaux en fonction du débit volumique et de la puissance des pompes.
3) Si l'on tient compte des pertes, établir le lien entre la Hauteur de pompage réelle, H_{th}, la puissance perdue Pp et la puissance totale des pompes.
4) Le rendement de la pompe est de 95 %, en déduire la hauteur H_{th} et le débit volumique lors du pompage.

Exercice n°5: Remplissage d'un réservoir

On utilise une pompe centrifuge pour déplacer le gazole de la citerne au réservoir d'une voiture. Le schéma suivant modélise simplement le circuit du fluide (la citerne étant enterrée, on a bien évidemment $z_E > z_A$)
La « perte de charge singulière » (due à la dissipation d'énergie à cause des coudes, des raccords entre canalisations de diamètres différents…) est définie par $\Delta p_s = K\frac{1}{2}\rho V_{moy}^2$ *où K est une constante sans dimension dépendant de la nature de la singularité rencontrée. On admettra que la pompe utilisée ici génère une perte de charge singulière de coefficient* $K_{pompe} = 6$.



1. Utiliser le document, « Données numériques » pour déterminer la valeur numérique du coefficient K_{total} correspondant à l'ensemble des singularités détaillées sur le schéma ci-dessus. On prendra soin de préciser les différents termes intervenant dans K_{total}.

2. Calculer la valeur totale des pertes de charge singulières $\Delta p_{s,tot}$ à l'aide des données numériques fournies en fin de sujet.

3. $\Delta p_r = \lambda \frac{1}{2} \rho V_{moy}^2 \frac{\ell}{d}$ est la perte de charge régulière dans une canalisation rectiligne

La totalité des longueurs droites de la conduite vaut approximativement ℓ = 10 m.

On admettra la valeur suivante pour le coefficient de perte de charge régulière : $\lambda = 2{,}45.10^{-2}$.

Calculer la valeur totale des pertes de charge régulières $\Delta p_{r,tot}$ à l'aide des données numériques fournies en fin de sujet.

L'insertion d'un élément actif (ici la pompe électrique) dans le circuit du fluide modifie le bilan énergétique appliqué au gazole. En tenant compte des pertes de charge, on admet la relation suivante appliquée entre les points A et E :

$$\frac{1}{2}\rho\left(V_E^2 - V_A^2\right) + \rho g\left(z_E - z_A\right) + \left(p_E - p_A\right) = -\left(\Delta p_{r,tot} + \Delta p_{s,tot}\right) + \frac{P_u}{Q_V}$$

où P_u est la puissance utile fournie par la pompe au fluide et Q_V est le débit volumique.

4. Interpréter cette expression à partir de vos connaissances

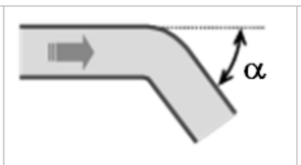
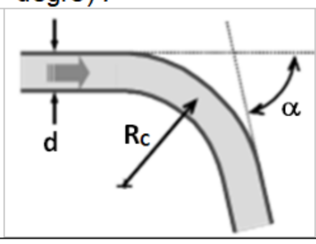
Calculer le débit volumique dans les conduites Q_V à l'aide des données numériques fournies.

5. Sachant que la pompe a un rendement de 80%, déterminer l'expression de P_e, puissance électrique alimentant la pompe. Calculer P_e (on prendra $z_E - z_A$ =5 m).

Données

Section de la citerne au point A :	S_A = 1,00 m²
Section de l'ouverture au point B :	$S_B = 1{,}00.10^{-3}$ m²
Rayon des sections des conduites et des coudes :	a = 1,80 cm
Intensité du champ de pesanteur :	$g = 9{,}81$ m.s^{-2}
Masse volumique du gazole :	$\rho = 840$ kg.m^{-3}
Viscosité dynamique du gazole :	$\eta = 5.10^{-3}$ kg.m^{-1}.s^{-1}
Vitesse moyenne des les conduites :	$V_{moy} = 4{,}50$ m.s^{-1}

Coefficient K pour les pertes de charge singulière :

Coude brusque :	*Coude arrondi de rayon de courbure R_C et de diamètre d (α est en degré) :*
 $K = \sin^2\alpha + 2\sin^4\left(\frac{\alpha}{2}\right)$	 $K = \frac{\alpha}{180}.\left(0{,}131 + 1{,}847.\left(\frac{d}{R_C}\right)^{7/2}\right)$