

NOM / Prénom :

Note :

Groupe :

Session du 14 Décembre 2016

Promo 48

Sans document – Calculatrice autorisée - Barème de notation donné à titre indicatif

Tout résultat doit être encadré et avoir une unité.

Rendre avec la feuille d'examen LE SUJET COMPLET, les questions en vrac et le QCM

L'examen est noté sur 50 pts ramenés sur 20

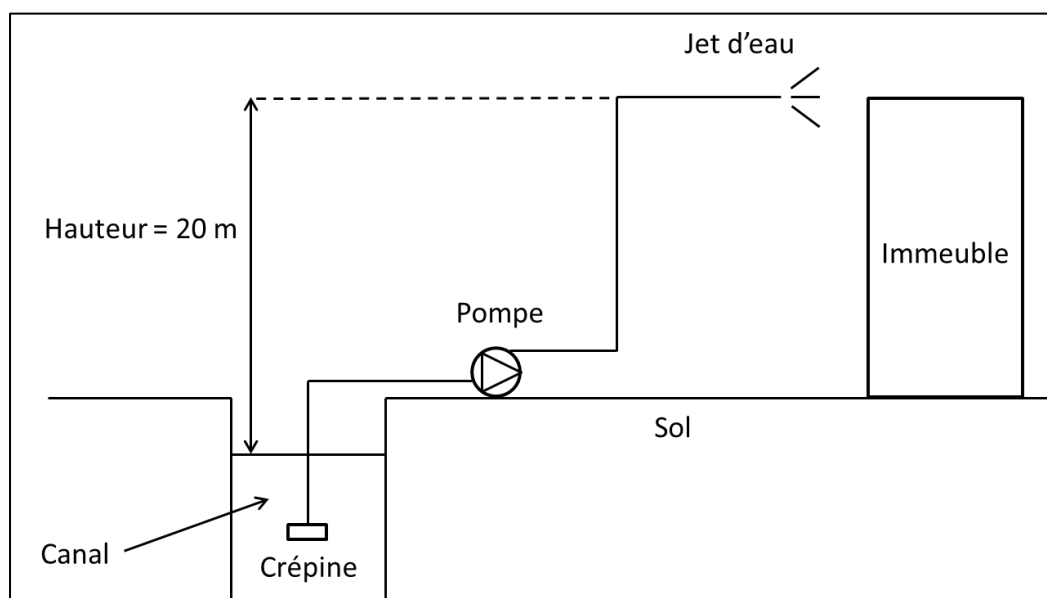
La plupart des questions sont indépendantes.

Exercice n° 1 : Nettoyage de la façade d'un immeuble (16 pts)

Pour nettoyer la façade d'un immeuble, de l'eau est pompée dans un canal dont le niveau est constant. L'eau pompée doit être amenée au sommet de l'immeuble, à une altitude de 20 mètres par rapport au niveau du canal. La longueur totale de la conduite est de 100 m ; le circuit comprend trois coudes.

Une crépine est installée en début de circuit pour filtrer l'eau.

Le canal est ouvert à l'atmosphère ainsi que la conduite.



La conduite possède :

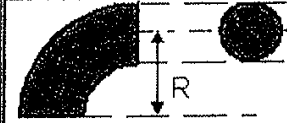
- un diamètre intérieur, noté $D = 100 \text{ mm}$
- une rugosité absolue, notée $\varepsilon = 0,6 \text{ mm}$

Le débit volumique de l'eau, noté $Q_v = 100 \text{ m}^3/\text{h}$.

La viscosité cinématique de l'eau, notée ν sera prise égale à $10^{-6} \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$.

L'accélération de la pesanteur sera prise égale à $9,81 \text{ m.s}^{-2}$.

Tableau : pour un coude à 90° , les valeurs du coefficient de pertes de charge K sont données en fonction du rapport R/D , où R est le rayon de courbure et D le diamètre intérieur de la conduite.

	R/D	0,5	0,75	1	1,5	2
	K	1	0,45	0,30	0,20	0,20

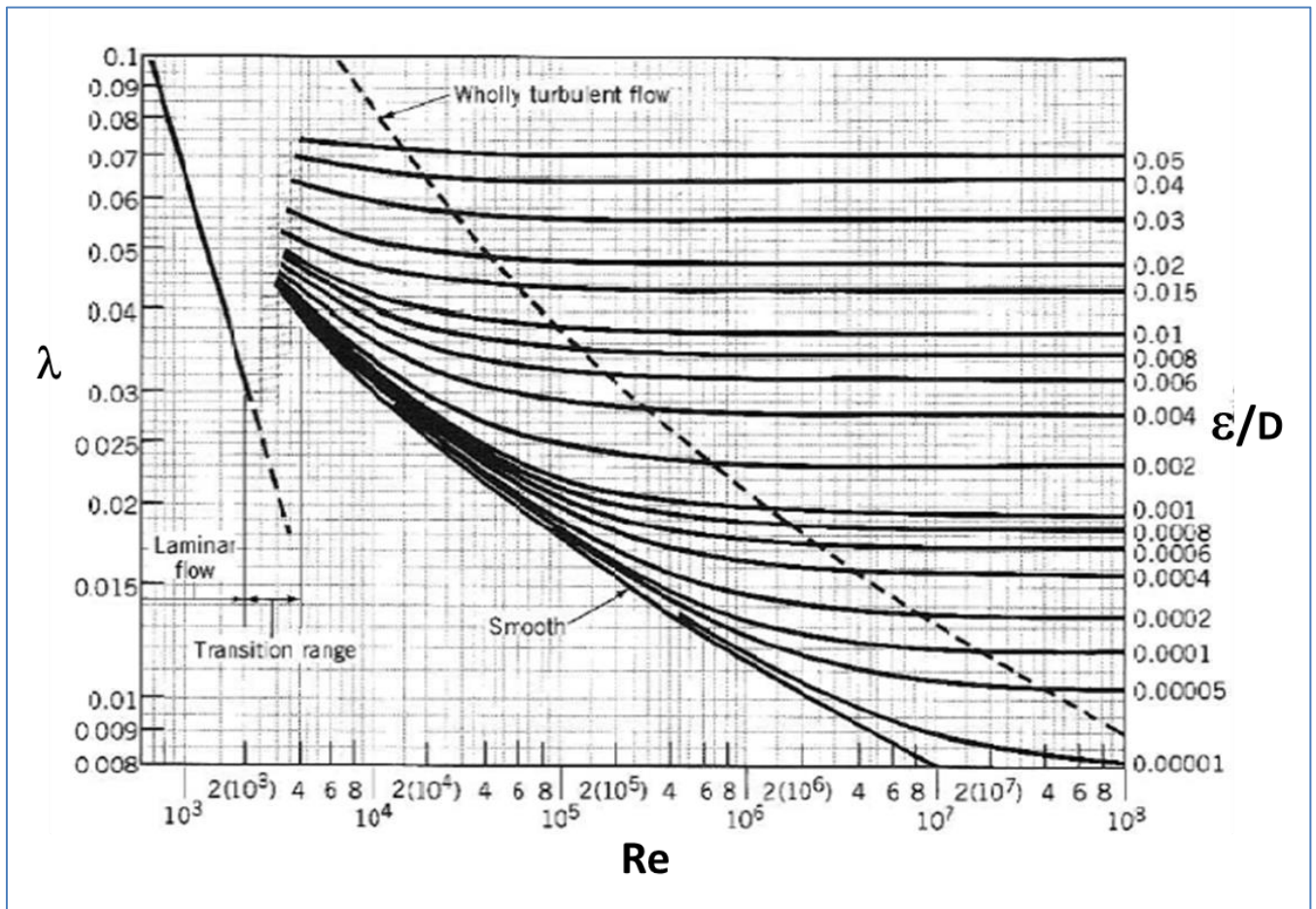
- 1) **Calculer** la vitesse de l'eau.
- 2) **Calculer** la valeur du nombre de REYNOLDS. **En déduire** la nature de l'écoulement. **Donner** les caractéristiques les plus importantes de ce régime en 3 lignes maximum.
- 3) En utilisant l'abaque de COLEBROOK, **calculer** le coefficient de frottement λ . **Bien faire apparaître** sur l'abaque, l'exploitation que vous en avez faite et qui vous a permis de trouver le résultat.
- 4) A partir du tableau ci-dessus, **déterminer** le coefficient de pertes de charge K_{coude} associé à un coude de 90° , de rayon de courbure 200 mm.
- 5) Le coefficient de pertes de charge $K_{\text{crépine}}$ associé à la crépine vaut 4. **Calculer** les pertes de charges totales associées à la circulation du fluide dans le circuit.
- 6) **Calculer** la HMT de la pompe par application du théorème de BERNOULLI en deux points judicieusement choisis que vous ferez figurer sur le schéma précédent.
- 7) **En déduire** la puissance hydraulique fournie par la pompe.
- 8) **Calculer** la puissance électrique du groupe moto-pompe.
- 9) Sachant que l'installation utilise 650 m^3 par jour, **calculer** son temps réel de fonctionnement (**à exprimer en secondes**).
- 10) **En déduire** le coût journalier de cette installation sachant que le prix du kW.h est fixé à 0,12 €.

Données : $P_{\text{atm}} = 10^5 \text{ Pa}$; $\rho_{\text{eau}} = 1 \text{ kg/L}$; $\eta_{\text{moto_pompe}} = 0,70$

Coefficient de perte de charge unitaire :

$$J(\text{mCE/m}) = \frac{\lambda}{D} \cdot \frac{u^2}{2g}$$

Abaque de COLEBROOK



Nom :

Prénom :

Exercice n° 2 : Détermination de la hauteur maximale de pompage (9 pts)

On se propose de transférer un fluide alimentaire, de densité $d = 2$, d'un réservoir à un autre.

Les deux réservoirs ne sont pas à la même côte et ils sont ouverts tous les deux à la pression atmosphérique.

Pour réaliser ce transfert, la pompe utilisée impose un débit de 20 L.s^{-1} dans la canalisation d'aspiration dont le diamètre D est de 100 mm.

La pression atmosphérique (P_0) relevée sur place est de $1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, les pertes de charge totales (ΔH_{tot}), calculées pour la tuyauterie d'aspiration sont de 0,75 mCF.

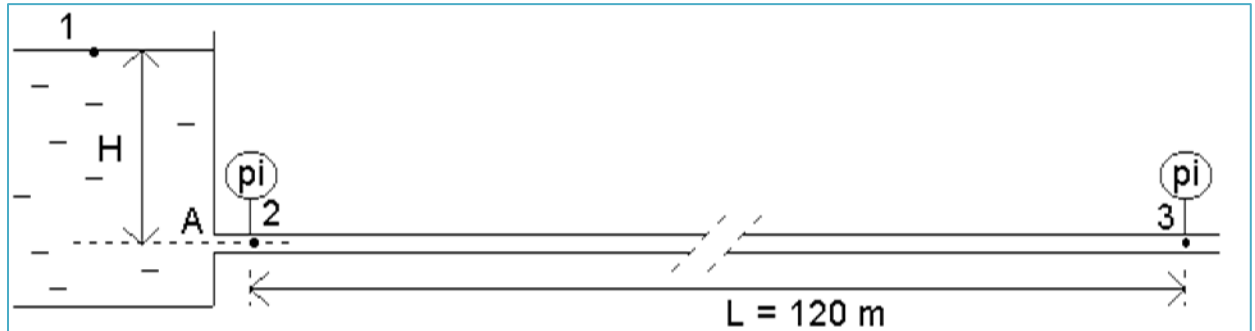
Le fluide pompé est à la température de 20°C .

La pression de vapeur saturante du fluide est, à la température de 20°C , $P_{\text{vs}} (20^\circ\text{C}) = 0,4465 \text{ bar}$; $\rho_{\text{eau}} = 1 \text{ kg.dm}^{-3}$ et l'accélération de la pesanteur sera prise égale à $9,81 \text{ m.s}^{-2}$.

- 1) **Faire** un schéma du circuit en faisant apparaître les données de l'énoncé.
- 2) **Calculer** la hauteur maximale que peut avoir le circuit en aspiration. Pour cela, on appliquera le théorème de BERNOULLI entre deux points judicieusement choisis. **Noter** ces deux points sur le schéma de la question 1).
- 3) **Expliquer** ce qui se passe (3 lignes maximum) si la hauteur choisie est finalement de 3 mètres.

Exercice n° 3 : Ecoulement d'un fluide visqueux : (9 pts)

Un fluide de masse volumique ($\rho = 890 \text{ kg.m}^{-3}$) et de viscosité dynamique ($\mu = 0,275 \text{ Pa.s}$) s'écoule dans une conduite horizontale de diamètre $D = 150 \text{ mm}$ à partir d'un réservoir de très grande section ouvert à l'air libre.



Sur la partie horizontale de ce tube sont installés deux manomètres distants de $L = 120 \text{ m}$.

Ces manomètres gradués en pression relative, donnent les valeurs suivantes : $P_2 = 1,1 \text{ bar}$; $P_3 = 0,45 \text{ bar}$.

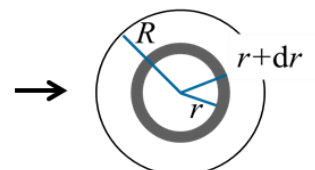
- 1) **Donner** la nature de la pression relevée par les manomètres sachant que la mesure se fait perpendiculairement à l'écoulement.
- 2) **Donner** la valeur de la perte de charge ΔP (en Pa) que subit le fluide entre le point 2 et le point 3. **En déduire** la valeur de la perte de charge ΔH (en mCF).
- 3) Sachant que la vitesse moyenne du fluide est de $1,4 \text{ m.s}^{-1}$, **calculer** la puissance dissipée entre les points 2 et 3 en raison de cette perte de charge.
- 4) **Calculer** la valeur du nombre de REYNOLDS. **En déduire** la nature de l'écoulement. **Donner** les caractéristiques les plus importantes de ce régime en 3 lignes maximum.
- 5) **Montrer** que la vitesse moyenne du fluide est bien de l'ordre de $1,4 \text{ m.s}^{-1}$ en appliquant la loi de POISEUILLE. **Préciser** pourquoi il est possible d'appliquer ici la loi de POISEUILLE.
- 6) **Calculer** la hauteur H du réservoir en négligeant la perte de charge singulière due au rétrécissement au point A et la perte de charge linéaire due au trajet du fluide du point A au point 2.

Données : $P_{\text{atm}} = 10^5 \text{ Pa}$; $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$.

Loi de POISEUILLE :

$$u(r) = \frac{P_1 - P_2}{4\mu L} \cdot (R^2 - r^2)$$

Coupe transversale
de la conduite

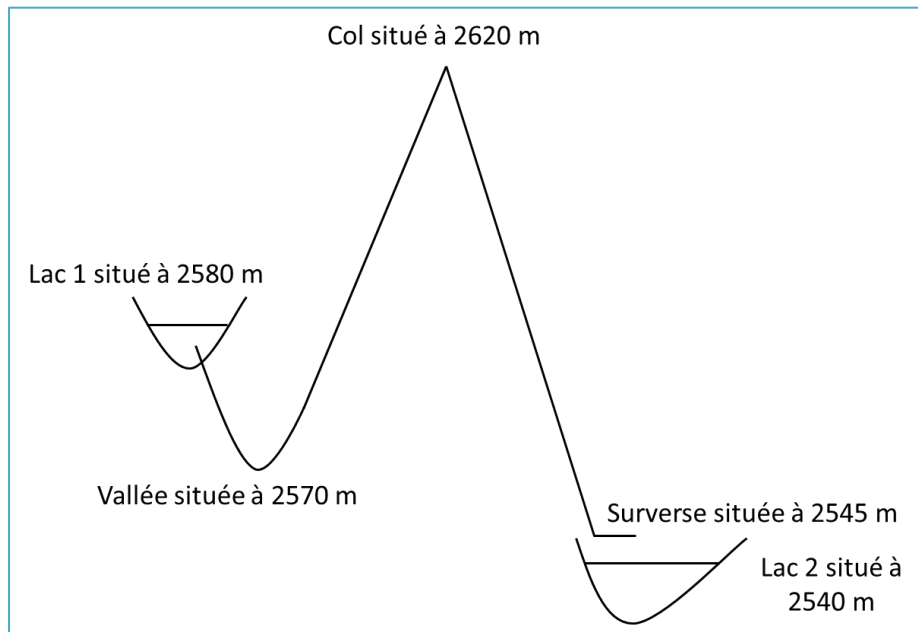


Nom :

Prénom :

Exercice n° 4 : « Questions en vrac » et QCM

(Pour le QCM, il n'y a qu'une seule bonne réponse par question ; il n'y a pas de points négatifs) (16 pts)

1) Siphonage ?

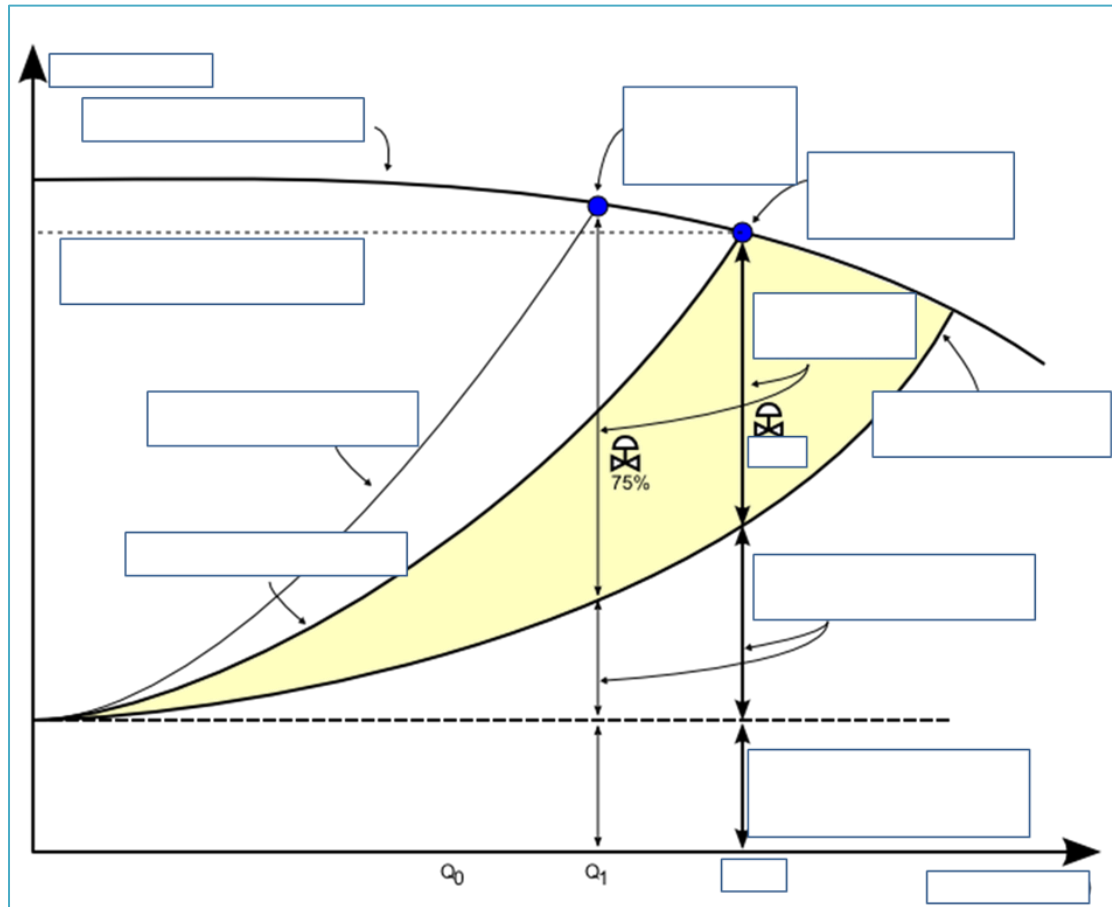
On souhaite alimenter un lac de montagne (cote 2540 m) à partir d'un autre lac (cote 2580 m) qui se trouve dans une vallée supérieure ; un col (cote 2620 m) sépare ses deux vallées (voir schéma ci-dessus).

La disposition des lacs laisse à penser que l'on pourrait utiliser le principe du siphon pour réaliser le transfert d'eau.

Expliquer qualitativement, pourquoi ici un siphonage n'est pas possible.

Réponse :

2) HMT / caractéristique réseau / point de fonctionnement

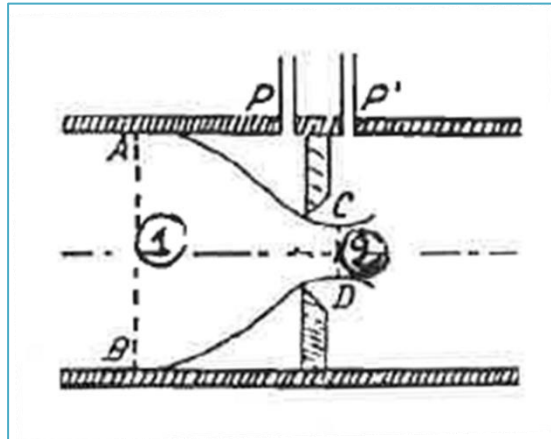


A l'aide des légendes numérotées ci-dessous, **reconstituer** le graphique ci-dessus.

Ecrire dans les rectangles vides du graphique, **uniquement** les numéros correspondants à la légende choisie.

n°	Légende
1	Pertes de charges dans la vanne
2	Débit (m^3/h)
3	Point de fonctionnement vanne à 75 %
4	Hauteur statique à vaincre (pression + position géométrique) non fonction du débit
5	Caractéristique réseau sans vanne de réglage
6	Q_{max}
7	Caractéristique réseau avec vanne de réglage à 100 %
8	HMT (mCE)
9	Pertes de charges à vaincre (tuyauterie + accidents) fonction du débit
10	100 %
11	HMT à Q_{max}
12	Point de fonctionnement vanne à 100 %
13	Caractéristique réseau avec vanne de réglage à 75 %
14	Courbe HMT de la pompe

3) Diaphragme : mesure du débit dans une canalisation remplie



Le théorème de Bernoulli, appliqué entre la section ① et la section contractée ② donne :

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{u_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{u_2^2}{2g} + \alpha \frac{u_2^2}{2g} \quad \alpha \frac{u_2^2}{2g} \text{ étant les pertes de charge dans le diaphragme}$$

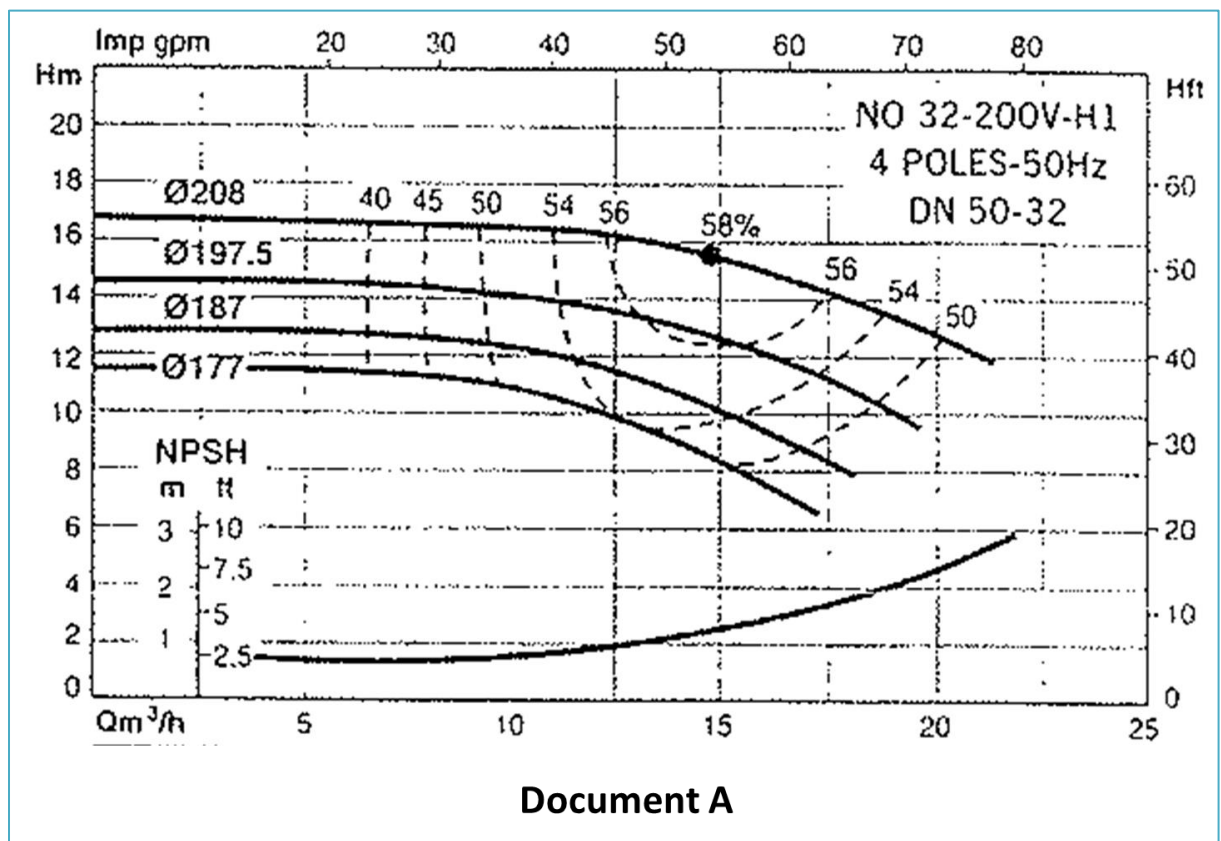
Le débit volumique Q_v mesuré par un diaphragme s'exprime finalement selon :

$$Q_v = K \cdot (H_1 - H_2)^{1/2} \quad \text{où } H_1 = P_1/\rho g \quad \text{et } H_2 = P_2/\rho g$$

Entourer la **SEULE** expression correcte du débit.

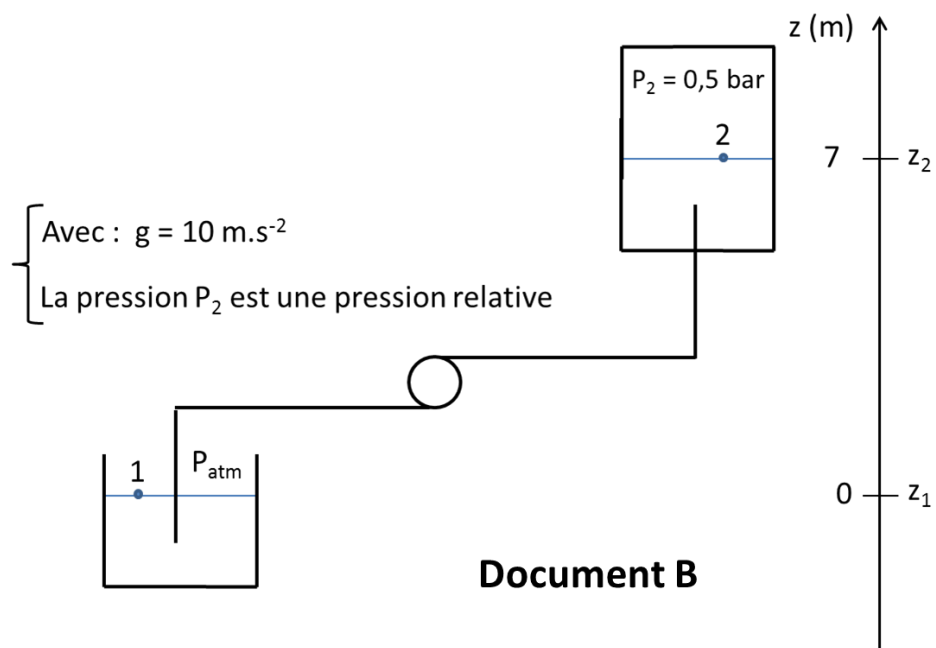
$Q_v = \left(\frac{2g}{1 + \alpha - \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^4} \right)^{1/2} \cdot \frac{\pi \cdot (D_2)}{4} \cdot (H_1 - H_2)^{1/2}$	$Q_v = \left(\frac{2g}{1 + \alpha + \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^4} \right)^{1/2} \cdot \frac{\pi \cdot (D_2)^2}{4} \cdot (H_1 - H_2)^{1/2}$
$Q_v = \left(\frac{2g}{1 + \alpha - \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^4} \right)^{1/4} \cdot \frac{\pi \cdot (D_2)^2}{4} \cdot (H_1 - H_2)^{1/2}$	$Q_v = \left(\frac{2g}{1 + \alpha + \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^4} \right)^{1/2} \cdot \frac{\pi \cdot (D_2)^2}{4} \cdot (H_1 - H_2)^{1/2}$
$Q_v = \left(\frac{2g}{1 + \alpha + \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^4} \right)^{1/4} \cdot \frac{\pi \cdot (D_2)^2}{4} \cdot (H_1 - H_2)^{1/2}$	$Q_v = \left(\frac{2g}{1 + \alpha - \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^4} \right)^{1/2} \cdot \frac{\pi \cdot (D_2)^2}{4} \cdot (H_1 - H_2)^{1/2}$

4) Abaque constructeur / point de fonctionnement / NPSH requis



Une pompe doit fournir, au circuit représenté ci-dessous, un débit de $17,5 \text{ m}^3 \text{ d'eau/h}$.

Dans ces conditions les pertes de charge du circuit sont de 2 mCE.



A partir des **documents A et B** :

- **choisir** le diamètre de roue à utiliser,
- **donner** le rendement de la pompe,
- **calculer** la puissance hydraulique de la pompe.

Diamètre de roue =

Rendement pompe =

$\mathcal{P}_{hyd} =$

Entourer **LA** bonne réponse parmi les 6 propositions :

NPSH requis = 1,8 mCE

NPSH dispo = 2,8 mCE

NPSH requis = 3 mCE

NPSH dispo = 2 mCE

NPSH requis = 0,7 mCE

NPSH dispo = 7,5 mCE