

EXERCICE 5

Prise tyrolienne et dessableur

Sur un cours d'eau dans les montagnes, une prise d'eau de type prise par "en dessous", suivie d'un dessableur, doit être construite avec l'objectif de capter de l'eau pour une petite centrale hydroélectrique.

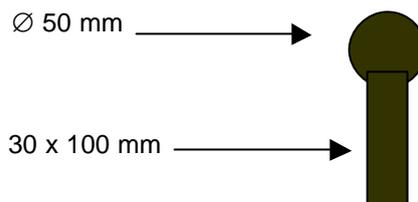
L'hydrologie du cours d'eau est caractérisée par la courbe moyenne de débits classés suivante:

Débits annuellement atteints ou dépassés	Durée des débits
3.1 m ³ /s	9 jours
2.4 m ³ /s	18 jours
1.6 m ³ /s	55 jours
1.2 m ³ /s	91 jours
1.0 m ³ /s	137 jours
0.8 m ³ /s	182 jours
0.7 m ³ /s	228 jours
0.5 m ³ /s	274 jours
0.4 m ³ /s	329 jours
0.3 m ³ /s	347 jours

Question 1 : En admettant qu'un débit minimal de 100 l/s doit être garanti tout le temps dans le cours d'eau (débit restitué), quel est le temps d'utilisation de la prise d'eau et le volume total utilisable annuellement en cas d'un débit équipé de $Q_e = 1 \text{ m}^3/\text{s}$?

Question 2 : Le débit équipé de $1 \text{ m}^3/\text{s}$ sera capté par une prise tyrolienne. La largeur de la rivière permet d'installer un puits de captage de 2.5 m de largeur. Quelle est la longueur nécessaire de la grille en considérant une marge de sécurité de 20%, en choisissant une pente de la grille de 30° (solution approximative selon Frank) ?

Géométrie des barreaux:



Ouverture entre les barreaux: $a = 25 \text{ mm}$ (espacement $b = 75 \text{ mm}$).

Question 3 : Un dessableur situé à l'aval de la prise d'eau doit permettre la décantation des matériaux de diamètre $d > 0.2 \text{ mm}$ (grains de sable). La situation topographique permet de construire un dessableur avec une profondeur maximale de l'espace de décantation de $h = 3 \text{ m}$. En admettant une vitesse de translation dans le dessableur de $V_t = 0.18 \text{ m/s}$, calculez les dimensions principales nécessaires d'un dessableur et esquissez la solution proposée (plan et coupe).

Question 4 : Quelle est la vitesse critique de translation dans le dessableur ? Comparaison avec la vitesse horizontale admise pour le calcul ($V_t = 0.18 \text{ m/s}$).

Réponse 1: Le temps d'utilisation d'une prise d'eau dans le cours d'eau est obtenu par la courbe moyenne des débits classés :
 $t_j = 116$ jours.
 Le volume total utilisable par an = 21.6Mio.m³

Réponse 2: Le débit minimal est également capté mais restitué à travers un orifice à partir du puits de captage. La longueur nécessaire de la grille est déterminée par la méthode empirique de Frank ($Q_e = 1 \text{ m}^3/\text{s} + 0.1 \text{ m}^3/\text{s}$):

$$Q_e = \frac{2}{3} c \cdot m \cdot b \cdot L \sqrt{2gh}$$

Avec :

b : largeur de la grille, $b = 2.5 \text{ m}$

\mathbf{b} : pente de la grille, $\mathbf{b} = 30^\circ$

\bar{a} : ouverture entre les barreaux : $\bar{a} = 25 \text{ mm}$

\bar{b} : espacement : $\bar{b} = 75 \text{ mm}$

k : facteur de correction

pour $\mathbf{b} > 30^\circ$: $k \approx 0.88 \cos \mathbf{b} \approx 0.76$

c : facteur de la grille, $c = 0.6 \frac{\bar{a}}{b} \cos \mathbf{b}^{3/2} = 0.161$

m : facteur de débit selon la forme des barreaux, $m = 0.85$

h : hauteur d'eau au début de la grille,
 et $h = h_{cr} k$

h_{cr} : hauteur critique

$$\text{et } h_{cr} = \left(\frac{Q_e^2}{g b^2} \right)^{1/3} = 0.27 \text{ m pour une section rectangulaire}$$

donc $h = 0.21 \text{ m}$

Par conséquent :

$$L = \frac{3Q_e}{2 c \cdot m \cdot b \sqrt{2gh}} \quad Q_e = 1.1 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$L = 2.40 \text{ m}$$

Cette longueur calculée sera augmentée de 20% pour être du côté de la sécurité :

$$L_s = L + 20\%$$

$$L_s = 2.90 \text{ m}$$

Réponse 3: Dimensionnement du dessableur

d : diamètre du grain de dimensionnement, $d = 0.2 \text{ mm}$

h : profondeur du dessableur, $h = 3.0 \text{ m}$

V_t : vitesse de translation maximale dans le dessableur, $V_t = 0.18 \text{ m/s}$

- Largeur du dessableur, B :

$$B = \frac{Q}{V_t h}$$

$$B = 1.85 \text{ m}$$

- Longueur du dessableur L

$$L \geq \frac{Q}{V_d B}$$

avec :

V_d : Vitesse de décantation dans l'eau agitée

Pour déterminer V_{d0} , la vitesse de décantation en eau calme, en pratique on utilise la formule de Zanke :

$$V_{d0} = \frac{100}{9d} \left(\sqrt{1 + 1.57 \cdot 10^2 \cdot d^3} - 1 \right)$$

$$V_{d0} = 27.9 \text{ mm/s} = 0.0279 \text{ m/s pour } d = 0.2 \text{ mm}$$

La vitesse de décantation en eau agitée V_d est obtenue par :

$$V_d = V_{d0} - a V_t$$

avec :

a : facteur de réduction

$$\text{et } a = \frac{0.132}{\sqrt{h}} = 0.076 \text{ avec } B \leq 2h = 6 \text{ m}$$

donc :

$$V_d = 0.014 \text{ m/s}$$

et avec : $L \geq Q / (V_d B)$

$$L > 38.6 \text{ m}$$

Contrôle de la largeur maximale: $B = 1.85 \text{ m} \leq L/8 = 4.72 \text{ m}$

Réponse 4: La vitesse critique de translation est obtenue par la théorie du charriage en utilisant la condition pour le début de mouvement :

$$t_R = t_{cr}$$

$$r \cdot g \cdot R \cdot J = q_{cr} (r_s - r) g \cdot d$$

avec : t_R : contrainte de cisaillement

t_{cr} : contrainte de cisaillement critique.

$$q_{cr} = 0.03$$

$$J = V^2 / (K^2 \cdot R^{4/3}) \quad (\text{selon Strickler}).$$

$$\Rightarrow V_{cr} = K \cdot R^{1/6} \sqrt{0.03 (r_s / r - 1) d} \Rightarrow V_{cr} = 13 R_n^{1/6} d^{1/2} = 13 (B \cdot h / (B + 2h))^{1/6} \cdot 0.0002^{1/2}$$

$$= 0.178 \text{ m/s}$$

$\Rightarrow V_{cr} = 0.178 \text{ m/s} \sim V_t \Rightarrow$ les dimensions proposées sont acceptées