

**Exercice (8 pts)**

**Partie 1 : Eaux usées et dimensionnement (4 points)**

Une ville de **35 000 habitants** est équipée d'un réseau d'assainissement gravitaire en PVC.

La conduite principale menant à l'exutoire du réseau avec une pente moyenne **I = 1,5 %** et un **coefficient de Strickler K = 110**.

La dotation journalière est **D = 150 L/j/hab**, le **coefficient de rejet Cr = 80 %**, et le **taux d'accroissement annuel de la population α = 2 %**.

On supposera pour toute la partie 1 un **écoulement en pleine section**.

1. Calculer le **débit maximum d'eaux usées actuellement évacué (le débit de pointe)**.
2. Calculer la **population à l'horizon de 20 ans**, puis déterminer :
  - le **débit moyen d'eaux usées à l'horizon 20 ans**,
  - le **débit maximum d'eaux usées à l'horizon 20 ans**.
3. En utilisant la **formule de Strickler** et en supposant un **écoulement en pleine section**, estimer le **diamètre de la conduite** pour les 3 cas ci-dessus

1. Calculer le débit maximum à évacuer actuellement.

$$Q_{moy,j} = \frac{Cr \times D \times N}{86400} = \frac{0.8 \times 200 \times 30000}{86400} = 48.611 \text{ l/s}$$

$$K = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{Q_{moy,j}}} = 1.85$$

$$Q_{max} = K \times Q_{moy,j} = 1.85 \times 48.611 = 90.347 \text{ l/s}$$

2. Calculer le débit moyen à évacuer à l'horizon de **20 ans**.

$$N_f = N(1 + \alpha)^n = 35000(1 + 2/100)^{20} = 52008 \text{ hab}$$

$$Q_{moy,j} = \frac{Cr \times D \times N}{86400} = \frac{0.8 \times 150 \times 52008}{86400} = 90.347 \text{ l/s}$$

3. Calculer le débit maximum à évacuer à l'horizon de **20 ans**.

$$K = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{Q_{moy,j}}} = 1.79$$

$$Q_{max} = K \times Q_{moy,j} = 1.79 \times 100.33 = 129.597 \text{ l/s}$$

4. Estimer le diamètre nécessaire de la conduite pour les 3 cas ci-dessus.

$$Q = V \cdot S = K \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \cdot S$$

$$D = \left[ \frac{Q \cdot 4^{8/3}}{I^{1/2} \times 4\pi k} \right]^{3/8}$$

$$D_1 = \left[ \frac{90.347 \times 10^{-3} \times 4^{8/3}}{0.015^{1/2} \times 4 \times \pi \times 110} \right]^{3/8} = 0.215 \text{ m}, D_2 = 0.198 \text{ m}, D_3 = 0.246 \text{ m}$$

**Partie 2 : Réseau unitaire et passage au réseau séparatif (4 points)**

Le réseau existant est **unitaire** et collecte à la fois les **eaux usées** et les **eaux pluviales**.

La superficie urbanisée de la ville est **A = 600 ha**, L'intensité de pluie est donnée par : **I = 56 mm/h**  $\approx 155 \text{ l/s/ha}$ , Le coefficient de ruissellement est **C = 0,6**.

On supposera pour toute la partie 2 un **écoulement en pleine section**.

1. Calculer le **débit des eaux pluviales**.

$$Q_p = C \times I \times A = 0.6 \times 155 \times 600 = 55800 \text{ l/s}$$

2. Calculer le **débit total à évacuer par le réseau unitaire** (eaux usées + eaux pluviales).

$$Q_{total} = Q_p + Q_{EU} = 55800 + 129.597 = 55929.597 \text{ l/s}$$

3. Estimer le **diamètre de la conduite principale** du réseau unitaire.

$$D = \left[ \frac{Q \cdot 4^{8/3}}{I^{1/2} \times 4\pi k} \right]^{3/8} = 2.399 \text{ m}$$

Une **station d'épuration (STEP)** est prévue à l'aval du réseau.

4. Indiquer brièvement l'intérêt du passage à un **réseau séparatif**.

5. Estimer :

- le **diamètre de la conduite d'eaux usées**,

$$D_{EU} = 0.246 \text{ m}$$

- le **diamètre de la conduite d'eaux pluviales**,

$$D_{EP} = 2.3976 \text{ m}$$

## Questions de cours (12pts)

1. Quelles sont les contraintes à respecter pour les canalisations d'eaux usées circulaires ? (3pts)

Les canalisations d'eaux usées sont généralement circulaires et doivent respecter plusieurs contraintes :

- Diamètre minimum de 300 mm pour éviter les obstructions.
- Pente minimale de 0,002 m/m pour assurer un bon écoulement.
- Dans certains cas, il sera nécessaire de relever les eaux par pompage.
- La canalisation doit être couverte d'au moins 80 cm de terre. Si cette profondeur n'est pas atteinte, une dalle en béton doit être posée pour protéger la canalisation des charges roulantes.
- Un regard de visite tous les 80 mètres maximum, avec une distance standard de 50 mètres, pour permettre l'inspection par caméra ou le nettoyage par hydro-curage.
- Un regard à chaque changement de pente ou de direction.
- La vitesse maximale dans les canalisations est de 4 m/s pour éviter l'usure des tuyaux. Si cette vitesse est dépassée, des matériaux résistants comme la fonte ou le polyéthylène haut densité sont recommandés.

2. Mentionnez sans explication les types d'ouvrages de dessablement. (1.5 pts)

Différents types d'ouvrages de dessablement

1. Bouches d'égout à décantation :
2. Pièges à sable :
3. Chambre d'exploitation
4. Dessableur mécanisé
5. Chambre de dessablement
6. Piège à bâtard ou piège à sables rustique

3. Mentionnez sans explication les types de déversoirs d'orage. (2 pts)

1. Déversoir à seuil frontal
2. Déversoir à seuil latéral
3. Déversoir à double seuil latéral
4. Déversoir avec ouverture de radier
5. Déversoir circulaire
6. Déversoir siphonide

7. Déversoir à vannage
8. Déversoir à évacuation retardée et prolongée
4. **Quelle est la différence entre les stations de relevage et de refoulement ? (2 pts)**

### **Les Relevages**

Les stations de relevage ont pour objectif de relever les eaux usées sur une courte distance et à une faible hauteur, lorsque le collecteur ne peut plus être approfondi. Elles interviennent principalement dans les réseaux où la configuration ne permet pas de maintenir une pente gravitaire suffisante

### **Les Refoulements**

Contrairement aux relevages, les systèmes de refoulement sont conçus pour transporter les effluents sur de grandes distances ou pour franchir des dénivelés importants. Les refoulements sont employés lorsque le pompage doit vaincre des pertes de charge dues à la résistance hydraulique des tuyaux ainsi qu'à la hauteur géométrique. Ce procédé est souvent utilisé pour traverser des rivières, franchir des collines, ou parcourir des distances importantes en terrain plat ou même en pente opposée.

### **5. Comment régler les niveaux de fonctionnement d'une station de relevage ? (1.5 pts)**

Des démarrages trop fréquents sont dommageables pour l'équipement de pompage. L'expérience a montré qu'un cycle de pompage devrait idéalement durer plus de dix minutes, ou que le nombre de cycles ne devrait pas dépasser 6 à 8 par heure. Des démarrages fréquents empêchent le moteur et les démarreurs de se refroidir correctement, ce qui peut entraîner une surchauffe. Le niveau d'arrêt de la pompe principale est généralement réglé au niveau de submersion minimale pour éviter la cavitation de la pompe. Le niveau de démarrage est déterminé en utilisant une formule spécifique.

$$h_{start} = \frac{V_s}{A} = \frac{t_c}{A} \times \frac{Q_i}{Q_p} \times (Q_p - Q_i)$$

### **6. Mentionnez sans explication les différents types de stations d'épuration. (1pt)**

Les types de station d'épuration

1. Stations biologiques
  - 1.1 Boues activées
  - 1.2 Filtres biologiques
  - 1.3 Lagunage
2. Stations physico-chimiques
  - 2.1 Décantation primaire
  - 2.2 Coagulation-floculation
3. Stations combinées
4. Stations membranaires
5. Stations par lagunage et filtres plantés
  - 5.1 Lagunage naturel
  - 5.2 Filtres plantés de roseaux

## 7. Qu'est-ce que l'équivalent-habitant (EH) ? (1 pt)

L'équivalent habitant (EH) est une unité de mesure utilisée pour estimer la charge polluante totale produite par une population humaine ou une activité équivalente. Cela permet de dimensionner une station d'épuration en tenant compte de la charge organique à traiter.

Un équivalent habitant correspond à la charge organique biodégradable produite quotidiennement par une personne.

Norme standard : 1 EH = 60 g/jour de DBO<sub>5</sub> (Demande Biologique en Oxygène mesurée sur 5 jours). Cela signifie qu'un habitant produit en moyenne 60 grammes de pollution organique par jour.

Utilité de l'EH dans le dimensionnement

L'EH est utilisé pour convertir les rejets des industries ou des collectivités en une valeur standard, facilitant ainsi la comparaison et le calcul des charges à traiter.

Par exemple, une industrie rejetant une charge polluante égale à celle de 10 000 habitants sera équivalente à 10 000 EH, même si elle ne traite pas directement de populations humaines.