

Licence L3 - TD de Equipement de Bâtiment 2
 2019/2020

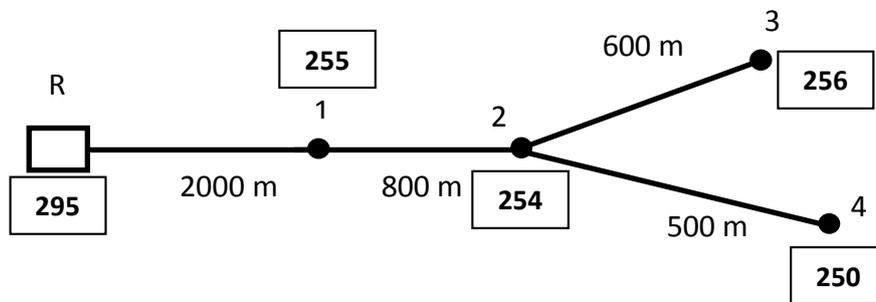
Exercice 1 : AEP

On veut alimenter en eau potable une zone rurale dont la population est estimée à 3500 habitants.

Le schéma du réseau d'alimentation est donné sur la figure suivante (La conduite R-1 est une conduite d'adduction alors que les conduites 1-2 ; 2-3 et 2-4 constituent le réseau de distribution. Les chiffres non encadrés représentent les longueurs des conduites alors que les chiffres encadrés représentent les altitudes des nœuds en m.).

En estimant que la zone est rurale, on prendra respectivement le coefficient de pointe journalière, le coefficient de pointe horaire et le coefficient des fuites :

$$K_1 = 1,5 \quad K_2 = 3 \quad K_3 = 1,25$$



1. En prenant une dotation journalière de $q_{m,j}=120$ litres/habitant, calculer le débit moyen journalier $Q_{j,m}$.
2. Calculer dans ce cas le débit journalier maximal $Q_{j,max}$.
3. En utilisant la méthode de répartition selon les longueurs, déterminer pour chaque tronçon le débit en route q_r , le débit de transit q_t et le débit de calcul q_c .
4. Vérifier que le réseau sera convenablement dimensionné si on prend les diamètres suivants :

$$D_{R-1} = D_{1-2} = 20cm; \quad D_{2-3} = 10 \text{ cm} \text{ et } D_{2-4} = 8 \text{ cm}$$

On prendra en cas de besoin :

- La viscosité cinématique $\nu=10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$;
- La rugosité absolue $\varepsilon=0,0001 \text{ m}$

Solution de l'Exercice 1 : AEP

1- La consommation moyenne journalière est :

$$Q_{j,m} = q_{j,m} \times N_{Pop}$$

C'est-à-dire :

$$Q_{j,m} = 120 \times 3500 = 420\,000 \text{ l/j}$$

ou :

$$Q_{m,j} = \frac{420\,000}{60 \times 24 \times 24} = 4,86 \text{ l/s}$$

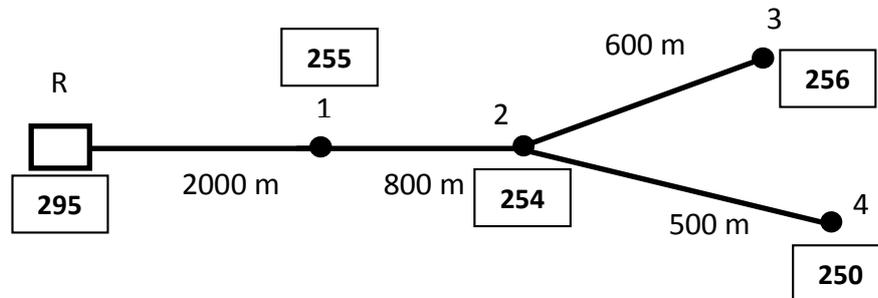
2- Le débit de pointe maximal est :

$$Q_{j,max} = Q_{j,m} \times K_1 \times K_2 \times K_3$$

C'est-à-dire :

$$Q_{j,max} = 4,86 \times 1,5 \times 3 \times 1,25 = 27,34 \text{ l/s}$$

3- Répartition de la consommation en fonction de la longueur :



a. Total de la longueur :

$$L = 800 + 600 + 500 = 1900 \text{ m}$$

b. Le débit en route dans chaque tronçon est :

Le débit consommé dans chaque tronçon représente aussi le débit en route. Il est donc calculé une seule fois.

$$q_{r,1-2} = \frac{27,34}{1900} \times 800 = 11,51 \text{ l/s}$$

$$q_{r,2-3} = \frac{27,34}{1900} \times 600 = 8,53 \text{ l/s}$$

$$q_{r,2-4} = \frac{27,34}{1900} \times 500 = 7,19 \text{ l/s}$$

c. Le débit de transit pour chaque tronçon est :

$$q_{t,2-3} = q_{t,2-4} = 0$$

$$q_{t,1-2} = 8,63 + 7,19 = 15,82 \text{ l/s}$$

$$q_{t, R-1} = 8,63 + 7,2 + 11,51 = 27,34 \text{ l/s}$$

d. Le débit de calcul est :

Le débit de calcul est donné par la formule :

$$q_c = q_t + 0,55q_r$$

Donc :

$$q_{c, 2-3} = 0 + 0,55 \times 8,63 = 4,69$$

$$q_{c, 2-4} = 0 + 0,55 \times 7,2 = 3,96$$

$$q_{t, 2-1} = 15,82 + 0,55 \times 11,51 = 22,15$$

$$q_{c, 1-R} = 27,34 + 0,55 \times 0 = 27,34 \text{ l/s}$$

e. Vérification des diamètres :

Pour vérifier les diamètres, il faut calculer :

- 1- Les vitesses dans les conduites et vérifier qu'elles sont comprises entre 0,6 m/s et 1,2 m/s.
- 2- Calculer les pressions aux nœuds et vérifier qu'elles sont suffisantes pour l'alimentation en eau.

| Tronçon | L (m) | D (m) | q _r (l/s) | q _t (l/s) | q _c (l/s) | Vitesse (m/s) | R _e | ξ | λ | ΔH (m) |
|---------|-------|-------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------|----------------|---------|-------|--------|
| 2 - 4 | 500 | 0,08 | 7,2 | 0 | 3,96 | 0,79 | 63200 | 0,00125 | 0,02 | 3,99 |
| 2 - 3 | 600 | 0,1 | 8,63 | 0 | 4,75 | 0,60 | 60000 | 0,001 | 0,02 | 2,2 |
| 2- 1 | 800 | 0,2 | 11,51 | 15,82 | 22,15 | 0,71 | 142000 | 0,0005 | 0,017 | 1,75 |
| 1 - R | 2000 | 0,2 | - | 27,34 | 27,34 | 0,87 | 174000 | 0,0005 | 0,016 | 6,17 |

$$\varepsilon = 10^{-4} \text{ m}$$

$$\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

Pour vérifier la pression au sol (la pression dynamique), on calcule la charge hydraulique en chaque point puis on calcule la pression dynamique.

Les pressions calculées l'ont été de la forme suivante :

$$\Delta H_{R-1} = H_R - H_1 \quad \Rightarrow \quad H_1 = H_R - \Delta H_{R-1}$$

$$\Delta H_{1-2} = H_1 - H_2 \quad \Rightarrow \quad H_2 = H_1 - \Delta H_{1-2}$$

$$\Delta H_{2-3} = H_2 - H_3 \quad \Rightarrow \quad H_3 = H_2 - \Delta H_{2-3}$$

$$\Delta H_{2-4} = H_2 - H_4 \quad \Rightarrow \quad H_4 = H_2 - \Delta H_{2-4}$$

Le tableau suivant résume ces calculs.

| Point | Z (m) | ΔH (m) | H (m) | P (m) |
|----------------|-------|----------------|--------|-------|
| R | 295 | - | 295,00 | - |
| 1 (R-1) | 255 | 6,17 | 288,83 | 38,83 |
| 2 (1-2) | 254 | 1,75 | 287,08 | 32,08 |
| 3 (2-3) | 256 | 2,2 | 284,88 | 28,88 |
| 4 (2-4) | 250 | 3,99 | 283,09 | 33,09 |

La pression est donnée en mètre. Il suffit de la multiplier par $\rho \cdot g$ pour l'avoir en Pascal.

En général, on admet que les pressions aux sols sont acceptables si elles sont comprises entre 30 m et 60 m.

Remarque :

Je pense que jusqu'aux calculs des vitesses, il n'y a pas de problème. Pour le calcul des pertes de charges, il faut déterminer λ par les formules ou par l'abaque de Moody. Je pense que c'est compliqué pour les étudiants en architecture. C'est pourquoi, on ne fait pas ce calcul.

On peut faire l'exemple de la conduite R-1 en leur donnant $\lambda=0,016$:

$$\Delta H_{R-1} = \frac{\lambda V^2}{D 2g} L = \frac{0,016}{0,2} \times \frac{(0,87)^2}{2 \times 9,81} \times 2000 = 6,11 \text{ m}$$

Le reste, c'est la même démarche.

Pour vérifier la pression, on calcule d'abord les charges hydrauliques en différents points par les relations suivantes :

$$\begin{aligned} \Delta H_{R-1} = H_R - H_1 &\Rightarrow H_1 = H_R - \Delta H_{R-1} \\ \Delta H_{1-2} = H_1 - H_2 &\Rightarrow H_2 = H_1 - \Delta H_{1-2} \\ \Delta H_{2-3} = H_2 - H_3 &\Rightarrow H_3 = H_2 - \Delta H_{2-3} \\ \Delta H_{2-4} = H_2 - H_4 &\Rightarrow H_4 = H_2 - \Delta H_{2-4} \end{aligned}$$

La relation de la charge hydraulique est :

$$H = \frac{P}{\rho g} + \frac{V^2}{2g} + Z$$

Pour le point R, on prend :

$$H_R = Z_R$$

Ensuite, on calcule H_1 , H_2 et H_3 à partir de la charge hydraulique du point précédent et de la perte de charge entre les deux points.

La pression (en mètres) est obtenue par la relation suivante :

$$\left(\frac{P}{\rho g} + \frac{V^2}{2g} \right) = H - Z$$

Le terme de gauche est « la pression dynamique » qui s'exerce sur les conduites. C'est elle qui est recherchée dans ce calcul.

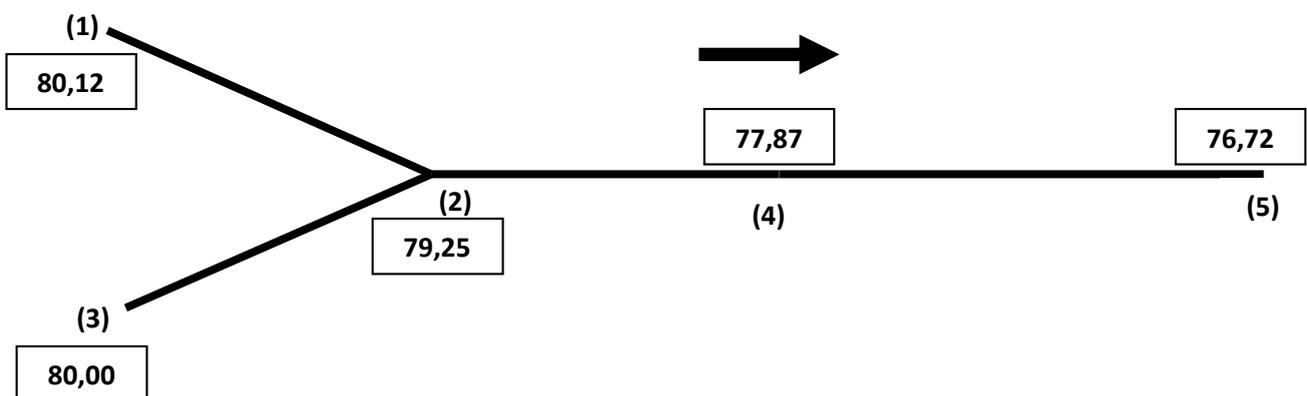
Exercice 2 : ASSAINISSEMENT

Soit le réseau d'assainissement des eaux usées domestiques de la figure suivante. Les données sont résumées sur le tableau suivant :

| Tronçon | Longueur (m) | Habitation | Taux d'occupation (Habitants/logement) | Consommation (litres/jour) | Taux de rejet |
|---------|--------------|------------|--|----------------------------|---------------|
| 1 - 2 | 135 | 40 | 3,5 | 250 | 1 |
| 3 - 2 | 90 | 30 | 3,5 | 250 | 1 |
| 2 - 4 | 120 | 140 | 3,5 | 250 | 1 |
| 4 - 5 | 80 | 0 | 3,5 | 250 | 1 |

Les chiffres encadrés sur la figure sont les altitudes des différents points. L'écoulement s'effectue dans le sens indiqué par la flèche.

On prend $K=70$ S.I.



Calculer pour chaque tronçon :

1. Le débit moyen rejeté $q_{j,m}$ (en l/s)
2. Le coefficient de pointe C_p
3. Le débit de pointe Q_p (en l/s),
4. La vitesse et le débit pleine section V_{Ps} et Q_{Ps} ,
5. Vérifier le calage du réseau (Vitesse maximale et Vitesse minimale).

Solution de l'Exercice 2 : ASSAINISSEMENT

1. Le débit moyen rejeté par tronçon :

$$Q_{j,m} = N_H \cdot T_o \cdot C_{m,j} \cdot T_R$$

- N_H , Nombre d'habitations raccordées au tronçon,
 T_o , Taux d'occupation (Nombre d'habitants dans une maison),
 $C_{m,j}$, Consommation moyenne journalière (C'est le débit moyen fournit par habitant),
 T_R , Taux de rejet (il varie entre 0,8 et 1 en fonction des pays).

| Tronçon | N_H | T_o | $C_{m,j}$ | T_R | $Q_{j,m}$ |
|---------|-------|-------|-----------|-------|-----------|
| 1-2 | 40 | 3,5 | 250 | 1 | 35000 |
| 3-2 | 30 | 3,5 | 250 | 1 | 26250 |
| 2-4 | 140 | 3,5 | 250 | 1 | 122500 |
| 4-5 | 0 | 3,5 | 250 | 1 | 0 |

2. Le coefficient de pointe :

$$C_p = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{q_{j,m}}}$$

$q_{j,m}$ doit être en litres/seconde, il faut donc diviser la valeur calculée en l/j par 86400

| Tronçon | $q_{j,m}$ (l/j) | $q_{j,m}$ (l/s) |
|---------|-----------------|-----------------|
| 1-2 | 35000 | 0,41 |
| 3-2 | 26250 | 0,30 |
| 2-4 | 122500 | 1,42 |
| 4-5 | 0 | 0 |

Pour calculer C_p , il faut cumuler le débit quand des conduites sont raccordées.

| Tronçon | $q_{j,m}$ (l/s) | $q_{j,m}$ (l/s) | C_p calculé | C_p prix |
|---------|-----------------|-----------------|---------------|------------|
| 1-2 | 0,41 | 0,41 | 4,9 | 4 |
| 3-2 | 0,30 | 0,30 | 5,56 | 4 |
| 2-4 | 1,42 | 0,41+0,3+1,42 | 2,72 | 2,72 |
| 4-5 | 0 | 0+3,21 | 2,72 | 2,72 |

3. Le débit de pointe :

$$Q_p = C_p \cdot q_{j,m}$$

| Tronçon | C_p | $q_{j,m}$ (l/s) | Q_p (l/s) |
|---------|-------|-----------------|-------------|
| 1-2 | 4 | 0,41 | 1,64 |
| 3-2 | 4 | 0,30 | 1,2 |
| 2-4 | 2,72 | 2,13 | 5,8 |
| 4-5 | 2,72 | 2,13 | 5,8 |

4. Calcul de la vitesse et du débit section pleine :

On choisit un diamètre de 200 mm et on vérifie les vitesses.

Pour calculer la vitesse section pleine et le débit section pleine, on utilise les formules de base, c'est-à-dire la formule de Chezy et la relation liant la vitesse et le débit :

$$V = K \cdot (R_h)^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

et

$$Q = V \cdot S_m$$

Sachant que pour une conduite circulaire et à section pleine, on a :

Pour une conduite circulaire, le rayon hydraulique vaut :

$$R_h = \frac{\pi D^2 / 4}{\pi \cdot D} = \frac{D}{4}$$

| Tronçon | D (m) | Rh (m) | Rh exp 2/3 | I (m/m) | \sqrt{I} | V (m/s) |
|---------|-------|--------|------------|---------|------------|---------|
| 1-2 | 0,2 | 0,05 | 0,136 | 0,0064 | 0,08 | 0,76 |
| 3-2 | 0,2 | 0,05 | 0,136 | 0,0083 | 0,09 | 0,86 |
| 2-4 | 0,2 | 0,05 | 0,136 | 0,0115 | 0,11 | 1,05 |
| 4-5 | 0,2 | 0,05 | 0,136 | 0,0144 | 0,12 | 1,14 |

Il ne faut pas oublier de convertir le débit qui est à l'origine obtenu en m³/s en litres/s.

| Tronçon | V (m/s) | Q (l/s) |
|---------|---------|---------|
| 1-2 | 0,76 | 23,88 |
| 3-2 | 0,86 | 26,86 |
| 2-4 | 1,05 | 32,83 |
| 4-5 | 1,14 | 35,82 |

5. Vérification des vitesses :

- 1- Les pentes minimales sont respectées puisque nous n'avons pas de pente inférieure à 0,002.
- 2- La vitesse à section pleine est respectée car toutes les vitesses calculées sont supérieures à 0,7 m/s.
- 3- Pour une hauteur de 2/10 du diamètre, le rapport des vitesses est de 0,6. Donc, la vitesse est de :

$$r_v = 0,6 = \frac{V}{V_{PS}}$$

C'est-à-dire :

| Tronçon | V (m/s) | Vmin (m/s) |
|---------|---------|------------|
| 1-2 | 0,76 | 0,46 |
| 3-2 | 0,86 | 0,51 |
| 2-4 | 1,05 | 0,63 |
| 4-5 | 1,14 | 0,68 |

Les vitesses minimales sont toutes respectées car elles sont toutes supérieures à 0,3 m/s.

1. RAPPEL

1.1 Prévisions démographiques

La planification des investissements à consentir pour la distribution et la collecte des eaux est faite de manière à satisfaire la demande sur la durée d'utilisation des ouvrages. Il s'agit donc de faire des prévisions à un horizon correspondant à la durée de vie de ces aménagements ou, pour le moins, à leur durée d'amortissement.

Pour tenir compte de l'évolution de la population, le projeteur s'appuiera sur des prévisions à court (5 à 10 ans) et à moyen termes (10 à 50 ans). Plus l'échéance prévisionnelle est éloignée et plus l'incertitude augmente. Il est important dès lors de considérer tous les facteurs socio- économiques susceptibles d'influencer la croissance des agglomérations et surtout d'analyser la tendance évolutive des années passées.

Dans les pays industrialisés, il semble que la croissance démographique tend vers zéro. Les fluctuations observées correspondent alors à un déplacement de population des zones urbaines vers les régions périphériques. Ceux-ci sont souvent étroitement dépendant de la performance des systèmes de transport et du développement des zones commerciales et industrielles. Il n'est toutefois pas exclu qu'il s'agisse d'un mouvement de balancier dont le retour est déjà perceptible dans de nombreux cas.

Dans les pays en développement, en Afrique et en Amérique du Sud notamment, l'essor démographique reste important et les populations ont tendance à se concentrer dans des mégapoles.

D'une manière générale, les sources d'information utiles aux prévisions démographiques sont à rechercher dans :

- les recensements nationaux ;
- les statistiques d'immigration et d'émigration ;
- les statistiques de naissances et de décès ;
- les plans d'aménagement du territoire fixant les règles d'urbanisation.

1.2 Méthodes d'extrapolation.

Différentes méthodes peuvent être utilisées pour établir la prévision d'évolution d'une population parmi lesquelles il convient de citer :

- la méthode graphique, qui consiste à tracer au jugé une extrapolation de la courbe de croissance de la population, en tenant compte des événements qui ont pu affecter sa variation au cours du temps ;
- la méthode comparative, qui procède par comparaison avec d'autres villes ayant suivi des évolutions similaires, en vérifiant que leurs caractéristiques socio-économiques sont bien comparables ;

- l'hypothèse de croissance arithmétique, c'est-à-dire d'un taux de croissance dP/dt constant ; dans ce cas, $dP/dt = Ca$ et après intégration entre les temps t_1 et t_2 ,

$$P_2 - P_1 = K_a (t_2 - t_1) \quad (1)$$

Où

P : population

T : temps

K_a : constante de croissance arithmétique

- L'hypothèse de croissance géométrique, c'est à dire d'un taux de croissance dP/dt proportionnel à la population, dans ce cas, $dP/dt = K_g \cdot P$ et après intégration entre les temps t_1 et t_2 ,

$$\ln P_2 - \ln P_1 = K_g (t_2 - t_1) \quad (2)$$

où K_g : constante de croissance géométrique

La croissance géométrique peut également être exprimée à l'aide de l'équation des intérêts composés lorsque le pourcentage de croissance annuelle est connu, ainsi :

$$P_2 = P_1(1+r)^n \quad (3)$$

où n : nombre de périodes de croissance considéré (années)

r : taux de croissance de chaque période (sous forme décimale)

- L'hypothèse de croissance à taux décroissant, tendant vers la population maximale à saturation ; dans ce cas $dP/dt = K_d (S - P)$ et après intégration entre les temps t_1 et t_2 ,

$$P_2 = P_1(S - P_1) [1 - e^{-K_d (t_2 - t_1)}] \quad (4)$$

où S : population à saturation

K_d : constante de la croissance à taux décroissant

Exercice 3 : Prévisions de consommation

On demande de faire :

A) Estimation basée sur une croissance géométrique

Le taux de croissance annuel d'une population de 25'000 habitants est de 5 %.

- Dans combien d'années la population atteindra-t-elle 50'000 habitants ?
- Comparer les valeurs de r et de K_g .
- Calculer le débit de pointe de la consommation d'eau potable des

populations actuelle et future en se basant sur une consommation moyenne de 500 l/j hab.

B) Estimation basée sur une croissance à taux décroissant.

Il y a 10 ans, la population de la ville X était de 65'145 habitants, elle est actuellement de 70'000 et à saturation, elle atteindra 100'000 habitants.

- Calculer le taux de croissance annuel de cette population.
- Estimer quelle sera cette population dans 12 ans.
- Calculer la consommation annuelle d'eau potable de la population dans 12 ans, sachant qu'elle équivalait à 550 l/j hab il y a 10 ans et qu'elle correspond actuellement à 500 l/j hab, en admettant une croissance arithmétique constante.

Solution de l'Exercice 3 : Prévisions de consommation

A) Estimation basée sur une croissance géométrique

$$\begin{aligned} \text{a)} \quad P_n &= P_2(1+r)^n \\ 50'000 &= 25'000 \cdot (1+0.05)^n \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \quad 2 &= 1.05^n \\ \ln 2 &= n \cdot \ln 1.05 \\ n &= \frac{\ln 2}{\ln 1.05} = 14.2 \text{ ans} \end{aligned}$$

$$\text{b)} \quad \frac{P_n}{P_1} = (1+r)^n$$

$$\ln\left(\frac{P_n}{P_1}\right) = K_g(t_n - t_1)$$

$$\frac{P_n}{P_1} = e^{K_g(t_n - t_1)} = e^{K_g \cdot n} \quad \text{car } t_n - t_1 = n$$

$$\Rightarrow (1+r)^n = e^{K_g \cdot n}$$

$$n \cdot \ln(1+r) = K_g \cdot n$$

$$\ln(1+r) = K_g \quad \Rightarrow \quad \text{pour } r = 0.05 \Rightarrow K_g = 0.049$$

On peut par ailleurs calculer le taux de croissance comme suit :

$$r = \left(\frac{P_n}{P_2} \right)^{1/n} - 1$$

Ex. : Pays en développement \Rightarrow démographie galopante,
taux de croissance annuel = 3.4 %

\Rightarrow Doublement de la population ?

$$P_n = P_1 \cdot (1+r)^n \quad \text{où } P_n = 2 \cdot P_1$$

$$\Rightarrow 2 = (1+0.034)^n \quad \Rightarrow n = 20.7 \text{ ans}$$

c) Population actuelle : 25'000 habitants
Population future : 50'000 habitants

B) Estimation basée sur une croissance à taux décroissant.

a) Calcul du taux de croissance annuel, K .

$$P_n = P_1 + (S - P_1) \left[1 - e^{-K(t_n - t_1)} \right]$$

$$70'000 = 65'145 + (100'000 - 65'165) \cdot \left[1 - e^{-K(10)} \right]$$

$$K = 0.015$$

b) Calcul de la population dans 12 ans :

$$P_n = 70'000 + (100'000 - 70'000) \cdot \left[1 - e^{-0.015(12)} \right] = 74'942 \text{ habitants}$$

c) Calcul de la consommation annuelle dans 12 ans

C: consommation journalière

$$C_1 = 550 \text{ l/hab j} \quad C_n = 500 \text{ l/hab j}$$

taux de croissance arithmétique constant

$$C_n - C_1 = K_a (t_n - t_1)$$

$$\Rightarrow 500 - 550 = K_a (10) \quad \Rightarrow K_a = -5$$

dans 12 ans

$$C_n - 500 = -5 (12) \quad \Rightarrow C_n = 440 \text{ l/hab j}$$

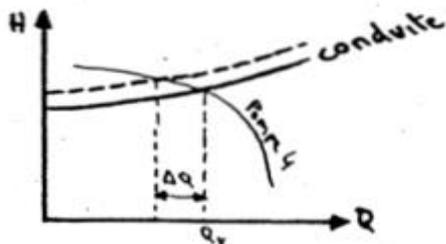
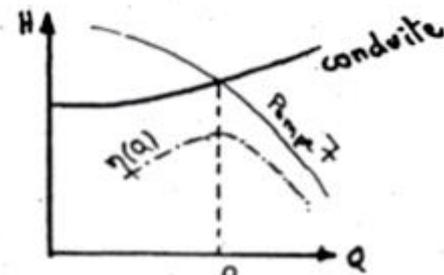
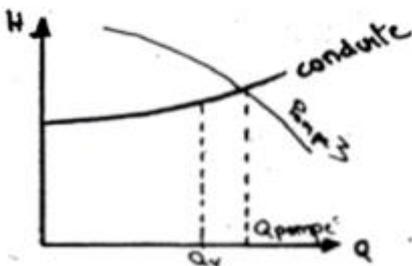
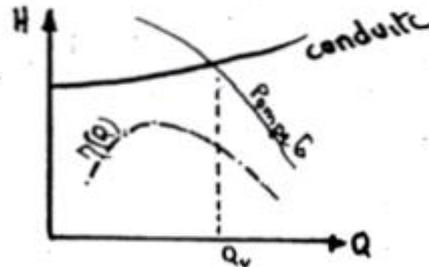
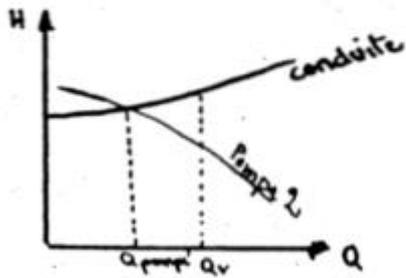
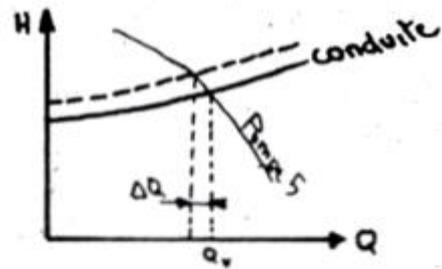
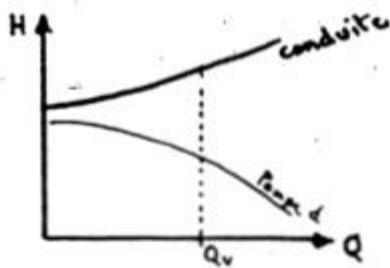
$$\text{consommation annuelle: } 74'942 \cdot 0.440 \cdot 365 = 12'036 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{an}$$

Exercice 4 : Fonctionnement des pompes

Associer à chaque commentaire la pompe correspondante.

Données.

- Pompe N°: Cette pompe ne refoule aucun débit.
 - Pompe N°: Cette pompe refoule un débit insuffisant.
 - Pompe N°: Cette pompe refoule un débit trop important.
 - Pompe N°: Cette pompe refoule le bon débit.
- Cependant, une faible variation de la caractéristique de la conduite entraîne une importante variation de débit.
- Pompe N°: Une variation de caractéristique modifie peu le débit.
 - Pompe N°: Cette pompe refoule le bon débit, mais avec un mauvais rendement.
 - Pompe N°: Cette pompe refoule le bon débit, au rendement optimum.



Solution de l'Exercice 4 : Fonctionnement des pompes

- Pompe N° ...1.....: Cette pompe ne refoule aucun débit.
- Pompe N° ...2.....: Cette pompe refoule un débit insuffisant.
- Pompe N° ...3.....: Cette pompe refoule un débit trop important
- Pompe N° ...4.....: Cette pompe refoule le bon débit. Cependant, une faible variation de la caractéristique de la conduite entraîne une importante variation de débit.
- Pompe N° ...5.....: Une variation de caractéristique modifie peu le débit.
- Pompe N° ...6.....: Cette pompe refoule le bon débit, mais avec un mauvais rendement.
- Pompe N° ...7.....: Cette pompe refoule le bon débit, au rendement optimum.

Exercice 5 : Réservoir d'eau potable

1 Objectif.

Une localité de 2000 habitants projette la réalisation d'un nouveau réseau d'adduction d'eau potable avec un réservoir pour la gestion de la distribution. Plusieurs variantes sont envisagées combinant des apports de sources et de pompage dans la nappe phréatique. Il s'agit ici de dimensionner le volume utile du réservoir.

2 Données.

La consommation d'eau moyenne est estimée à 450 l/hab.jour avec la répartition journalière indiquée dans le tableau ci-dessous.

| Périodes [heures] | Consommation n [%] | Consommation n [m ³ /h] | Consommation n [m ³ /période] | Consommation n cumulée [m ³] | Source 1 [m ³ /période] | Source 1 cumul [m ³] | Bilan [m ³] |
|-------------------|--------------------|------------------------------------|--|--|------------------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| 0-5 | 5 | | | | | | |
| 5-6 | 5 | | | | | | |
| 6-8 | 25 | | | | | | |
| 8-10 | 10 | | | | | | |
| 10-12 | 20 | | | | | | |
| 12-14 | 6 | | | | | | |
| 14-16 | 2 | | | | | | |
| 16-18 | 5 | | | | | | |
| 18-20 | 15 | | | | | | |
| 20-22 | 5 | | | | | | |
| 22-24 | 2 | | | | | | |
| Total | 100 | | | | | | |

3 Traitements demandés.

J) Calculer le débit de consommation moyen

K) Calculer le débit de pointe horaire de consommation

L) Calculer le coefficient horaire de pointe.

M) Calculer le volume de réservoir minimum permettant de satisfaire la consommation pour les deux variantes d'adduction suivantes :

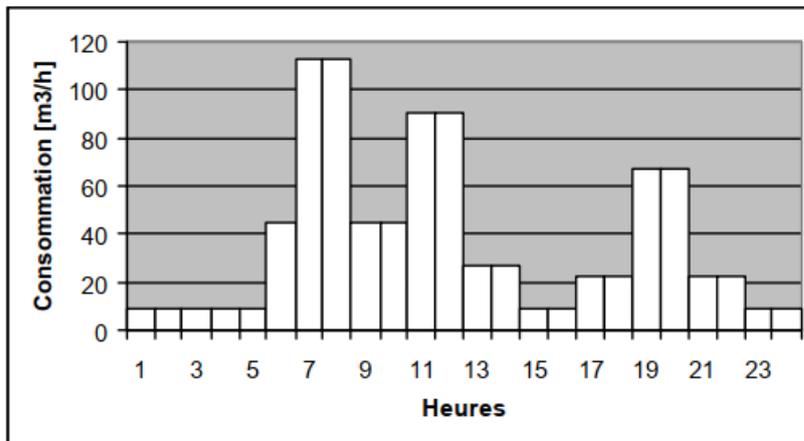
D1: Alimentation gravitaire par une source 1 à débit constant de 11l/s (utiliser le tableau ci-dessus)

D2: Alimentation gravitaire par une source 2 à débit constant de 4.5 l/s et pompage continu entre 0 et 5 heures.

Solution de l'Exercice 5 : Réservoir d'eau potable

A) DEBIT DE CONSOMMATION MOYEN.

La distribution horaire de la consommation journalière est représentée sur la figure ci-dessous.



Consommation journalière moyenne: $C_j = 0.45 * 2000 = 900 \text{ m}^3/\text{j} = 37.5 \text{ m}^3/\text{h} = 10.4 \text{ l/s}$

B) DEBIT DE POINTE HORAIRE DE CONSOMMATION.

Voir tableau ci-dessous: $Q_{\max} = 112.5 \text{ m}^3/\text{h}$ entre 6 et 8 h du matin

| Périodes [heures] | Consommatio n [%] | Consommatio n [m³/h] | Consommatio n [m³/période] | Consommatio n cumulée [m³] | Source 1 [m³/période] | Source 1 cumul [m³] | Bilan [m³] |
|-------------------|-------------------|----------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------|---------------------|------------|
| 0-5 | 5 | 9.0 | 45.0 | 45.0 | 198.0 | 198.0 | 153.0 |
| 5-6 | 5 | 45.0 | 45.0 | 90.0 | 39.6 | 237.6 | 183.6 |
| 6-8 | 25 | 112.5 | 225.0 | 315.0 | 79.2 | 316.8 | 1.8 |
| 8-10 | 10 | 45.0 | 90.0 | 405.0 | 79.2 | 396.0 | -9.0 |
| 10-12 | 20 | 90.0 | 180.0 | 585.0 | 79.2 | 475.2 | -109.8 |
| 12-14 | 6 | 27.0 | 54.0 | 639.0 | 79.2 | 554.4 | -84.6 |
| 14-16 | 2 | 9.0 | 18.0 | 657.0 | 79.2 | 633.6 | -23.4 |
| 16-18 | 5 | 22.5 | 45.0 | 702.0 | 79.2 | 712.8 | 10.8 |
| 18-20 | 15 | 67.5 | 135.0 | 837.0 | 79.2 | 792.0 | -45.0 |
| 20-22 | 5 | 22.5 | 45.0 | 882.0 | 79.2 | 871.2 | -10.8 |
| 22-24 | 2 | 9.0 | 18.0 | 900.0 | 79.2 | 940.4 | 50.4 |
| Total | 100 | | 900.0 | | 950.4 | | |

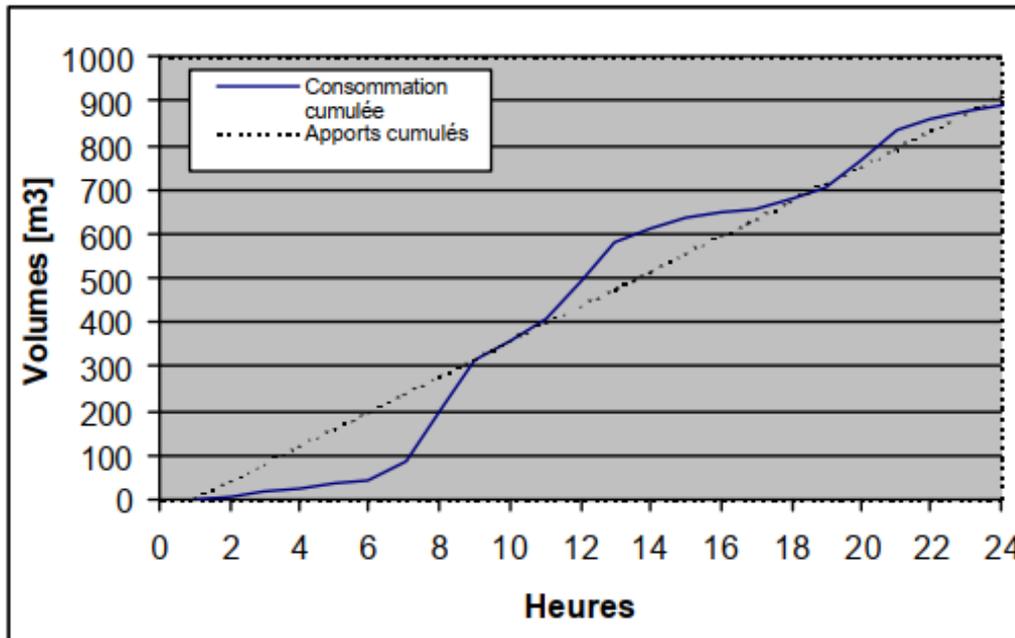
C) COEFFICIENT HORAIRE DE POINTE.

$$\alpha = 112.5/37.5 = 3.0$$

D) VOLUME DE RESERVOIR MINIMUM.

D1: Alimentation gravitaire par une source 1 à débit constant de 11l/s

Voir tableau ci-dessus et graphique ci-dessous: $V_{\max} = 183.6 + 109.9 = 293.4 \text{ m}^3$



D2: Alimentation gravitaire par une source 2 à débit constant de 4.5 l/s et pompage continu entre 0 et 5 heures

Voir tableau ci-dessous: $V_{\text{pompage}} = 511.2 \text{ m}^3$

$\Rightarrow Q_{\text{pompage}} = 511.2/5 = 102.24 \text{ m}^3/\text{h}$ entre 0 et 5 heures

$\Rightarrow V_{\max} = 547.2 + 14.4 = 561.6 \text{ m}^3$

| Périodes [heures] | Consommation n [%] | Consommation n cumulée [m³] | Source 2 cumul [m³] | Bilan interm. [m³] | Pompage cumulé [m³] | Apports cumulés [m³] | Bilan [m³] |
|-------------------|--------------------|-----------------------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------------------|------------|
| 0-5 | 5 | 45.0 | 81.0 | 36.0 | 511.2 | 592.2 | 547.2 |
| 5-6 | 5 | 90.0 | 97.2 | 7.2 | 511.2 | 608.4 | 518.4 |
| 6-8 | 25 | 315.0 | 129.4 | -185.6 | 511.2 | 640.6 | 325.6 |
| 8-10 | 10 | 405.0 | 162.0 | -243.0 | 511.2 | 673.2 | 268.2 |
| 10-12 | 20 | 585.0 | 194.4 | -390.6 | 511.2 | 705.6 | 120.6 |
| 12-14 | 6 | 639.0 | 226.8 | -412.2 | 511.2 | 738.0 | 99.0 |
| 14-16 | 2 | 657.0 | 259.2 | -397.8 | 511.2 | 770.4 | 113.4 |
| 16-18 | 5 | 702.0 | 291.6 | -410.4 | 511.2 | 802.8 | 100.8 |
| 18-20 | 15 | 837.0 | 324.0 | -513.0 | 511.2 | 835.2 | -1.8 |
| 20-22 | 5 | 882.0 | 356.4 | -525.6 | 511.2 | 867.6 | -14.4 |
| 22-24 | 2 | 900.0 | 388.8 | -511.2 | 511.2 | 900.0 | 0 |
| Total | 100 | | | | | | |

