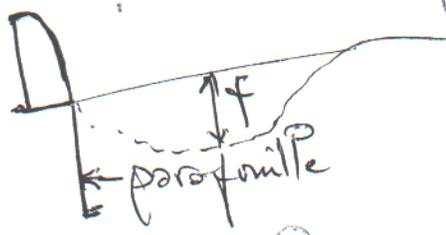


Correction-type de P<sup>1</sup> EMD en  
 Aménagement des Cours d'eau

Exercice N°1

$$f = 1.90 \cdot H^{0,225} \cdot q^{0,54} = 1.9 \cdot (3.5)^{0,225} \cdot (2.5)^{0,54} = 4.13 \text{ m} \quad (2)$$

Pour empêcher l'érosion au-dessous du seuil, on doit construire un p<sup>1</sup>rs m<sup>1</sup>lle d'une profondeur > 4.13 m



Exercice N°2

$$1) S = b \cdot h + m h^2 = 6 \times 4 + 2 \cdot (4)^2 = 272 \text{ m}^2 \quad (0.15)$$

$$Pr = b + 2h \sqrt{1+m^2} = 6 + 2 \times 4 \sqrt{5} = 17.87 \text{ m} \quad (0.15)$$

$$R_H = \frac{S}{Pr} = 3.49 \text{ m} \quad (0.15)$$

$$Q = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \sqrt{I} \cdot S = \frac{1}{0.018} \cdot (3.49)^{2/3} \cdot \sqrt{0.001} \cdot 272 = 1100 \text{ m}^3/\text{s} \quad (0.15)$$

$$U = \frac{Q}{S} = 4 \text{ m/s} \quad (0.15)$$

$$2) R = 520 \rightarrow \frac{R}{L} = \frac{520}{60} = 8.66 > 6.7 \rightarrow \frac{U}{U_{mg}} = 1.1 \Rightarrow U = 4.4 \text{ m/s} \quad (0.15)$$

$$f = 0.7 \cdot \frac{\gamma}{(\gamma_s - \gamma)} \cdot \frac{U^2}{2g} = 0.7 \cdot 2 \cdot \frac{1}{1.6} \cdot \frac{(4.4)^2}{2 \cdot 9.81} = 0.86 \text{ m} \quad (0.15)$$

$$D_b = \frac{A_f}{c} \Rightarrow c = \frac{1 - \sin^2 B}{\sin^2 \phi} = 0.71 \quad \text{avec } B = 26.76^\circ, \phi = 40^\circ$$

$$D_b = \frac{0.86}{0.71} = 1.21 \text{ m} \quad (0.15)$$

l'enrochement est réalisé avec une granulométrie

$$D_{\min} = 0.7 \cdot D_b = 0.7 \cdot 1.21 = 0.84 \text{ m}$$

$$D_{\text{moy}} = D_b = 1.21 \text{ m}$$

$$D_{\max} = 2 \times D_b = 2.42 \text{ m}$$

l'épaisseur p<sup>1</sup>rs de l'enrochement peut être Ep = 2 D<sub>max</sub> = 5.83 m

Exo 3

$$d_s = d_{s0} \left( \frac{\rho_s - \rho}{\rho} \cdot \frac{g}{\gamma^2} \right)^{1/3} = \left( \frac{1.6 \cdot 9.81}{(10^{-6})^2} \right)^{1/3} = \boxed{751,13} \text{ (1)}$$

Selon le diagramme de Shields, on déduit que le seuil de mouvement des sédiments au fond est

$$Z_a = 0,05 \frac{\rho_s R_{H1}}{(\rho_s - \rho) d_{s0}} \Rightarrow R_{H1} = \frac{0,05 \cdot 1.6 \cdot 3 \cdot 10^{-2}}{0,002} = 1,32 \text{ m}$$

$$R_{H1} = 1,32 = \frac{S_m}{P_{rm}} = \frac{10 \times h}{10 + 2h} \Rightarrow \boxed{h = 1,8 \text{ m}} \text{ (1)}$$

donc le débit seuil d'entraînement des sédiments au fond est

$$Q_{seuil} = \frac{1}{n} \cdot R_{H1}^{2/3} \sqrt{I} \cdot S$$

$$= \frac{1}{0,026} \cdot (1,32)^{2/3} \sqrt{0,002} \cdot 18$$

$$S = 10 \times 1,8 = 18 \text{ m}^2$$

$$P_r = 10 + 2 \times 1,8 = 13,6 \text{ m}$$

$$R_{H1} = 1,32 \text{ m}$$

$$\boxed{Q_{seuil} = 37,25 \text{ m}^3/\text{s}} \text{ (1)}$$

Exo 4

$$S = b h + m h^2 = 70 \times 3 + 2 \cdot 3^2 = \boxed{228 \text{ m}^2} \quad R_H = 2,73 \text{ m} \text{ (1 pt)}$$

$$P_r = b + 2 h \sqrt{1+m^2} = 70 + 2 \times 3 \sqrt{5} = \boxed{88,41 \text{ m}}$$

$$Q_{ps} = \frac{1}{n} \cdot R_H^{2/3} \sqrt{I} \cdot S = \frac{1}{0,02} \cdot (2,73)^{2/3} \cdot \sqrt{0,002} \cdot 228 = \boxed{996,65 \text{ m}^3/\text{s}} \text{ (1 pt)}$$

$$Q_{ps} < Q_{crue} \Rightarrow \text{débordement} \text{ (1 pt)}$$

Pour éviter ce débordement on peut:

- élargir la section  $b = 75 \text{ m} \rightarrow Q_{ps} = 1066 \text{ m}^3/\text{s} > Q_{crue} = 1000 \text{ m}^3/\text{s}$  (0,5 pt)
- recalculer la crue d'eau en augmentant la pente  $I = 0,003 \rightarrow Q_{ps} = 1220 \text{ m}^3/\text{s} > 1000 \text{ m}^3/\text{s}$  (0,5 pt)

## Correction d'E.M.D : Barrages II

### 1- Les rôles du voile d'étanchéité et du drain

#### a/ Voile d'étanchéité

- Empêche les infiltrations suivant la ligne de contact entre le barrage et sa fondation.  
Dans le cas où les fondations sont perméables, donc réduire les fuites à travers les fondations et diminue les sous pressions.

#### b/ Drain

- Canalise les eaux de fuite à travers les fondations et diminue les sous pressions.

### 2- Le des parafouilles

- Augmente la longueur de la ligne d'infiltration et minimise la probabilité de l'apparition du phénomène du Renard.

### 2- Calcul des efforts qui s'exercent sur le barrage durant le passage de la crue

#### a/ Le poids

La section

$$S_1 = (952,00 - 934,5) \times 2 = 35,00 \text{ m}^2 ;$$

$$S_2 = (950,00 - 934,5) \times (950,00 - 934,5) \times 0,75/2 = 90,09 \text{ m}^2 ;$$

$$S_3 = (934,50 - 932,0) \times 3 = 7,50 \text{ m}^2 ;$$

$$S_4 = (934,50 - 933,5) \times ((950,00 - 934,5) \times 0,75 - 1 + 1) = 11,63 \text{ m}^2 ;$$

$$S_5 = (934,50 - 932,0) \times 1,0 = 2,50 \text{ m}^2 ;$$

$$S_{\text{totale}} = 146,72 \text{ m}^2.$$

$$\text{Le poids du barrage (section unitaire)} = 146,72 \times 2,4 = 352,13 \text{ tonnes ;}$$

$$PHE = NNR + h_{\text{deversée}} = 950,00 + 0,80 = 950,80 \text{ m ;}$$

$$\text{Poids d'eau } P_{\text{eau}} = (950,80 - 934,5) \times 2 \times 1,2 = 39,12 \text{ Tonnes ;}$$

Poussée hydraulique :

$$P_{H_1} = (950,00 - 934,5) \times (950,00 - 934,5) / 2 \times 1,2 = 144,15 \text{ Tonnes ;}$$

$$P_{H_2} = (950,00 - 934,5) \times 0,80 \times 1,2 = 14,88 \text{ Tonnes ;}$$

$$P_H = P_{H_1} + P_{H_2} = 159,03 \text{ Tonnes ;}$$

Poussée des sédiments :

$$P_T = \frac{1}{2} \gamma_s h^2 \text{tg}^2 \left( \frac{\pi}{4} - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$P_T = 1/2 \times 1,6 \times (940,00 - 934,5) \times (940,00 - 934,5) \times \text{tg}(\pi/4 - 22/2) \times \text{tg}(\pi/4 - 22/2) = 11,00 \text{ Tonnes ;}$$

Les sous pressions :

a/ Sans traitement des fondations :

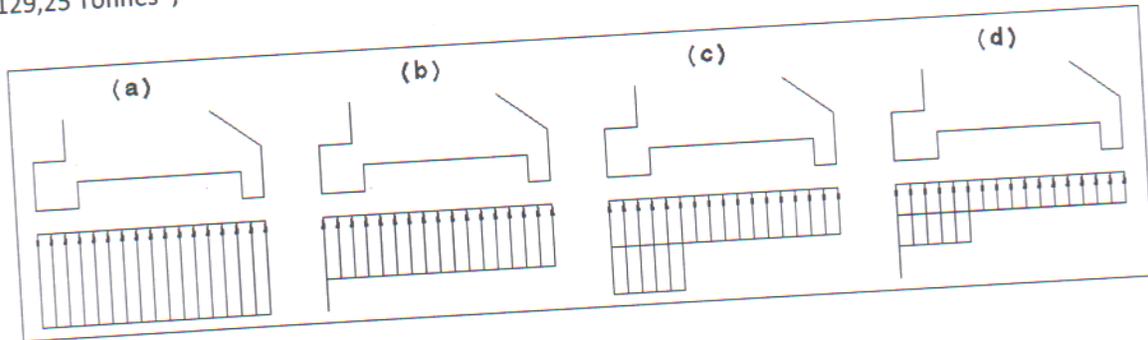
$$S_{p_1} = (950,80 - 932,0) \times ((950,00 - 934,5) \times 0,75 + 2 + 2) \times 1 = 293,75 \text{ Tons ;}$$

b/ Avec écran d'étanchéité en amont des fondations ;

$$S_{p_2} = 2/3 \times (950,80 - 932,0) \times ((950,00 - 934,5) \times 0,75 + 2 + 2) \times 1 = 195,83 \text{ Tons ;}$$

c/ Avec drainage des fondations ;  
 $S_{p,3} = (((950,80 - 932,0) \times 5) + ((950,80 - 932,0) \times ((950,00 - 934,5) \times 0,75 + 2 + 2 - 5))) \times 1 = 193,88$   
 Tonnes ;

d/ Avec écran d'étanchéité et drainage des fondations ;  
 $S_{p,4} = 2/3 (((950,80 - 932,0) \times 5) + ((950,80 - 932,0) \times ((950,00 - 934,5) \times 0,75 + 2 + 2 - 5))) \times 1 = 129,25$   
 Tonnes ;



**Stabilité au glissement :**

a/ cas 1 :

$$F_h / F_v = (159,03 + 11,03) / (352,13 + 39,12 - 293,75) = 1,74 \text{ supérieure à } \text{tg}(35^\circ) = 0,70$$

Le barrage est instable au glissement ;

b/ cas 2 :

$$F_h / F_v = (159,03 + 11,03) / (352,13 + 39,12 - 195,83) = 0,87 \text{ supérieure à } \text{tg}(35^\circ) = 0,70$$

Le barrage est instable au glissement ;

c/ cas 3 :

$$F_h / F_v = (159,03 + 11,03) / (352,13 + 39,12 - 193,88) = 0,86 \text{ supérieure à } \text{tg}(35^\circ) = 0,70$$

Le barrage est instable au glissement ;

d/ cas 4 :

$$F_h / F_v = (159,03 + 11,03) / (352,13 + 39,12 - 129,25) = 0,65 \text{ inférieure à } \text{tg}(35^\circ) = 0,70$$

Le barrage dans les limites de stabilité au glissement ;

## Corrigé type

### **2Pts-Q1) quelle sont les différentes méthodes de recherche, d'exploration et de reconnaissance des réserves?**

**R 1 )** les méthodes de cartographie <sup>1pt</sup> et de télédétection <sup>1pt</sup>

### **Q2) C'est quoi la diagraphie ?**

**2Pts-R 2 )** La diagraphie est un enregistrement continu des variations d'un paramètre donné <sup>1pt</sup> en fonction de la profondeur <sup>1pt</sup> (Chapellier, 1987).

### **Q3) Quelle est l'utilité de la diagraphie différées ?**

**2Pts-R 3 )** Les diagraphies électriques (qui sont des diagraphies différées) permettent de mesurer le paramètre physique <sup>1pt</sup> qu'est la résistivité <sup>1pt</sup> qui peut varier entre 0.2 et 5000  $\Omega$ .

### **Q4) Quelle est l'utilité de la méthode géophysique ? Et quelles sont les informations recherchées par ces méthodes ?**

**2Pts-R 4 )** Les méthodes géophysiques consistent à effectuer depuis la surface du sol, des mesures de paramètres physiques dont l'interprétation permet d'imaginer la nature, la structure et les caractéristiques du sous sol <sup>1pt</sup>

Les informations recherchées par ces méthodes sont :

- l'épaisseur et la nature du recouvrement <sup>0.2pt</sup>
- la présence et la nature des zones fissurées <sup>0.2pt</sup>
- l'existence des fractures <sup>0.2pt</sup>
- la profondeur du substratum <sup>0.2pt</sup>
- la localisation et les caractéristiques de l'aquifère <sup>0.2pt</sup>

}  
1 pt

### **Q5) C'est quoi le principe de prospection par sismique de réfraction?**

**2Pts-R 5 )** Le principe de la sismique de réfraction est qu'un ébranlement à la surface de sol, se propage dans le sol en s'amortissant à la façon d'une onde sonore <sup>0.5pt</sup>.

La sismique de réfraction consiste à étudier la propagation des ondes élastiques <sup>0.5pt</sup> (ondes longitudinales). Leurs temps d'arrivée <sup>0.5pt</sup>, mesurés en différents sismographes ou géophones <sup>0.5pt</sup> (récepteurs des ondes sonores).

### **Q6) c'est quoi le rôle sondage de reconnaissance ?**

**2Pts- R 6 )** le rôle de sondage de reconnaissance afin de connaître la nature <sup>0.5pt</sup>, la position <sup>0.5pt</sup> et l'épaisseur <sup>0.5pt</sup> de couches aquifères <sup>0.5pt</sup>.

### **Q7) Quelles sont les méthodes de forage ?**

**R 7)** Les méthodes de forage sont :

- Rotary <sup>1pt</sup>
  - Forage en circulation directe
  - Forage en circulation inverse
- Percussion (Battage) <sup>1pt</sup>
- Havage <sup>1pt</sup>
- Méthodes mixtes <sup>1pt</sup>
  - Forage au (MFT) avec tubage à l'avancement

4 points

- Forage au marteau fond de trou

**Q8) Enumérer les avantages et les inconvénients de deux méthodes de forage ?**

**4 points**

Percussion (Battage) <sup>2 pt</sup>

**Avantage**<sup>1 pt</sup> :

- procédé simple et peu coûteux ;
- méthode bien adaptée pour les forages de moyennes profondeurs : les résultats sont très bons dans les terrains fissurés ;
- il n'y a pas de fluide de forage (boue) et pas de risque de pollution de la nappe.

**Inconvénients**<sup>1pt</sup> :

- vitesse d'avancement assez faible (dans les terrains plastique) ;
- difficultés pour équilibrer les venues d'eau artésiennes jaillissantes ;
- méthode peu adaptée dans les terrains plastiques

**FORAGE ROTARY EN CIRCULATION DIRECTE** <sup>2 pt</sup>

**Avantages** <sup>1pt</sup>

- ce système permet un bon contrôle des paramètres de forage (poids de l'outil, vitesse de rotation, qualité de la boue, ...) et entraîne une bonne consolidation des parois en terrains meubles par dépôt d'un cake ;
- la profondeur du forage peu être très importante et la foration n'est pas perturbée par les terrains peu stables ou plastiques

**Inconvénients**<sup>1pt</sup>

- colmatage possible des formations aquifère par l'utilisation de certaines boues ;
  - difficultés d'observations des cuttings ;
- nécessité d'utilisation d'un fluide de forage qui ne permet pas l'observation directe de la qualité des eaux des formations traversées

# **CORRIGE TYPE : MATIERE GENIE RURALE**

## **REPONSES**

### **Questions de cours (6pts)**

#### **Question 01 : les différents types des bassins versants (1.5pts)**

**Réponse 01** : bassin versant endoréique (0.5 pts), bassin versant aérique (0.5 pts),  
bassin versant exoréique (0.5 pts).

#### **Question 02 : Schéma des différentes étapes du système d'AEP (1pts)**

**Réponse 02** : Captage (0.25 pts) —————> Adduction (0.25 pts) —————> Stockage  
(Réservoir) 0.25 pts —————> Distribution (0.25 pts).

#### **Question 03 : différents types (usages) de demande en eau (1pts)**

##### **Réponse 03** :

Consommation domestique (0.25 pts), Consommation collective (0.25 pts), Consommation industrielle (0.25 pts), et Consommation touristique (0.25 pts).

#### **Question 04 : Expliquer brièvement le phénomène d'autocurage (1pts)**

##### **Réponse 04** :

C'est un phénomène de nettoyage du réseau d'assainissement en assurant une vitesse suffisante de l'écoulement  $> 0,5$  à  $0,6$  m/s.

#### **Question 05 : les pertes, les pertes non estimées, et les eaux parasites (1.5pts)**

##### **Réponse 05** :

**Les pertes** : c'est la quantité d'eau perdue entre la phase de consommation et la phase de rejet.

**Les pertes non estimées** : ce sont des pertes d'eau des industries non déclarées et non raccordées au réseau.

**Les eaux parasites** : ce sont des eaux qui arrivent au réseau sans être prises en considération.



**Question 05 : Calculer la densité hydrographique si le nombre total des cours d'eau égal à  $N_C = 2058$**

**Réponse 05 :**

$$F = \frac{\sum NI}{A} = \frac{2058}{1059} = 1.94$$

0.5 Pts

0.5 Pts

**Exercice 02 : Partie 01(4pts)**

**Question 01 : Quel sera le nombre des habitants en 2030 ? (1 pts)**

**Réponse 01 :**

$$P_F = P_A (1+T)^n = 7334 (1 + (2,5/100))^{2030-2006} = \mathbf{13265 \text{ habitants}}$$

0.5 pts

0.5 pts

**Question 02 : Estimer  $Q_{moy,j}$  en 2030 (0,75pts)**

**Réponse 02 :**

$$Q_{moy,j} = \text{Dotation (D)} \times P_F = 90 \cdot 10^{-3} \times 13265 = \mathbf{1193.85 \text{ m}^3/\text{j}}$$

0.25 Pts

0.5 Pts

**Question 03 : Calcul des différents débits de dimensionnement des ouvrages du système d'AEP le rôle de chaque débit (2,25)**

**Réponse 03 :**

-  $Q_a.\max = C_p \times 365 \times Q_{moy,j} = 1,25 \times 365 \times 1193.85 = \mathbf{544694,06 \text{ m}^3/\text{an}}$   $\longrightarrow$  **Captage**  
 0.25 Pts 0.25 Pts 0.25 Pts

-  $Q_j.\max = K_j \times Q_{moy,j} = 1.45 \times 1193.85 = \mathbf{1731.08 \text{ m}^3/\text{j}}$   $\longrightarrow$  **Adduction**  
 0.25 Pts 0.25 Pts 0.25 Pts

-  $Q_h.\max = K_p (K_h \times K_j) \times Q_{moy,j} = 1.45 \times 1,15 \times 1193.85 = \mathbf{1990,74 \text{ m}^3/\text{j}}$   $\longrightarrow$  **Distribution**  
 0,25 Pts 0.25 Pts 0.25 Pts



### Corrigé de l'examen

#### Exercice 1 (5pt)

WX \ YZ	00	01	11	10
00	0	1	0	0
01	0	1	1	0
11	0	1	1	1
10	1	1	0	1

$\bar{w}x$  (1)  
 $xz$  (1)  
 $\bar{w}y\bar{z}$  (1)  
 $w\bar{x}y$  (1)

L'équation logique simplifiée est :

$$F(w,x,y,z) = xz + \bar{w}y\bar{z} + w\bar{x}y + \bar{w}x$$

#### Exercice 2 (8pt)

1) La table de vérité de ce circuit est :

Entrée D1	Entrée D2	Entrée D3	Sortie L <sub>OR</sub>	Sortie L <sub>R</sub>
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	0	1

2) Les expressions minimales des fonctions alarmes L<sub>OR</sub> et L<sub>R</sub>

Simplification de la fonction logique L<sub>OR</sub> par le tableau de Karnaugh

D1D2 \ D3	00	01	11	10
0	0	1	0	1
1	1	0	0	0

$$L_{OR} = \bar{D}1\bar{D}2\bar{D}3 + D1\bar{D}2\bar{D}3 + \bar{D}1\bar{D}2D3$$

Simplification de la fonction logique L<sub>R</sub> par le tableau de Karnaugh

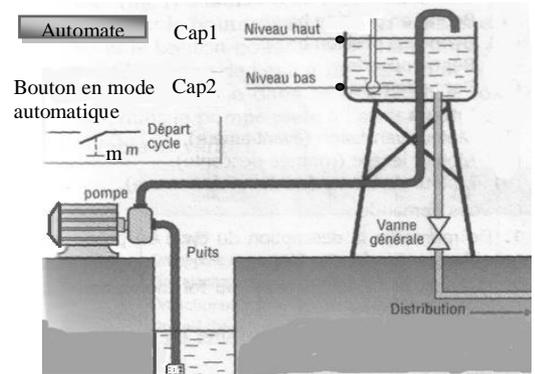
D1D2 \ D3	00	01	11	10
0	0	0	1	0
1	0	1	1	1

$$L_R = D1D2 + D2D3 + D1D3$$

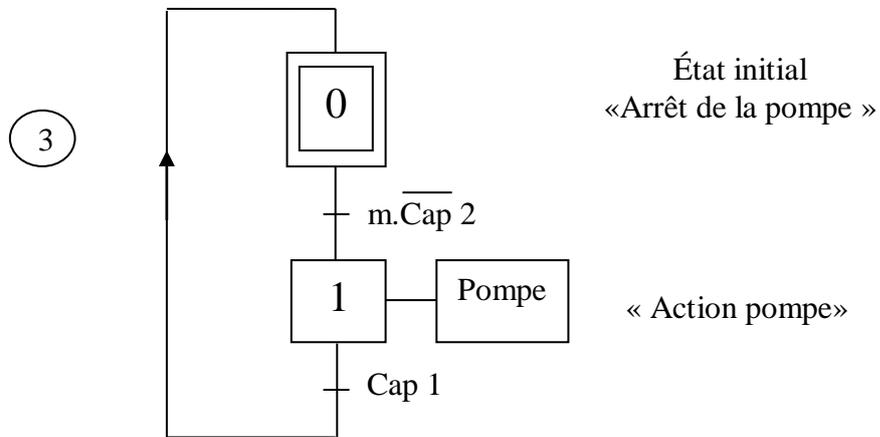
**Exercice 3** (7pt)

1) Le tableau d'affectation des entrées/sorties de l'automate :

Nom	Entrée/Sortie (E/S)
Bouton poussoir m	E (0,5)
Capteur de niveau 1 (Cap1)	E (0,5)
Capteur de niveau 2 (Cap2)	E (0,5)
Pompe	S (0,5)



2) Le programme d'automatisation en langage GRAFCET :



## Corrigé de l'examen

### Exercice 1

1. Couplage du moteur en montage triangle (figure 1) :

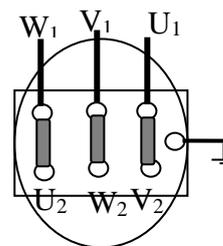


Figure 1

2. La vitesse d'un moteur synchrone alimenté en 50 Hz, équipé de 4 pôles est :

$$V_s = F / \text{Nb}(\text{pairs de pôles})$$

$$V_s = 1500 \text{ tr/min}$$

### Exercice 2

L'installation convenable pour ces éléments (figure 2) :

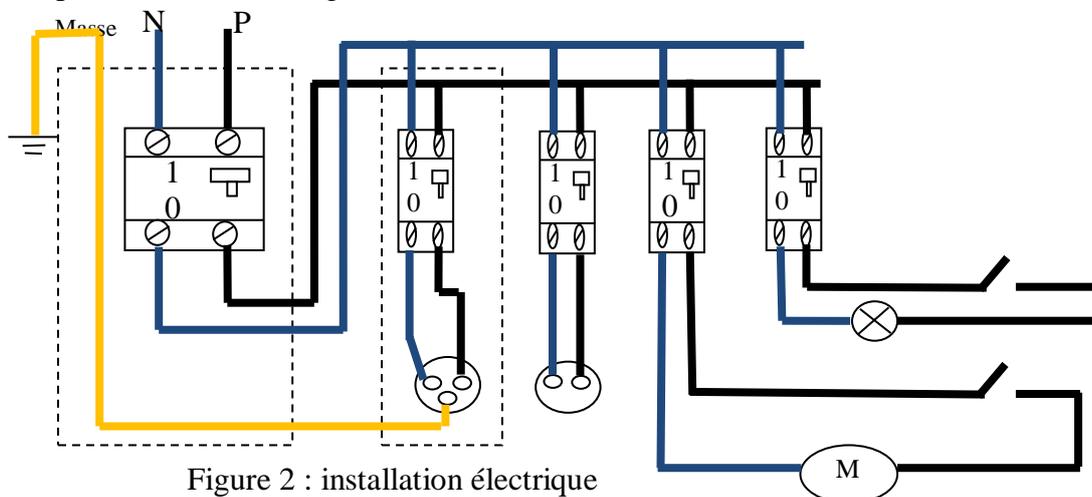


Figure 2 : installation électrique

### Exercice 3

Signification des indications dans la plaque signalétique :

LS90/Z : type du moteur référence propre du constructeur

MOT 3~ : moteur triphasé alternatif

40 °C : Température d'ambiance maxi de fonctionnement

50Hz : fréquence d'alimentation

1450 : vitesse nominale du rotor

1,5KW : puissance nominal

Cosφ : facteur de puissance

7,2 A: intensité du courant nominal

230/400 V: la 1<sup>ère</sup> indique la valeur nominale de la tension aux bobines (ce type de moteur accepte le montage étoile seulement pour le réseau d'alimentation triphasé 220/380V)

### Exercice 4:

Dans un système triphasé :

la tension  $V_{RN}$  entre R et N est une tension simple.

la tension  $U_{RS}$  entre R et S est une tension composée.

Donc :  $V_{RN} = U_{RS} / \sqrt{3}$  soit  $V_{RN} = (400 / \sqrt{3}) = 230,9 \text{ V}$

**Correction de l'examen S03**  
**Distribution et collecte des eaux urbaines**

**Master II Hydraulique urbaine**

**Questions (04 Pts)**

- Les moyens utilisés pour la protection contre le coup de bélier. **2 Pts**
  - Les réservoirs d'air.
  - Les cheminés d'équilibre
  - Les soupapes de décharge
  - Les volants d'inertie
- Les conditions d'application de la méthode superficielle de Caquot : **2 Pts**
  - Applicable sur des BV, homogènes.
  - Le bassin doit avoir une surface  $\leq 200$  ha.
  - Le coefficient de ruissellement doit vérifier :  $0.2 \leq c \leq 1$
  - L'allongement doit vérifier :  $M \geq 0.8$
  - La pente du BV doit vérifier  $0.2 \leq I \leq 5\%$

**Exercice N°01 (08 Pts)**

Détermination le point le plus défavorable entre les 4 quatre points: 1, 2, 3 et 4 ?

$\Delta H_{1-2} = (8.f.(Q_{1-2})^2 \cdot L_{1-2}) / (\pi^2 \cdot g \cdot (D_{1-2})^5$	$\Delta H_{1-2} = 0.075$ m	<b>(0.75 pt)</b>
$\Delta H_{1-3} = (8.f.(Q_{1-3})^2 \cdot L_{1-3}) / (\pi^2 \cdot g \cdot (D_{1-3})^5$	$\Delta H_{1-3} = 1.86$ m	<b>(0.75 pt)</b>
$\Delta H_{1-4} = (8.f.(Q_{1-4})^2 \cdot L_{1-4}) / (\pi^2 \cdot g \cdot (D_{1-4})^5$	$\Delta H_{1-4} = 2.02$ m	<b>(0.75 pt)</b>
$\Delta H_{R-1} = (8.f.(Q_{R-1})^2 \cdot L_{R-1}) / (\pi^2 \cdot g \cdot (D_{R-1})^5$	$\Delta H_{R-1} = 1.85$ m	<b>(0.75 pt)</b>

Calcul des pressions de service :

Pression au point 1 :

$$P_1 = P_R + (CT_R - CT_1) - \Delta H_{R-1}$$

$$P_1 = 0 + (682 - 670) - 1.85 = 10.15 \text{ m} \quad \text{(1 pt)}$$

$$P_2 = P_1 + (CT_1 - CT_2) - \Delta H_{1-2} = 10.15 + (670 - 667) - 0.075 = 13.075 \text{ m} \quad \text{(1 pt)}$$

$$P_3 = P_1 + (CT_1 - CT_3) - \Delta H_{1-3} = 10.15 - (670 - 665) - 1.86 = 13.29 \text{ m} \quad \text{(1 pt)}$$

$$P_4 = P_1 + (CT_1 - CT_4) - \Delta H_{1-4} = 10.15 - (670 - 662) - 2.02 = 16.13 \text{ m} \quad \text{(1 pt)}$$

Le point défavorable : est celui qui dispose de la pression la plus faible parmi l'ensemble des points ; dans notre cas c'est le point 1. **(01 pt)**

Exercice N°02 (08Pts)

1. Le diamètre de cette conduite.

$$V = C\sqrt{Rh.I} \quad Rh = D/4$$

$$Q = V * S = C \cdot \sqrt{Rh.I} * \frac{\pi D^2}{4} = C \cdot \sqrt{\frac{D}{4}} * \sqrt{I} * \frac{\pi D^2}{4} = C * \pi * \frac{1}{8} * D^{5/2} * \sqrt{I}$$
$$= 0.3927 * C * D^{5/2} * \sqrt{I}$$

$$Q = 0.3927 * C * D^{5/2} * \sqrt{I}$$

$$D = \left( \frac{Q}{0.3927 * C * \sqrt{I}} \right)^{2/5}$$

$$D = \left( \frac{1}{0.3927 * 75 * \sqrt{0.005}} \right)^{2/5} = 0.745 \text{ m on adopte } D = 800 \text{ mm } \mathbf{2 \text{ pts}}$$

2. La hauteur de remplissage h.

$$Q_{ps} = 0.3927 * C * D^{5/2} * \sqrt{I} = 0.3927 * 75 * (0.8)^{5/2} * (0.005)^{1/2} = 1.19 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Rq = \frac{Q}{Q_{ps}} = \frac{1}{1.19} = 0.84$$

Abaque :  $rh = 0.69$   $rv = 1.12$

Donc  $rh = H/D$  donc  $H = rh * D = 0.69 * 0.8 = 0.552 \text{ m } \mathbf{2 \text{ pts}}$

3. La vitesse à plein section  $V_{ps}$  de l'écoulement.

$$Q_{ps} = V_{ps} * S \quad \text{donc } V_{ps} = 4 Q_{ps} / \pi D^2 = 4 * 1.19 / 3.14 * 0.8^2 = 2.37 \text{ m/s } \mathbf{2 \text{ pts}}$$

4. La vitesse réelle de l'écoulement  $V_r$  et la vitesse d'autocourage  $V_{aut}$ .

$$Rv = V/V_{ps} \text{ donc } V = Rv * V_{ps} = 1.12 * 2.37 = 2.65 \text{ m/s}$$

$V$  réelle = 2.65 m/s  $\mathbf{1 \text{ pt}}$

$$V_{aut} = 0.6 * V_{ps} > 0.6$$

$$V_{aut} = 0.6 * 2.65 = 1.59 \text{ m/s} > 0.6 \text{ m/s } \mathbf{1 \text{ pt}}$$

2/2

**Corrigé Type de l'Examen**  
**Epuration et réutilisation des eaux résiduaires (21/22)**  
**(Master 2\_HU et RH)**

**Exercice 01 (6.5 pts)**

a) La fraction de surface occupée par les barreaux

$$\beta = d/(d + e) = 0.285 \approx 0.29 \quad (0.5)$$

b) La surface de passage de l'effluent (S)

$$S = Q_{pts}/v = 0.157 \text{ m}^2 \quad (1.0)$$

$$Q_{pts} = C_p \cdot Q_{moy,h} \quad \dots \dots \dots \text{ (m}^3/\text{h)}$$

$$Q_{moy,h} = Q_j/24 \dots \dots \dots \text{ (m}^3/\text{h)}$$

Avec: 
$$\begin{cases} C_p = 1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{Q_{moy,h}}} & \text{si } Q_{moy,h} \geq 2.8 \text{ L/s} \\ C_p = 3 & \text{si } Q_{moy,h} < 2.8 \text{ L/s} \end{cases}$$

Dans notre cas,  $Q_{moy,h} \geq 2.8 \text{ L/s} \quad (1.0)$

$$\Rightarrow C_p = 1.798$$

$$\Rightarrow Q_{pts} = 453.94 \text{ m}^3/\text{h} \approx 0.126 \text{ m}^3/\text{s}$$

c) La hauteur de la grille (H)

$$S = H.L \Rightarrow H = S/L = 0.15 \text{ m} = 15 \text{ cm} \quad (0.5)$$

d) Les pertes de charge ( $\Delta h$ ) (1.0)

$$\Delta h = F \cdot \left(\frac{d}{e}\right)^{4/3} * \frac{v^2}{2g} \sin \alpha = 0.0161 \text{ m} = 16.1 \text{ mm}$$

e) Les charges polluantes

$$\text{- MES (kg/j)} = Q * [\text{MES}] = 2981.76 \text{ (kg/j)} \quad (0.5)$$

$$\text{- DBO}_5 \text{ (kg/j)} = Q * [\text{DBO}_5] = 2129.83 \text{ (kg/j)} \quad (1.0)$$

f) Le coefficient de biodégradabilité (K) (1.0)

$$K = \text{DCO}/\text{DBO}_5 = 1.5 \Rightarrow \text{Traitement biologique}$$

**Exercice 02 (7.0 pts)**

a) Le débit journalier  $Q_j = D \cdot N_{hab} = 450 \text{ m}^3/\text{j} \quad (0.5)$

b) La concentration de l'affluent ( $L_0$ )

$$L_0 = \text{Charge}/Q_j = 0.4 \text{ kg}/\text{m}^3 = 0,4 \text{ g/L} \quad (1.0)$$

c) Le temps de séjour ( $L_S = 40 \text{ mg/L}$ )

$$\Rightarrow t = \frac{L_0 - L_S}{K' \cdot [Xa] \cdot L_S} = 8.33 \text{ h} = 8 \text{ h } 20 \text{ min} \quad (1.0)$$

d) Volume du bassin en heure de pointe (14 h)

$$V_b = Q_p \cdot t = 267.73 \text{ m}^3 \approx 270 \text{ m}^3 \quad (1.5)$$

e) La charge massique ( $C_m$ ) (1.5)

$$C_m = \frac{L_0}{V_b \cdot [Xa]} = 0.25 \text{ kg DBO}_5/\text{kg MVS}/\text{j}$$

f) La charge volumique ( $C_v$ ) (1.5)

$$C_v = L_0/V_b = 0.66 \text{ kg DBO}_5/\text{m}^3/\text{j}$$

**Questions de cours (6.5 pts)**

a) MES et MVS (1.0)

b) Indice de Mohlman (0.5)

c) Mauvaise recirculation des boues (1.0)

d) Processus d'épuration boues activées

- Eaux : (1.0)

- Boues : (0.5)

e) Techniques de traitement des boues (1.5)

f)  $\text{SAR} = [\text{Na}^+] / ([\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}])^{1/2}$  (1.0)

*NB : Voir le détail des réponses dans les cours.*

**Corrigé de l'examen de l'exploitation et techniques de recharge des nappes**  
**(2<sup>ème</sup> Année Master RH)**

**Q1: Nappe artésienne : (1.5 pts)**

On appelle artésienne une nappe captive dont la surface piézométrique passe au-dessus du niveau du sol en certains endroits.

**Q2: La différence entre la réserve d'eau et la source d'eau : (2 pts)**

*La réserve* : c'est la quantité d'eau contenue, à une date donnée, ou stockée au cours d'une période dans un système hydrologique.

*La ressource* : c'est la quantité d'eau qui peut être extraite d'un volume circonscrit au cours d'une période donnée.

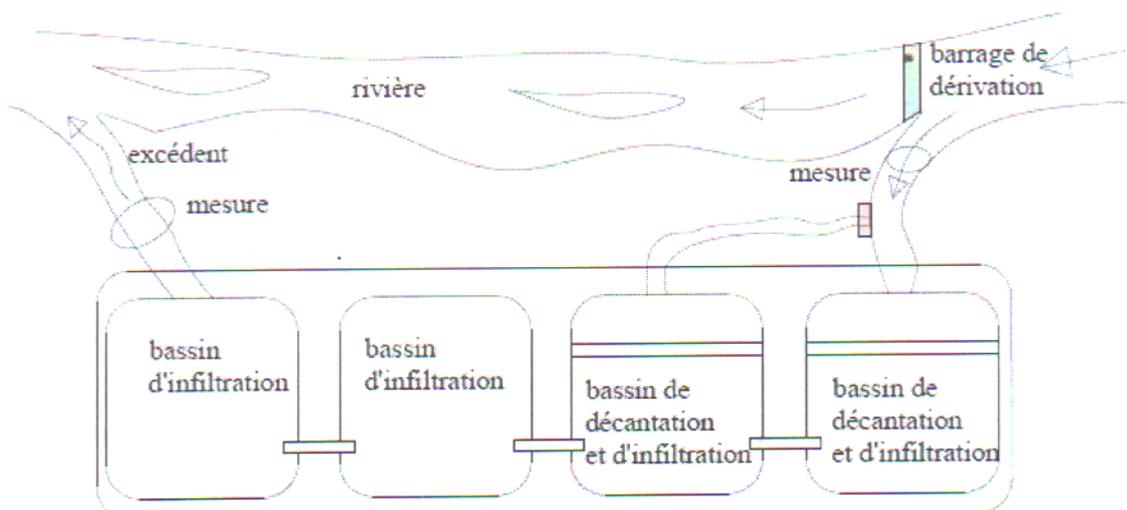
**Q3: Les objectifs de la recharge artificielle des nappes: (3pts)**

- la satisfaction des besoins en eau croissants.
- la lutte contre l'intrusion d'eau salée.
- l'utilisation, la conservation et la distribution des ressources en eau.
- le stockage souterrain de résidus liquides.
- la restauration d'une nappe surexploitée
- Epuration naturelle des eaux usées par le sol (propriétés biologiques et physico-chimique du sol).
- Amélioration de la qualité de la nappe avec une baisse significative des concentrations en certains éléments chimiques par dilution (ex: nitrate, pesticide).

**Q4: Les techniques de recharge directe depuis la surface: (3 pts)**

- dérivation de rivières;
- fossés et sillons;
- irrigation intensive;
- recharge par aspersion;
- aménagement de cours d'eau ;
- bassins d'infiltration.

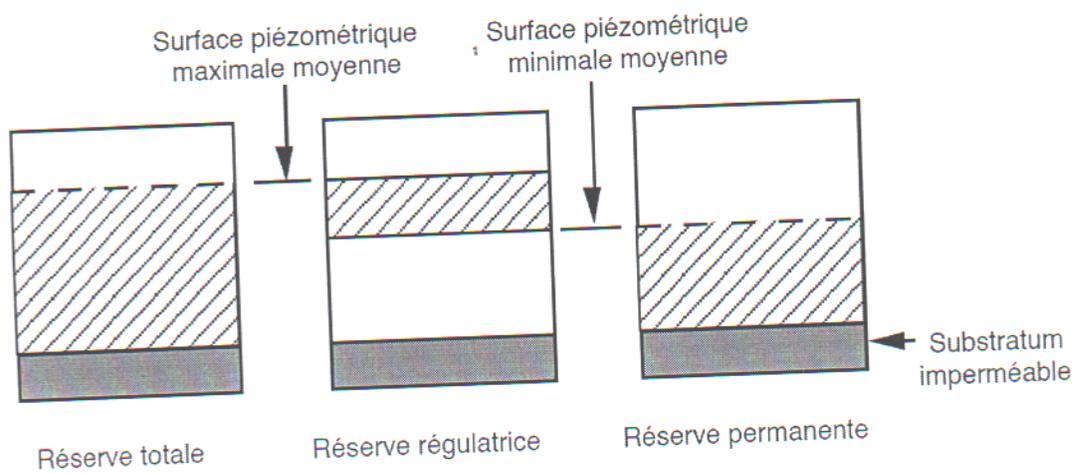
**Q5: Schéma de la méthode de recharge par les bassins d'infiltration (2.5 pts)**



**Q6:** Les méthodes d'investigation des paramètres d'une opération de recharge artificielle: (3pts)

- Mesure de la conductivité hydraulique. ou perméabilité au sens de Darcy (écoulement saturé)
- Mesure de la conductivité hydraulique verticale (écoulement non saturé)
- Mesure de la transmissivité et coefficient d'emménagement
- Calcul des dimensions et de la structure de l'aquifère.

**Q7 :** les différentes catégories de réserves de l'aquifère à nappe libre (2.5pts)



**Q8:** Classification des forages selon leurs productivités : (2.5pts)

- b) En domaine de socle,
- d) Dans le milieu fissuré profond du socle (50 à 150 mètres de profondeur),
- a) Dans les aquifères calcaires,
- c) Dans les karsts,

Le corrigé de l'examen 03 2011/2012  
Matière: Management des projets  
Master 2: 0H + 12H + 12H (S. Normale)

Réponse 1: La gestion efficace de la ressource humaine d'un projet se fait par:

03 pts

- Le choix du personnel adéquat et spécialisé
- L'optimisation de l'effectif nécessaire au projet
- Motivation par moyen matériel et moral du personnel
- Créer un environnement favorable de travail

Réponse 2: Les étapes de qualification d'une société chargée des études à la norme (ISO) sont:

04 pts

- Vérification de la méthode de Travail par un Audit interne.
- Vérification des étapes d'élaboration d'un dossier d'étude par le même groupe d'Audit interne.
- Vérifier les non conformités signalées par les clients
- passer le test de l'Audit externe par une équipe spécialisée désignée par l'instance internationale de management de qualité, elle sera chargée de vérifier les types de non conformité et la méthode de traitement de ces non conformités
- Une note sera attribuer à la société au titre déterminante pour l'attribution de la qualification ou non de la société de la norme "ISO".

Réponse 3: Les trois éléments (paramètres) à prendre en compte en management sont:

03 pts

- Résultat du projet (Qualité + Coût)
- Ressource humaine du projet
- Délais d'exécution du projet

Voir (Cours) pour la définition du management des projets.

Réponse 4 : L'explication de l'Audit Interne et l'Audit Externe dans le cadre du Management de Qualité d'une entreprise ou d'une société.

1,5 pts \* L'Audit Interne : C'est l'instrument privilégié de contrôle de la gestion au niveau de l'entreprise. (Voir cours pour plus de détails sur sa définition).

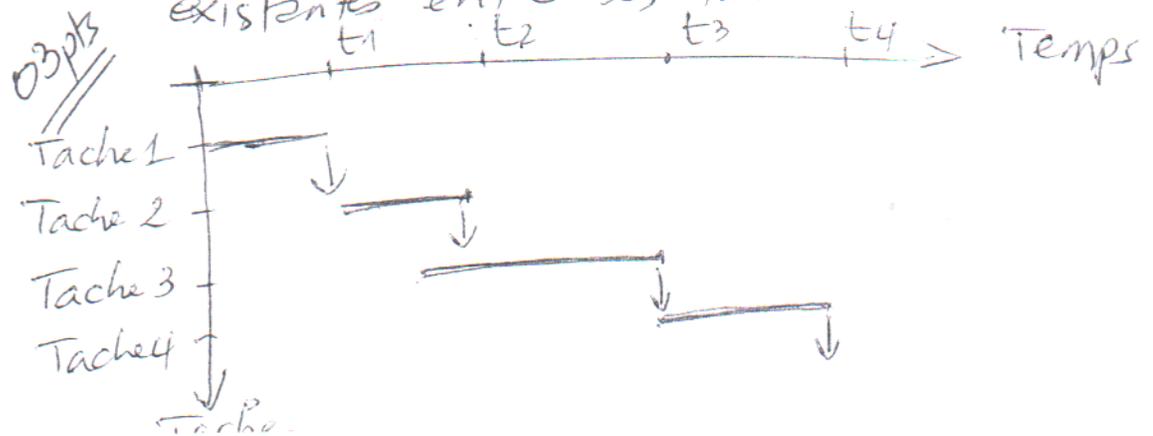
1,5 pts \* L'Audit Externe consiste à répondre aux besoins de management de Qualité. Il consiste à vérifier si l'entreprise possède un mode de fonctionnement et de gestion répondant aux normes internationales (Voir cours pour plus d'explication).

0,1 pts Il est à signaler que l'Audit interne vient avant l'Audit externe dans une société ou entreprise.

Réponse 5 : Les étapes de planification d'un projet et l'explication du Diagramme de Gantt.

3 pts Les étapes de planification d'un projet sont :  
06 (six) points sont à citer.

Le Diagramme de Gantt est une représentation de la répartition des tâches sur un temps avec interférences existantes entre les tâches.



- La transition énergétique, qui vise à transformer la manière dont nous produisons de l'énergie pour rendre plus durable, notamment en utilisant les énergies renouvelables comme un exemple : l'utilisation de les énergies renouvelables hydrauliques pour la création de l'électricité

- La politique de protection de la biodiversité, qui vise à protéger certaines espèces et certains espaces afin d'éviter la disparition d'espèces menacées par exemple protection des ressources en eaux. L'épuration des eaux usées.

- La politique d'économie circulaire, qui vise à maximiser le recyclage des matériaux et à optimiser l'utilisation des ressources, tout en limitant les déchets. par exemple la réutilisation des eaux usées

5) La relation entre les objectifs du millénaire pour le développement (OMD) et Les objectifs du développement durable ODD c'est une relation de continuité.

6) Les principes fondamentaux du développement durable sont multiples regroupé en quatre principes fondamentaux :

1. **Solidarité** entre les pays, entre les peuples, entre les générations, et entre les membres d'une société : partager les ressources de la Terre avec nos voisins en laissant à nos enfants. Par exemple : économiser les matières premières pour que le plus grand nombre en profite.

2. **Précaution** dans les décisions afin de ne pas causer de catastrophes quand on sait qu'il existe des risques pour la santé ou l'environnement. Par exemple : limiter les émissions de CO2 pour freiner le changement climatique.

3. **Participation** de chacun, quel que soit sa profession ou son statut social, afin d'assurer la réussite de projets durables. Par exemple : mettre en place des conseils d'enfants et de jeunes.

4. **Responsabilité** de chacun, citoyen, industriel ou agriculteur. Pour que celui qui abîme, dégrade et pollue, répare. Par exemple : faire payer une taxe aux industries qui polluent beaucoup.

7) **Une stratégie de développement durable** : est donc un processus de planification participatif et récurrent destiné à atteindre, de manière équilibrée et intégrée à tous les niveaux, du national au local, des objectifs économiques, sociaux et environnementaux, dans une perspective d'équité intra- et intergénérationnelle.

Corrigé de l'examen de protection et gestion des ressources en eau  
(2<sup>ème</sup> année Master RH)

**Questions : (6 pts)**

1) Type de captage :

- eau s'écoulant vers un exutoire naturel :  
    Captage de source
- eau incluse dans les éléments meubles, sables et gracier.
  - drains horizontaux
  - puits verticaux
  - puits à drains rayonnants
- eau circulant en terrain fissurés.  
    Puits
- eau en nappes profondes :  
    Forages

2) La différence principale entre un puits vertical et un puits à drains rayonnants

**Puits vertical** : s'alimente sur sa périphérie dans toute l'épaisseur de la nappe aquifère

**Puits à drains rayonnants** : le captage consiste essentiellement à capter l'eau au moyen de drain horizontaux foncés à partir d'un puits vertical qui, lui, n'est pas captant, mais joue le rôle de collecteur de l'eau des drains.

3) La zone d'influence : zone où le niveau de la nappe est rabattu par pompage

La zone d'appel : zone où l'ensemble des lignes de courant se dirigent vers le captage.

4) Les paramètres physiques et hydrogéologiques considérés dans le calcul des indices de vulnérabilité DRASTIC sont :

- D: profondeur de la nappe
- R: recharge
- A: lithologie de l'aquifère
- S: type du sol
- T: topographe
- I: zone non saturée
- C: perméabilité

5) Les origines de la pollution des eaux souterraines :

- domestique
- industrielle
- agricole
- urbaine et routière

**Exercice 1 : (10 pts)**

1- Aquifère captif

La transmissivité :  $h_1 - h_2 = \frac{Q}{2\pi T} \ln\left(\frac{r_1}{r_2}\right)$

$$s_2 - s_1 = \frac{Q}{2\pi T} \ln\left(\frac{r_1}{r_2}\right)$$

$$8 - 1.4 = \frac{2000}{2\pi T} \ln\left(\frac{100}{0.1}\right)$$

$$T = \frac{2000}{2\pi(8-1.4)} \ln\left(\frac{100}{0.1}\right); \quad T = 333 \text{ m}^2/\text{jours}$$

La conductivité hydraulique :

$$K=T/e; \quad k = \frac{333}{25} = 13.2 \text{ m/jours}$$

Le rayon d'influence correspond à  $S_2=0$

$$8 - 0 = \frac{2000}{2\pi \cdot 333} \ln\left(\frac{R}{0.1}\right)$$

$$R = 0.1 e^{\frac{2 \times \pi \times 333 \times 8}{2000}} = 433 \text{ m}$$

## 2- Aquifère libre

La conductivité hydraulique :  $h_1^2 - h_2^2 = \frac{Q}{\pi k} \ln\left(\frac{r_1}{r_2}\right)$

$$(25 - 1.4)^2 - (25 - 8)^2 = \frac{2000}{\pi k} \ln\left(\frac{100}{0.1}\right)$$

$$k = \frac{2000}{\pi[(25 - 1.4)^2 - (25 - 8)^2]} \ln\left(\frac{100}{0.1}\right) = 16.4 \text{ m/jours}$$

La transmissivité :

$$T = k h = 16.4 \times 25 = 410 \text{ m}^2/\text{jours}$$

Le rayon d'influence correspond à  $S_2=0$

$$(25 - 0)^2 - (25 - 8)^2 = \frac{2000}{\pi k} \ln\left(\frac{R}{0.1}\right)$$

$$R = 0.1 e^{\frac{16.4 \times \pi \times [(25)^2 - (25-8)^2]}{2000}} = 574 \text{ m}$$

## 3- Aquifère captif- puits est efficace à 80%?

Le rabattement dans le puits  $0.80.8 \times 8 = 6.4 \text{ m}$

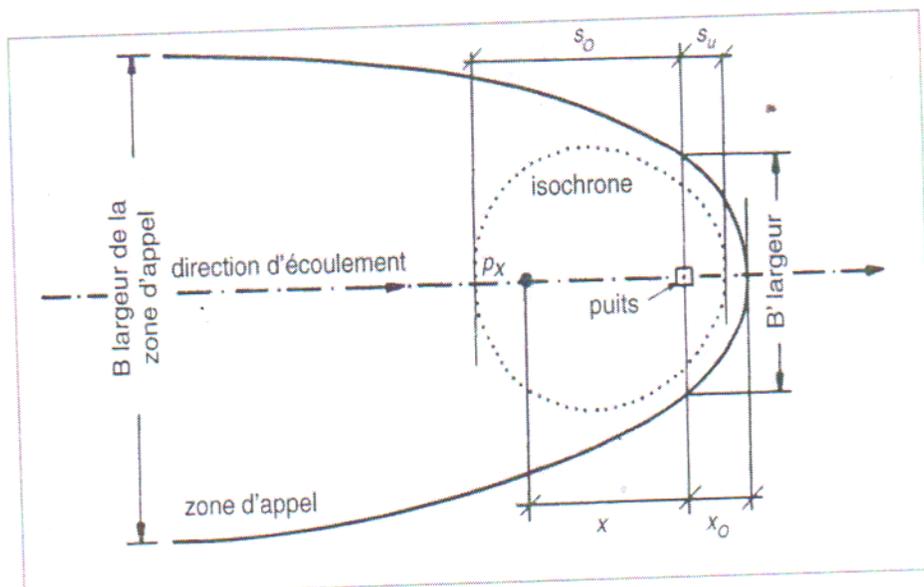
$$T = 440 \text{ m}^2/\text{jours}$$

$$k = 17.6 \text{ m/jours}$$

$$R = 692 \text{ m}$$

## Exercice 2 : (4 pts)

Schéma de délimitation des périmètres de protection rapprochée (PPR) et éloignée (PPE) d'un forage, par méthode de Wyssling.



Nom : .....  
Prénom : .....  
Spécialité : .....

Note :

## Corrigé de l'Examen

1) Cochez la (les) bonne(s) réponse(s) ?

1.a) La méthodologie c'est :

- la sélection des informations
- la marche à suivre pour atteindre des objectifs
- l'étude de la méthode
- un ensemble de méthodes régissant une recherche scientifique

1.b) Le sommaire mentionne :

- Les listes des figures
- Les listes des tableaux
- Les titres principaux de chaque section de travail
- Les titres et les sous titres de chaque section de travail

1.c) L'introduction présente :

- les questions restées en suspension et propose de nouvelles perspectives
- le sujet de votre travail
- des questions auxquelles il s'agira de répondre
- une élaboration des réponses aux questions en détails.

1.d) La rubrique :      dédicace contient de numéro :       Oui       Non  
   remerciement contient de numéro :       Oui       Non  
   liste des tableaux contient de numéro :       Oui       Non  
   conclusion générale contient de numéro :       Oui       Non

2) Classer par ordre les étapes suivantes qui aident à réaliser un travail de recherche scientifique :

- structurer vos idées
- critiquer les informations
- chercher des informations
- élaborer une argumentation et une opinion personnelle
- rédiger les résultats de vos recherches
- sélectionner les informations

3) Classer par ordre la structure globale du mémoire de fin d'étude :

- 4 Sommaire
- 10 Résumé
- 2 Page de garde
- 8 Bibliographie
- 7 Conclusion générale
- 1 Première page de couverture
- 5 Introduction générale
- 6 Développement (divisé en chapitres)
- 9 Annexe
- 3 Remerciement

Le rôle de l'humidité dans  
 l'évaluation des ressources en eau et les changements  
 climatiques  
 Session : Normale

1. Les ressources en eau utilisées sont:

- (03 pts) - Eaux de surface
- Eaux souterraines
- Eaux non conventionnelles (Dessalement des eaux de mer)

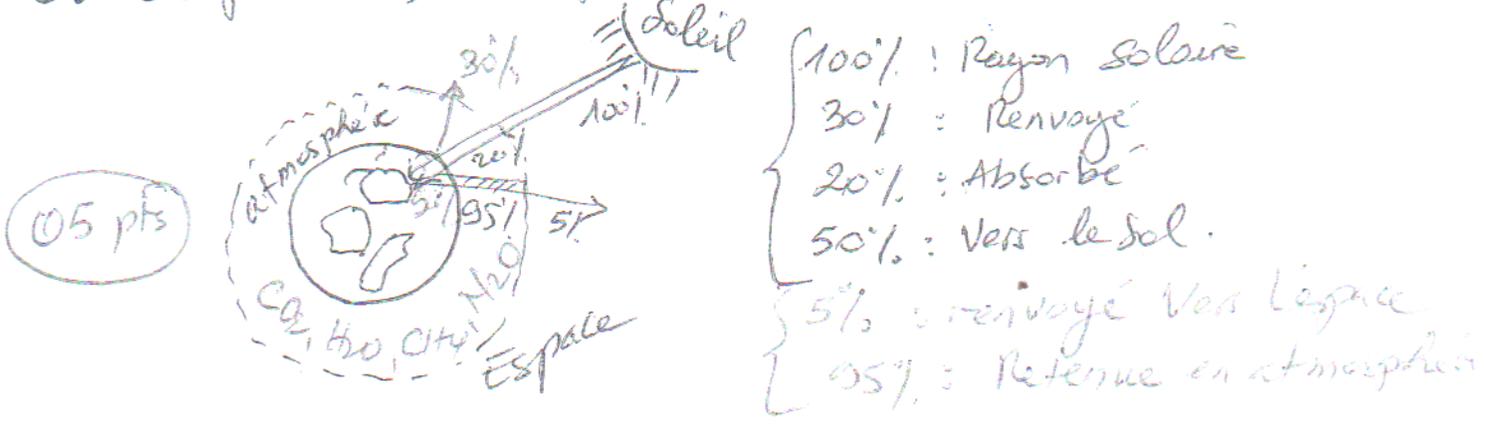
Les plus utilisées sont les eaux de surface après traitement.

2. Les causes principales du changement climatique sont

(2.5 pts) - Activités naturelles: (03 points importants à citer / Voir cours).

(2.5 pts) - Activités humaines: (03 points importants à citer aussi / Voir cours).

3. L'explication du phénomène de « l'effet de serre »



- 100% : Rayon solaire
- 30% : Renvoyé
- 20% : Absorbé
- 50% : Vers le sol.
- 5% : renvoyé vers l'espace
- 95% : Retenue en atmosphère

\* pour l'explication descriptive, Voir cours.

4. Les conséquences du changement climatique sont:

(04 pts) - 07 points importants à citer (Voir cours)

(1)

Les points à citer pour cette question sont :

- Incompétence en phase d'étude des projets
- Inconscience en phase de réalisation des projets
- Négligence en phase de gestion et d'exploitation des ouvrages d'hydraulique.

①

**Corrigé de l'examen de similitude et modèles physiques en hydraulique**  
(2<sup>ème</sup> année Master (OH))

**Exercice 1 (4pts) :**

Inventaire des variables et de leurs dimensions

Paramètre	Symbole	Dimensions(MLt)
Accélération pesanteur	$g(m/s^2)$	$L t^{-2}$
Langueur	$L(m)$	$L$
Période	$T(s)$	$t$
Masse volumique	$\rho (kg/m^3)$	$ML^{-3}$

On suppose que :  $T = k.L^x.\rho^y.g^z$        $k$  est sans dimension

$$t^1 = L^x (M L^{-3})^y (L t^{-2})^z, \text{ ce qui donne } t^1 = M^y L^{x-3y+z} t^{-2z}$$

Nous obtenons alors le système suivant :

$$\begin{cases} 0 = x - 3y + z \\ 0 = y \\ 1 = -2z \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = \frac{1}{2} \\ y = 0 \\ z = -\frac{1}{2} \end{cases}$$

Nous avons donc la période sous la forme :  $T = k \cdot \sqrt{\frac{L}{g}}$

**Exercice 2 (7pts) :**

Paramètre	Symbole	Dimensions(MLt)
Débit d'écoulement	$Q(m^3/s)$	$L^3 t^{-1}$
Accélération de pesanteur	$g(m/s^2)$	$L t^{-2}$
Le diamètre de l'orifice	$d(m)$	$L$
Hauteur du liquide	$H(m)$	$L$
La pression au-dessus du liquide	$P (Pas)$	$ML^{-1}t^{-2}$
Masse volumique	$\rho (kg/m^3)$	$ML^{-3}$
Viscosité dynamique	$\mu (kg/m.s)$	$ML^{-1}t^{-1}$

Nombre de produits sans dimension :  $i=m-n=7-3=4$

On choisit les 3 variables dimensionnellement indépendantes :  $\rho$ ,  $d$  et  $P$ .

On forme 4 produits  $\pi$  :

- $$\pi_1 = Q \rho^{x_1} d^{y_1} P^{z_1} = M^0 L^0 t^0$$

$$M^0 L^0 t^0 = (L^3 t^{-1}) (ML^{-3})^{x_1} (L)^{y_1} (ML^{-1} t^{-2})^{z_1} = M^{x_1+z_1} L^{3-3x_1+y_1-z_1} t^{-1-2z_1}$$

$$\begin{cases} M : 0 = X1 + Z1 \\ L : 0 = 3 - 3X1 + Y1 - Z1 \\ t : 0 = -1 - 2Z1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} X1 = \frac{1}{2} \\ Y1 = -2 \\ Z1 = -\frac{1}{2} \end{cases} \quad \boxed{\pi_2 = \frac{Q}{d^2 \sqrt{P/\rho}}}$$

- $\pi_2 = h \rho^{x_2} d^{x_2} P^{y_2} = M^0 L^0 t^0$

$$M^0 L^0 t^0 = (L)(ML^{-3})^{X2} (L)^{Y2} (ML^{-1}t^{-2})^{Z2} = M^{X2+Z2} L^{1-3X2+Y2-Z2} t^{-2Z2}$$

$$\begin{cases} M : 0 = X2 + Z2 \\ L : 0 = 1 - 3X2 + Y2 - Z2 \\ t : 0 = -2Z2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} X2 = 0 \\ Y2 = -1 \\ Z2 = 0 \end{cases} \quad \boxed{\pi_2 = \frac{h}{d}}$$

- $\pi_3 = g \rho^{x_3} d^{x_3} P^{y_3} = M^0 L^0 t^0$

$$M^0 L^0 t^0 = (Lt^{-2})(ML^{-3})^{X3} (L)^{Y3} (ML^{-1}t^{-2})^{Z3} = M^{X3+Z3} L^{1-3X3+Y3-Z3} t^{-2-2Z3}$$

$$\begin{cases} M : 0 = X3 + Z3 \\ L : 0 = 1 - 3X3 + Y3 - Z3 \\ t : 0 = -2 - 2Z3 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} X3 = 1 \\ Y3 = 1 \\ Z3 = -1 \end{cases} \quad \boxed{\pi_3 = \frac{\rho g d}{P}}$$

- $\pi_4 = \mu \rho^{x_4} d^{x_4} P^{y_4} = M^0 L^0 t^0$

$$M^0 L^0 t^0 = (ML^{-1}t^{-1})(ML^{-3})^{X4} (L)^{Y4} (ML^{-1}t^{-2})^{Z4} = M^{1+X4+Z4} L^{-1-3X4+Y4-Z4} t^{-1-2Z4}$$

$$\begin{cases} M : 0 = 1 + X4 + Z4 \\ L : 0 = -1 - 3X4 + Y4 - Z4 \\ t : 0 = -1 - 2Z4 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} X4 = -\frac{1}{2} \\ Y4 = -2 \\ Z4 = -\frac{1}{2} \end{cases} \quad \boxed{\pi_4 = \frac{\mu}{d \sqrt{P\rho}}}$$

$$\boxed{\frac{Q}{d^2 \sqrt{P/\rho}} = f\left(\frac{h}{d}, \frac{\rho g d}{P}, \frac{\mu}{d \sqrt{P\rho}}\right)}$$

### Exercice 3 (9pts) :

#### 1- Analyse par la méthode de Rayleigh

Paramètre	Symbole	Dimensions(MLt)
Force de trainée	F	ML t <sup>-2</sup>
Vitesse moyenne de l'écoulement	U	Lt <sup>-1</sup>
hauteur	h	L
largeur	L	t <sup>-1</sup>
Viscosité cinématique	v	ML <sup>-2</sup> t <sup>-1</sup>
Masse volumique du fluide	ρ	ML <sup>-3</sup>

On suppose que :

$$F_D = k h^x \cdot L^y U^z \rho^a v^\beta$$

L'analyse dimensionnelle donne :

$$M^1 L^1 t^{-2} = L^x L^y (L^1 t^{-1})^z \cdot (M^1 L^{-3})^\alpha \cdot (L^2 t^{-1})^\beta$$

$$M^1 L^1 t^{-2} = L^x L^y (L^z t^z) \cdot (M^\alpha L^{-3\alpha}) \cdot (L^{2\beta} t^{-\beta})$$

$$M^1 L^1 t^{-2} = M^\alpha \cdot L^{x+y+z-3\alpha+2\beta} \cdot t^{-z-\beta}$$

$$1 = \alpha$$

$$1 = x+y+z-3\alpha+2\beta$$

$$-2 = -z-\beta$$

$$\alpha = 1$$

$$x = 2-\beta-y$$

$$z = 2-\beta$$

$$F_D = k h^{2-\beta-y} \cdot L^y U^{2-\beta} \rho^1 v^\beta$$

$$F_D = k \rho U^2 h^2 \cdot (L/h)^y (v/U h)^\beta$$

$$F_D / \rho U^2 h^2 = k (L/h)^y (v/U h)^\beta \Rightarrow C_D = f\left(\frac{L}{h}, \frac{1}{Re}\right)$$

$C_D$ : coefficient de trainée,  $Re$ : nombre de Reynolds et  $L/h$ : coefficient de forme

2- Par l'analyse dimensionnelle on obtient les relations suivantes :

**Maquette**

$$\frac{F_{Dm}}{\rho_m U_m^2 h_m^2} = \Phi\left(\frac{L_m}{h_m}, \frac{v_m}{U_m h_m}\right)$$

**prototype**

$$\frac{F_{Dp}}{\rho_p U_p^2 h_p^2} = \Phi\left(\frac{L_p}{h_p}, \frac{v_p}{U_p h_p}\right)$$

▪ on a :  $K_G = \frac{L_m}{L_p} = 1/10$

▪ on respecte ensuite le facteur de forme :  $\frac{L_m}{h_m} = \frac{L_p}{h_p} \Rightarrow \frac{h_m}{h_p} = \frac{L_m}{L_p} = K_G$

▪ si on utilise le même fluide, on a :  $\rho_m = \rho_p$  et  $v_m = v_p$

et par conséquent la similitude de **Reynolds** revient à :

$$\frac{v_m}{U_m h_m} = \frac{v_p}{U_p h_p} \Rightarrow U_m h_m = U_p h_p \Rightarrow U_m = U_p \frac{h_p}{h_m} = U_p / K_g$$

Dans ces conditions :

$$\frac{F_{Dm}}{\rho_m U_m^2 h_m^2} = \frac{F_{Dp}}{\rho_p U_p^2 h_p^2} \Rightarrow F_{Dp} = \left(\frac{U_p}{U_m}\right)^2 \left(\frac{h_p}{h_m}\right)^2 F_{Dm}$$

$$F_{Dp} = (K_g)^2 \left(\frac{1}{K_g}\right)^2 F_{Dm} = F_{Dm} \Rightarrow F_{Dp} = F_{Dm}$$

**Correction d'examen : Surveillance et auscultation des barrages (1h 00min)****Exercice n ° 1 (08 pts)**

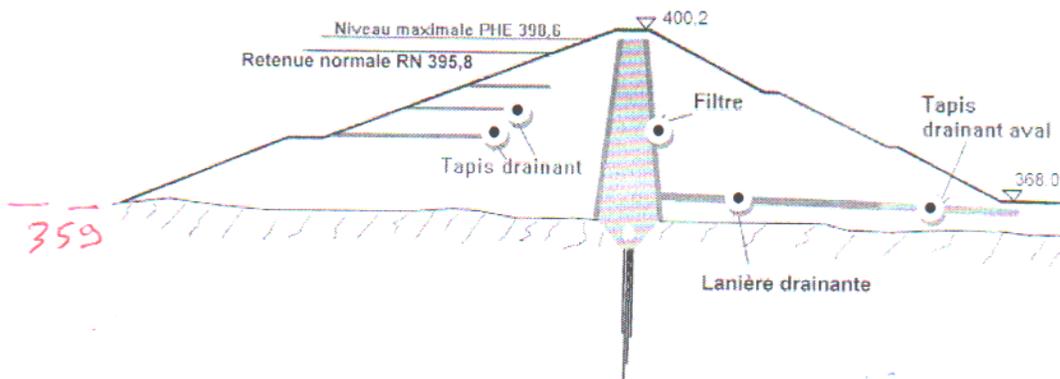
Questions voir le cours

1. Citer les différentes techniques employées pour mesurer les déformations d'un barrage. (2 pts)
2. Qu'est-ce que vous proposez comme instruments pour contrôler les débits de fuite d'un grand barrage en terre ? (2 pts)
3. Expliquer rapidement le fonctionnement d'un inclinomètre. (2 pts)
4. Quelles sont les principales variables (paramètres mesurés) utilisées dans une étude auscultation d'un barrage en terre ? (2 pts)

**Exercice n ° 2 (12 pts)**

a) 1 Barrage de transfert (remplissage/vidange),

Présence des drains en amont qui indique la vidange se répète régulièrement. (03 pt)



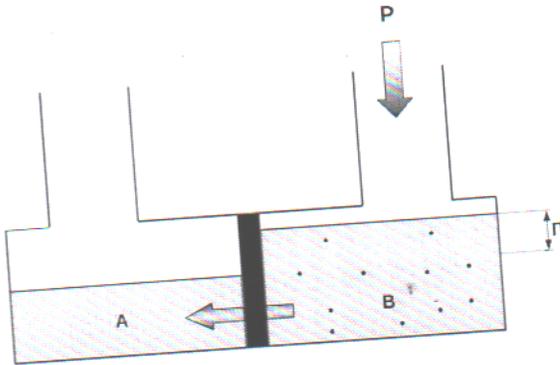
● Cellule de pression

Explication de choix de position (03 pts)

b) A travers les mesures d'auscultation

- 1) La valeur Max de fuite durant la période d'observation est : 240 l/min . (02 pt)
- 2) Les niveaux réels de d'eau du réservoir (2 pts)
  - Valeur Min :  $389 - 359 = 30$  m (au mois de Mars)
  - Valeur Max :  $396 - 359 = 37$  m (au mois d'Avril)
- 3) La fuite la plus inportante enregistrée au niveau du rive gauche (02 pt)
  - $Q_{\max} = 140$  l/min (au mois d'Avril)

1. La dureté de l'eau est associée à la présence d'ions métalliques bivalents en solution ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , etc.). Aucune concentration maximale acceptable n'est fixée.
2. La surface spécifique est très importante.
3. Lorsque il y a une surchloration, il faut procéder à une déchloration ( le dioxyde de soufre, le sulfite de sodium, le charbon activé, les résines échangeuses d'ions, l'aération).



$P > \Pi$

P: pression totale  
 $\Pi$ : pression osmotique

4.

Corrigé type

Exercice 2(5 points)(voir cours)

Exercice 2(4points) :

Colonne 1	Colonne 2
Dégrillage 1 <i>1pt</i>	Sépare les boues de l'eau (4+1)
Dessablage – Dégraissage 2 <i>1pt</i>	Elimination les micro-organismes (bactéries) (3+2)
Le traitement biologique 3 <i>1pt</i>	Elimination des graisses (2+3)
La clarification 4 <i>1pt</i>	Séparation des déchets solides (1+4)

Exercice N°3 (4points) : Compléter le tableau avec les valeurs de salinité des différentes mers et la composition moyenne d'un litre d'eau de mer : 36 à 39 g/l, 13 g/l, 270 g/l, 40 à 70 g/l, 10 g/l, 3.8g, 1.25g, 27.20 g, 0.85g

Nom	Salinité (g/l)	Composition moyenne d'un litre d'eau de mer (g)	
Mer Méditerranée	36 à 39 g/l <i>0,15</i>	NaCl	27,20 g <i>0,5</i>
Mer Rouge	40 à 70 g/l <i>0,25</i>	MgCl <sub>2</sub>	3,80 g <i>0,15</i>
Mer Caspienne	13 <i>0,15</i>	CaSO <sub>4</sub>	1,25 g <i>0,15</i>
Mer Morte	270 g/l <i>0,15</i>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,85 g <i>0,15</i>
Eaux saumâtres	10 g/l <i>0,15</i>		

Exercice N°4(7point):.

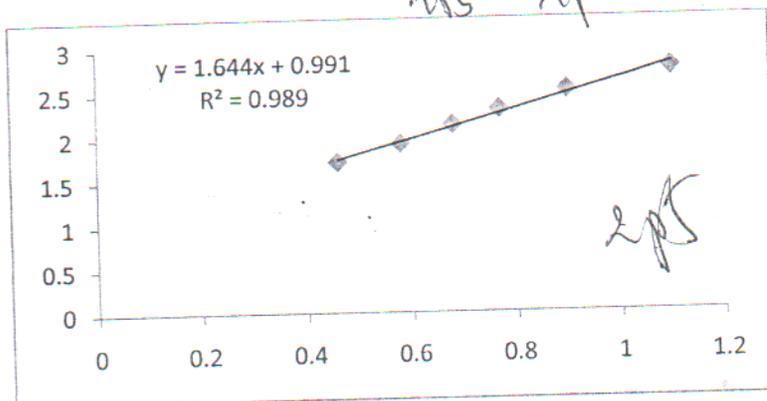
Log Q (mg/g)	1.72	1.92	2.13	2.30	2.51	2.75
log C (mg/mol)	0.46	0.58	0.68	0.77	0.90	1.10

2/- Absorbant. d'oxyde de titane *0,15*

- Adsorbat le phénol *0,15*

Q = KC<sup>1/n</sup> loi de Freundlich *0,15*

Graphe log Q = f(c) log k = 0.99 n = 0.66 *1pt*



## Corrigé de l'examen

### 12/12 Exercice 1

Le tableau qui suit, identifie le symbole, le type de connexion et la fonction de chaque élément:

Repère	Nom	Fonction	Entrées /sorties avec l'automate		Type de Connexion avec le réseau		
			E	S	Hyd	Elc	Tél
① V	Vérin hydraulique	Transformer la puissance hydraulique en puissance mécanique	-	-	X		
① D	Distributeur	Distribuer la puissance hydraulique au vérin		X	X	X	
Af	Afficheur	Afficher l'information		X		X	
① B	Manomètre	Mesurer la valeur de la pression	X		X	X	
① L	Débitmètre	Mesurer la valeur du débit	X		X	X	
① S	Limiteur de pression	Protéger l'installation contre les surpressions	-	-	X		
① P1, P2	Pompe	Fournir l'énergie hydraulique (générateur de débit)		X	X	X	
① F	Filtre	Empêcher les impuretés de s'infiltrer dans les organes sensibles	-	-	X		
① A	Thermomètre	Mesurer la température	X		X	X	
① R1, R2, R3	Réservoirs	Stocker le fluide	-	-	X		
① CN1 & CN2	Capteur de niveau	Mesurer le niveau du fluide	X		X	X	
① EL	Electrovanne	Empêcher ou laisser le passage du fluide		X	X	X	
① API1, API2	Automate programmable	Commander le système hydraulique	-----				X X
① PC	Microordinateur	Superviser le système hydraulique	-----				X X

### 3.5/3.5 Exercice 2

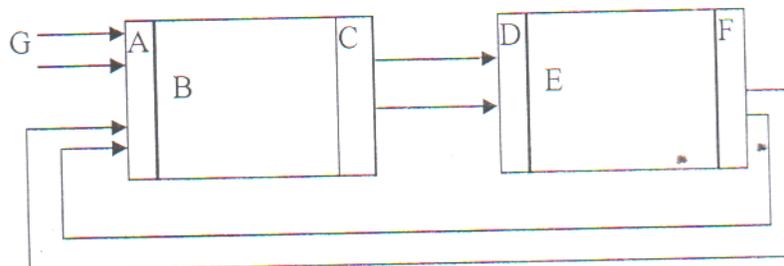


Figure 2 : Schéma fonctionnel d'un système automatisé

Les organes appropriés dans chaque emplacement dans le schéma fonctionnel d'un système automatisé (figure2) sont :

- 1 : Actionneurs ----- D (0.5)
- 2 : Interface d'entrée ----- A (0.5)
- 3 : Interface de sortie ----- C (0.5)
- 4 : Capteurs ----- F (0.5)
- 5 : Partie Commande ----- B (0.5)
- 6 : Partie Opérative ----- E (0.5)
- 7 : Consignes ----- G (0.5)

4.5  
4.5 Exercice 3

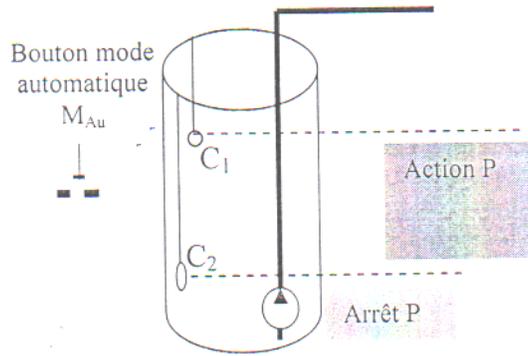


Figure 3 : Poste de relevage

1. Le tableau d'affectation des entrées/sorties avec l'automate et leurs adressages :

Nom	Entrée/Sortie (E/S)	Adressage
Bouton M <sub>Au</sub>	E (0.25)	%I1,1 (0.25)
Capteur de niveau 1 (C1)	E (0.25)	%I1,2 (0.25)
Capteur de niveau 2 (C2)	E (0.25)	%I1,3 (0.25)
Pompe	S (0.25)	%Q1,1 (0.25)

Tableau 2 : Affectation E/S de l'automate

2. Le GRAFCET qui représente le fonctionnement automatique du système est donné par la figure 4 :

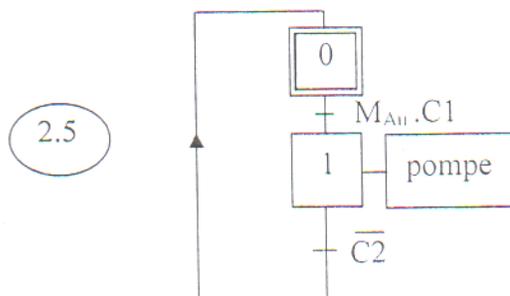


Figure 4 : GRAFCET