



**LE RÉSEAU DE CRÉATION  
ET D'ACCOMPAGNEMENT PÉDAGOGIQUES**

**Ce document a été mis en ligne par le Canopé de l'académie de Montpellier  
pour la Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel.**

**Ce fichier numérique ne peut être reproduit, représenté, adapté ou traduit sans autorisation.**

**MENTION COMPLÉMENTAIRE**  
**« Métiers de l'eau »**

**Session 2014**

**ÉPREUVE E1**  
**ÉTUDE D'UN PROCÉDE**  
**ET/OU**  
**D'UN SYSTÈME TECHNIQUE**

**Durée : 3 heures**

**Coefficient : 4**

*L'ensemble des documents sera remis par le candidat à la fin de l'épreuve.*

*Sont autorisées toutes les calculatrices y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante.  
Les téléphones portables sont strictement interdits.*

# **DOSSIER TECHNIQUE**

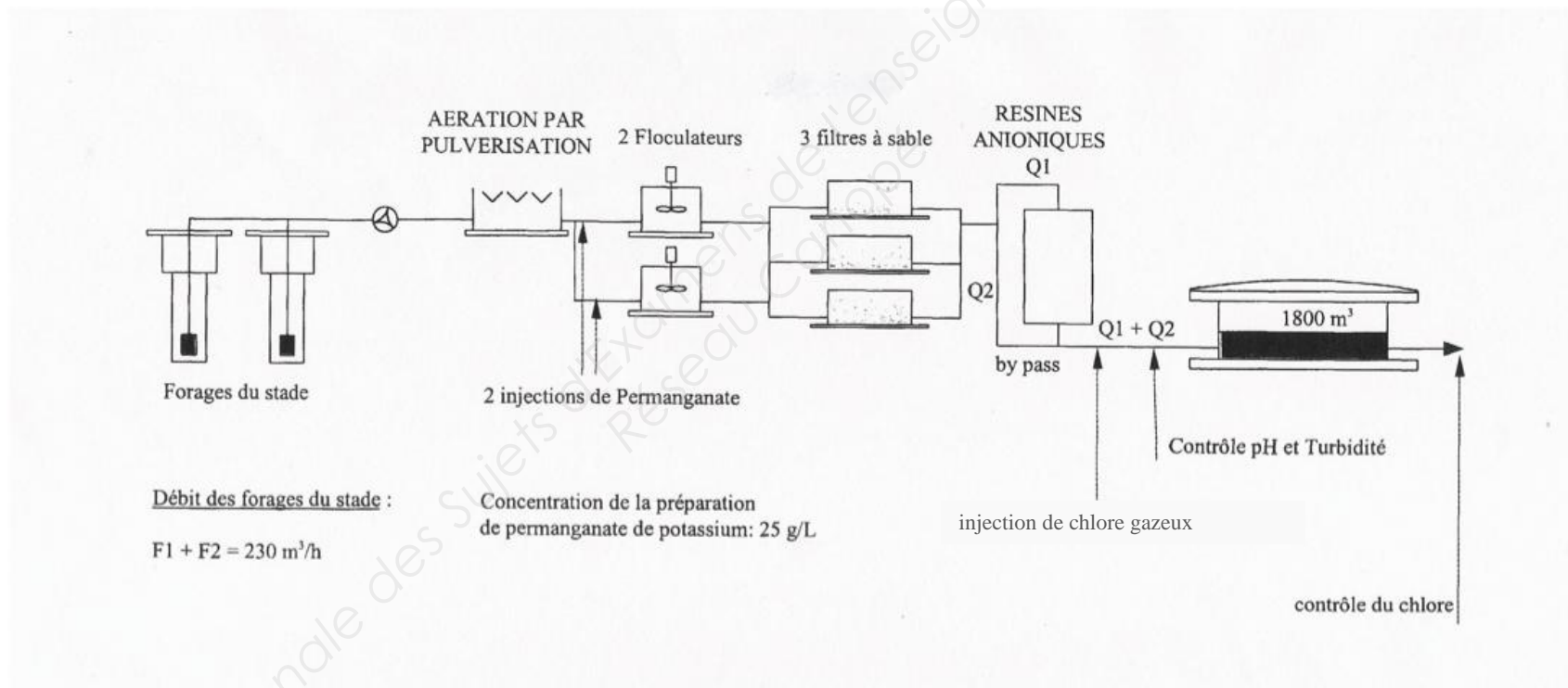
## **Sommaire**

Filière de traitement -----	2
Analyse des eaux brutes et traitées -----	3
Données chimiques -----	4
Bilan annuel du réseau potable -----	5
Données hydrauliques :	
Formulaire -----	6
Électrotechnique-Automatisme -----	7

<b>DOSSIER TECHNIQUE</b>		<b>Session 2014</b>
<b>MENTION COMPLEMENTAIRE METIERS DE L'EAU</b>		
<b>E1 ETUDE D'UN PROCÉDE ET/OU D'UN SYSTEME TECHNIQUE</b>		
Durée <b>3</b> heures	Coefficient <b>4</b>	Page <b>R1/7</b>

## FILIERE DE TRAITEMENT

La fourniture en eau potable d'une commune est réalisée à partir d'une eau souterraine. La commune est située en milieu rural sur un territoire destiné à la culture de céréales. Cette eau subit un traitement avant distribution. La filière de traitement est donnée ci-dessous.

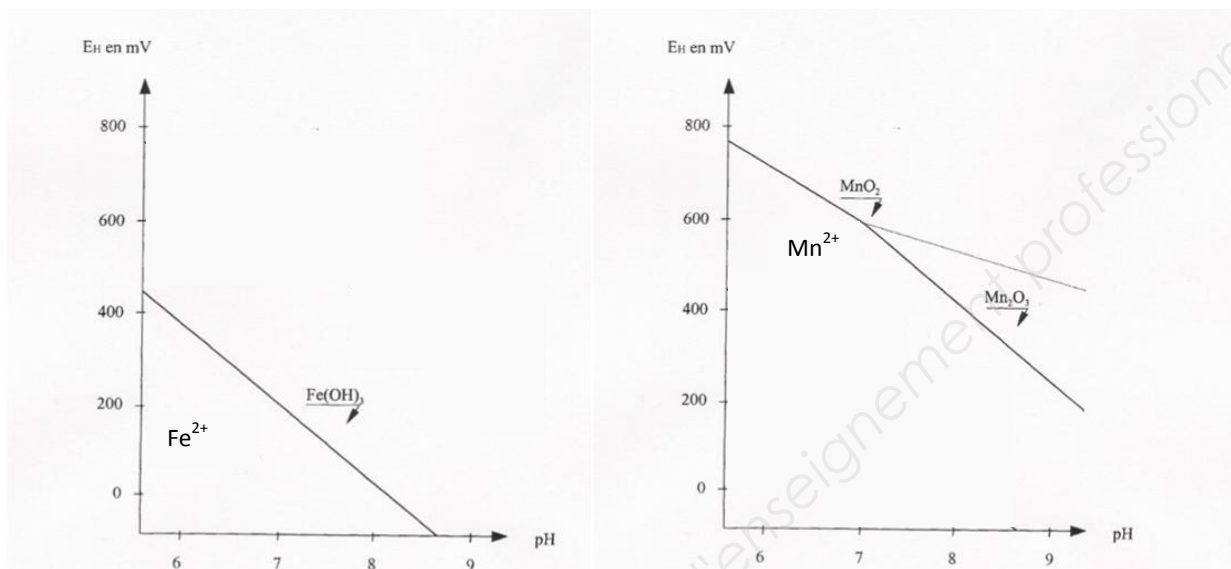


## ANALYSES DES EAUX BRUTES ET TRAITÉES

<b>Paramètres</b>	<b>Eau brute</b>	<b>Eau traitée</b>
<b>Température (°C)</b>	<b>16</b>	<b>20</b>
<b>Turbidité (NTU)</b>	<b>7,0</b>	<b>0,3</b>
<b>pH</b>	<b>6,5</b>	<b>6,2</b>
<b>E<sub>H</sub>(V)</b>	<b>+0,15</b>	<b>+0,75</b>
<b>TAC (°F)</b>	<b>207</b>	<b>12</b>
<b>TH (°F)</b>	<b>17,5</b>	<b>15</b>
<b>Nitrates (mg/L)</b>	<b>70</b>	<b>10</b>
<b>Fer (mg/L)</b>	<b>5</b>	<b>0</b>
<b>Manganèse (mg/L)</b>	<b>0,8</b>	<b>0</b>
<b>O<sub>2</sub> dissous (mg/L)</b>	<b>0,2</b>	<b>7,3</b>

## DONNÉES CHIMIQUES

### - Diagramme potentiel-pH



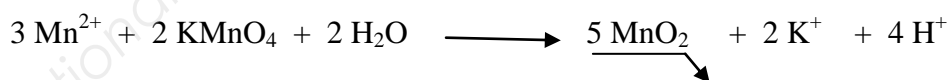
### - Potentiels standards d'oxydo-réduction :

$$E_{O_2/H_2O}^{\circ} = 1,23 \text{ V}$$

$$E_{Fe^{3+}/Fe^{2+}}^{\circ} = 0,77 \text{ V}$$

$$E_{Mn^{4+}/Mn^{2+}}^{\circ} = 1,54 \text{ V}$$

### - Oxydation du manganèse par le permanganate de potassium :



### - Masse molaire:

Fe : 56 g/mol - Mn : 55 g/mol - O : 16 g/mol - K : 39 g/mol - Ca : 40 g/mol  
Mg : 24 g/mol - C : 12 g/mol - N : 14 g/mol - H : 1g/mol

## BILAN ANNUEL DU RÉSEAU D'EAU POTABLE

(Extrait)

<b>Prélèvement total</b>	<b>350 000 m<sup>3</sup></b>
<b>Volume sortie station</b>	<b>330 000 m<sup>3</sup></b>
<b>Consommation totale comptabilisée</b>	<b>225 050 m<sup>3</sup></b>

Consommation horaire relative à la journée de consommation maximale

Heure de la journée	Consommation horaire	Consommation cumulative (m <sup>3</sup> )
	m <sup>3</sup> /h	
1	50,4	50,4
2	46,8	97,2
3	45,0	142,2
4	44,6	186,8
5	45,0	231,8
6	47,1	279,0
7	82,4	361,4
8	118,1	479,5
9	127,8	607,3
10	133,9	741,2
11	136,8	878,0
12	144,0	1022,0
13	145,8	1167,8
14	144,7	1312,5
15	140,4	1452,9
16	144,0	1596,9
17	151,2	1748,1
18	166,3	1914,4
19	212,0	2126,5
20	189,0	2315,5
21	114,4	2429,9
22	58,3	2488,3
23	56,1	2544,4
24	52,2	2596,6

## FORMULAIRE

\* Perte de charge (Pa) :

$$\Delta P = \frac{f \rho u^2 L}{2D}$$

L et D : en m

u en m/s

\* Pour un fluide en écoulement permanent entre deux points 1 et 2 :

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{1}{2g} u_1^2 + z_1 + H_{mt} = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{1}{2g} u_2^2 + z_2 + \frac{\Delta P}{\rho g}$$

$$HMT = HA + HR + \Delta P + P$$

□ \* g : 9,81 m.s<sup>-1</sup>

\* Données de l'eau :

masse volumique : 1000 kg.m<sup>-3</sup>

μ : viscosité : 10<sup>-3</sup> Pa.s

D en m

u en m/s

\* Nombre de Reynolds :

$$Re = \frac{\rho \cdot u \cdot D}{\mu}$$



# ÉLECTROTÉCHNIQUE – AUTOMATISME

## - Données électrotechniques :

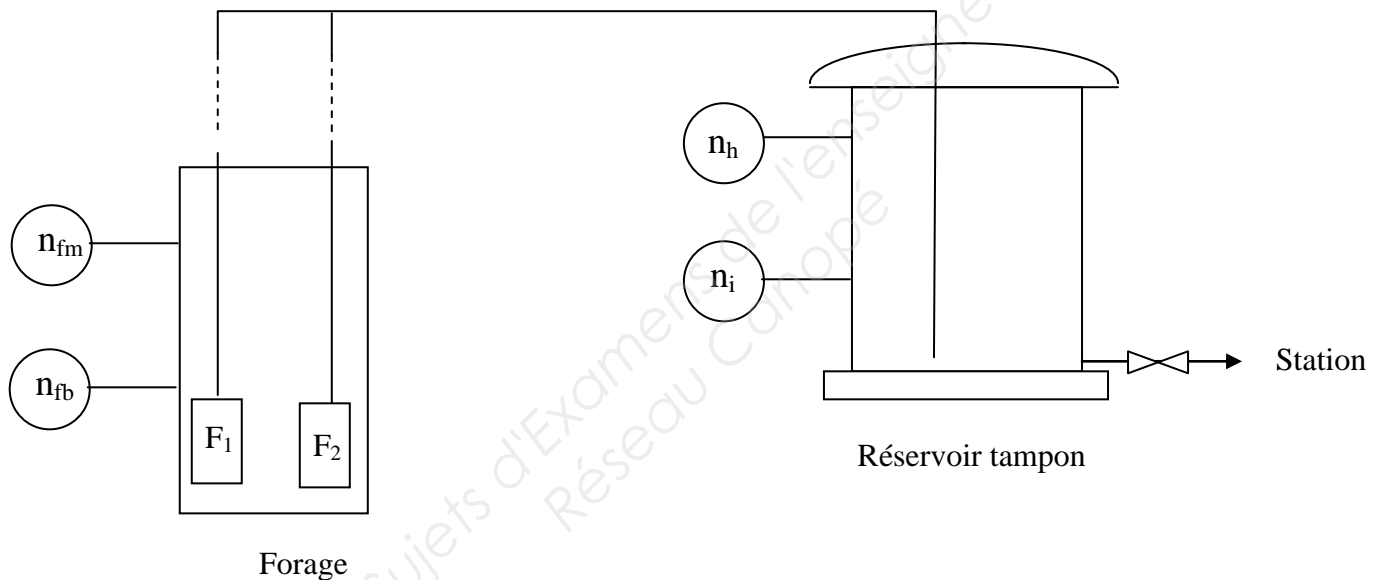
$$\eta = \frac{P_u}{P_a} \quad P_a = U \cdot I_n \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \varphi \quad P_u = T \cdot \omega$$

T : couple (N.m)

$\omega$  : vitesse de rotation (radian / s)

## - Automatisation :

Le forage alimente un réservoir tampon avant l'entrée dans la station.



### 2-1 Fonctionnement :

- Le remplissage du réservoir tampon s'effectue quand le niveau est sous le niveau intermédiaire « n<sub>i</sub> » et si le niveau du forage est supérieur au niveau moyen « n<sub>fm</sub> ».
- Les pompes F1 et F2 remplissent simultanément le réservoir tampon.
- Les pompes F1 et F2 sont arrêtées quand le niveau haut « n<sub>h</sub> » est atteint ou quand le niveau est bas « n<sub>fb</sub> » dans le forage.
- Les pompes restent à l'arrêt pendant la vidange.

### 2-2 Conditions particulières :

- Le démarrage des pompes est décalé de 20 secondes.
- On effectue une permutation des pompes après chaque démarrage.
- Les contacts des poires de niveau « n<sub>i</sub> », « n<sub>h</sub> » ; « n<sub>fb</sub> », « n<sub>fm</sub> » sont ouverts au repos (N.O). On leur associe respectivement les variables logiques n<sub>i</sub>, n<sub>h</sub>, n<sub>fb</sub>, n<sub>fm</sub>.

Mention complémentaire métiers de l'eau	Session 2014
E1 Etude d'un procédé et/ou d'un système technique	Page R7/7

# DOSSIER SUJET DOCUMENT RÉPONSE

**A. PROCÉDÉ (23 points)**

SUJET ..... S2 à S7

**B. HYDRAULIQUE (19 points)**

SUJET ..... S8 à S15

**C. ÉLECTROTECHNIQUE-AUTOMATISME (18 points)**

SUJET ..... S16 à S17

**TOTAL** ..... / **60**

**TOTAL** ..... / **20**

<b>SUJET</b>		<b>Session 2014</b>
<b>MENTION COMPLÉMENTAIRE MÉTIERS DE L'EAU</b>		
<b>E1 ETUDE D'UN PROCÉDÉ ET/OU D'UN SYSTÈME TECHNIQUE</b>		
Durée <b>3</b> heures	Coefficient <b>4</b>	Page S1/17

**A) PROCÉDÉ :**

**23/60**

En utilisant les documents techniques relatifs à l'usine d'eau potable, il vous est demandé d'analyser la filière de production.

**N.B :** Tous les calculs devront être détaillés et les réponses justifiées.

**1) Étude de l'eau brute :** (4 pts)

**1.1.** Proposer une explication à la présence des ions nitrates dans l'eau brute. (1 pt)

.....  
.....  
.....  
.....

**1.2.** Expliquer, en utilisant le diagramme potentiel – pH, pourquoi les formes du fer et du manganèse dans cette eau sont respectivement  $Fe^{2+}$  et  $Mn^{2+}$ . (1 pt)

.....  
.....  
.....  
.....

**1.3.** Définir les termes « TAC » et « TH ». Préciser les unités (2 pts)

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Mention complémentaire métiers de l'eau	Session 2014
E1 Etude d'un procédé et/ou d'un système technique	Page S 2/17

**2) Élimination du fer et du manganèse : (6 pts)**

**2.1.** Indiquer le rôle de l'étape d'aération dans la filière de traitement. Justifier la réponse. **(1 pt)**

.....  
.....  
.....  
.....

**2.2.** Justifier la mise en service de l'injection de permanganate de potassium. **(1 pt)**

.....  
.....  
.....

**2.3.** Calculer, en utilisant l'équation chimique de l'oxydation du manganèse, la masse de permanganate de potassium nécessaire pour éliminer 1 mg de manganèse. **(2 pts)**

.....  
.....  
.....  
.....

**2.4.** Dans le cas où la masse de permanganate de potassium nécessaire pour éliminer 1 mg de manganèse est de 2 mg. Calculer le débit d'une pompe doseuse de solution de permanganate de potassium. Le débit d'eau brute est réparti de la même façon dans les deux tranches. **(2 pts)**

.....  
.....  
.....  
.....

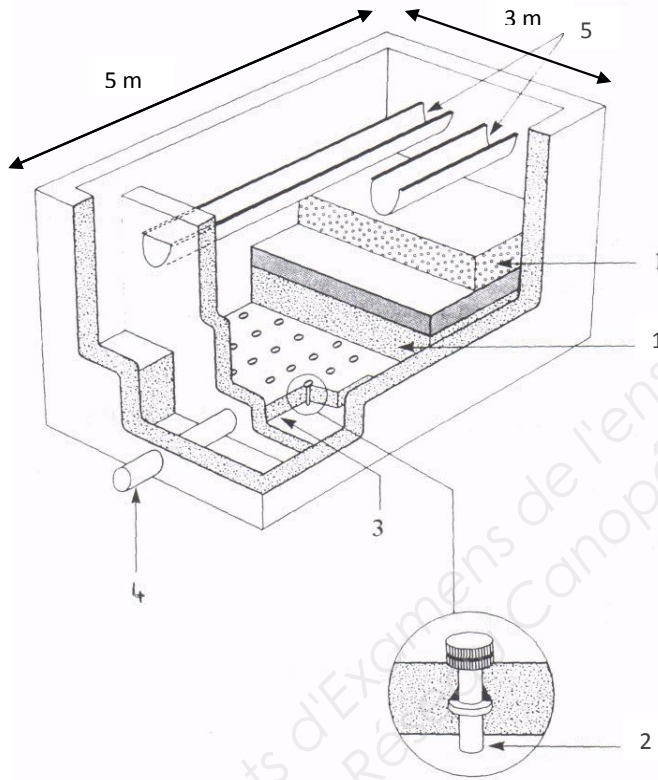
Mention complémentaire métiers de l'eau	Session 2014
E1 Etude d'un procédé et/ou d'un système technique	Page S 3/17

**3) Filtration : (7 pts)**

**3.1. Compléter la légende du schéma ci-dessous.**

**(2,5 pts)**

- 1 : ..... 4 : .....
- 2 : ..... 5 : .....
- 3 : .....



**3.2. Calculer la vitesse de filtration sur chaque filtre.**

**(2 pts)**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**3.3.** Citer deux paramètres permettant le suivi d'une filtration sur sable et donner leur évolution au cours d'un cycle de filtration. **(1 pt)**

.....

.....

.....

.....

.....

**3.4.** Indiquer le nom des différentes phases (a, b, c) du schéma ci-dessous. **(1,5 pts)**

Commenter l'évolution de la turbidité en fonction du temps pour chaque phase.

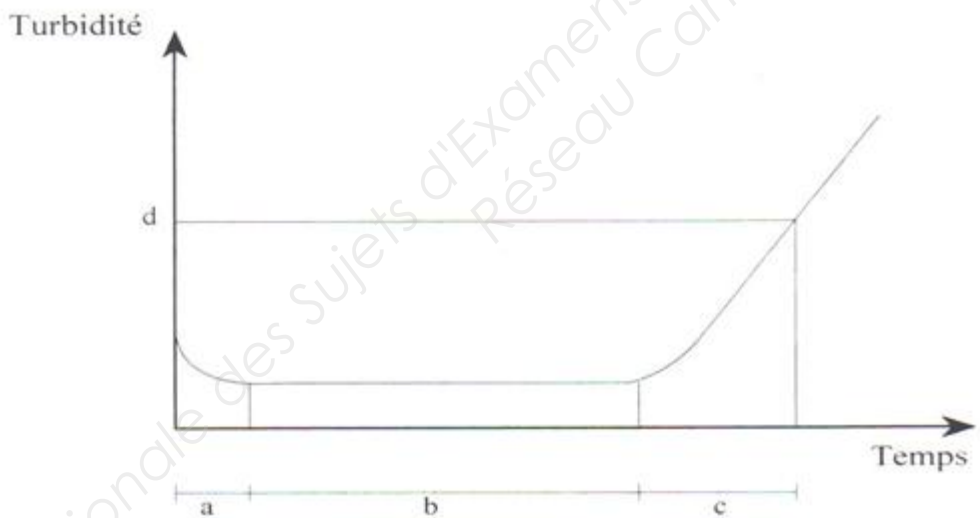
.....

.....

.....

.....

.....



**4) Dénitration : (3 points)**

La dénitration est réalisée par résine échangeuse d'ions.

**4.1.** Indiquer le principe de fonctionnement d'une résine échangeuse d'ions. **(2 pts)**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**4.2.** Citer un autre procédé de dénitration. **(1 pt)**

.....  
.....

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel  
Réseau Canopé

Mention complémentaire métiers de l'eau	Session 2014
E1 Etude d'un procédé et/ou d'un système technique	Page S 6/17

**5) Désinfection : (3 points)**

**5.1.** Citer le réactif utilisé en désinfection.

**(0,5 pt)**

.....

**5.2.** Définir le terme « pouvoir rémanent ».

**(1 pt)**

.....  
.....  
.....

**5.3.** L'exploitant est amené à vérifier l'efficacité de la désinfection. Il réalise une mesure de chlore libre et de chlore total sur l'eau traitée. Indiquer la signification des analyses réalisées. **(1,5 pts)**

Chlore libre :

.....  
.....

Chlore total :

.....  
.....

Chlore combiné :

.....  
.....



## B) HYDRAULIQUE :

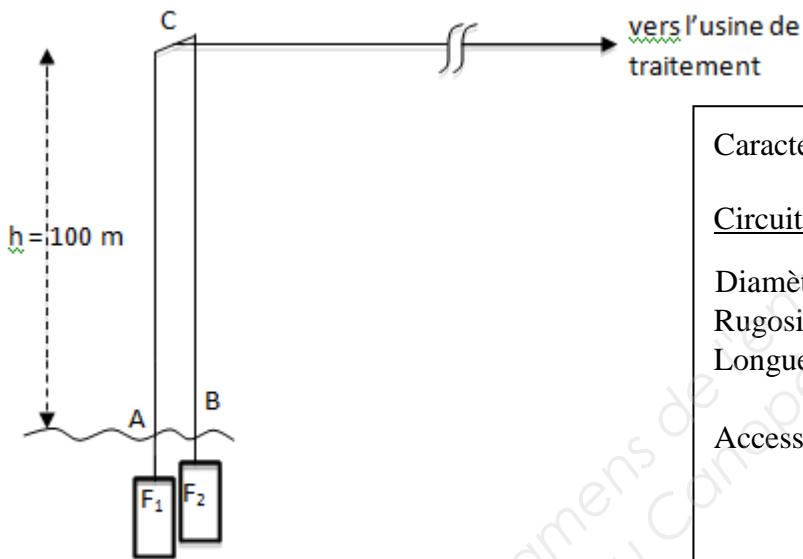
19/60

Deux pompes de forage identiques ( $F_1$  et  $F_2$ ) immergées sont utilisées dans le forage à une profondeur de 100 m. Les pompes sont montées en parallèle et chacune fournit un débit d'eau de  $115 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ .

Les points A et B à la surface de l'eau sont à la pression atmosphérique.

On considère que la vitesse de l'eau à la surface est nulle.

Un manomètre à cadran installé sur la conduite au point C indique une pression de 4 bars.



Caractéristiques des circuits :

Circuit A-B identique au Circuit B-C :

Diamètre intérieur : 90 mm

Rugosité absolue:  $\varepsilon : 0,5 \text{ mm}$

Longueur droite: 100 m

Accessoires:

- 1 coude arrondi à  $90^\circ$   
Rayon moyen
- 1 clapet anti-retour

1) Calculer la vitesse  $u$  en m/s de circulation de l'eau dans le circuit A-C.

(2 pts)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2) Déterminer la perte de charge totale engendrée par la conduite de remontée de A-C en tenant compte des pertes de charge linéaires et celles dues aux accessoires. **(4,5 pts)**

Données :

Vitesse :  $u = 5 \text{ m/s}$

2.1. Faire apparaître sur les abaques des longueurs équivalentes ( $D$  en centimètre).

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

2.2. Calcul du nombre de Reynolds.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

2.3. Déterminer les pertes de charge linéaires.

Faire apparaître sur le diagramme de Moody les traits de construction.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Mention complémentaire métiers de l'eau	Session 2014
E1 Etude d'un procédé et/ou d'un système technique	Page S 9/17

## LONGUEURS EQUIVALENTES

Document à compléter (détermination graphique) et à joindre à la copie.

Robinet-vanne :

- \* ouverture 1/4 : A
- \* ouverture 1/2 : C
- \* ouverture 3/4 : H
- \* ouverture 1 : O

Robinet droit à soupape :

- \* ouverture 1 : B

Robinet d'équerre à soupape :

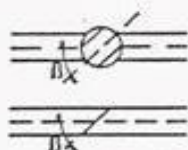
- \* ouverture 1 : D

Robinet à tournant :

- \*  $\beta = 10^\circ$  : H
- \*  $\beta = 20^\circ$  : D
- \*  $\beta = 40^\circ$  : A

Robinet à papillon :

- \*  $\beta = 10^\circ$  : G
- \*  $\beta = 20^\circ$  : D
- \*  $\beta = 40^\circ$  : A



Coude à 180° : F

Coude brusque à 90° : G

Coude arrondi à 90° :

- \* petit rayon : I
- \* rayon moyen : J
- \* grand rayon : K

Élargissement brusque :

- \* rapport des diamètres  $d/D = 1/4$  : H
- \* " " "  $d/D = 1/2$  : K
- \* " " "  $d/D = 3/4$  : L

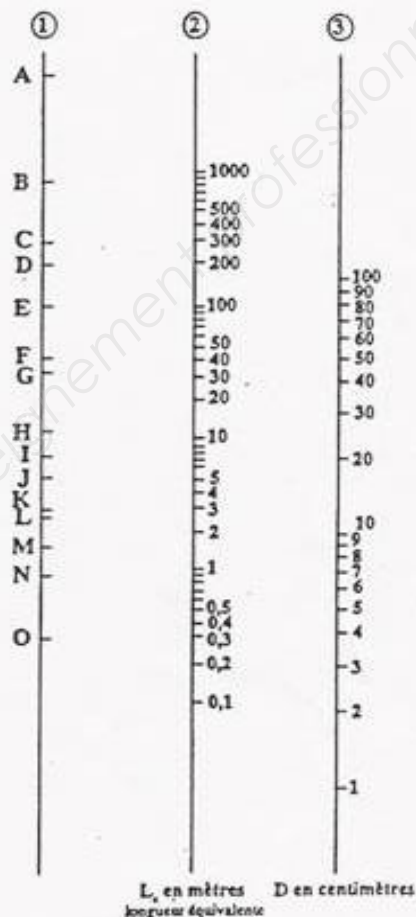
Rétrécissement brusque :

- \* rapport des diamètres  $d/D = 1/4$  : M
- \* " " "  $d/D = 1/2$  : N
- \* " " "  $d/D = 3/4$  : O

Clapet anti-retour : E

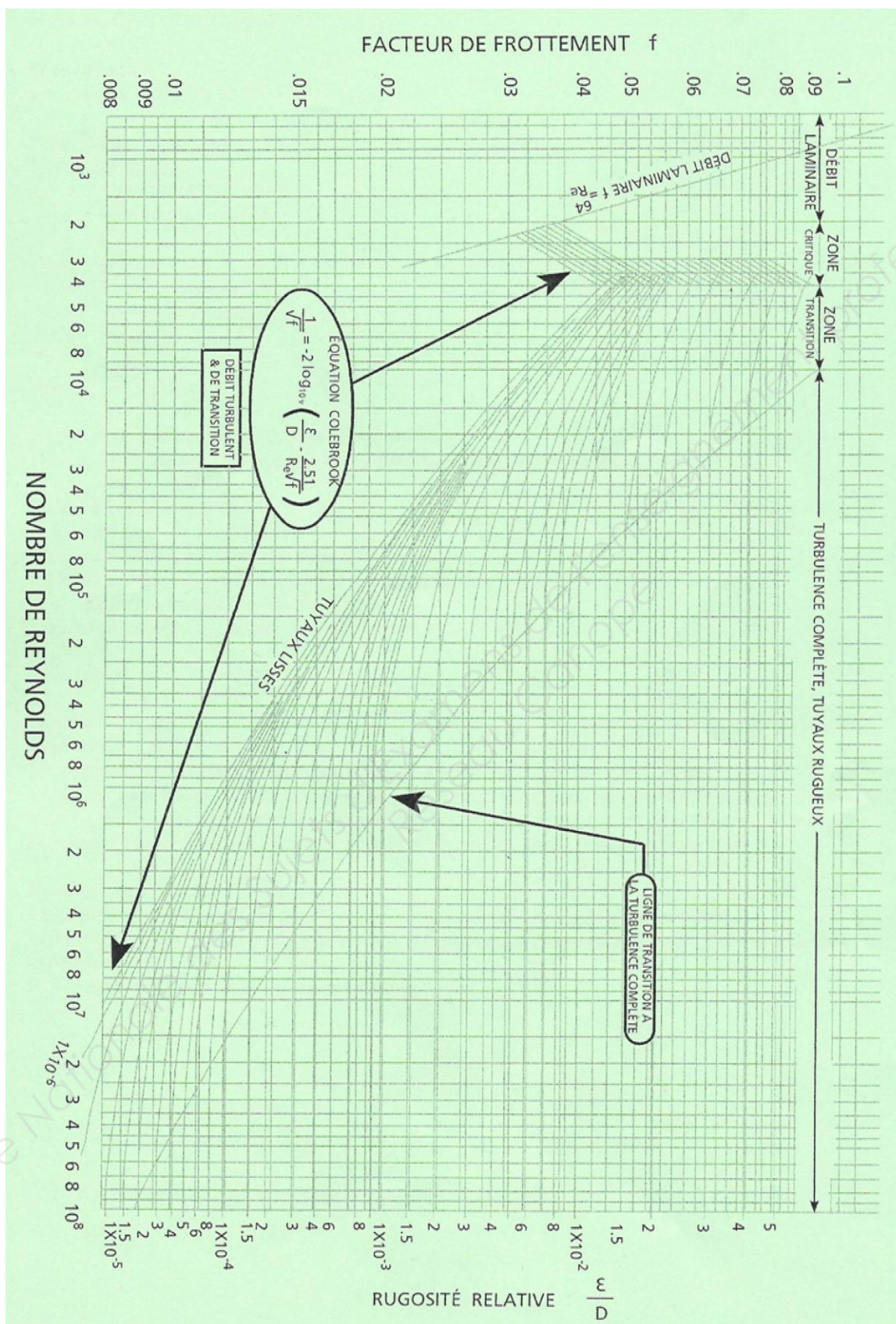
Té : G

Filtre à crépine avec clapet de pied : A



**NB :** Lorsqu'il y a des variations de section (élargissement ou rétrécissement brusque), la longueur équivalente est à rajouter à la portion de plus petit diamètre.

# DIAGRAMME DE MOODY



3) Calculer la hauteur manométrique totale que doit avoir la pompe  $F_1$ .

(3 pts)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4) Le fournisseur de pompe GRUNDFOS propose différents types de pompes immergées (SP). Donner la référence de la pompe adaptée pour le circuit. Justifier graphiquement le choix en utilisant le diagramme de plages de performance des pompes. (2 pts)

.....

.....

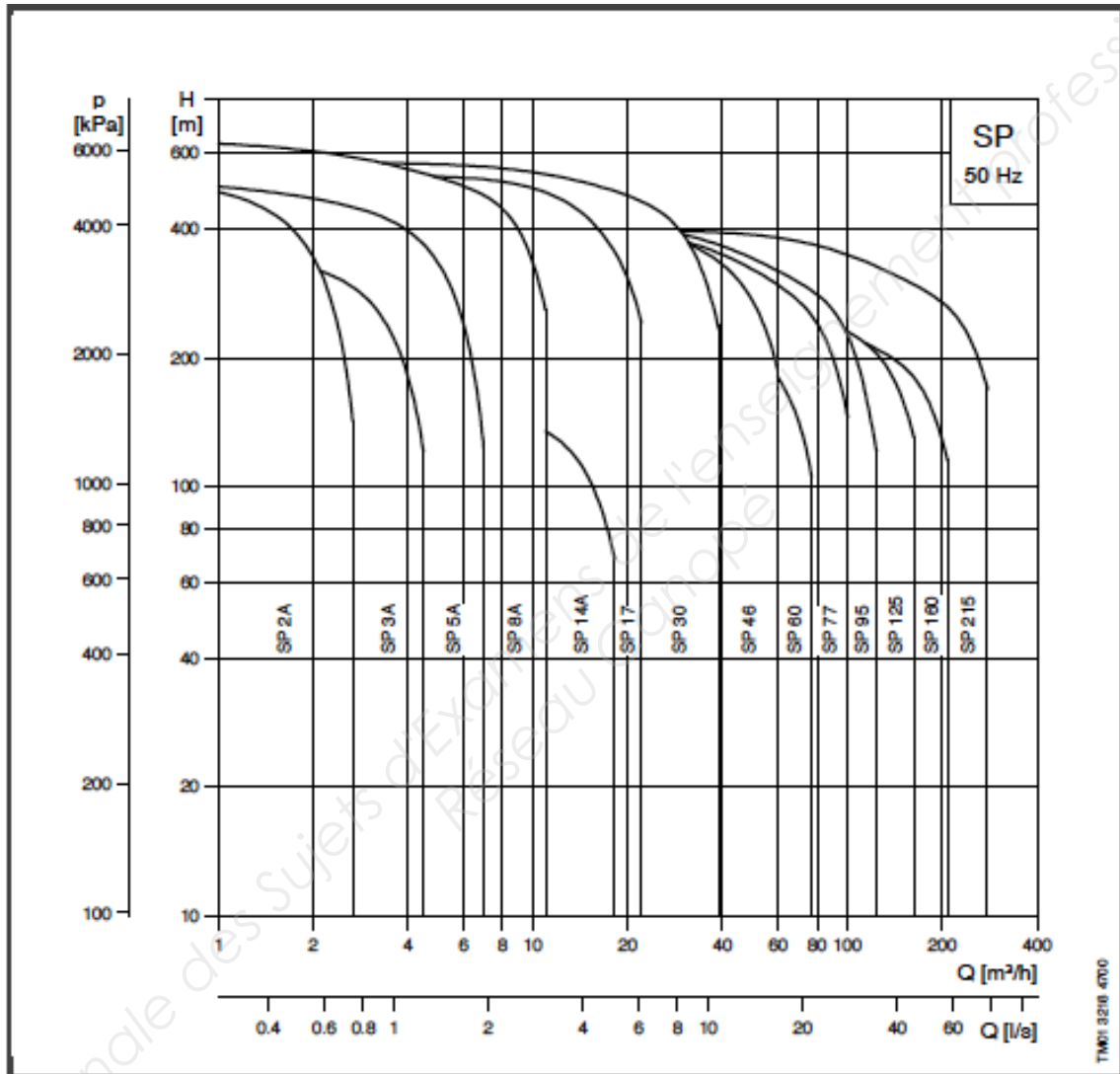
.....

.....

Base Nationale des Sujets d'Examens du Enseignement professionnel  
Réseau Canopé

Mention complémentaire métiers de l'eau	Session 2014
E1 Etude d'un procédé et/ou d'un système technique	Page S 12/17

Plages de performances des pompes immergées GRUNDFOS  
Types SP



5) Dans quel cas fait-on un couplage de pompes en parallèle.

(2 pts)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6) Calculer la perte en eau dans la station. Volume et pourcentage.

(1,5 pts)

.....

.....

.....

.....

7) Calculer le rendement primaire du réseau de distribution.

(1,5 pts)

.....

.....

.....

.....

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel  
Réseau Canadien

Mention complémentaire métiers de l'eau	Session 2014
E1 Etude d'un procédé et/ou d'un système technique	Page S 14/17



8) Calculer la consommation horaire moyenne au cours de la journée de consommation maximale. **(1,5 pts)**

.....  
.....  
.....  
.....

9) Justifier l'évolution de la consommation horaire. **(1 pt)**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel  
Réseau Canope



**1) Électrotechnique : (10 pts)**

La plaque signalétique du moteur de la pompe F1, indique les caractéristiques suivantes :

$$P_u = 55 \text{ kW} ; 230 \text{ V} \Delta / 400 \text{ VY} ; \text{rendement } \eta = 0,86 ; \text{Cos } \varphi = 0,85 ; I_d / I_n = 5,9$$

Les enroulements du moteur sont câblés en étoile. Le réseau fournit du triphasé 230 V/ 400 V. Vitesse de rotation 2900 tr/min.

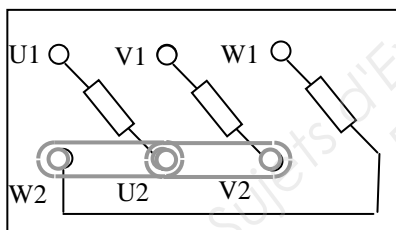
**1.1. Calculer la puissance électrique absorbée par le moteur. (2 pts)**

.....  
 .....

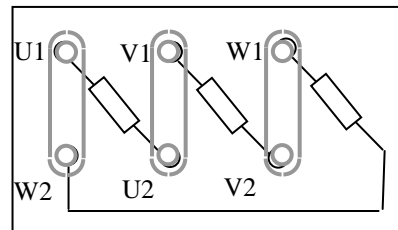
**1.2. Calculer l'intensité nominale. (2 pts)**

.....  
 .....

**1.3. Indiquer le nom des couplages représentés : (2 pts)**



.....



.....

**1.4. Justifier pourquoi le câblage en triangle ne convient pas. (2 pts)**

.....  
 .....

**1.5. Calculer le couple nominal du moteur. (2 pts)**

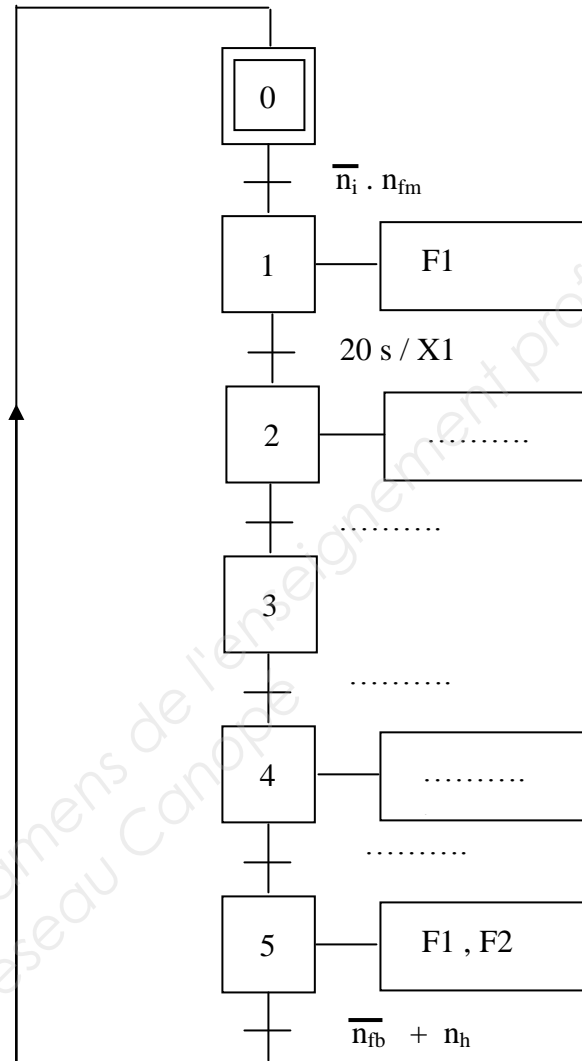
.....  
 .....

Mention complémentaire métiers de l'eau	Session 2014
E1 Etude d'un procédé et/ou d'un système technique	Page S 16/17

2) **Automatisme :** (8 pts)

2-1. Compléter l'ébauche du grafcet :

(5 pts)



2.2. Justifier l'emploi de la variable  $\bar{n}_i$  dans la réceptivité qui conditionne le passage de l'étape 0 à l'étape 1. (3 pts)

.....

.....

.....

.....