

**BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR**  
**MÉTIERS DES SERVICES À L'ENVIRONNEMENT**

**SOUS-ÉPREUVE U22**

**SCIENCES PHYSIQUES ET TECHNOLOGIES DES  
SYSTÈMES**

**SESSION 2017**

**Durée : 2 heures 30 minutes**

**Coefficient : 2,5**

**Matériel autorisé :**

Toutes les calculatrices de poche 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 (Cirulaire n°99-186, 16/11/1999)

Le sujet se compose de 15 pages, numérotées de 1/15 à 15/15.

- Présentation et questionnement page 1/15 à 11/15
- Document technique N°1 page 12/15
- Documents réponse N°1, N°2 et N°3 à rendre avec la copie page 13/15 à 15/15

Le sujet comporte 5 parties :

- A- Présentation générale (lecture du sujet)
- B- Projet d'alimentation en eau brute /22 points
- C- Projet de traitement de l'eau /20 points
- D- Projet de maintenance de la station /23 points
- E- Étude de la distribution de la station /15 points

Total : /80 points

Consignes de rédaction :

Pour toutes les questions qui demandent un calcul numérique, la formule analytique utilisée doit être précisée au préalable.

BTS Métiers des Services à l'Environnement		Session 2017
Sous-épreuve U22	Code : MSE2SCP	Page : 1/15

## A - PRÉSENTATION GÉNÉRALE

Le 15 décembre 2010, le préfet de Saône-et-Loire a signé l'arrêté de création du Syndicat Mixte de l'Eau Morvan Autunois Couchois (SMEMAC). Le territoire du SMEMAC fédère trois zones territoriales :

- La commune d'Autun,
- Le SIVOM de Brandon,
- Les communes d'Auxy, Collonge-la-Madeleine, Saisy, Morlet, Tintry, Épinac, Sully, Change, Sampigny-les-Maranges et Épertully.

Aujourd'hui ces trois territoires sont desservis par deux unités d'eau potable exploitées par VÉOLIA Eau en délégation de service public.

La ville d'Autun dispose d'une unité de production d'eau potable du Pont-du-Roi. Cette unité alimente également des collectivités.

Le SIVOM de Brandon dessert 15 communes et possède une unité de production d'eau potable située immédiatement en aval d'un étang avec un débit de  $300 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ . Il existe par ailleurs une interconnexion entre le barrage de Brandon et la station du Pont-du-Roi (ville d'Autun) permettant théoriquement un secours total du SIVOM. L'unité de Brandon alimente également des collectivités voisines.

Depuis plusieurs années, de nombreuses non-conformités physico-chimiques et dépassements de références de qualité sont constatés sur les eaux traitées.

À ce titre, afin d'améliorer la qualité de l'eau produite pour la ville d'Autun et le SIVOM de Brandon ainsi que de sécuriser les installations de production, plusieurs diagnostics et études de faisabilité ont été réalisés.

Les unités de traitement des eaux de Brandon et du Pont-du-Roi étant en fin de vie, il est apparu que leur remplacement par une unité unique est la meilleure solution, tant sur le plan financier (mutualisation des moyens de production) que technique (proximité et similarité de la ressource en eaux brutes). Une unité commune apporte également une sécurisation de l'alimentation.

Ainsi, il a été décidé la construction d'une unité de production d'eau potable sur la commune de Saint-Émiland permettant de remplacer les unités existantes de potabilisation du Brandon et du Pont-du-Roi en sécurisant la production de l'ensemble du syndicat (SMEMAC) tant en quantité qu'en qualité.

La future unité de production d'eau potable de Saint-Émiland alimentera les mêmes collectivités qu'en l'état actuel.

## B – PROJET D'ALIMENTATION EN EAU BRUTE

Comme énoncé précédemment, l'unité d'eau potable de la commune de Saint-Émiland sera alimentée en eau brute par les deux ressources suivantes : étangs de Pont-du-Roi et de Brandon.

Afin de pallier l'éventuelle indisponibilité d'une des deux ressources (pollution, entretien de la prise d'eau ou autre), chaque prise d'eau permettra d'alimenter la future unité d'eau potable à son débit nominal ( $620 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  de capacité par prise d'eau).

Pour cela, afin d'alimenter l'unité de Saint-Émiland à partir de l'étang de Brandon, il sera créé :

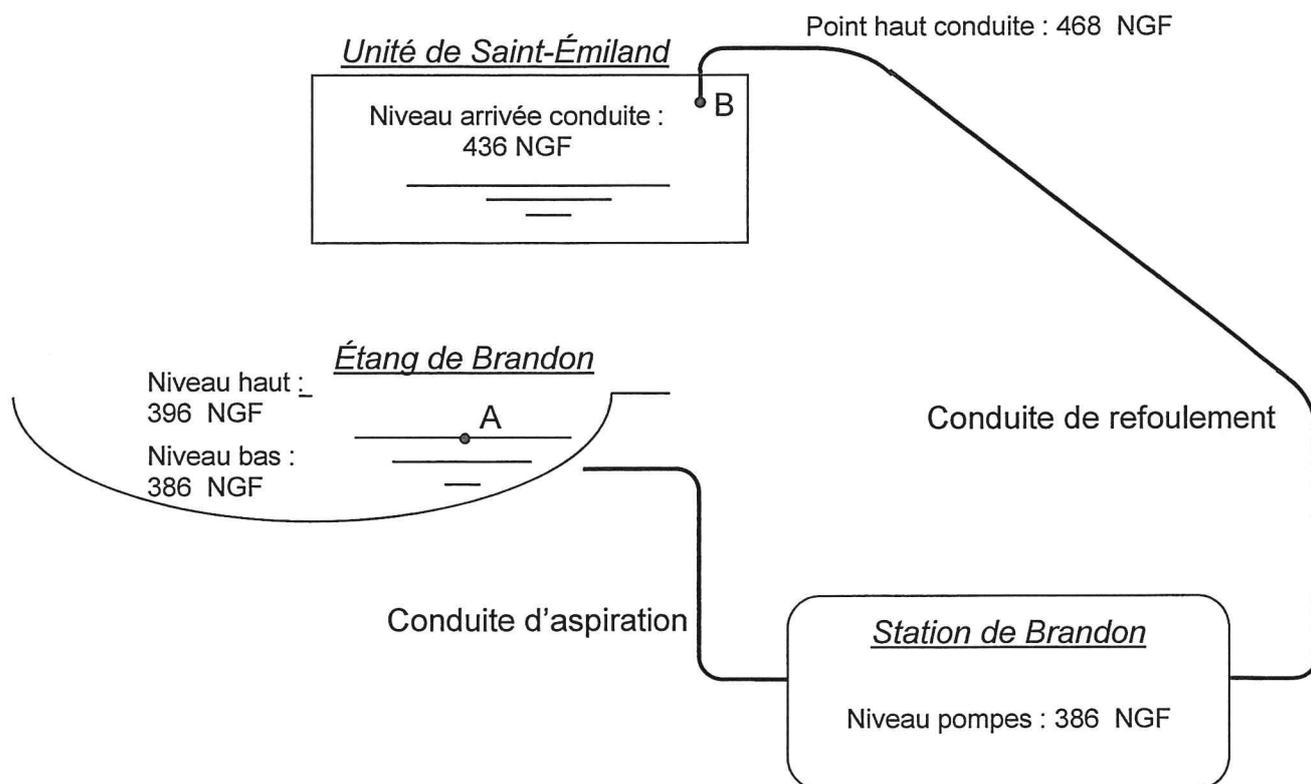
- une station de refoulement d'eau brute au niveau de l'étang de Brandon,
- une conduite de refoulement d'eau brute entre cette nouvelle station de refoulement de Brandon et l'unité de Saint-Émiland.

De la même manière, afin d'alimenter l'unité de Saint-Émiland à partir de la retenue du Pont-du-Roi, il sera créé les mêmes installations.

La station de Brandon sera alimentée en eau brute à partir de l'étang de Brandon situé en amont.

Elle refoulera l'eau vers la bache d'eau brute de l'usine de traitement de Saint-Émiland.

Synoptique de l'installation entre l'étang de Brandon et l'unité de Saint-Émiland :



Les niveaux NGF (Nivellement Général de la France) représentent l'altitude en m par rapport au niveau moyen de la mer Méditerranée considéré comme référence.



**L'objectif de cette partie est de déterminer la puissance hydraulique que devra fournir la station de refoulement de Brandon afin d'alimenter en eau brute l'unité de traitement de Saint-Émiland.**

Nous nous placerons dans le cas où la station de Brandon permettra d'alimenter la future unité d'eau potable à son débit nominal ( $620 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ) en cas d'indisponibilité de la retenue du Pont-du-Roi.

**Rappels :**

- Équation de Bernoulli pour un fluide en écoulement permanent d'un point A vers un point B, une station hydraulique de hauteur manométrique totale Hmt (en m) étant placée entre A et B, les pertes de charges totales de l'installation étant notées  $J_{AB}$  (en m) :

$$z_A + \frac{p_A}{\rho \cdot g} + \frac{v_A^2}{2g} - J_{AB} + Hmt = z_B + \frac{p_B}{\rho \cdot g} + \frac{v_B^2}{2g}$$

avec :

- $z_A$  et  $z_B$  : niveaux NGF des points A et B, en m
- $p_A$  et  $p_B$  : pressions absolues aux niveaux  $z_A$  et  $z_B$ , en Pa
- $v_A$  et  $v_B$  : vitesses aux niveaux  $z_A$  et  $z_B$ , en  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
- Masse volumique eau brute :  $\rho = 1,00 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
- Pression atmosphérique :  $p_{\text{atm}} = 1,01 \times 10^5 \text{ Pa}$
- Intensité de la pesanteur :  $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

- Section de la conduite  $S = \pi \cdot r^2$  avec r rayon de la conduite
- Puissance hydraulique en W :  $Ph = Q_v \cdot \rho \cdot g \cdot Hmt$   
avec  $Q_v$  débit volumique en  $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

La station de refoulement de Brandon doit d'abord être alimentée par l'eau brute contenue dans l'étang de Brandon au même débit de  $620 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ . Une conduite d'aspiration a été placée au niveau bas de l'étang d'altitude  $z_2 = 386 \text{ NGF}$ . L'étang est rempli à son niveau haut d'altitude  $z_1 = 396 \text{ NGF}$ .

L'étang étant très vaste, on considérera que le niveau d'eau ne varie pas pendant la durée de pompage étudiée. L'eau à la surface de l'étang sera donc sans mouvement apparent.

Pour des raisons de stabilité d'ouvrage, il ne faut pas que la pression au niveau de la conduite d'aspiration soit supérieure à  $3 \times 10^5 \text{ Pa}$ .

**B.1 : déterminer la pression  $p_2$  au niveau de la conduite d'aspiration**, c'est-à-dire au niveau bas de l'étang quand la station ne fonctionne pas et que l'eau du bassin est immobile.

La station de refoulement est normalement alimentée par deux étangs. Lorsqu'on utilise uniquement l'étang de Brandon et qu'il n'y a aucune précipitation, le niveau baisse lentement.

Le bassin entre les niveaux haut et bas sera considéré comme étant rectangulaire de longueur  $L = 145$  m et de largeur  $l = 103$  m.

On rappelle que la conduite d'aspiration assure un débit constant de  $620 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ .

**B.2 : déterminer le temps de pompage maximal** si on ne veut pas descendre au-dessous du niveau bas d'altitude  $z_2 = 386$  NGF.

**B.3 : calculer le nombre de jours assurés** de l'alimentation en eau brute de la station de Brandon sachant que celle-ci fonctionne 9 h par jour.

**B.4 : calculer la vitesse  $v_B$**  d'écoulement de l'eau brute à l'arrivée de la conduite dans l'unité de Saint-Émiland.

**B.5 : en négligeant les pertes au niveau de la conduite d'aspiration, montrer que les pertes de charges totales  $J_{AB}$**  de l'installation, comprenant les pertes de charges linéaires  $J_L$  et singulières  $J_s$  entre les points A et B, sont de 69,5 m.

**B.6 : en utilisant l'équation de Bernoulli, calculer la hauteur manométrique totale Hmt** de la station de refoulement.

On prendra la vitesse  $v_B$  au niveau  $z_B$  égale à  $1,79 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

**B.7 : sachant que la hauteur manométrique totale Hmt est de 120 m, calculer la puissance hydraulique  $P_h$**  que devront fournir les groupes électropompes de la station de refoulement afin d'alimenter en eau brute l'unité de traitement de Saint-Émiland.

BTS Métiers des Services à l'Environnement		Session 2017
Sous-épreuve U22	Code : MSE2SCP	Page : 6/15

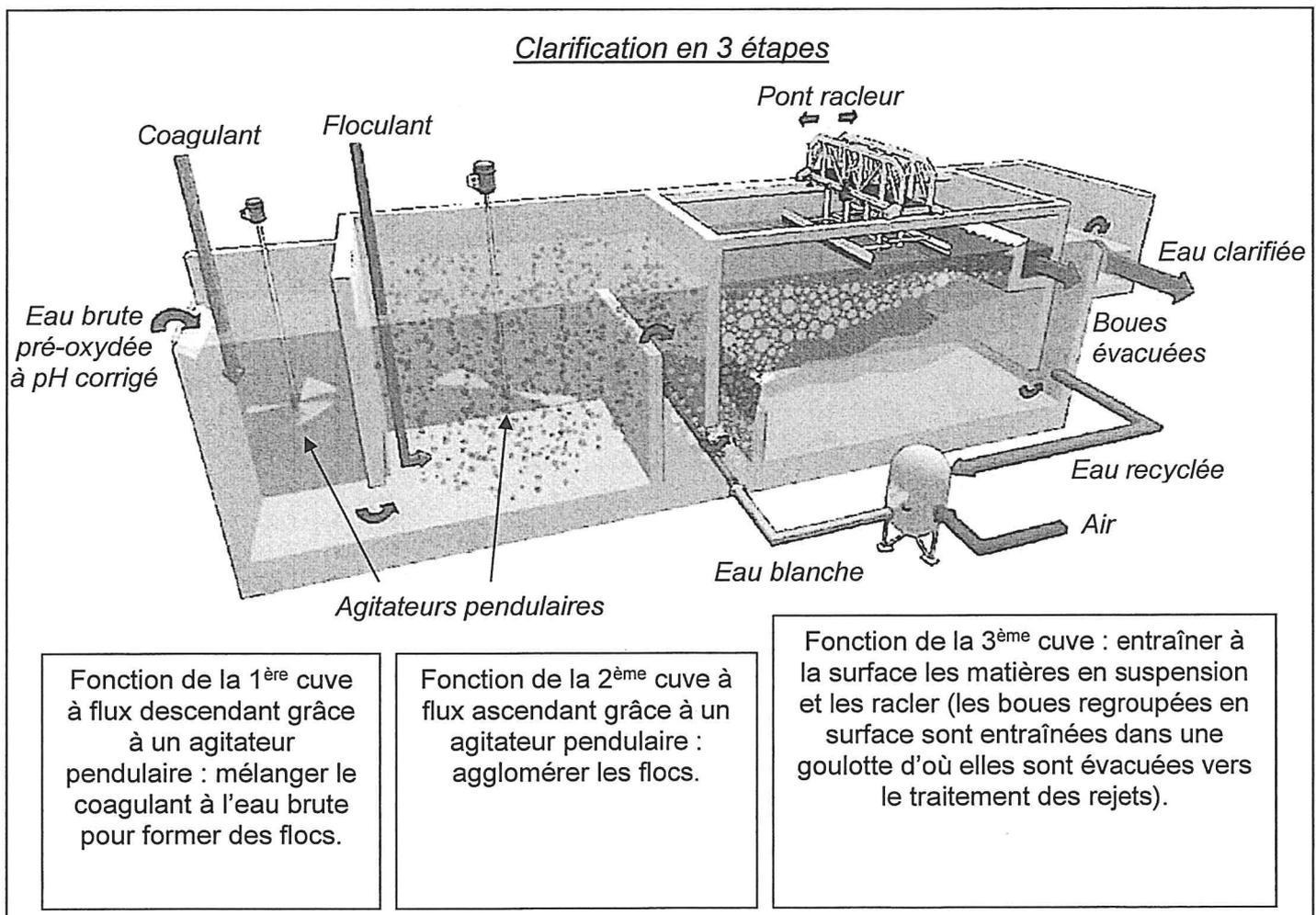
## C – PROJET DE TRAITEMENT DE L'EAU

Conformément aux hypothèses INSEE, aux estimations des élus et au Schéma Directeur d'Eau Potable, pour 2025, un coefficient de 1,12 a été appliqué aux besoins actuels.

L'unité devra donc permettre de garantir un débit de production de  $550 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  d'eau potable, soit  $11\,000 \text{ m}^3 \cdot \text{j}^{-1}$  sur 20 heures.

**L'objectif de cette partie est de vérifier la validité des solutions techniques retenues afin de répondre à la demande en eau potable de la population desservie par le SMEMAC.**

Nous allons, pour la suite de l'étude, nous intéresser à l'étape de clarification de la filière de traitement.

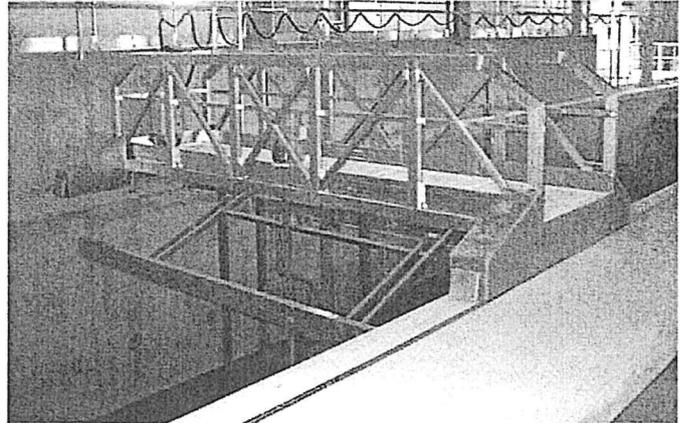


**C.1** : sur le document réponse N°1 à rendre avec la copie, **compléter le diagramme A0** de cette étape de clarification. Pour cela, on pourra s'aider des indications du dessin du process de clarification donné sur la page précédente.

Le pont racleur se déplacera linéairement au-dessus de la 3<sup>ème</sup> cuve.

Il sera guidé linéairement par quatre roues dont deux motrices reliées à un motoréducteur MR ayant une puissance  $P_{MR}$  de 0,18 kW et une fréquence de rotation  $N_{MR}$  de  $4,7 \text{ tr}\cdot\text{min}^{-1}$ .

Le raclage des graisses, sur une largeur  $l$  de 5 400 mm et une longueur  $L$  de 8 500 mm, sera effectué par deux racles en inox immergées sur une hauteur  $h$  de 100 mm.



La remontée et la descente des racles seront assurées par une bielle en inox fixée sur un excentrique. La motorisation sera assurée par un motoréducteur MR identique à celui du système d'avance.

**C.2** : sur le document réponse N°1, **compléter le tableau du schéma cinématique** en indiquant les noms des liaisons suivantes : liaison entre l'excentrique et le pont, liaison entre l'excentrique et la bielle, liaison entre le pont et le racleur.

**C.3** : le racleur doit être immergé sur une hauteur  $h$  de 100 mm et il se trouve au repos en position haute à 100 mm au-dessus du niveau supérieur de flottation. La course  $C$  des racleurs est donc égale à 200 mm. **Calculer alors la valeur de l'excentricité  $e$  de l'excentrique.**

Le volume  $V_r$  de boues raclées par le pont pour un aller-retour est de  $4,59 \text{ m}^3$ .

**C.4** : sachant qu'on envisage une masse journalière  $M_j$  de boues collectées d'environ 782kg pour un volume journalier  $V_j$  de  $39 \text{ m}^3$ , **déterminer le nombre  $N$  d'allers-retours** par jour que devra effectuer le pont.

**C.5** : le motoréducteur (pour l'aller et le retour) ayant une fréquence de rotation  $N_{MR}$  de  $4,7 \text{ tr}\cdot\text{min}^{-1}$ , les deux roues motrices ayant un diamètre  $D_{Rd}$  de 200 mm, **calculer la vitesse d'avance  $V$**  du pont racleur, en  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

**C.6** : connaissant la vitesse d'avance (et de recul) du pont racleur, **déterminer le temps  $T_{AR}$**  que mettra le pont racleur pour faire un aller-retour.

## D – PROJET DE MAINTENANCE DE LA STATION

**L'objectif de cette partie est de déterminer la politique de maintenance à mettre en place au sein de la station de traitement de l'eau.**

Le service maintenance d'une unité de traitement identique à celle de Saint-Émiland, a pu fournir aux responsables de la SMEMAC l'historique des défaillances lors des premiers mois de fonctionnement de leur site.

Afin de mettre en place une politique de maintenance et cibler les composants qui pourraient poser problème, on vous demande d'effectuer une analyse de l'historique donné ci-dessous.

<i>HISTORIQUE DES DÉFAILLANCES</i>	
<i>Nature de la défaillance</i>	<i>Temps d'intervention en heures et centièmes d'heures</i>
Hydraulique : pompes de refoulements.	24,00
Électronique de puissance : motoréducteurs agitateurs.	3,00
Hydraulique : surpresseurs.	9,00
Mécanique : dégrilleurs.	0,40
Mécanique : racleurs clarification.	1,00
Hydraulique : poste de dosage pré-oxydation.	12,00
Électronique de puissance : motoréducteurs racleurs.	1,20
Mécanique : vanne à opercule.	0,15
Mécanique : lamelles agitateurs.	1,30
Instrumentation de surveillance : capteurs.	7,65
Hydraulique : étanchéité tuyauterie.	9,80
Hydraulique : pompes de recirculation des boues.	6,80
Hydraulique : tuyauterie traitement de l'eau.	14,00
Hydraulique : goulottes de récupération des eaux.	1,45
Mécanique : racleur rotatif Carboflux.	1,10
Ossature béton : étanchéité cuve clarification.	2,00
Instrumentation de surveillance : manomètres.	3,00
Instrumentation de surveillance : débitmètres.	0,60
Hydraulique : ballons de pressurisation.	4,00
Hydraulique : tuyaux d'injection polymères.	1,90
Instrumentation de surveillance : API.	0,50
Hydraulique : clapet anti-retour injection réactifs.	0,90
Hydraulique : tuyaux d'injection lait de chaux.	1,65
Ossature béton : fissures.	0,90
Mécanique : mélangeur rapide pré-traitement.	0,40
Instrumentation de surveillance : turbidimètre.	3,30

**D.1** : sur le document réponse N°2, **compléter le tableau et tracer la courbe ABC** en fonction des durées des interventions par nature des défaillances. **Placer les zones ABC** sur le graphe. **Analyser le graphique, indiquer la nature des défaillances les plus contraignantes.**

On constate que les pompes de refoulement comptabilisent le plus grand temps d'intervention.

Le service a aussi fourni les paramètres de Weibull obtenus grâce à une étude de fiabilité de ces pompes :

Paramètre de forme $\beta = 0,8$	Paramètre d'échelle $\eta = 120$ heures	Paramètre de position $\gamma = 0$
-------------------------------------	--	---------------------------------------

**D.2** : à partir des paramètres de Weibull précédents, **tracer la courbe correspondante sur le papier de Weibull** fourni sur le document réponse N°3.

**D.3** : en vous aidant de l'extrait d'abaque ci-contre, **déterminer la MTBF** de ces pompes de refoulement.

$$\text{Moyenne} = A \cdot \eta + \gamma$$

$$\text{Écart type} = B \cdot \eta$$

$\beta$	A	B
0,20	120	1901
0,25	24	199
0,30	9,2605	50,08
0,35	5,0291	19,98
0,40	3,3234	10,44
0,45	2,4786	6,46
0,50	2	4,47
0,55	1,7024	3,35
0,60	1,5046	2,65
0,65	1,3663	2,18
0,70	1,2638	1,85
0,75	1,1906	1,61
0,80	1,1330	1,43
0,85	1,0880	1,29
0,90	1,0522	1,17
0,95	1,0234	1,08
1	1	1

**D.4** : **déterminer graphiquement, pour la valeur de la MTBF, la probabilité de défaillance  $F_{(MTBF)}$  des pompes. En déduire la fiabilité  $R_{(MTBF)}$  des pompes. Vérifier la valeur trouvée en utilisant la formule ci-dessous.**

Formule de la fiabilité :  $R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$

**D.5** : les responsables du SMEMAC veulent assurer une fiabilité de 85 % pour leurs pompes de refoulement. **Déterminer graphiquement la périodicité  $T_{85}$**  des interventions de maintenance préventive que devra effectuer le service maintenance de Saint-Emiland (laisser les traits de construction).

## E – ÉTUDE DE LA DISTRIBUTION DE LA STATION

Suite à des défauts thermiques du transformateur, le service maintenance a été chargé de le remplacer.

**L'objectif de cette partie est d'étudier la distribution en énergie électrique de la station de Brandon, à partir du document technique N°1.**

### Étude du transformateur MT/BT

**E.1 :** le service de maintenance est chargé de commander un nouveau transformateur de distribution. Pour cela, il doit spécifier entre autres les couplages primaire et secondaire.

**Indiquer les couplages utilisés et justifier le choix** de ces couplages.

**E.2 :** énoncer les tensions primaire et secondaire d'alimentation du transformateur en spécifiant ses domaines de tension (TBT, BT, HTA, HTB).

Les caractéristiques du transformateur sont les suivantes :

400KVA	400V	577A
--------	------	------

**E.3 :** donner la signification de ces grandeurs, et justifier par un calcul la valeur de 577 A.

### Configuration de l'installation électrique

Il existe trois types de Schémas des Liaisons à la Terre (SLT) appelés également régime de neutre.

**E.4 :** donner la dénomination des trois types de SLT.  
**Identifier le schéma de liaison à la terre** utilisé dans cette installation.  
**Donner sa particularité** par rapport aux deux autres.

### Maintenance électrique

L'équipe de maintenance a été appelée d'urgence suite à une coupure générale de la station. En arrivant, elle constate qu'aucun arrêt d'urgence n'a été manœuvré. Après recherche, elle remarque que le constituant QFG est ouvert.

**E.5 :** identifier le constituant QFG en précisant sa fonction dans le circuit.  
**Donner une raison** qui a pu provoquer son ouverture.

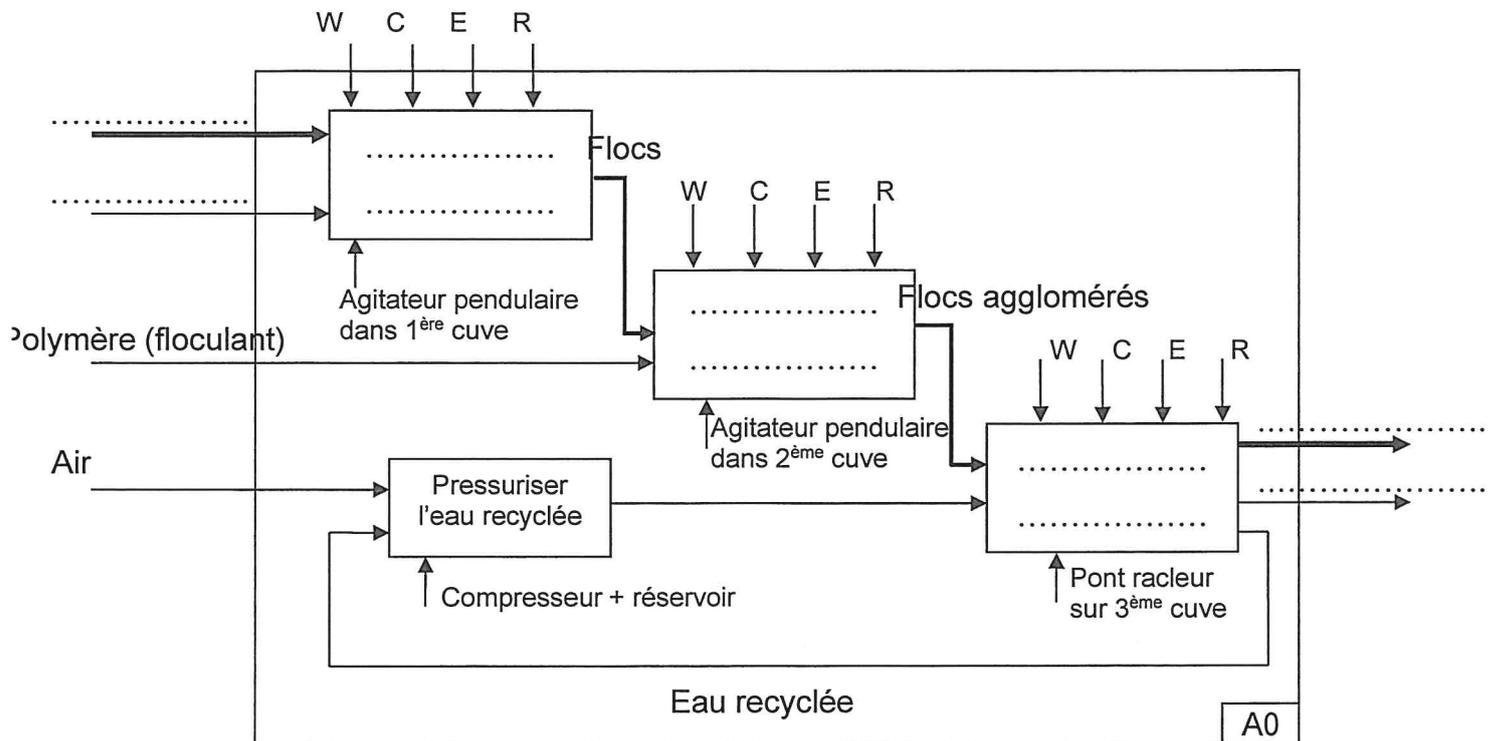
**E.6 :** le défaut a été corrigé et il faut fermer le constituant QFG. **Préciser l'habilitation électrique** nécessaire que l'opérateur de maintenance doit avoir, sachant qu'il n'y a aucune pièce nue sous tension.



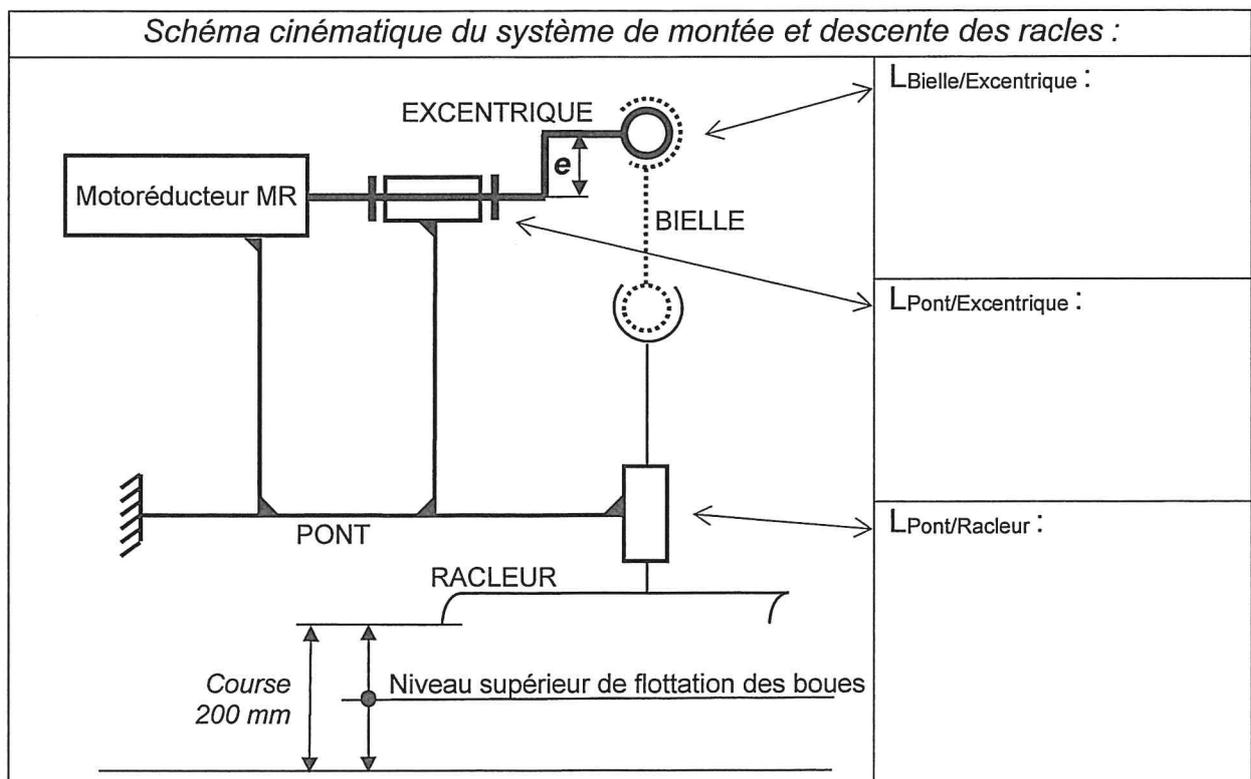
Document réponse N°1 à rendre avec la copie

Question C.1

Diagramme A0 de l'étape de clarification :



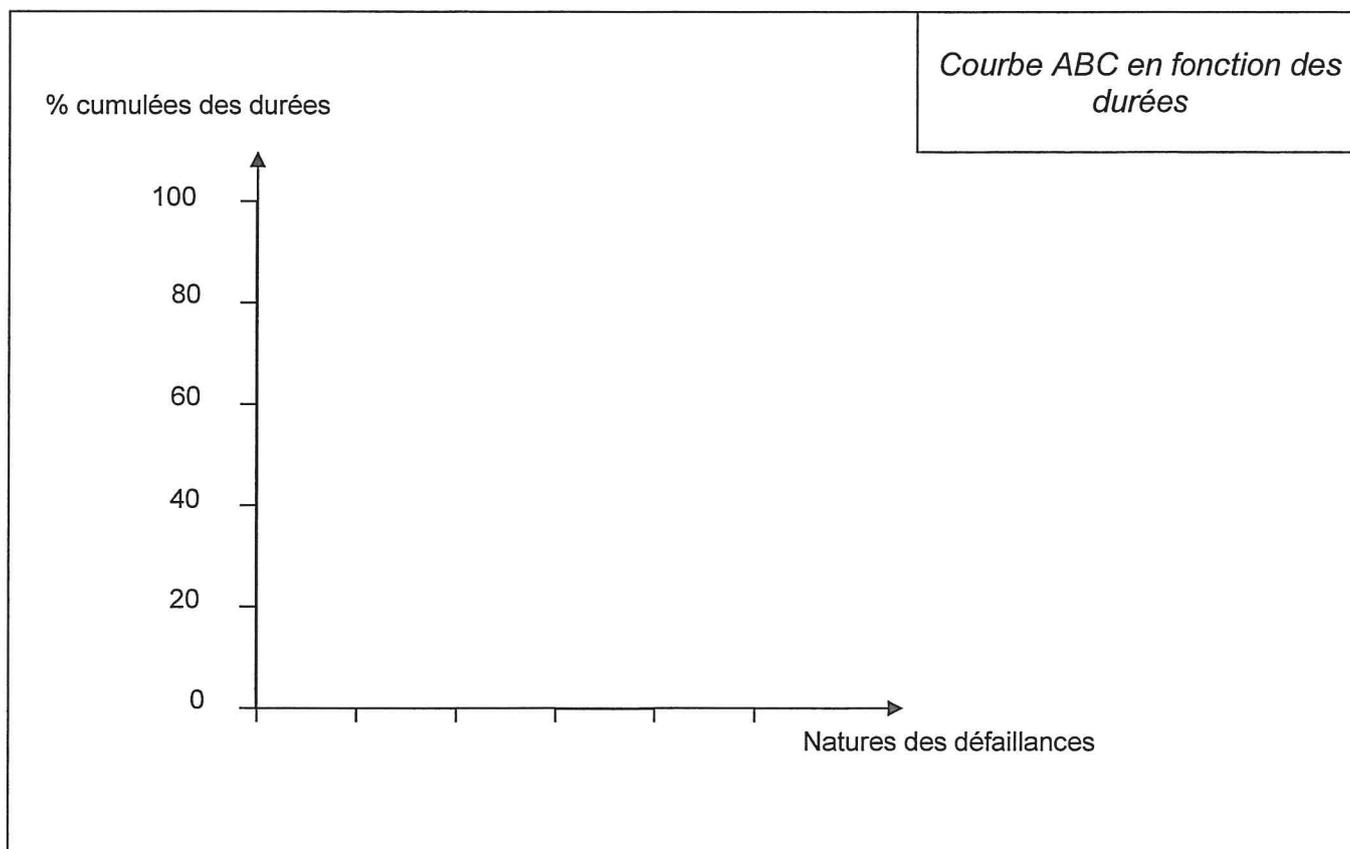
Question C.2



Document réponse N°2 à rendre avec la copie

Question D.1

Natures des défaillances classées (de la plus pénalisante à la moins pénalisante en fonction des durées des interventions)	Durée des interventions	Durées cumulées	Fréquences cumulées des durées en %



Conclusion :

Question D.3

