

# BTS MÉTIERS DE L'EAU

## SOUS ÉPREUVE E31 - Pilotage d'opérations de production, de traitement et de transfert des eaux

SESSION 2021

Durée : 4 heures  
Coefficient 4

### SUJET

#### Matériel

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.

L'usage de la calculatrice sans mémoire « type collègue » est autorisé.

Les documents personnels des candidats sont interdits.

#### DOCUMENTS – RÉPONSES À RENDRE ET À AGRAFER SUR LA COPIE

|                              |       |
|------------------------------|-------|
| - Document-réponse N°1 ..... | 7/10  |
| - Document-réponse N°2 ..... | 8/10  |
| - Document-réponse N°3 ..... | 8/10  |
| - Document-réponse N°4 ..... | 9/10  |
| - Document-réponse N°5 ..... | 9/10  |
| - Document-réponse N°6 ..... | 10/10 |

Les autres documents permettant de répondre aux questions sont dans le dossier technique.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.  
L'énoncé des consignes comporte 10 pages numérotées de 1/10 à 10/10.  
Le dossier technique comporte 10 pages numérotées de 1/10 à 10/10.

|  |                |              |
|--|----------------|--------------|
| BTS MÉTIERS DE L'EAU   |                | Session 2021 |
| Épreuve E31 : Pilotage d'opération de production, de traitement et de transfert des eaux - Sous épreuve écrite | Code : METEU31 | EC Page 1/10 |

# ÉNONCÉ DES CONSIGNES

## **Étude du fonctionnement d'un centre aquatique**

L'étude porte sur un centre aquatique composé de 3 bassins différents : une pataugeoire, un petit et un grand bassin.

Deux filières de traitements de l'eau sont distinctes, la première pour le grand bassin et la seconde pour la pataugeoire et le petit bassin.

Ces deux filières fonctionnent en parallèle et sont semblables au niveau des traitements. Les installations de traitement viennent d'être rénovées avec notamment l'ajout de déchloramineurs.

Dans cette étude en trois parties, nous nous intéressons au fonctionnement de la filière grand bassin.

La première partie consiste à réaliser une étude de la circulation de l'eau dans le centre aquatique.

La seconde partie concerne le système de filtration, en modes filtration, lavage et vidange. La dernière partie concerne les traitements complémentaires avec les procédés de déchloration et de désinfection.

### **1. ANALYSE GÉNÉRALE DE LA FILIÈRE GRAND BASSIN**

Le synoptique du traitement de l'eau du grand bassin est présenté sur le **document 1**.

**Q.1.1.** À l'aide du **document 1**, compléter le **document-réponse 1 (à rendre avec la copie)** en nommant les différents traitements effectués et en précisant sommairement leur rôle respectif. Comme dans les trois encadrés déjà complétés, le traitement sera noté en majuscule et le rôle en minuscule.

**Q.1.2.** Indiquer dans les six encadrés du **document-réponse 1 (à rendre avec la copie)**, les valeurs de débits lorsque l'installation est en fonctionnement normal (filtration).

Le **document 2** présente deux types d'hydraulicité pour les bassins.

**Q.1.3.** En tenant compte des débits, **argumenter** cette affirmation : « la piscine étudiée fonctionne en hydraulicité mixte ».

Le bac tampon représenté sur le **document 1** est équipé d'un capteur de niveau.

Ce capteur est raccordé à un automate programmable par une entrée analogique 4-20 mA. L'armoire électrique de raccordement se situe à 6 m du bac tampon.

**Q.1.4.** À l'aide de la documentation technique du capteur fournie en **document 3**, **déterminer** la référence du capteur de niveau en développant le choix effectué.

L'étendue de mesure du capteur est comprise entre le niveau très bas (0,3 m) et le niveau très haut (2,4 m). Le capteur a été étalonné de manière à associer 4 mA pour 0,30 m et 20 mA pour 2,40 m.

**Q.1.5.** Calculer la valeur de l'intensité lorsque le niveau mesuré correspond au niveau haut de 1,40 m.

**Présenter** le détail des calculs effectués.

|   |                       |                     |
|---|-----------------------|---------------------|
| <b>BTS MÉTIERS DE L'EAU</b>   |                       | <b>Session 2021</b> |
| <b>Épreuve E31 : Pilotage d'opération de production, de traitement et de transfert des eaux - Sous épreuve écrite</b> | <b>Code : METEU31</b> | <b>EC Page 2/10</b> |

Pour assurer la circulation de l'eau, deux pompes centrifuges P1.1 et P1.2 représentées sur le **document 1**, sont branchées en dérivation.

**Q.1.6. Justifier** le fait d'utiliser deux pompes de circulation plutôt qu'une seule.

Les pompes sont pilotées respectivement par un variateur de vitesse pour adapter le débit aux différentes phases de fonctionnement de l'installation, filtration, lavage et vidange.

Chaque pompe est entraînée par un moteur asynchrone triphasé, piloté par un variateur de vitesse lui-même alimenté par un réseau triphasé 3x400 V – 50 Hz.

Le **document 4** présente les données techniques des variateurs de vitesse.

Les caractéristiques nominales d'un moteur sont les suivantes :

- puissance utile :  $P_u = 5,5$  kW
- fréquence de rotation :  $N_n = 1450$  tr·min<sup>-1</sup>
- facteur de puissance :  $\cos \varphi = 0,8$
- rendement :  $\eta = 89,6$  %
- nombre de paires de pôle : 2

**Q.1.7. Calculer** la puissance  $P_{abs}$  et le courant  $I$  absorbés par ce moteur.

**Q.1.8.** À l'aide du **document 4**, **déterminer** la référence du variateur choisi en expliquant le choix effectué.

La vitesse des pompes varie en fonction de la fréquence d'alimentation du moteur asynchrone d'entraînement.

Le débit de filtration est  $Q_F = 150$  m<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup> et le débit de lavage est  $Q_L = 220$  m<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup>. Les deux pompes fonctionnent en parallèle.

La fréquence de réglage  $F$  du variateur est donnée par la relation suivante :

$$N = \frac{60 \times F}{p} \text{ avec } \begin{array}{l} p : \text{le nombre de paires de pôles du moteur (dans notre cas } p = 2) ; \\ F : \text{la fréquence exprimée en Hz ;} \\ N : \text{la fréquence de rotation exprimée en tr.min}^{-1}. \end{array}$$

Le **document 5** présente les courbes caractéristiques de l'association des deux pompes.

**Q.1.9.** À l'aide du **document 5**, **déterminer** successivement les fréquences de rotation des pompes, exprimées en tr·min<sup>-1</sup>, correspondant au mode de fonctionnement « filtrage » et « lavage ».

**Calculer** ensuite les fréquences de réglage du variateur correspondant à ces deux modes de fonctionnement.

Le calcul de la puissance hydraulique est de la forme :

$$P_{hyd} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot HMT$$

Avec  $\rho$  : le masse volumique de l'eau = 1000 kg·m<sup>-3</sup> ;

$g$  : accélération de la pesanteur = 9,81 m·s<sup>-2</sup> ;

$Q$  : le débit en m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup> ;

$HMT$  : la hauteur manométrique totale du groupe de pompage en mCE.

|   |                       |                     |
|---|-----------------------|---------------------|
| <b>BTS MÉTIERS DE L'EAU</b>   |                       | <b>Session 2021</b> |
| <b>Épreuve E31 : Pilotage d'opération de production, de traitement et de transfert des eaux - Sous épreuve écrite</b> | <b>Code : METEU31</b> | <b>EC Page 3/10</b> |

**Q.1.10.** À l'aide du **document 5**, **déterminer** les HMT puis **calculer** les puissances hydrauliques de l'association parallèle des deux pompes, pour les débits correspondants respectivement aux modes de fonctionnement « filtration » et « lavage ».

Les critères permettant les calculs de coûts sont les suivants :

- Le rendement  $\eta_m$  des moteurs est supposé constant  $\eta_m = 89,6 \%$ .
- Le rendement  $\eta_p$  du groupe de pompage est supposé constant  $\eta_p = 70 \%$ .
- Les durées journalières de filtration et de lavage (un par jour) sont données sur le synoptique du **document 1**.
- Le coût TTC du kWh est de 0,163 €.

Les valeurs de puissances hydrauliques sont les suivantes :

$P_{\text{hyd F}} = 3500 \text{ W}$  et  $P_{\text{hyd L}} = 6950 \text{ W}$ .

**Q.1.11.** **Calculer**, en euros, le coût journalier en énergie électrique correspondant au fonctionnement du groupe de pompage (filtrations et un lavage du filtre).

## **2. ÉTUDE DU SYSTÈME DE FILTRATION DU GRAND BASSIN**

Le **document 6** rassemble les données sur le floculant utilisé qui est le "Quickflock". Dans le centre aquatique, le taux de traitement appliqué correspond au minimum préconisé par la fiche technique.

**Q.2.1.** **Calculer** le débit d'injection minimum exprimé en mL de floculant par heure appliqué dans la filière "grand bassin" en considérant un débit de  $150 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  d'eau à traiter.

**Q.2.2.** Sachant que le floculant utilisé est à  $5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ , **en déduire** le taux de traitement minimum appliqué en  $\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ .

**Q.2.3.** **Calculer** le volume journalier de floculant exprimé en L consommé par la filière grand bassin.

Sachant que la durée de filtration est de 20 h par jour, **en déduire** le volume annuel de floculant utilisé et **montrer** qu'il faut deux livraisons annuelles pour respecter les conditions de stockage précisées sur le **document 1**.

**Q.2.4.** À partir du **document 1**, **calculer** le débit de filtration optimal pour le filtre à sable de la filière.

**Conclure** sur la cohérence de ce débit vis-à-vis des débits donnés dans le synoptique.

**Q.2.5.** Sur le schéma du filtre à sable du **document-réponse N°2 (à rendre avec la copie)**, **indiquer** le sens des circuits d'eau dans le filtre en mode « filtration » d'une part et en mode « vidange du grand bassin » d'autre part. **Préciser** la légende utilisée.

Chaque nuit, en période de fermeture de la piscine, un cycle de lavage du filtre est lancé.

Le processus chronologique du cycle de lavage du filtre est :

- *détassage à l'air comprimé seul pendant 2 min*
- *contre - lavage à l'eau seule pendant 5 min*
- *retassage à l'eau seule pendant 2 min*

Durant ce cycle, les pompes P1.1 et P1.2 fonctionnent simultanément et le compresseur CA1.1 fournit l'air nécessaire.

|   |                       |                     |
|---|-----------------------|---------------------|
| <b>BTS MÉTIERS DE L'EAU</b>   |                       | <b>Session 2021</b> |
| <b>Épreuve E31 : Pilotage d'opération de production, de traitement et de transfert des eaux - Sous épreuve écrite</b> | <b>Code : METEU31</b> | <b>EC Page 4/10</b> |

**Q.2.6. Compléter** le tableau du **document-réponse N°3 (à rendre avec la copie)** en indiquant les vannes qui doivent être ouvertes et celles qui doivent être fermées durant les phases restantes de lavage du filtre (notation « O » pour ouvert et « F » pour fermé).

**Q.2.7. Compléter** le GRAFCET de lavage du filtre du **document-réponse N°4 (à rendre avec la copie)** correspondant au cycle de lavage à l'aide des identifiants des équipements du **document 1**.

**Q.2.8. Calculer** le volume d'eau utilisé pour chaque cycle de lavage en utilisant les données du **document 1**.

**Q.2.9.** À partir du **document 1**, **calculer** les vitesses d'écoulement, lors du lavage des filtres, dans les deux conduites situées entre les pompes et le filtre à sable.

*Il est généralement préconisé de ne pas dépasser une vitesse de  $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  dans les canalisations d'eau.*

**Q.2.10. Indiquer** les conséquences hydrauliques et l'impact sur la consommation énergétique des pompes dans les cas où la vitesse d'écoulement dépasse celle préconisée.

### **3. ÉTUDE DES TRAITEMENTS COMPLÉMENTAIRES**

*Le **document 7** synthétise des données sur les chloramines et leurs conséquences sur la santé.*

**Q.3.1. Indiquer** l'origine de la formation des chloramines dans les bassins accueillant du public.

**Q.3.2. Identifier** les risques pour la santé des baigneurs et du personnel de la piscine, associés à la présence de chloramines.

**Q.3.3. Citer** trois différents procédés d'élimination des chloramines de l'eau.

*Le dichlore gazeux est le désinfectant utilisé. Il n'y a pas d'ajout de stabilisant (de type acide isocyanurique). Le **document-réponse N°5 (à rendre avec la copie)** présente le cahier de suivi du 8 août 2019.*

*Le **document 8** permet de déterminer la concentration en chlore libre actif en fonction de la concentration en chlore libre et du pH pour une eau à 27 °C et en l'absence de stabilisant.*

**Q.3.4.** Sur le **document-réponse N°5 (à rendre avec la copie)**, reporter :

- la concentration en chlore combiné ;
- la concentration en chlore libre actif relevée sur le **document 8** pour le jeudi 8 août 2019.

*Le **document 9** présente un extrait de la réglementation relative aux piscines.*

**Q.3.5. Analyser** les résultats (microbiologiques, pH, chlore total et chlore libre actif) obtenus le jeudi 8 août 2019 et conclure sur leur conformité vis-à-vis de la réglementation.

|   |                       |                     |
|---|-----------------------|---------------------|
| <b>BTS MÉTIERS DE L'EAU</b>   |                       | <b>Session 2021</b> |
| <b>Épreuve E31 : Pilotage d'opération de production, de traitement et de transfert des eaux - Sous épreuve écrite</b> | <b>Code : METEU31</b> | <b>EC Page 5/10</b> |

On réalise une désinfection au chlore gazeux. Le **document 1** indique le point de chloration. Au niveau de l'hydro-éjecteur HI 1.1, le gaz chloré est mélangé à une partie de l'eau de piscine pour former l'eau chlorée.

L'eau chlorée a une concentration de  $180 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  en dichlore. L'eau circule à un débit de  $1,5 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ .

**Q.3.6. Calculer** le débit massique de chlore en  $\text{g}\cdot\text{h}^{-1}$ .

L'eau chlorée est refoulée dans la conduite principale via la vanne V1.13 et il y a dilution dans la conduite principale.

**Q.3.7.** À partir des données du **document 1**, **déterminer** la dilution de l'eau chlorée obtenue dans la conduite principale.

**Q.3.8. Vérifier** que le taux de traitement en chlore libre correspond à la valeur indiquée dans le cahier de suivi journalier.

La régulation du pH est une régulation à deux seuils de basculement de type « tout ou rien » (TOR). Le seuil de basculement haut, noté SH, est défini pour un pH de 7,4 et le seuil de basculement bas, noté SB, est défini pour un pH de 7,1.

**Q.3.9. Justifier** le choix de ces seuils en se référant au **document 9**.

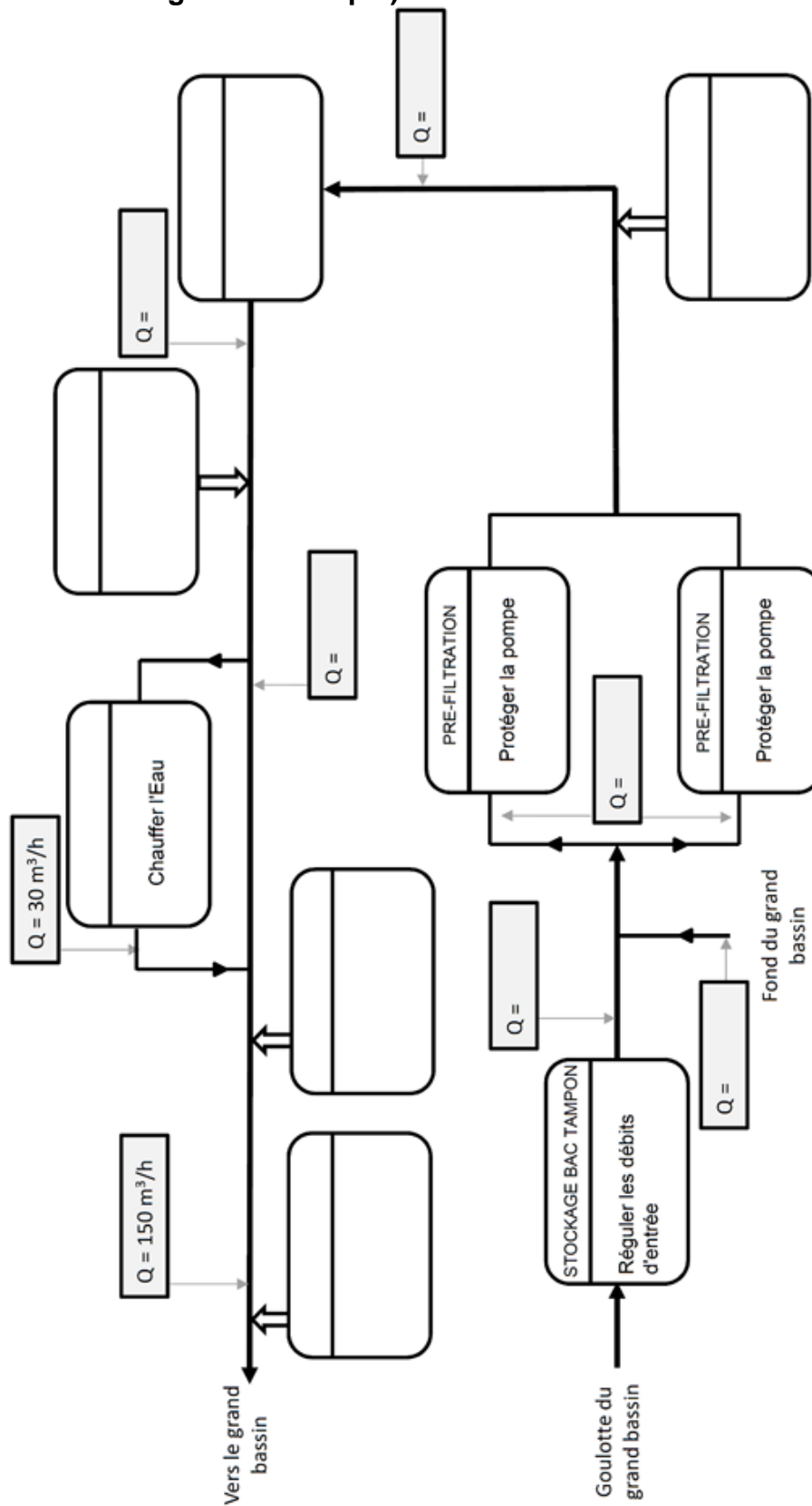
La caractéristique de transfert de cette régulation est représentée sur le **document-réponse 6 (à rendre avec la copie)**.

**Q.3.10. Placer** sur le **document-réponse 6 (à rendre avec la copie)** les seuils de basculement haut et bas sur la courbe d'évolution du pH.

**Tracer** l'évolution du signal de commande de la pompe qui injecte le réactif nécessaire à la régulation de pH.

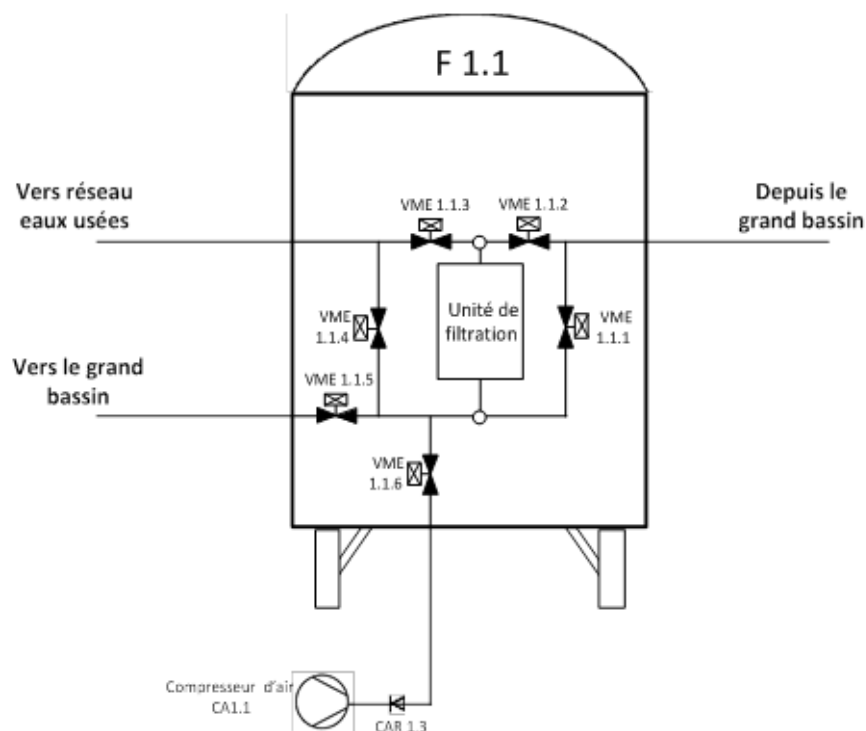
|   |                       |                     |
|---|-----------------------|---------------------|
| <b>BTS MÉTIERS DE L'EAU</b>   |                       | <b>Session 2021</b> |
| <b>Épreuve E31 : Pilotage d'opération de production, de traitement et de transfert des eaux - Sous épreuve écrite</b> | <b>Code : METEU31</b> | <b>EC Page 6/10</b> |

**Document-réponse N°1 - Schéma simplifié du traitement de l'eau du grand bassin (à rendre et à agraffer à la copie)**



|  |                |                     |
|--|----------------|---------------------|
| <b>BTS MÉTIERS DE L'EAU</b>  |                | <b>Session 2021</b> |
| Épreuve E31 : Pilotage d'opération de production, de traitement et de transfert des eaux - Sous épreuve écrite | Code : METEU31 | EC Page 7/10        |

**Document-réponse N°2 - Schéma du filtre à sable (à rendre et à agraffer à la copie)**

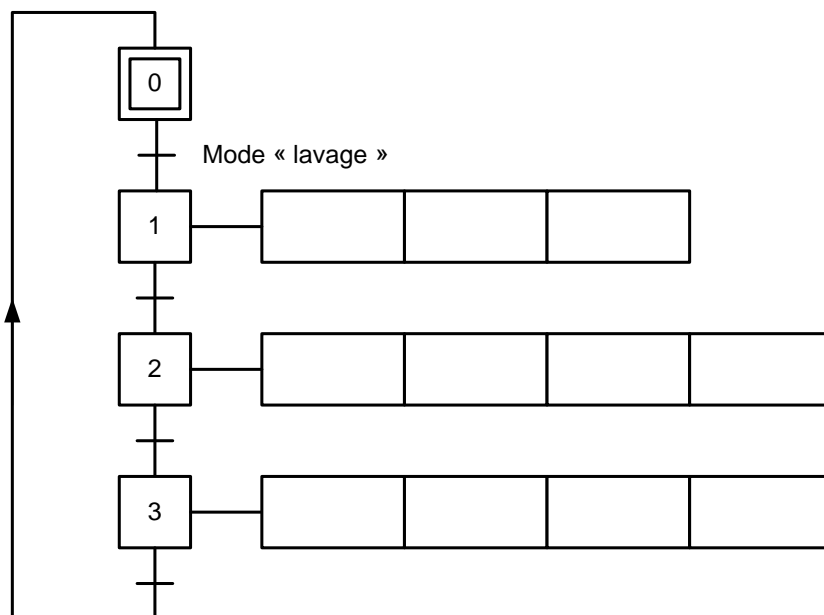


**Document-réponse N°3 - Tableau d'état des vannes en fonction des modes (à rendre et à agraffer à la copie)**

| Phase de fonctionnement | VME 1.1.1 | VME 1.1.2 | VME 1.1.3 | VME 1.1.4 | VME 1.1.5 | VME 1.1.6 |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Lavage (Détassage)      |           |           |           |           |           |           |
| Lavage (Contre-lavage)  |           |           |           |           |           |           |
| Lavage (Retassage)      | F         | O         | F         | O         | F         | F         |



**Document-réponse N°4 - GRAFCET de lavage du filtre (à rendre et àagrafer à avec la copie)**



**Document-réponse N°5 - Extrait du cahier de suivi de la semaine 32 (à rendre et àagrafer à la copie)**

Résultats d'analyses physico-chimiques effectuées :

| Jour              | Grand bassin               |      |                     |                     |                       |                           |     |
|-------------------|----------------------------|------|---------------------|---------------------|-----------------------|---------------------------|-----|
|                   | Analyses physico-chimiques |      |                     |                     |                       |                           |     |
|                   | Heure                      | T°C  | Chlore libre (mg/L) | Chlore total (mg/L) | Chlore combiné (mg/L) | Chlore libre actif (mg/L) | pH  |
| Jeudi<br>08/08/19 | 9h00                       | 27,0 | 1,8                 | 2,38                |                       |                           | 7,2 |

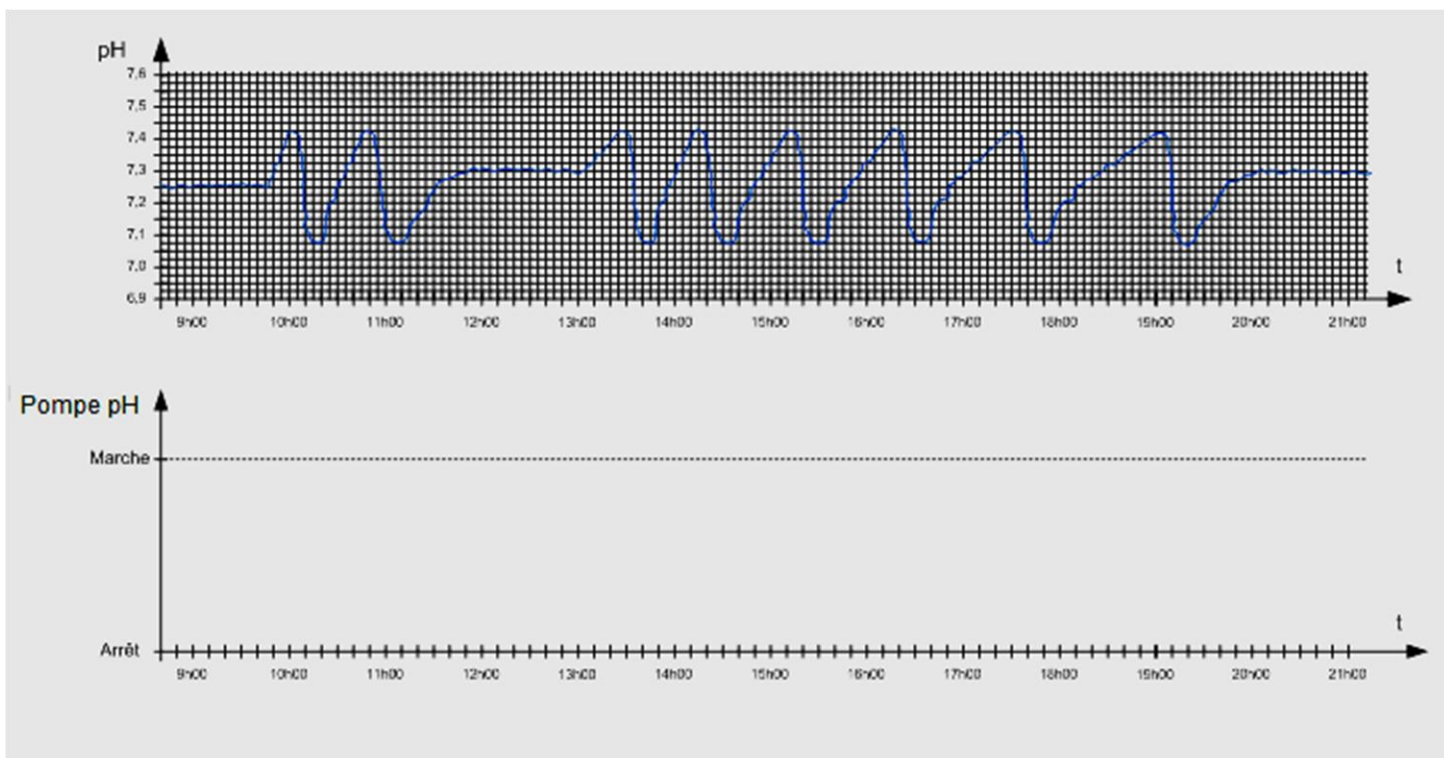
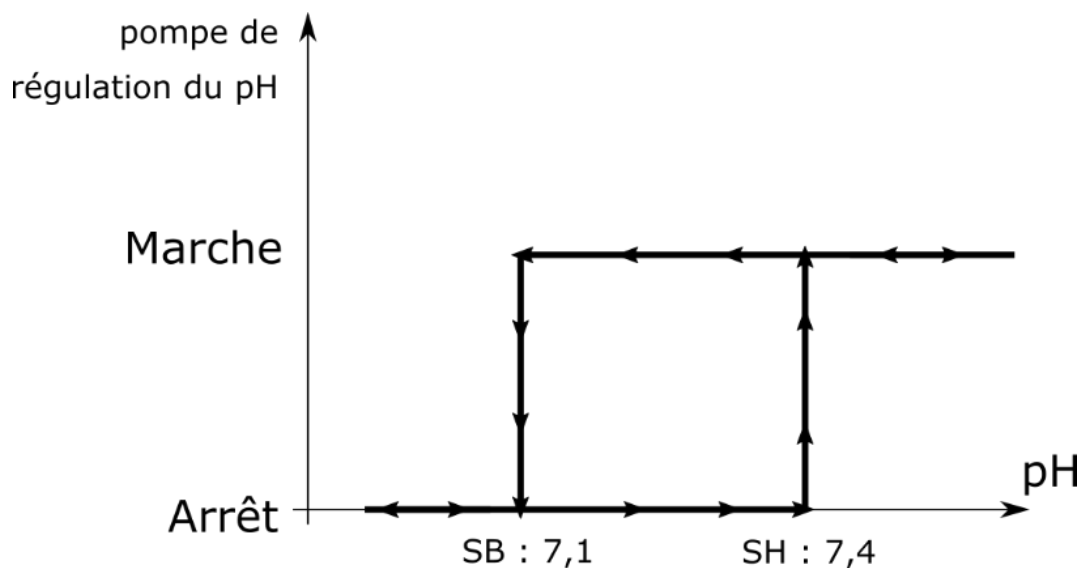
Résultats d'analyses microbiologiques de l'ARS (agence régionale de santé) :

| Jour              | Grand bassin              |      |                                      |                                |                                |
|-------------------|---------------------------|------|--------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|                   | Analyses microbiologiques |      |                                      |                                |                                |
|                   | Heure                     | T°C  | Flore aérobie totale à 36°C (UFC/mL) | coliformes totaux (UFC/100 mL) | coliformes fécaux (UFC/100 mL) |
| Jeudi<br>08/08/19 | 9h00                      | 27,0 | 8                                    | 0                              | 0                              |

Comme dans 100% des échantillons analysés, absence de *Staphylococcus aureus* (pathogène) dans 100 mL d'eau.

|   |                       |                     |
|---|-----------------------|---------------------|
| <b>BTS MÉTIERS DE L'EAU</b>   | <b>Session 2021</b>   |                     |
| <b>Épreuve E31 : Pilotage d'opération de production, de traitement et de transfert des eaux - Sous épreuve écrite</b> | <b>Code : METEU31</b> | <b>EC Page 9/10</b> |

Document-réponse N°6 - Régulation du pH (à rendre et àagrafer à la copie)



|  |                |                     |
|--|----------------|---------------------|
| <b>BTS MÉTIERS DE L'EAU</b>  |                | <b>Session 2021</b> |
| Épreuve E31 : Pilotage d'opération de production, de traitement et de transfert des eaux - Sous épreuve écrite | Code : METEU31 | EC Page 10/10       |