Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
formav.co/explorer

BTS MÉTIERS DE L'EAU

Session 2016 • Code sujet : **MTE6EDC** • Durée : **4 heures** • Coefficient : **4**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. **Étude du traitement biologique** (7 questions) — **Page 3**
2. **Étude du traitement physico-chimique** (6 questions) — **Page 6**
3. **Étude de l'affinage par ozonation** (2 questions) — **Page 9**
4. **Étude du moteur de la pompe à lait de chaux** (7 questions) — **Page 10**
5. **Boucle de régulation du pH et transmetteur** (5 questions) — **Page 12**
6. **Acquisition analogique et commande automatisée des vannes** (4 questions) — **Page 14**
7. **Réseau d'alimentation et choix de la pompe submersible** (8 questions) — **Page 16**
8. **Ce qu'il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ)** (Synthèse & Q&A Examen) — **Page 20**

Sujet officiel (PDF) : https://btsme.fr/assets/annales/bts-me/E6 - Conception des unités de traitement et des réseaux/2016/BTS ME - E6 - Conception des unités de traitement et des réseaux - Session 2016 - 1-Sujet.pdf

1. Étude du traitement biologique

L'installation traite le lixiviat d'un centre d'enfouissement, carencé en carbone et en phosphore, dans une filière comprenant des bassins d'anoxie, un bassin d'aération et un clarificateur. Les données d'entrée, les normes de rejet et les informations sur la dénitrification permettent d'étudier les flux, les charges, les rendements et les boues.

P1 - Traitement biologique

Question P1.1. À l'aide des annexes 1, 2 et 3, justifier l'ajout de méthanol dans les bassins d'anoxie 1 et 2.

La dénitrification, réalisée dans les bassins d'anoxie, transforme les nitrates en diazote. Les bactéries ont besoin d'une source de carbone assimilable pour effectuer cette réaction. Or le lixiviat est carencé en carbone et une part importante de sa DCO est dure, donc difficilement biodégradable. Le méthanol apporte le carbone facilement disponible qui manque au milieu et soutient ainsi l'élimination de l'azote avant le rejet. Il est donc injecté dans les deux bassins d'anoxie où se déroule cette étape biologique.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Le méthanol fournit le carbone assimilable nécessaire à la dénitrification des nitrates dans les deux bassins d'anoxie.

Question P1.2. Calculer le flux massique journalier de DBO5 entrant, puis le flux massique journalier maximal de DBO5 à respecter au rejet dans le milieu naturel. En déduire le flux massique journalier de DBO5 à éliminer.

Le débit journalier vaut **$20 \times 24 = 480\ m^3 \cdot j^{-1}$**. Pour une concentration en $mg \cdot L^{-1}$, le flux en $kg \cdot j^{-1}$ se calcule par concentration × débit journalier / 1 000. On applique la relation à la concentration d'entrée, puis à la concentration maximale autorisée au rejet. La différence entre les deux flux donne la masse de DBO_5 à éliminer chaque jour.

Situation	Calcul	Flux de DBO_5
Entrée	170 × 20 × 24 / 1 000	81,6 $kg \cdot j^{-1}$
Rejet maximal	30 × 20 × 24 / 1 000	14,4 $kg \cdot j^{-1}$
À éliminer	81,6 − 14,4	67,2 $kg \cdot j^{-1}$

✓ RÉPONSE À RETENIR

Flux entrant : 81,6 $kg \cdot j^{-1}$; flux maximal au rejet : 14,4 $kg \cdot j^{-1}$; flux à éliminer : 67,2 $kg \cdot j^{-1}$.

Question P1.3. À l'aide des annexes 2 et 4, établir l'équation aux grandeurs de la charge volumique, la calculer en considérant uniquement le volume du bassin d'aération, puis en déduire le type de charge.

La charge volumique est le flux massique journalier de DBO_5 entrant divisé par le volume du bassin d'aération : $C_v = F_{DBO_5}/V$. En données, $F_{DBO_5} = C_{DBO_5} \times Q \times 24/1000$, soit 81,6 kg·j^{-1}. Avec le volume de 500 m^3, $C_v = 81,6/500 = 0,1632$ kg DBO_5·m^{-3}·j^{-1}. Cette valeur est inférieure à la référence de 0,3 indiquée pour la faible charge dans l'annexe 4 : l'installation fonctionne donc en faible charge.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Charge volumique : 0,1632 kg DBO_5·m^{-3}·j^{-1} ; régime de faible charge.

Question P1.4. À partir des annexes 2 et 3, calculer les rendements d'élimination attendus pour la DCO, la DBO5 et le NTK.

Pour chaque paramètre, le rendement nécessaire est la fraction de la concentration entrante qu'il faut éliminer : $R = (C_{entrée} - C_{rejet})/C_{entrée} \times 100$. Les concentrations de rejet utilisées sont les valeurs maximales de l'annexe 3. Les calculs sont arrondis au dixième de pour cent.

Paramètre	Entrée (mg·L^{-1})	Rejet maximal (mg·L^{-1})	Rendement attendu
DCO	1 400	150	89,3 %
DBO_5	170	30	82,4 %
NTK	709	20	97,2 %

Ces rendements correspondent aux abattements minimaux à obtenir pour respecter les normes de rejet. Le rendement le plus élevé est requis pour le NTK.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Rendements attendus : DCO 89,3 % ; DBO_5 82,4 % ; NTK 97,2 %.

Question P1.5. À partir de l'annexe 2, établir la formule littérale de calcul de la masse totale de MVS nécessaire dans les deux bassins d'anoxie. Calculer cette masse en tonnes, puis en déduire la masse de MVS dans le bassin d'anoxie 2.

La vitesse de dénitrification est de 2,1 g de N-NO_3^- éliminés par heure et par kilogramme de MVS. La masse totale nécessaire s'obtient donc par : $M_{MVS} = F_{NO_3} \times 1000/(24 \times v_{dénitrification})$. Avec un flux de 340 kg·j^{-1}, cela donne 6 746 kg, soit 6,746 t pour les deux bassins. Le bassin 1 contient déjà 2 t ; le bassin 2 doit donc contenir le complément, soit environ 4,746 t de MVS.

✓ RÉPONSE À RETENIR

MVS totale : 6,746 t ; MVS dans le bassin d’anoxie 2 : 4,746 t.

Question P1.6. Préciser le rôle du dégazage à la sortie du bassin d'anoxie 2.

La dénitrification produit du diazote, qui peut rester sous forme de bulles dans le mélange d’eau et de boues. Le dégazage situé à la sortie du bassin d’anoxie 2 libère ce gaz avant l’arrivée au clarificateur. Il évite que les bulles s’accrochent aux flocs et les entraînent vers la surface. Sans cette étape, une partie des boues pourrait flotter au lieu de décanter, ce qui perturberait leur séparation de l’eau clarifiée et leur recirculation.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Le dégazage évacue le diazote avant clarification et limite la flottation des boues.

Question P1.7. À l'aide de l'annexe 1, indiquer le rôle des différents flux de boues à partir de la fosse à boues du clarificateur.

La fosse à boues du clarificateur répartit les boues entre deux flux complémentaires. La recirculation renvoie une partie des boues vers le traitement biologique pour maintenir la biomasse nécessaire à l’épuration. La purge évacue l’excédent vers la filière de traitement des boues et limite leur accumulation dans les bassins. Ces flux permettent ainsi de conserver une quantité de biomasse adaptée au fonctionnement du procédé.

Flux de boues	Rôle
Recirculation	Retour de biomasse vers les bassins biologiques.
Purge	Évacuation des boues excédentaires vers leur traitement.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Recirculation : maintien de la biomasse dans le traitement biologique. Purge : évacuation des boues excédentaires vers leur traitement.

2. Étude du traitement physico-chimique

Après le clarificateur, l'effluent est traité dans un Densadeg® par ajout de chlorure ferrique et de polymère, avec ajout de chaux. Les questions portent sur l'élimination de la DCO, le dosage du coagulant, l'alcalinité, les précautions de sécurité et la décantation lamellaire.

P2 - Traitement physico-chimique

Question P2.1. À l'aide de l'annexe 2, calculer le rendement d'élimination de la DCO à la sortie du clarificateur et commenter le résultat.

La DCO en entrée est de 1 400 mg·L⁻¹ et la DCO restante à la sortie du clarificateur est de 700 mg·L⁻¹. Le rendement d'élimination est donc $R = \frac{1400-700}{1400} \times 100$. La moitié de la DCO est éliminée. Les 700 mg·L⁻¹ résiduels correspondent à la DCO dure, difficilement éliminable par voie biologique : le traitement physico-chimique puis l'ozonation complètent la filière.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Rendement d'élimination de la DCO : 50 %.

Question P2.2. À l'aide de l'annexe 2, calculer la concentration massique de la solution commerciale en chlorure ferrique, puis en déduire le débit de la pompe doseuse d'injection.

La densité de 1,45 correspond à une masse de 1,45 kg par litre de solution. La fraction pure étant de 41 %, la concentration massique en $FeCl_3$ pur est calculée ainsi :

1. $1,45 \times 0,41 = 0,5945$ kg·L⁻¹, soit 594,5 g·L⁻¹.
2. Le débit traité vaut 20 000 L·h⁻¹ ; à 100 mg·L⁻¹, il faut 2 kg·h⁻¹ de $FeCl_3$ pur.
3. Le débit de solution commerciale est $2/0,5945$, soit environ 3,36 L·h⁻¹.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Concentration en $FeCl_3$ pur : 594,5 g·L⁻¹. Débit de pompe doseuse : 3,36 L·h⁻¹.

Question P2.3. À partir de la réaction bilan fournie, calculer la baisse théorique d'alcalinité, en degrés français, dans l'effluent au cours de la coagulation.

La réaction consomme 3 moles de bicarbonate par mole de $FeCl_3$. Avec $M_{FeCl_3} = 55,8 + 3 \times 35,5 = 162,3$ g·mol⁻¹, la baisse d'alcalinité exprimée en équivalent $CaCO_3$ vaut $100 \times 3 \times 50/162,3 = 92,4$ mg·L⁻¹. Or 1 °f correspond à 10 mg·L⁻¹ en $CaCO_3$. La baisse théorique est donc $92,4/10 = 9,24$ °f. Ce calcul suppose que la dose de 100 mg·L⁻¹ est exprimée en $FeCl_3$ pur, comme indiqué dans les données de station.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Baisse théorique d'alcalinité : 9,24 °f.

Question P2.4. Préciser le rôle de la chaux ajoutée en entrée du Densadeg®.

La coagulation au chlorure ferrique consomme l'alcalinité de l'eau et peut entraîner une baisse du pH. La chaux apporte une alcalinité complémentaire pour compenser cette consommation. Elle permet ainsi de maintenir un pH adapté à l'action du coagulant et à la formation des flocs. Ces flocs pourront ensuite être séparés dans le Densadeg®. La chaux contribue donc au bon déroulement de la coagulation-floculation, et pas directement à l'élimination de la DCO dure.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> La chaux compense la consommation d'alcalinité et maintient un pH favorable à la coagulation-floculation.

Question P2.5. À l'aide de l'annexe 5, indiquer les précautions à prendre pour manipuler l'hydroxyde de calcium.

L'annexe signale des risques d'irritation cutanée, de lésions oculaires graves et d'irritation des voies respiratoires. Il faut donc limiter l'exposition directe au produit et aux poussières lors de sa manipulation.

- Porter des lunettes de protection, des gants et des vêtements adaptés.
- Éviter de produire ou d'inhaler des poussières ; travailler dans un espace correctement ventilé et utiliser une protection respiratoire si nécessaire.
- En cas de contact avec les yeux ou la peau, rincer immédiatement et abondamment à l'eau ; demander rapidement une aide médicale en cas d'atteinte oculaire.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Porter lunettes, gants et vêtements adaptés ; éviter l'inhalation de poussières et rincer abondamment en cas de contact.

Question P2.6. Préciser l'intérêt des lamelles dans le Densadeg®, donner la formule de la vitesse de Hazen, puis calculer cette vitesse à l'aide de l'annexe 2 et interpréter la valeur obtenue.

Les lamelles augmentent la surface de décantation utile et réduisent la distance de chute des flocs. La vitesse de Hazen est $v_H = Q/S_h$, où S_h est la surface horizontale projetée des lamelles.

Donnée	Calcul	Valeur
Surface horizontale projetée	$10 \times 4 \times \cos(60^\circ)$	20 m²
Vitesse de Hazen	$20/20$	1 m·h⁻¹

Cette vitesse est inférieure à la vitesse de sédimentation des flocs, 2 m·h⁻¹ : les flocs peuvent donc décanter.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Surface projetée : 20 m². Vitesse de Hazen : 1 m·h⁻¹, inférieure à la vitesse de sédimentation des flocs, 2 m·h⁻¹.

3. Étude de l'affinage par ozonation

Après le Densadeg®, l'eau clarifiée traverse deux tours d'ozonation en série afin d'éliminer la DCO restante. Le synoptique de la filière et les données de hauteur des tours permettent de justifier cette étape et d'étudier la vitesse de déplacement de l'eau.

P3 - Affinage

Question P3.1. À l'aide de l'annexe 1, justifier la présence du procédé d'ozonation à ce niveau de la filière.

Le synoptique de l'annexe 1 place l'ozonation après le Densadeg®, en étape d'affinage avant le rejet. La clarification physico-chimique sépare les flocs, mais ne supprime pas toute la DCO : l'annexe 2 indique encore 700 mg·L^{-1} de DCO dure à la sortie du clarificateur. Cette fraction étant difficile à éliminer par les traitements précédents, l'ozone l'oxyde et réduit la pollution organique résiduelle.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> L'ozonation oxyde la DCO dure résiduelle après clarification, avant le rejet de l'effluent.

Question P3.2. À l'aide de l'annexe 2, calculer la vitesse de déplacement de l'eau, en m.min-1, pour un temps de contact global de 5 minutes dans les tours d'ozonation.

Les deux tours sont en série et chacune mesure 8,5 m de hauteur. L'eau parcourt donc au total **2 × 8,5 = 17 m**. La vitesse moyenne de déplacement est la distance parcourue divisée par le temps de contact global : **v = 17 ÷ 5 = 3,4 m·min^{-1}**. Cette valeur correspond à la vitesse moyenne sur le trajet dans les deux tours.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Parcours total : 17 m ; vitesse moyenne dans les deux tours : **3,4 m·min^{-1}**.

4. Étude du moteur de la pompe à lait de chaux

Une pompe à vis excentrée injecte le lait de chaux dans le Densadeg® et fonctionne à vitesse variable grâce à un variateur. Les caractéristiques de la pompe et du moteur, ainsi que les documents techniques du variateur et du câblage, servent à étudier les puissances, le rendement, le couple et les équipements électriques.

Électrotechnique

Question E1. Calculer la puissance nominale absorbée par le moteur.

La puissance active absorbée en triphasé se calcule par $P_a = \sqrt{3}\,U\,I\,\cos\varphi$. À partir des valeurs nominales sous 400 V, $P_a = \sqrt{3} \times 400 \times 3{,}04 \times 0{,}9$. La puissance de 1,5 kW indiquée sur la plaque correspond à la puissance nominale utile du moteur.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $P_a \approx 1{,}90\ \text{kW}$.

Question E2. Calculer le rendement total de l'ensemble motopompe.

Le rendement total rapporte la puissance hydraulique utile de la pompe à la puissance électrique absorbée par le moteur : $\eta = P_h / P_a$. Avec les données nominales, $\eta = 1308 / 1895{,}58$. Le résultat inclut les pertes du moteur et de la pompe.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Rendement total motopompe : $\eta \approx 69{,}0\ \%$.

Question E3. Calculer le couple moteur nominal.

La puissance nominale utile du moteur est $1{,}5\ \text{kW}$, soit $1500\ \text{W}$, et sa vitesse nominale est $244\ \text{tr.min}^{-1}$. Le couple se calcule par $T_u = P / (2\pi N/60)$, donc $T_u = 1500 \times 60 / (2\pi \times 244)$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Couple moteur nominal : $T_u \approx 58{,}7\ \text{N.m}$.

Question E4. À l'aide de l'annexe 6, choisir et justifier la référence complète du variateur à associer au moteur.

Le variateur doit être compatible avec le moteur triphasé alimenté en 400 V et de puissance nominale 1,5 kW. Le modèle Altivar 61 correspondant est le **ATV61HU15N4**, prévu pour une alimentation triphasée 380-480 V et une puissance moteur de 1,5 kW. Son courant de sortie convient au courant nominal moteur de 3,04 A.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Altivar 61 : **ATV61HU15N4**.

Question E5. Choisir et justifier le couplage du moteur.

La plaque indique 230/400 V. Sur un réseau triphasé 400 V, chaque enroulement reçoit environ $400/\sqrt{3} = 231$ V en couplage étoile, ce qui correspond à sa tension nominale de 230 V. Le moteur doit donc être couplé en étoile.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Couplage étoile (Y) sur réseau triphasé 400 V.

Question E6. À l'aide de l'annexe 7, nommer KM1 dans le circuit de puissance et expliquer son rôle.

KM1 est le **contacteur de ligne**, placé en amont du variateur dans le circuit de puissance. Lorsqu'il se ferme, il alimente le variateur depuis le réseau ; lorsqu'il s'ouvre, il coupe cette alimentation. La variation de vitesse est assurée par le variateur, pas par KM1.

✓ RÉPONSE À RETENIR

KM1 : contacteur de ligne, il établit ou coupe l'alimentation du variateur.

Question E7. À l'aide de l'annexe 7, nommer T1 et expliquer sa fonction.

T1 est le **transformateur du circuit de commande**. Il fournit la basse tension nécessaire à ce circuit. Le schéma indique une alimentation de commande de 24 V alternatif.

✓ RÉPONSE À RETENIR

T1 : transformateur de commande 24 V alternatif.

5. Boucle de régulation du pH et transmetteur

L'injection de lait de chaux dans le Densadeg® est contrôlée par une boucle de régulation du pH comprenant un transmetteur, un régulateur et une motopompe à vitesse variable. Le schéma de procédé et les caractéristiques du signal 4-20 mA servent à identifier les grandeurs de la boucle et à effectuer les conversions demandées.

Régulation - Boucle de pH

Question R1.1. Indiquer la signification des équipements AT et AIC représentés sur le schéma.

Dans la désignation des instruments, **A** indique une analyse, **T** un transmetteur, **I** un indicateur et **C** un régulateur. AT est donc l'analyseur-transmetteur qui mesure le pH et envoie sa valeur. AIC désigne l'analyseur-indicateur-régulateur : il reçoit et affiche la mesure, puis assure la régulation du pH en agissant sur l'injection de lait de chaux.

> ✓ RÉPONSE À RETENIR
>
> **AT :** analyseur-transmetteur de pH. **AIC :** analyseur-indicateur-régulateur de pH.

Question R1.2. Identifier les grandeurs réglée, réglante et perturbatrice.

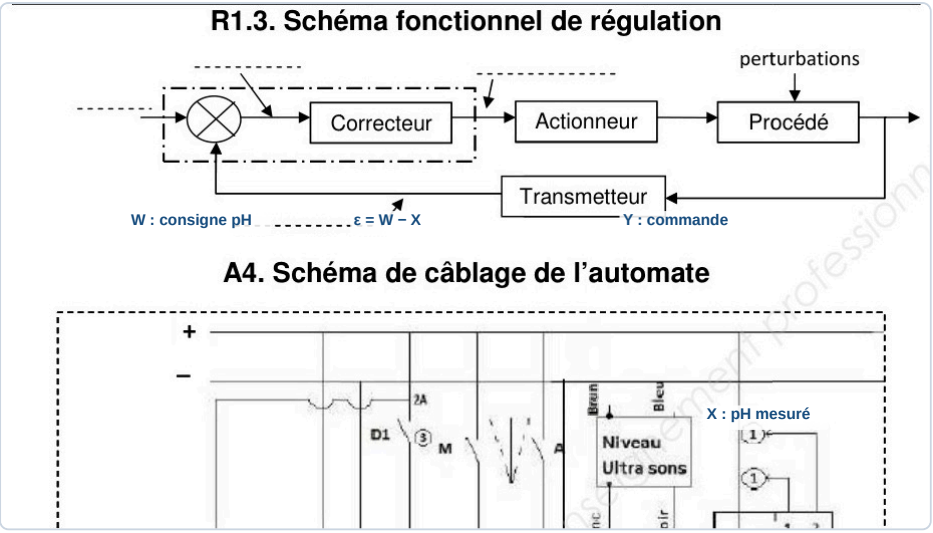
La **grandeur réglée** est le pH de l'effluent dans le Densadeg®, mesuré par AT. La **grandeur réglante** est le débit de lait de chaux injecté, modulé par la vitesse de la motopompe. D'après le schéma, les injections de chlorure ferrique et de polymère constituent des **perturbations** de cette boucle, car elles peuvent modifier le pH à réguler.

> ✓ RÉPONSE À RETENIR
>
> **Réglée :** pH. **Réglante :** débit de lait de chaux. **Perturbatrices :** injections de chlorure ferrique et de polymère.

Question R1.3. Compléter les quatre indications manquantes sur le schéma fonctionnel de régulation du document-réponse DRA.

Le document-réponse représente une boucle fermée. Inscrire **W** à l'entrée de consigne, **ε = W − X** à la sortie du comparateur vers le correcteur, **Y** sur la commande allant vers l'actionneur et **X** sur le retour de mesure du transmetteur. Le schéma ci-dessous place ces quatre indications sur la zone fonctionnelle du DRA, page physique 18.

Document-réponse DRA complété



✓ RÉPONSE À RETENIR

W : consigne ; **ε = W − X :** écart ; **Y :** commande ; **X :** mesure de pH.

Transmetteur de pH

Question R2.1. Le transmetteur émet 4 mA pour un pH de 0 et 20 mA pour un pH de 14. Calculer le courant émis pour contrôler un pH de 8,5.

Le transmetteur est linéaire : une étendue de 14 unités de pH correspond à une étendue de courant de **20 − 4 = 16 mA**. Pour pH = 8,5, le courant vaut le signal minimal augmenté de la fraction correspondante de l'étendue : **4 + (20 − 4) × 8,5 / 14 = 13,714… mA**, soit environ 13,71 mA.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Courant transmis : 13,71 mA.

Question R2.2. À partir des caractéristiques du transmetteur, calculer la variation de pH qui engendre une variation de 1 mA.

Entre pH 0 et pH 14, le courant varie de **20 − 4 = 16 mA**. La variation de pH correspondant à 1 mA est donc le rapport de l'étendue de pH à l'étendue du signal : **14 / (20 − 4) = 0,875**. Cette valeur exprime une variation de 0,875 unité de pH pour chaque milliampère de variation du courant.

✓ RÉPONSE À RETENIR

1 mA correspond à une variation de 0,875 unité de pH.

6. Acquisition analogique et commande automatisée des vannes

Les eaux de ruissellement sont stockées dans deux bassins puis dirigées vers le milieu naturel ou la station selon leur niveau de pollution. Une sonde de conductivité, un capteur de niveau et un automate Zelio assurent l'acquisition des mesures et la commande des vannes motorisées.

Automatisme

Question A1. À l'aide de l'annexe 8, indiquer la résolution en bits de la carte de conversion analogique numérique.

L'annexe 8 donne une résolution de **10 bits** pour la carte de conversion analogique-numérique du Zelio.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Résolution : **10 bits**.

Question A2. Le capteur de niveau délivre un signal de 0 à 10 V pour une hauteur de 0 à 8 m et fournit 8,75 V au niveau NTH de 7 m. Sachant que le nombre maximum de mots codables sur n bits est 2^n, calculer la valeur décimale du mot correspondant à NTH.

La carte code au maximum 2^{10} = 1024 mots. Le signal de 8,75 V représente 8,75/10 de la pleine échelle. Le mot décimal vaut donc $8{,}75/10 \times 1024 = 896$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Mot décimal au niveau NTH : **896**.

Question A3. Établir l'équation logique de la variable de sortie MG figurant dans l'extrait du programme de commande de l'annexe 10.

Dans le barreau de MG, les contacts M2, Q3 et M9 sont en parallèle, puis le contact normalement fermé Q1 est en série avec eux. La sortie est activée si au moins un des trois contacts parallèles est fermé et si Q1 reste fermé.

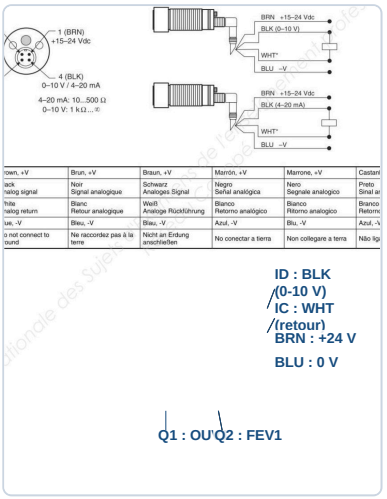
$MG = (M2 \vee Q3 \vee M9) \wedge \neg Q1$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $MG = (M2 \vee Q3 \vee M9) \wedge \neg Q1$.

Question A4. À l'aide de l'annexe 11, compléter sur le document-réponse DRA le câblage de l'entrée analogique du capteur de niveau et des sorties OUV1 et FEV1, en respectant le tableau d'adressage fourni.

Pour le signal 0-10 V de la sonde XX930A3, raccorder BRN au +24 V, BLU au 0 V, BLK à l'entrée analogique ID et WHT au commun analogique IC, référencé au 0 V. Ne pas relier à la terre la borne marquée d'une étoile. Câbler les contacts relais Q1 et Q2 vers OUV1 et FEV1 respectivement.

Câblage de l'entrée analogique et des sorties



✓ RÉPONSE À RETENIR

BRN : +24 V ; BLU : 0 V ; BLK : ID ; WHT : IC. Q1 : OUV1 ; Q2 : FEV1.

7. Réseau d'alimentation et choix de la pompe submersible

Le lixiviat stocké en lagune est pompé vers la station au moyen de deux pompes, une en fonctionnement et une de secours. Les données du réseau, ses singularités, les abaques et la courbe caractéristique de la pompe servent à calculer les débits, les pertes de charge, la hauteur manométrique et les puissances.

H1 - Réseau alimentant la station

Question H1.1. Calculer le débit nominal en entrée de station, en m³.s-1.

Le débit nominal vaut 20 m³·h⁻¹. Une heure correspondant à 3 600 secondes, la conversion en unités SI donne $Q = 20/3600 = 0{,}00556\ \mathrm{m^3.s^{-1}}$. Cette valeur est le débit utilisé pour les calculs hydrauliques suivants.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $Q = 0{,}00556\ \mathrm{m^3.s^{-1}}$

Question H1.2. Calculer la vitesse d'écoulement dans la canalisation pour ce débit nominal.

Donnée	Valeur
Débit nominal	$20/3600\ \mathrm{m^3.s^{-1}}$
Diamètre intérieur	$0{,}050\ \mathrm{m}$
Section	$\pi D^2/4$

La vitesse moyenne est le débit divisé par la section : $v = (20/3600)/(\pi \times 0{,}050^2/4) = 2{,}83\ \mathrm{m.s^{-1}}$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $v = 2{,}83\ \mathrm{m.s^{-1}}$

Question H1.3. À partir de l'abaque de Moody-Colebrook du document-réponse DRH1, déterminer le facteur de frottement λ de la conduite de refoulement. Utiliser le coefficient de rugosité absolue de 1 mm indiqué dans le sujet.

Pour lire l'abaque de Moody, on détermine le nombre de Reynolds et la rugosité relative. Avec $v = 2{,}829\ \mathrm{m.s^{-1}}$, $D = 0{,}050\ \mathrm{m}$, $\nu = 10^{-6}\ \mathrm{m^2.s^{-1}}$ et $\varepsilon = 0{,}001\ \mathrm{m}$, on obtient $Re \approx 1{,}41 \times 10^5$ et $\varepsilon/D = 0{,}020$. La lecture de l'abaque donne un facteur de frottement de Darcy proche de 0,048, valeur ensuite imposée pour le calcul des pertes.

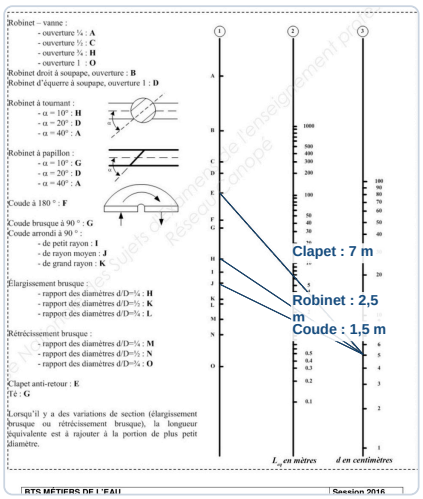
> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $\lambda \approx 0{,}048$

Question H1.4. **À partir du document-réponse DRH2, déterminer les longueurs équivalentes des singularités du réseau : deux coudes arrondis à 90° de rayon moyen, un clapet anti-retour et un robinet à tournant ouvert à 10°.**

Singularité	Nombre	Longueur équivalente unitaire	Total
Coude arrondi à 90°, rayon moyen	2	1,5 m	3 m
Clapet anti-retour	1	7 m	7 m
Robinet à tournant, ouverture 10°	1	2,5 m	2,5 m

Les lectures de l'abaque DRH2 sont effectuées pour le diamètre de conduite de 5 cm. La longueur équivalente cumulée des singularités est $2 \times 1{,}5 + 7 + 2{,}5 = 12{,}5\ \text{m}$.

Lectures des longueurs équivalentes sur DRH2



✓ RÉPONSE À RETENIR

Longueur équivalente totale : $12{,}5\ \text{m}$.

Question H1.5. **Calculer la perte de charge totale de l'installation pour un facteur de frottement λ égal à 0,048, en utilisant la relation de Darcy fournie.**

La longueur totale de calcul comprend les 30 m de conduite et les 12,5 m équivalents des singularités, soit $L = 42{,}5\ \text{m}$. Avec $\lambda = 0{,}048$, $v = 2{,}829\ \text{m.s}^{-1}$, $D = 0{,}050\ \text{m}$ et $g = 9{,}81\ \text{m.s}^{-2}$, la relation de Darcy donne $\Delta H = \lambda L v^2 / (2gD) = 16{,}7\ \text{mCE}$, soit environ 17 mCE.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$\Delta H_{\text{totale}} \approx 16{,}7\ \text{mCE}$, soit $17\ \text{mCE}$ arrondis.

H2 - Choix de la pompe submersible

Question H2.1. Calculer la hauteur manométrique totale de la pompe submersible KSB Amarex N. On admet que P1 = P2 = Patm et que le niveau de la lagune reste constant.

1. La différence de pression est nulle, car $P_1 = P_2 = P_{\text{atm}}$.
2. La différence d'altitude vaut $Z_2 - Z_1 = 10 - 0 = 10\ \text{m}$.
3. En ajoutant les pertes de charge de 17 mCE, on obtient $\text{HMT} = 10 + 17 = 27\ \text{mCE}$.

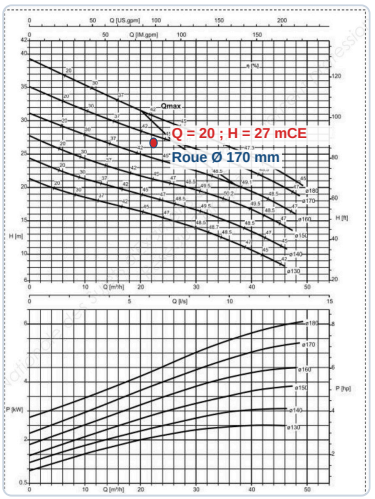
Le niveau de la lagune étant constant, il n'y a pas de variation de vitesse à ajouter au bilan énergétique.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $\text{HMT} = 27\ \text{mCE}$

Question H2.2. Placer le point de fonctionnement souhaité sur le document-réponse DRH3, puis choisir et justifier le diamètre de roue qui convient.

Sur la courbe caractéristique DRH3, on repère le débit demandé $Q = 20\ \text{m}^3.\text{h}^{-1}$, puis la hauteur requise $H = 27\ \text{mCE}$. Leur intersection se situe sur la courbe de la roue de diamètre 170 mm. Ce diamètre convient au point de fonctionnement demandé. Le point est reporté sur le document-réponse.

Point de fonctionnement sur la courbe KSB



> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Point de fonctionnement : $(20\ \text{m}^3.\text{h}^{-1}; 27\ \text{mCE})$. Roue : $\varnothing 170\ \text{mm}$.

Question H2.3. En supposant que le débit reste égal à 20 m³.h-1 pour le diamètre de roue choisi, déterminer la puissance hydraulique et la puissance absorbée par la pompe.

La puissance hydraulique se calcule par $P_h = \rho g Q H$. Avec $\rho = 10^3\ \mathrm{kg.m^{-3}}$, $Q = 20/3600\ \mathrm{m^3.s^{-1}}$, $g = 9{,}81\ \mathrm{m.s^{-2}}$ et $H = 27\ \mathrm{m}$, on obtient environ 1,47 kW. Sur la courbe de puissance absorbée de DRH3, la lecture pour la roue de 170 mm à 20 m³·h⁻¹ est voisine de 3 kW.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Puissance hydraulique : $1{,}47\ \mathrm{kW}$. Puissance absorbée : environ $3\ \mathrm{kW}$.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2016)

Bilan de l'épreuve : Épreuve de BTS Métiers de l'eau, Étude de cas U. 61, session 2016, code MTE6EDC, d'une durée de 4 heures et de coefficient 4. Elle étudie le traitement du lixiviat d'un centre d'enfouissement, du traitement biologique et physico-chimique à l'ozonation, puis l'électrotechnique, la régulation, l'automatisme et le pompage hydraulique. Les compétences évaluées associent calculs, analyse de procédés et lecture de documents techniques.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- Le flux massique journalier s'obtient en multipliant le débit journalier par la concentration, après conversion cohérente des unités.
- Le rendement d'élimination est le rapport de la différence entre concentrations entrante et sortante à la concentration entrante, exprimé en pourcentage.
- La charge volumique correspond au flux journalier de DBO5 rapporté au volume du bassin d'aération.
- La hauteur manométrique totale tient compte de la dénivelée, de la différence de pression et des pertes de charge du réseau.

Points de vigilance & attentes du jury

- Convertir débits, concentrations et durées dans des unités compatibles avant tout calcul de flux ou de puissance.
- Distinguer les concentrations mesurées à l'entrée, les valeurs de rejet et les données propres à chaque étape de traitement.
- Lire attentivement les axes, unités, courbes et repères des abaques et documents-réponses avant d'en déduire une valeur.
- Pour les schémas électriques et d'automatisme, respecter les bornes, les polarités, les adresses et les symboles des annexes.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment calculer un flux massique journalier à partir d'un débit et d'une concentration ?

Multipliez le débit journalier par la concentration après avoir rendu les unités compatibles. Avec une concentration en mg/L, exprimez le débit en L/j, puis convertissez la masse obtenue en kg/j.

Q : Comment exploiter l'abaque de Moody-Colebrook pour trouver le facteur de frottement ?

Déterminez le nombre de Reynolds et la rugosité relative ε/D à partir des données de la conduite. Repérez ces valeurs sur l'abaque, puis lisez le facteur de frottement λ dans la zone correspondant au régime d'écoulement.

Q : Comment répartir le temps pendant cette épreuve ?

L'épreuve dure 4 heures. Le sujet indique des durées indicatives de 2 heures pour le procédé, 1 heure 15 pour l'électrotechnique, la régulation et l'automatisme, puis 45 minutes pour l'hydraulique.

Q : Le sujet donne-t-il un barème détaillé pour chaque question ?

Le sujet indique 40 points pour le procédé, répartis entre le traitement biologique, le traitement physico-chimique et l'affinage, 25 points pour la deuxième partie et 15 points pour l'hydraulique. Il ne présente pas de barème détaillé question par question.

Sujet officiel associé (PDF) : https://btsme.fr/assets/annales/bts-me/E6 - Conception des unités de traitement et des réseaux/2016/BTS ME - E6 - Conception des unités de traitement et des réseaux - Session 2016 - 1-Sujet.pdf
Ressources BTS Métiers de l : Toutes les annales & corrigés • Fiches de révision complètes • Simulateur de notes d'examen

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.