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 • CORRIGÉ DÉTAILLÉ

Étude de cas - U.61

Session 2019 • Code sujet : **MTE6EDC** • Durée : **4 heures** • Coefficient : **4**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. **Génie des procédés : autosurveillance et élimination de la pollution carbonée** (22 questions) — **Page 3**
2. **Électrotechnique, régulation et automatisme** (18 questions) — **Page 10**
3. **Hydraulique : refoulement du bassin tampon et coût énergétique** (10 questions) — **Page 16**
4. **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/2019/BTS ME - E6 - Conception des unités de traitement et des réseaux - Session 2019 - 1-Sujet.pdf

1. Génie des procédés : autosurveillance et élimination de la pollution carbonée

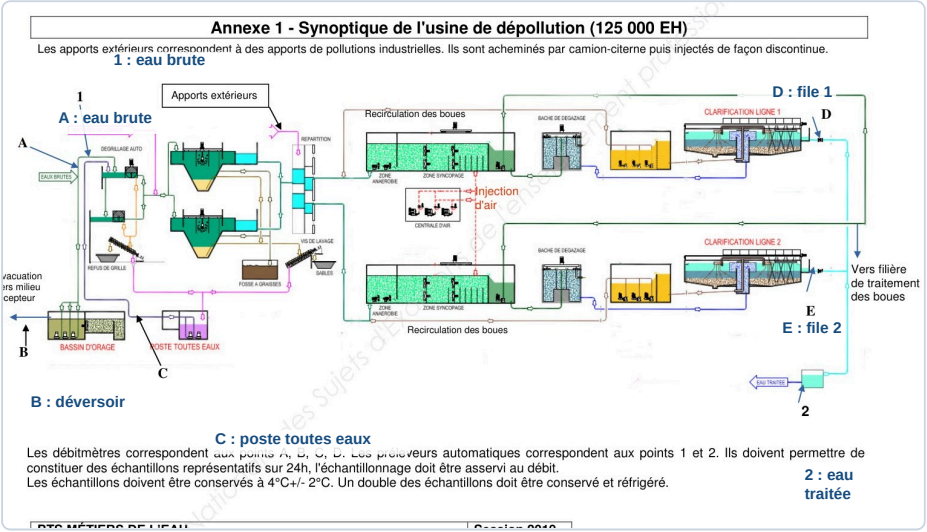
L'étude porte sur une usine de traitement des eaux usées de 125 000 équivalent-habitant, qui reçoit des eaux brutes et des apports industriels acheminés par camion-citerne. Les travaux évaluent la mesure des débits et de la DCO, la quantification et la gestion des apports carbonés, ainsi que les besoins en dioxygène et l'énergie consommée.

Mesure des débits, échantillonnage et DCO

Question P1.1. À l'aide du synoptique de l'annexe 1, associer les lettres A à E aux débitmètres correspondant à l'eau traitée file 1, à l'eau brute, au déversoir en tête de station, à l'eau traitée file 2 et au poste toutes eaux. Associer aussi les chiffres 1 et 2 aux préleveurs d'eau brute et d'eau traitée.

Sur le synoptique, A mesure l'eau brute à l'entrée de la station, B le déversoir en tête et C le poste toutes eaux. D correspond à l'eau traitée de la file 1 et E à celle de la file 2. Le préleveur 1 est placé sur l'eau brute, tandis que le préleveur 2 prélève l'eau traitée.

Synoptique annoté



> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> A : eau brute ; B : déversoir en tête ; C : poste toutes eaux ; D : eau traitée file 1 ; E : eau traitée file 2. Préleveurs : 1 eau brute, 2 eau traitée.

Question P1.2. À partir de l'enregistrement continu du débit mesuré par le débitmètre A, proposer une explication à l'existence d'un plateau de débits situé vers 900 $m^3 \cdot h^{-1}$ et d'un second plateau situé vers 200 $m^3 \cdot h^{-1}$.

Le graphique montre un débit nettement supérieur pendant la journée, puis une baisse marquée pendant la nuit. Le plateau proche de 900 $m^3 \cdot h^{-1}$ s'explique par les apports urbains diurnes, renforcés par les activités domestiques et économiques. Le plateau proche de 200 $m^3 \cdot h^{-1}$ correspond à la diminution des rejets pendant la période nocturne.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Le plateau haut traduit les apports diurnes importants ; le plateau bas correspond à leur baisse nocturne.

Question P1.3. Justifier l'intérêt des deux obligations réglementaires relatives aux préleveurs automatiques : des prélèvements asservis au débit volume et la conservation des échantillons à 4 °C ± 2 °C.

L'asservissement au débit volume fait varier la fréquence des prélèvements avec le débit écoulé. L'échantillon composite représente ainsi mieux la pollution transportée sur 24 heures qu'un prélèvement à intervalles fixes. La conservation à 4 °C ± 2 °C ralentit l'activité biologique et les transformations de l'échantillon, ce qui limite son altération avant l'analyse.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Asservissement au débit : échantillon représentatif des flux. Réfrigération : limitation de l'altération avant analyse.

Question P1.4. À partir des essais de DCO présentés en annexe 3 et du critère de validation applicable aux eaux en entrée de station, déterminer les résultats non acceptables puis calculer la moyenne des résultats acceptables.

Le critère applicable à la DCO en entrée de station tolère un écart relatif maximal de 10 %. Les essais 8 et 12 sont donc non acceptables, avec des écarts de −12,1 % et −13,0 %. La moyenne des dix résultats validés se calcule à partir des concentrations correspondantes : $(715 + 675 + 570 + 585 + 689 + 691 + 679 + 569 + 655 + 665)/10 = 649{,}3$ mg·L⁻¹.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Essais non acceptables : 8 et 12. Moyenne des essais acceptables : 649,3 mg·L⁻¹.

Question P1.5. À l'aide de l'extrait de la norme AFNOR NF T 90-101 fourni en annexe 4, relever deux propositions permettant de réduire les écarts de mesure au moment de l'échantillonnage.

La norme recommande d'homogénéiser soigneusement le contenu du flacon avant de prélever la prise d'essai, par agitation ou ultrasons. Elle préconise aussi d'analyser l'échantillon dès que possible après son prélèvement, afin de limiter les évolutions de sa composition pendant le stockage. Ces deux précautions améliorent la représentativité de l'analyse.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Homogénéiser soigneusement l'échantillon avant la prise d'essai et l'analyser dès que possible après le prélèvement.

Question P1.6. À partir de l'extrait de la fiche de sécurité du dichromate de potassium, citer les équipements de protection individuelle nécessaires à l'utilisation du réactif employé pour la mesure de la DCO.

La fiche de sécurité du dichromate de potassium mentionne le conseil de prudence P280 : porter des gants de protection. C'est l'EPI explicitement indiqué dans l'extrait fourni. La manipulation doit également suivre les consignes du laboratoire pour éviter les contacts et les projections du réactif dangereux.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> EPI indiqué par la fiche de sécurité : gants de protection.

Question P1.7. Proposer une méthode alternative d'analyse de la DCO qui présente moins de risques.

Une solution de remplacement consiste à mesurer le carbone organique total (COT), méthode qui évite l'emploi du dichromate de potassium utilisé pour la DCO. Le COT n'est toutefois pas une mesure directe de la DCO : il faut établir ou utiliser une corrélation adaptée entre les deux paramètres pour estimer la DCO.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Mesurer le COT et utiliser une corrélation adaptée pour estimer la DCO.

Entrées de pollutions carbonées : quantification

Question P2.1.1. À l'aide des concentrations en DBO_5 et des débits moyens de l'annexe 5, calculer le flux total de DBO_5 apporté par les eaux brutes et les apports extérieurs.

Le flux journalier se calcule par concentration multipliée par débit, avec conversion de $mg \cdot L^{-1}$ en $kg \cdot m^{-3}$. Pour les eaux brutes : $238 \times 11\,433/1000 = 2\,721{,}054$ $kg \cdot j^{-1}$. Pour les apports extérieurs : $16\,183 \times 50{,}3/1000 = 814{,}0049$ $kg \cdot j^{-1}$. La somme donne le flux total de DBO_5.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Flux total de DBO_5 : 3 535,1 $kgO_2 \cdot j^{-1}$.

Question P2.1.2. Sachant que le flux total de DCO apporté par les eaux brutes et les apports extérieurs est de 8 981 $kgO_2 \cdot j^{-1}$, montrer que le rapport de biodégradabilité est approximativement égal à 2,5 et interpréter ce résultat.

Le rapport de biodégradabilité est calculé ici par DCO/DBO_5. En utilisant le flux total de DBO_5 obtenu précédemment : $8\,981/3\,535{,}0589 \approx 2{,}54$. La pollution est donc biodégradable, mais la DCO supérieure à la DBO_5 indique aussi une fraction organique moins facilement biodégradable.

✓ RÉPONSE À RETENIR

DCO/DBO_5 ≈ 2,54, soit environ 2,5 : la pollution est biodégradable, avec une fraction moins facilement biodégradable.

Question P2.1.3. À l'aide des caractéristiques des boues activées de l'annexe 6 et des flux de pollution, montrer que la charge massique est approximativement de 0,050 $kgO_2 \cdot kgMVS^{-1} \cdot j^{-1}$.

Il y a deux files, chacune équipée d'un bassin de 17 400 m³. La masse totale de MVS vaut donc $17\,400 \times 2 \times 3 \times 0{,}70 = 73\,080$ kg, car 3 $g \cdot L^{-1}$ équivaut à 3 $kg \cdot m^{-3}$. La charge massique est $3\,535{,}0589 / 73\,080 = 0{,}0484$ $kgO_2 \cdot kgMVS^{-1} \cdot j^{-1}$, soit environ 0,050.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Charge massique : 0,0484, soit environ 0,050 $kgO_2 \cdot kgMVS^{-1} \cdot j^{-1}$.

Question P2.1.4. Calculer la charge massique en l'absence d'apports extérieurs, puis en déduire la variation de charge massique, en pourcentage, provoquée par ces apports.

Sans apports extérieurs, le flux de DBO_5 est celui des eaux brutes, soit 2 721,054 $kg \cdot j^{-1}$. La charge massique devient $2\,721{,}054 / 73\,080 = 0{,}0372$ $kgO_2 \cdot kgMVS^{-1} \cdot j^{-1}$. Comparée à cette valeur sans apports, la charge avec apports augmente de $[(3\,535{,}0589 - 2\,721{,}054)/2\,721{,}054] \times 100 \approx 29{,}9$ %.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Sans apports : 0,0372 $kgO_2 \cdot kgMVS^{-1} \cdot j^{-1}$. Hausse provoquée par les apports : environ 29,9 %.

Question P2.1.5. Émettre une hypothèse expliquant, dans le contexte de cette station, l'apparition de flocs moins structurés, de bactéries filamenteuses et d'un rejet plus abondant de MES en sortie de la filière eau.

Les apports industriels sont très concentrés et injectés de façon discontinue. Leur arrivée rapide accroît la charge massique d'environ 30 %, soit plus que le seuil de 20 % signalé dans le sujet. Cette variation brutale peut déséquilibrer la biomasse, perturber la structure des flocs et favoriser les bactéries filamenteuses. Les flocs se décantent alors moins bien, ce qui augmente le rejet de MES.

✓ RÉPONSE À RETENIR

L'injection discontinue augmente rapidement la charge massique, fragilise les flocs et favorise les bactéries filamenteuses.

Entrées de pollutions carbonées : gestion des apports extérieurs

Question P2.2.1. À partir du graphique de fonctionnement de la pompe d'injection de l'annexe 7, indiquer le nombre d'injections réalisées sur une période de 24 heures.

Le sujet précise que l'injection des apports extérieurs se déroule sur 12 heures. La temporisation prévoit une phase de MARCHE toutes les 3 600 secondes, soit une fois par heure. Le nombre de phases sur la période d'injection est donc $12 \times 3\,600 / 3\,600 = 12$.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> 12 injections sont réalisées sur 24 heures.

Question P2.2.2. Pour chaque injection, exprimer en minutes la durée du temps de MARCHE et celle du temps d'ARRÊT de la pompe.

La temporisation fixe un cycle de 3 600 secondes, soit 60 minutes. La pompe fonctionne 240 secondes par cycle, ce qui correspond à 4 minutes de MARCHE. Le reste du cycle est à l'arrêt : $(3\,600 - 240)/60 = 56$ minutes. Ces durées sont identiques pour chaque injection.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Par cycle : MARCHE 4 min ; ARRÊT 56 min.

Question P2.2.3. En déduire le volume, en m³, d'apports extérieurs injecté pendant chaque phase d'injection.

Le débit d'injection est de 62,7 $m^3 \cdot h^{-1}$ et la pompe fonctionne 4 minutes par phase. Le volume d'une phase est donc le débit horaire multiplié par la fraction d'heure de fonctionnement : $62{,}7 \times 4/60 = 4{,}18$ m³.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Volume injecté par phase de MARCHE : 4,18 m³.

Question P2.2.4. Calculer le volume total des apports extérieurs injectés sur 24 heures et mettre le résultat en relation avec les données de débit de l'annexe 5.

La pompe fonctionne pendant 12 heures, avec une phase de MARCHE par heure, soit 12 phases. Le volume journalier injecté est donc $12 \times 4{,}18 = 50{,}16$ m³. Cette estimation est cohérente avec le débit moyen des apports extérieurs de l'annexe 5, égal à 50,3 $m^3 \cdot j^{-1}$; l'écart est faible.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Volume journalier : 50,16 m³, cohérent avec les 50,3 m³·j⁻¹ de l'annexe 5.

Besoins en dioxygène et énergie consommée

Question P3.1. À l'aide de la formule de calcul des besoins en dioxygène de l'annexe 8, montrer que les besoins associés à l'oxydation de la DBO_5 correspondent à O_2 = 2 333 $kgO_2 \cdot j^{-1}$.

Le terme associé à l'oxydation de la DBO_5 est $a' L_e$. L'annexe donne $a' = 0{,}66$ $kgO_2 \cdot kgDBO_5^{-1}$ et le flux total calculé est $L_e = 3\,535{,}0589$ $kgDBO_5 \cdot j^{-1}$. Ainsi, $0{,}66 \times 3\,535{,}0589 = 2\,333{,}1$ $kgO_2 \cdot j^{-1}$.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Besoins associés à l'oxydation de la DBO_5 : 2 333 $kgO_2 \cdot j^{-1}$.

Question P3.2. Indiquer ce que représentent les termes encadrés dans la formule des besoins en dioxygène présentée en annexe 8.

Les termes encadrés dans la formule sont $b' S_v$, $4{,}3 N_N$ et $2{,}85 c' N_{DN}$. Le premier représente les besoins liés à la biomasse des bassins d'aération. Le deuxième correspond à l'oxygène requis pour nitrifier l'azote. Le troisième représente le terme lié à la dénitrification, soustrait du bilan des besoins en oxygène.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$b' S_v$: biomasse ; $4{,}3 N_N$: nitrification ; $2{,}85 c' N_{DN}$: terme de dénitrification soustrait du bilan.

Question P3.3. Calculer la consommation totale en O_2, en $kgO_2 \cdot j^{-1}$, sachant que l'oxydation de la DBO_5 représente 40 % de la consommation totale.

Les besoins dus à l'oxydation de la DBO_5 représentent 40 % du total. En utilisant la valeur non arrondie obtenue à la question précédente : $2\,333{,}1389 / 0{,}40 = 5\,832{,}85$ $kgO_2 \cdot j^{-1}$. Le résultat est voisin de 5 900 $kgO_2 \cdot j^{-1}$, valeur retenue pour le calcul énergétique suivant.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Consommation totale estimée : environ 5 833 $kgO_2 \cdot j^{-1}$.

Question P3.4. À l'aide des caractéristiques d'aération de l'annexe 9, calculer la consommation énergétique journalière des surpresseurs nécessaire pour couvrir les besoins totaux estimés à 5 900 $kgO_2 \cdot j^{-1}$.

L'apport spécifique brut en conditions réelles est de 1,65 $kgO_2 \cdot kWh^{-1}$. Pour fournir les besoins totaux retenus dans l'énoncé, soit 5 900 $kgO_2 \cdot j^{-1}$, l'énergie journalière nécessaire est $5\,900 / 1{,}65 = 3\,575{,}76$ $kWh \cdot j^{-1}$. Il s'agit de la consommation estimée des surpresseurs.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Consommation des surpresseurs : environ 3 576 $kWh \cdot j^{-1}$.

Question P3.5. Sachant que l'aération consomme environ 50 % des besoins énergétiques de l'usine de dépollution, calculer la consommation énergétique journalière de l'ensemble de l'usine.

L'aération représente environ 50 % de la consommation énergétique totale. La consommation de l'ensemble de l'usine est donc deux fois celle des surpresseurs : $(5\,900 / 1{,}65) / 0{,}50 = 7\,151{,}52$ $kWh \cdot j^{-1}$. Cette estimation suppose que la part de l'aération reste égale à 50 %.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Consommation énergétique estimée de l'usine : environ 7 152 $kWh \cdot j^{-1}$.

Question P3.6. Comparer la consommation énergétique journalière estimée au bilan annuel, qui indique une consommation de 2 800 253 kWh, puis conclure.

L'estimation journalière donne une consommation annuelle de $(5\,900 / 1{,}65) / 0{,}50 \times 365 = 2\,610\,303$ kWh. Le bilan annuel indique 2 800 253 kWh, soit un écart de 189 950 kWh. Le bilan est donc environ 7,3 % supérieur à l'estimation, rapporté à l'estimation ; les valeurs restent du même ordre de grandeur.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Estimation : 2 610 303 $kWh \cdot an^{-1}$. Bilan : 2 800 253 $kWh \cdot an^{-1}$, soit environ 7,3 % de plus que l'estimation.

2. Électrotechnique, régulation et automatisme

L'étude examine l'adaptation de la recirculation des boues par l'ajout d'une pompe à vitesse variable, puis la régulation de l'aération à partir de la concentration en ammonium plutôt que du potentiel redox. Elle compare aussi la consommation et la rentabilité du remplacement des moteurs des surpresseurs par des moteurs de meilleur rendement.

Automatisme

Question A1. Le débit moyen en entrée de la STEU est de 11 431 $m^3 \cdot j^{-1}$. Calculer le débit moyen horaire en entrée, en $m^3 \cdot h^{-1}$.

On convertit le débit journalier en débit horaire : 11 431 ÷ 24 = 476,29 $m^3 \cdot h^{-1}$. Arrondi à l'unité, cela donne 476 $m^3 \cdot h^{-1}$.

> ✓ RÉPONSE À RETENIR
>
> 476 $m^3 \cdot h^{-1}$.

Question A2. À l'aide de l'annexe 2, estimer le débit maximal en entrée de la STEU.

Sur l'annexe 2, le maximum de la courbe se situe légèrement sous 1 250 $m^3 \cdot h^{-1}$. La lecture du graphe donne une valeur proche de 1 200 $m^3 \cdot h^{-1}$.

> ✓ RÉPONSE À RETENIR
>
> Débit maximal : environ 1 200 $m^3 \cdot h^{-1}$.

Question A3. Le mot mémoire Deb_entrant varie de 0 à 10 000 pour un débit entrant de 0 à 1 900 $m^3 \cdot h^{-1}$. Calculer les valeurs de ce mot mémoire correspondant aux seuils de débit entrant de 475 $m^3 \cdot h^{-1}$ et 1 200 $m^3 \cdot h^{-1}$.

La conversion est proportionnelle : 10 000 unités mémoire correspondent à 1 900 $m^3 \cdot h^{-1}$. Ainsi, la valeur mémoire est le débit multiplié par 10 000/1 900. Pour 1 200 $m^3 \cdot h^{-1}$, le résultat est arrondi à l'unité la plus proche.

> ✓ RÉPONSE À RETENIR
>
> 475 $m^3 \cdot h^{-1}$: 2 500. 1 200 $m^3 \cdot h^{-1}$: 6 316 environ.

Question A4. À partir du graphique 2 de l'annexe 10, écrire les équations définissant la consigne variateur Cons_vit_p3 en fonction de Deb_entrant pour les intervalles 2 500 ≤ Deb_entrant < 6 315 et 6 315 ≤ Deb_entrant ≤ 10 000.

Le segment du graphique 2 relie les points (2 500 ; 0) et (6 315 ; 10 000). Sa pente vaut 10 000/(6 315 − 2 500). Au-delà de 6 315, la consigne reste constante à 10 000.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

2 500 ≤ Deb_entrant < 6 315 : Cons_vit_p3 := 10 000 × (Deb_entrant − 2 500)/3 815.
6 315 ≤ Deb_entrant ≤ 10 000 : Cons_vit_p3 := 10 000.

Question A5. Compléter le GRAFCET du document-réponse EAR 1 pour commander la sortie logique Cde_p3 et transmettre à la pompe 3 une consigne au variateur Cons_vit_p3.

1. Depuis l'étape 1, la transition « Marche » active l'étape 2.
2. À l'étape 2, la sortie Cde_p3 est commandée et Cons_vit_p3 suit la loi correspondant à l'intervalle de Deb_entrant.
3. La transition « Arrêt » ramène à l'étape 1.

GRAFCET EAR 1 complété



✓ **RÉPONSE À RETENIR**

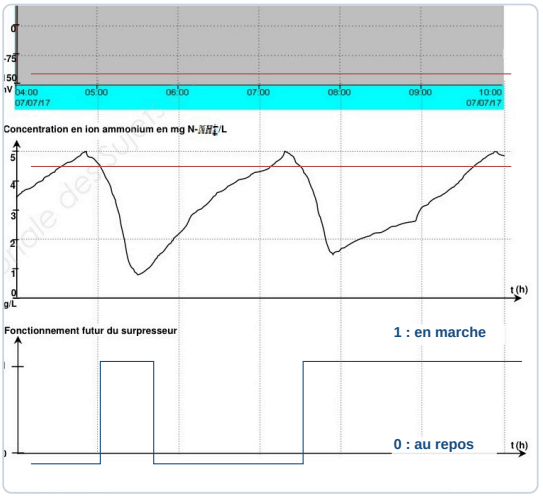
Étape 2 : Cde_p3 activée et consigne variateur définie selon Deb_entrant. Arrêt : retour à l'étape 1.

Régulation

Question R1. Compléter le chronogramme « fonctionnement futur du surpresseur » du document-réponse EAR 2 en indiquant les états au repos (0) et en fonctionnement (1), à partir des seuils d'ammonium de 5 mg N-NH_4^+·L^{-1} à la mise en marche et de 2 mg N-NH_4^+·L^{-1} à l'arrêt. Laisser apparents les traits de construction.

La commande fonctionne avec hystérésis : le surpresseur démarre lorsque l'ammonium atteint 5 mg N-NH_4^+·L^{-1} et reste en marche jusqu'à ce que la concentration passe sous 2 mg N-NH_4^+·L^{-1}. Les deux franchissements sont reportés sur le chronogramme, puis l'état 1 ou 0 est tracé dans la zone « fonctionnement futur ».

Chronogramme futur complété



✓ RÉPONSE À RETENIR

Marche (1) : de chaque franchissement montant de 5 jusqu'au passage descendant sous 2 mg·L^{-1}. Repos (0) entre ces phases.

Question R2. À partir du chronogramme du document-réponse EAR 2, relever le temps approximatif, en heures-minutes, d'une phase d'aération et d'une phase d'arrêt avec la solution actuelle régulée par potentiel redox. Justifier les valeurs relevées.

Le surpresseur démarre lorsque le potentiel redox descend vers 250 mV et s'arrête lorsqu'il dépasse 450 mV. Sur le chronogramme, l'intervalle entre ces deux franchissements est d'environ 40 minutes. L'arrêt jusqu'au redémarrage suivant dure approximativement 2 heures.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Aération : environ 0 h 40. Arrêt : environ 2 h 00.

Question R3. À partir des relevés, calculer le temps approximatif d'aération sur une journée avec la solution actuelle puis avec la solution future. Pour la solution future, considérer une phase de fonctionnement de 30 minutes suivie d'une phase d'arrêt de 2 heures.

Solution actuelle : un cycle dure 40 + 120 = 160 min, donc l'aération quotidienne vaut 1 440 × 40/160 = 360 min. Solution future : un cycle dure 30 + 120 = 150 min, donc l'aération vaut 1 440 × 30/150 = 288 min.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Solution actuelle : environ 6 h/j. Solution future : environ 4 h 48/j.

Question R4. Calculer, en pourcentage du temps de fonctionnement, le gain approximatif apporté par la future solution de régulation par rapport à la solution précédente.

Régulation	Temps d'aération quotidien
Actuelle	6 h
Future	4,8 h
Réduction relative	(6 − 4,8)/6 × 100

Le pourcentage est calculé par rapport au temps de fonctionnement actuel.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Réduction du temps de fonctionnement : environ 20 %.

Électrotechnique

Question E1. Pour un ancien moteur de puissance nominale mécanique Pn = 250 kW et de rendement η = 96,1 %, calculer la puissance électrique consommée lorsqu'il fonctionne à ses caractéristiques nominales.

Le rendement vaut la puissance mécanique utile divisée par la puissance électrique absorbée. Donc $P_{élec} = P_{méc}/\eta = 250/0{,}961 = 260{,}15$ kW.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Environ 260,2 kW par moteur.

Question E2. En supposant un fonctionnement de 5 heures par jour, calculer l'énergie active journalière consommée par les deux moteurs de surpresseurs, en kWh.

Un moteur absorbe environ 250/0,961 = 260,15 kW. Pour deux moteurs fonctionnant 5 heures par jour, l'énergie consommée est 2 × 250/0,961 × 5 = 2 601,46 kWh par jour.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Environ 2 602 kWh/j pour les deux moteurs.

Question E3. Les nouveaux moteurs de référence 3GBP 352 230-ADM doivent fournir une puissance mécanique de 250 kW. À l'aide de leur puissance nominale indiquée dans l'annexe 11, calculer le pourcentage de charge d'un moteur.

Puissance demandée	Puissance nominale	Calcul de charge
250 kW	315 kW	250/315 × 100

La puissance nominale de 315 kW est indiquée dans l'annexe 11.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Pourcentage de charge : environ 79,4 %.

Question E4. À l'aide des caractéristiques techniques de l'annexe 11, relever le rendement des nouveaux moteurs pour un pourcentage de charge de 75 %.

Dans le tableau des caractéristiques de l'annexe 11, la ligne correspondant à 75 % de charge indique un rendement de 97,3 %.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Rendement : 97,3 %.

Question E5. Pour un pourcentage de charge de 75 %, calculer la puissance électrique absorbée par un nouveau moteur en utilisant les données d'intensité et de facteur de puissance de ses caractéristiques techniques.

À 75 % de charge, l'annexe 11 donne I = 427 A et cos φ = 0,82. En triphasé sous 400 V, la puissance active absorbée vaut P = √3 × 400 × 427 × 0,82/1 000 = 242,58 kW.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Environ 242,6 kW par moteur.

Question E6. En supposant un fonctionnement de 5 heures par jour à 75 % de charge, calculer l'énergie active journalière consommée par les deux nouveaux moteurs de surpresseurs, en kWh.

Pour deux moteurs fonctionnant 5 heures par jour, l'énergie journalière est 2 × √3 × 400 × 427 × 0,82/1 000 × 5 = 2 425,84 kWh.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Environ 2 426 kWh/j pour les deux moteurs.

Question E7. À l'aide de la facture électrique de l'annexe 12, relever le coût moyen hors taxes du kilowattheure.

Valeur sur la facture	Conversion
5,519 centimes/kWh	5,519/100 = 0,05519 €/kWh

Le prix relevé est hors taxes.

✓ RÉPONSE À RETENIR

0,05519 € HT/kWh.

Question E8. **Calculer l'économie annuelle hors taxes réalisée sur la consommation électrique en considérant, pour l'application numérique, une énergie journalière de 2 600 kWh pour un moteur actuel et de 2 420 kWh pour un moteur futur.**

L'économie journalière par moteur est 2 600 − 2 420 = 180 kWh. Sur 365 jours, au tarif de 0,05519 € HT/kWh, cela représente 180 × 365 × 0,05519 = 3 625,98 € par moteur, soit 10 877,95 € pour trois moteurs.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Économie annuelle : 10 877,95 € HT pour les trois moteurs.

Question E9. **L'amortissement du matériel doit être inférieur à 11 ans. Sachant qu'un nouveau moteur coûte 21 200 € HT, conclure sur l'intérêt purement économique du remplacement des trois moteurs.**

1. Investissement total : 3 × 21 200 = 63 600 € HT.
2. Durée d'amortissement : 63 600/10 877,949 ≈ 5,85 ans.
3. Cette durée est inférieure à 11 ans : le remplacement satisfait le critère demandé.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Amortissement : environ 5,85 ans. Remplacement économiquement intéressant.

3. Hydraulique : refoulement du bassin tampon et coût énergétique

L'exercice porte sur le refoulement des eaux usées d'un bassin tampon de 6 000 m³ vers la station d'épuration par un groupe de trois pompes identiques montées en parallèle, dont deux fonctionnent. Il faut déterminer les pertes de charge et la hauteur manométrique totale, puis évaluer la puissance et le coût énergétique du pompage.

Étude du groupe de pompage

Question H1.1. Calculer la vitesse moyenne de l'effluent dans la conduite de refoulement du groupe de pompage, à partir du débit et du diamètre fournis.

La conduite transporte le débit total du groupe, soit celui des deux pompes en fonctionnement. On convertit d'abord le débit en m³·s⁻¹, puis on le divise par la section circulaire de diamètre 0,600 m : $v = Q/S$, avec $S = \pi D^2/4$. La vitesse obtenue est la vitesse moyenne dans la conduite commune de refoulement.

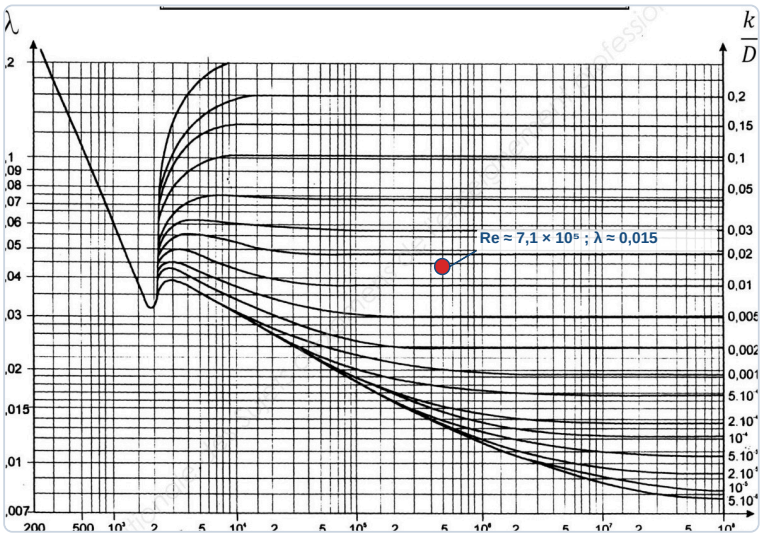
> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $v \approx 1,18\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$.

Question H1.2. Déterminer le coefficient de pertes de charge λ à l'aide de l'abaque de Moody-Colebrook du document-réponse hydraulique.

1. Avec la vitesse obtenue en H1.1, $Re = vD/\nu \approx 7,07 \times 10^5$.
2. La rugosité relative vaut $k/D = 0,12/600 = 2,0 \times 10^{-4}$.
3. Sur l'abaque de Moody-Colebrook, lire la valeur de λ à l'intersection de ce Reynolds et de la courbe correspondant à cette rugosité relative.

La lecture graphique donne un coefficient voisin de 0,015.

Lecture sur l'abaque de Moody-Colebrook



> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $\lambda \approx 0,015$.

Question H1.3. **En prenant λ = 0,015, déterminer la perte de charge régulière dans la conduite à l'aide de la formule de Darcy.**

La formule de Darcy donne la perte régulière : $\Delta H = \lambda (L/D)(v^2/(2g))$. On applique $\lambda = 0,015$, $L = 6365$ m, $D = 0,600$ m et la vitesse calculée en H1.1. Cette valeur correspond aux pertes réparties le long de la conduite, avant l'ajout des pertes singulières.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $\Delta H_{reg} \approx 11,27 \text{ mCE}$.

Question H1.4. **Les pertes de charge singulières étant estimées à 5 % des pertes régulières, en déduire la perte de charge totale dans la conduite de refoulement.**

Composante	Calcul	Perte
Régulière	Résultat de H1.3	11,27 mCE
Singulière	5 % × 11,27	0,56 mCE
Totale	11,27 + 0,56	11,83 mCE

Les pertes singulières s'ajoutent aux pertes régulières. La somme est arrondie au centième.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $\Delta H_{tot} \approx 11,83 \text{ mCE}$.

Question H1.5. **En tenant compte des pertes de charge et de la hauteur manométrique totale du groupe, écrire le théorème de Bernoulli entre le point A, à la surface du bassin, et le point B, à la sortie de la conduite à gueule bée.**

Entre A et B, le théorème de Bernoulli avec la hauteur fournie par la pompe et les pertes de charge s'écrit : $z_A + p_A/(\rho g) + v_A^2/(2g) + HMT = z_B + p_B/(\rho g) + v_B^2/(2g) + \Delta H_{tot}$. A et B sont à la pression atmosphérique. À la surface du bassin, la vitesse est négligeable.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $HMT = (z_B - z_A) + v_B^2/(2g) + \Delta H_{tot}$, avec $p_A = p_B$ et $v_A \approx 0$.

Question H1.6. **À partir du théorème de Bernoulli, déduire que la hauteur manométrique totale du groupe de pompage est de l'ordre de 23,5 mCE.**

1. La hauteur géométrique entre la surface du bassin et la sortie est de 11,4 m.

2. La vitesse à la sortie est celle calculée dans la conduite, donc la hauteur cinétique vaut $v^2/(2g)$.
3. On ajoute les pertes totales obtenues en H1.4 : $HMT = 11,4 + v^2/(2g) + \Delta H_{tot}$.

Le résultat est conforme à l'ordre de grandeur demandé dans l'énoncé.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> $HMT \approx 23,3\ \text{mCE}$, soit de l'ordre de $23,5\ \text{mCE}$.

Question H1.7. Préciser l'utilité de la troisième pompe du groupe, sachant que deux pompes sont en fonctionnement.

Le groupe comprend trois pompes identiques en parallèle, mais deux seulement fonctionnent en régime normal. La troisième est une pompe de secours : elle peut remplacer une pompe indisponible en cas de panne ou de maintenance. Elle permet ainsi de préserver la capacité de refoulement du groupe.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> La troisième pompe sert de secours en cas de panne ou de maintenance d'une pompe en service.

Coût d'exploitation en énergie électrique

Question H2.1. Calculer la puissance hydraulique du groupe de pompage pour une hauteur manométrique totale de 23,5 mCE.

La puissance hydraulique est calculée par $P_h = \rho g Q HMT$. On utilise le débit du groupe, 1200 m³·h⁻¹, converti en m³·s⁻¹, la masse volumique 1010 kg·m⁻³, $g = 9,81$ m·s⁻² et la HMT imposée de $23,5$ m. Le résultat en watts est divisé par 1000 pour obtenir des kilowatts.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> $P_h \approx 77,6\ \text{kW}$.

Question H2.2. À partir de la puissance hydraulique calculée et du rendement global du groupe de pompage, estimé à 72 %, déduire la puissance électrique consommée.

1. Le rendement global vérifie $\eta = P_h / P_e$.
2. On isole la puissance électrique : $P_e = P_h / \eta$.
3. Avec $P_h \approx 77,6$ kW et $\eta = 0,72$, on obtient la puissance électrique consommée par le groupe complet.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> $P_e \approx 107,8\ \text{kW}$.

Question H2.3. Calculer le coût énergétique hors taxes du groupe de pompage pour un fonctionnement de 2 h 45 min dans les conditions de la partie H1, avec un tarif de 0,0552 € par kWh.

La durée de fonctionnement est $2 + 45/60 = 2,75$ h. L'énergie consommée vaut la puissance électrique du groupe multipliée par cette durée. Le coût hors taxes s'obtient ensuite en multipliant cette énergie par le tarif de 0,0552 €·kWh^{-1}. Le calcul suppose une puissance constante pendant tout le pompage.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Coût pour 2 h 45 min : $16,36$ € H.T.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2019)

Bilan de l'épreuve : Cette épreuve de BTS Métiers de l'eau, session 2019, est l'étude de cas U.61, code MTE6EDC, d'une durée de 4 heures et de coefficient 4. Elle étudie une station d'épuration de 125 000 équivalent-habitant et évalue les compétences en génie des procédés, autosurveillance, automatisme, régulation, électrotechnique, hydraulique et analyse des coûts énergétiques.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- Le flux massique d'un polluant se calcule en combinant sa concentration et le débit correspondant, avec des unités cohérentes.
- La charge massique rapporte le flux de pollution traité à la masse de matières volatiles en suspension dans le bassin.
- La perte de charge régulière suit la relation de Darcy : $\Delta H = \lambda(L/D)(v^2/2g)$.
- Le rendement d'un moteur relie la puissance mécanique utile à la puissance électrique absorbée.

Points de vigilance & attentes du jury

- Vérifier les unités avant chaque calcul de débit, flux, puissance ou énergie, et convertir les durées en heures si nécessaire.
- Pour valider les essais de DCO, comparer l'écart relatif à la moyenne au seuil de tolérance indiqué dans l'annexe.
- Sur les chronogrammes et graphiques, lire les seuils et les durées sur les axes, puis laisser visibles les traits de construction demandés.
- Pour l'étude économique, distinguer l'économie annuelle du coût d'investissement et raisonner sur les trois moteurs concernés.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment passer d'un débit journalier à un débit horaire ?

Une journée compte 24 heures. Pour convertir un débit exprimé en $m^3 \cdot j^{-1}$ en $m^3 \cdot h^{-1}$, divisez sa valeur par 24 et indiquez clairement l'unité obtenue.

Q : Comment déterminer une perte de charge régulière avec la formule de Darcy ?

Calculez d'abord la vitesse moyenne dans la conduite, puis utilisez $\Delta H = \lambda(L/D)(v^2/2g)$. Vérifiez que la longueur, le diamètre et la vitesse sont exprimés dans des unités cohérentes.

Q : Comment gérer le temps dans cette épreuve de quatre heures ?

Le sujet conseille deux heures pour le génie des procédés, 1 h 15 pour l'électrotechnique, la régulation et l'automatisme, et 45 minutes pour l'hydraulique. Il demande une copie différente pour chaque partie.

Q : Quel critère de tolérance faut-il appliquer pour les essais de DCO ?

Pour la DCO des eaux en entrée de station, le guide fourni tolère un écart relatif à la moyenne de 10 %. Les résultats qui dépassent cette limite sont à écarter avant de calculer la moyenne des résultats validés.

Sujet officiel associé (PDF) : https://btsme.fr/assets/annales/bts-me/E6 - Conception des unités de traitement et des réseaux/2019/BTS ME - E6 - Conception des unités de traitement et des réseaux - Session 2019 - 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.