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 - Étude de cas

Session 2018 • Code sujet : **MTE6EDC** • Durée : **4 heures** • Coefficient : **4**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. **Étude de la ressource en eau** (2 questions) — **Page 3**
2. **Étude de la clarification** (5 questions) — **Page 4**
3. **Étude de la nanofiltration** (6 questions) — **Page 6**
4. **Mise à l'équilibre et distribution de l'eau** (5 questions) — **Page 8**
5. **Régulation de pression à l'entrée de la nanofiltration** (5 questions) — **Page 12**
6. **Commande des électrovannes en langage LADDER** (5 questions) — **Page 15**
7. **Choix et raccordement de l'entraînement des pompes doseuses** (6 questions) — **Page 19**
8. **Écoulement dans le canal d'amenée et perte de charge de la grille** (9 questions) — **Page 22**
9. **Ce qu'il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ)** (Synthèse & Q&A Examen) — **Page 26**

Sujet officiel (PDF) : https://btsme.fr/assets/annales/bts-me/E6 - Conception des unités de traitement et des réseaux/2018/BTS ME - E6 - Conception des unités de traitement et des réseaux - Session 2018 - 1-Sujet.pdf

1. Étude de la ressource en eau

La station traite une eau de rivière dont la concentration moyenne en nitrates était de 62 mg·L⁻¹ en 2014. Une dérogation a été accordée pour utiliser cette ressource, sous réserve de mettre en œuvre des actions préventives sur le bassin versant.

Question P1.1. Expliquer ce qu'est un périmètre de protection immédiat.

Le périmètre de protection immédiate est la zone située au plus près du point de prélèvement. La collectivité en acquiert la maîtrise foncière et la zone est clôturée pour en interdire l'accès non autorisé. Toute activité y est interdite, sauf celles nécessaires à l'exploitation et à l'entretien des ouvrages. Cette protection limite les risques de pollution directe et de dégradation des installations de captage.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Zone clôturée au plus près du captage, maîtrisée par la collectivité, où seules l'exploitation et l'entretien sont autorisés.

Question P1.2. À l'aide de l'annexe 2, justifier la demande de dérogation au regard de la concentration en nitrates et des limites de qualité applicables.

Pour les nitrates, l'annexe 2 indique une valeur guide de 25 mg·L⁻¹ en groupe A1 et une limite impérative de 50 mg·L⁻¹ en groupes A1, A2 et A3. La moyenne relevée dans la rivière, 62 mg·L⁻¹, dépasse cette limite de 12 mg·L⁻¹. La ressource ne respecte donc pas la limite de qualité applicable, ce qui justifie la dérogation et les actions préventives prévues sur le bassin versant.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> 62 mg·L⁻¹ dépasse de 12 mg·L⁻¹ la limite impérative de 50 mg·L⁻¹ : la dérogation est justifiée.

2. Étude de la clarification

La clarification de l'eau comprend une coagulation, une décantation et une filtration sur sable. Le coagulant choisi est l'Aqualenc®, et les annexes présentent les résultats des jar-tests ainsi que le synoptique de la filière.

Question P2.1. Citer deux critères permettant de choisir un coagulant.

Le choix du coagulant dépend d'abord de son efficacité pour déstabiliser les particules et former des flocs adaptés à la décantation, efficacité vérifiée par des jar-tests. Il dépend aussi de critères de mise en œuvre, notamment le coût, l'influence sur le pH et la quantité de boues produites. Deux critères suffisent : l'efficacité de traitement et le coût d'utilisation.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Critères : efficacité de coagulation et coût d'utilisation.

Question P2.2. Établir la relation littérale, ou équation aux grandeurs, entre le débit de la pompe doseuse d'Aqualenc® et son taux de traitement. Calculer ensuite le débit de cette pompe pour le jar-test n° 1, en $L \cdot h^{-1}$.

Le débit massique injecté est le produit du taux de traitement par le débit d'eau. Le débit de pompe s'obtient en divisant ce débit massique par la concentration du produit : $\mathbf{Q_p = T \times Q_e / C}$. Pour le jar-test n° 1, T = 90 $g \cdot m^{-3}$, Q_e = 156 $m^3 \cdot h^{-1}$ et C = 1,24 $kg \cdot L^{-1}$ = 1 240 $g \cdot L^{-1}$. Les unités donnent bien un débit en $L \cdot h^{-1}$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Débit de la pompe doseuse : 11,3 $L \cdot h^{-1}$.

Question P2.3. À l'aide des résultats de l'annexe 3, déterminer l'équation de la droite représentant le taux de traitement optimal en Aqualenc® en fonction de l'absorbance à 254 nm de l'eau brute. En déduire la formule de calcul permettant à l'automate de régler le débit de la pompe doseuse.

Les points de l'annexe sont alignés. La pente vaut (120 − 60)/(0,225 − 0,075) = 400, et l'ordonnée à l'origine vaut 60 − 400 × 0,075 = 30. Pour une absorbance A, l'automate calcule d'abord le taux T = 400A + 30 en $g \cdot m^{-3}$, puis applique la relation de dosage avec le débit d'eau de 156 $m^3 \cdot h^{-1}$ et la concentration de 1 240 $g \cdot L^{-1}$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $T = 400A + 30$ $g \cdot m^{-3}$; $Q_p = 156(400A + 30)/1\,240$ $L \cdot h^{-1}$.

Question P2.4. Sachant que le temps optimal de coagulation est de 3 minutes, calculer le volume du bac de coagulation en m³.

Le volume du bac correspond au débit traversant multiplié par le temps de séjour. Le débit de la station est de 156 $m^3 \cdot h^{-1}$ et le temps optimal de coagulation est de 3 minutes, soit 3/60 h. On obtient donc le volume utile par $V = Q \times t = 156 \times (3/60)$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Volume utile du bac de coagulation : 7,8 m³.

Question P2.5. À l'aide de l'annexe 1, calculer la vitesse de filtration en $m \cdot h^{-1}$ lorsque les trois filtres fonctionnent, puis lorsqu'un filtre est à l'arrêt ou en procédure de lavage. Comparer les résultats et conclure.

L'annexe 1 indique trois filtres à sable de 9 m² chacun. La vitesse superficielle se calcule par $v = Q/S$, avec le débit de 156 $m^3 \cdot h^{-1}$. Lorsque les trois filtres fonctionnent, la surface totale est de 27 m² ; si un filtre est indisponible, elle est de 18 m². La vitesse augmente alors de 50 %. L'annexe ne donne pas de plage admissible : on conclut donc que la mise à l'arrêt d'un filtre accroît la sollicitation des filtres restants.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Trois filtres : 5,78 $m \cdot h^{-1}$. Deux filtres : 8,67 $m \cdot h^{-1}$, soit une hausse de 50 %.

3. Étude de la nanofiltration

Après la clarification, l'eau traverse des préfiltres à cartouches puis deux files de nanofiltration fonctionnant à 6 bars. Le synoptique et les annexes apportent des données sur la filière, les analyses de l'eau et le nettoyage des membranes.

Question P3.1. Définir le seuil de coupure. Indiquer pourquoi les bactéries et les virus passent au travers du préfiltre dont le seuil de coupure est de 5 µm.

Le seuil de coupure est la taille nominale des particules que le filtre peut retenir. Ici, il vaut **5 µm** : les particules plus grosses sont en principe arrêtées, tandis que les plus petites peuvent traverser. Les virus sont bien plus petits que 5 µm et passent donc au travers. La taille des bactéries varie, mais beaucoup sont inférieures à ce seuil; un préfiltre de 5 µm ne constitue donc pas une barrière fiable aux bactéries ni aux virus.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Seuil de coupure : 5 µm. Les virus et de nombreuses bactéries, plus petits que ce seuil, traversent le préfiltre.

Question P3.2. À partir du synoptique de la filière, préciser le paramètre mesuré qui permet d'évaluer l'état des préfiltres.

Le synoptique montre des manomètres de part et d'autre du préfiltre. La différence entre les pressions mesurées en amont et en aval correspond à sa **perte de charge**. Lorsque les cartouches se colmatent, l'écoulement devient plus difficile et cette différence de pression augmente. La pression différentielle constitue donc l'indicateur mesuré pour suivre l'état de colmatage des préfiltres et repérer leur remplacement nécessaire.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> La perte de charge, mesurée comme la pression différentielle entre l'amont et l'aval du préfiltre.

Question P3.3. Pour les deux files de nanofiltration, établir les relations de calcul puis déterminer le débit total de perméat et le débit total de rétentat en m³·h⁻¹, à partir du débit de la station et du taux de conversion global de 82,5 %.

Le taux de conversion global est le rapport du débit total de perméat au débit d'alimentation : $Y = Q_p / Q_a$. Pour les deux files réunies, le débit d'alimentation est celui de la station, soit $156\ \mathrm{m^3 \cdot h^{-1}}$. Ainsi, $Q_p = 0{,}825 \times 156 = 128{,}7\ \mathrm{m^3 \cdot h^{-1}}$. Le rétentat correspond au débit restant : $Q_r = Q_a - Q_p = 156 - 128{,}7 = 27{,}3\ \mathrm{m^3 \cdot h^{-1}}$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Perméat total : 128,7 m³·h⁻¹. Rétentat total : 27,3 m³·h⁻¹.

Question P3.4. **En considérant un débit de perméat de 130 m³·h⁻¹ et à l'aide de l'annexe 4, établir les relations de calcul puis déterminer la concentration en nitrates du rétentat en mg·L⁻¹ et le taux de rétention des ions nitrate en pourcentage.**

Le bilan des nitrates entre l'alimentation, le perméat et le rétentat s'écrit $Q_a C_a = Q_p C_p + Q_r C_r$. Le débit d'alimentation vaut $156\ \mathrm{m^3 \cdot h^{-1}}$, le perméat vaut $130\ \mathrm{m^3 \cdot h^{-1}}$, donc le rétentat vaut $26\ \mathrm{m^3 \cdot h^{-1}}$. Avec les concentrations de l'annexe 4, $C_r = (156 \times 58{,}5 - 130 \times 13{,}5)/26 = 283{,}5\ \mathrm{mg\cdotp L^{-1}}$. La rétention se calcule par $(C_a - C_p)/C_a \times 100$.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Nitrates du rétentat : 283,5 mg·L⁻¹. Taux de rétention des nitrates : 76,9 %.

Question P3.5. **Indiquer les éléments chimiques éliminés lors du cycle de lavage des membranes, comprenant un lavage basique au P3-Ultrasil 14 puis un lavage acide à l'acide citrique. S'appuyer sur l'annexe 5.**

L'annexe 5 décrit le P3-Ultrasil 14 comme un détergent fortement alcalin qui élimine les résidus organiques ainsi que les dépôts minéraux. Le second lavage, à l'acide citrique, contribue à dissoudre les dépôts minéraux incrustés. Le cycle vise donc les salissures organiques et minérales accumulées sur les membranes. Les documents ne permettent pas de préciser davantage les espèces minérales concernées.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le cycle élimine les résidus organiques et les dépôts minéraux présents sur les membranes.

Question P3.6. **Expliquer en quoi la mesure de la conductivité du perméat permet de renseigner l'opérateur sur l'intégrité des membranes.**

La conductivité dépend de la quantité d'ions dissous dans l'eau. Une membrane intègre retient une grande partie de ces ions : la conductivité du perméat reste donc faible. L'annexe 4 indique une valeur de **42 µS·cm⁻¹**. Si cette conductivité augmente anormalement, davantage d'ions traversent la membrane. Cette hausse peut ainsi révéler une fuite, une rupture ou une autre perte d'intégrité, et alerter l'opérateur.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Une hausse anormale de la conductivité du perméat indique un passage accru d'ions et peut révéler une membrane endommagée.

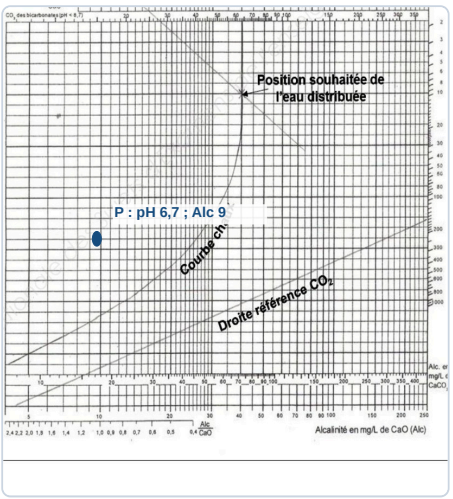
4. Mise à l’équilibre et distribution de l’eau

Le perméat est reminéralisé par ajout de dioxyde de carbone et de chaux afin d’atteindre l’équilibre recherché avant distribution. Le document-réponse fournit le graphique carbonique nécessaire pour situer les eaux et déterminer les traitements à appliquer.

Question P4.1. À l’aide de l’annexe 4, placer le point P représentant le perméat sur le graphique carbonique du document-réponse n° 1 et indiquer ses coordonnées sur la copie.

L’annexe 4 donne pour le perméat un pH de 6,7 et une alcalinité de 9 mg·L^{-1} en $CaCO_3$. Sur le graphique carbonique, l’alcalinité se lit sur l’axe horizontal et le pH sur l’axe vertical. Leur intersection définit le point P. Inscrire ces deux valeurs dans le cadre de résultats et placer le repère sur le document-réponse.

Point P du perméat



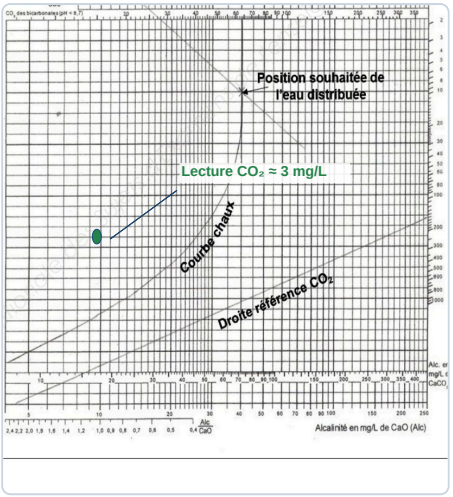
✓ RÉPONSE À RETENIR

P : pH = 6,7 ; alcalinité = 9 mg·L^{-1} en $CaCO_3$.

Question P4.2. À l’aide de la droite de référence CO_2 du graphique carbonique, déterminer la concentration en CO_2 du perméat en mg·L^{-1}.

Depuis le point P, suivre la lecture graphique de la droite de référence CO_2 jusqu’à l’échelle de concentration placée à droite du diagramme. La valeur se lit en mg·L^{-1}. La lecture est approximative, car elle dépend du repérage du point et de la précision du graphique ; elle représente le CO_2 déjà présent dans le perméat, avant tout ajout de traitement.

Lecture du CO_2 du perméat



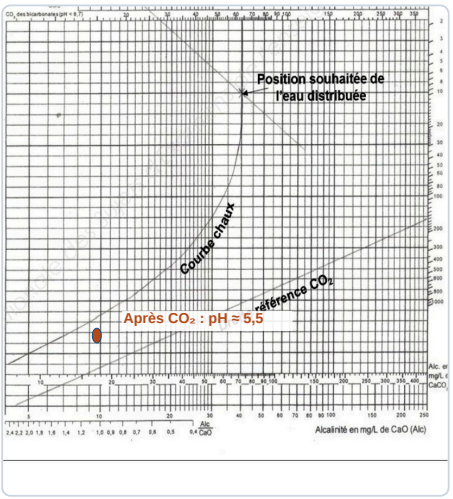
> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> CO_2 du perméat : environ 3 mg·L^{-1}.

Question P4.3. **Placer sur le graphique carbonique le point caractéristique de l'eau après ajout de CO_2, en utilisant la courbe de chaux et la position souhaitée de l'eau distribuée. En déduire la concentration en CO_2 de cette eau en mg·L^{-1}.**

1. L'injection de CO_2 ne modifie pas l'alcalinité : le point reste à 9 mg·L^{-1} en $CaCO_3$.
2. Repérer l'intersection de cette verticale avec la courbe de chaux qui conduit à la position souhaitée de l'eau distribuée.
3. Lire le pH de cette intersection, puis la concentration correspondante sur la droite de référence CO_2.

Le diagramme donne environ pH 5,5 et 50 mg·L^{-1} de CO_2.

Point après ajout de CO_2

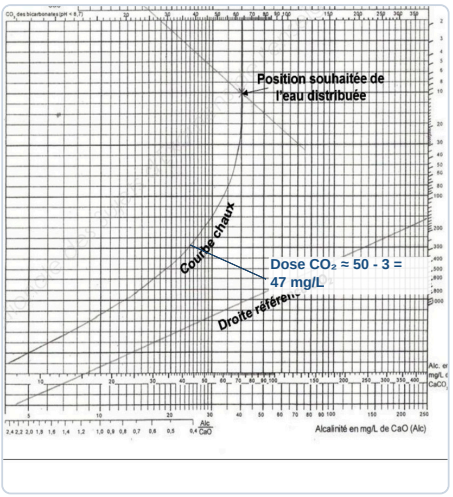


> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Après ajout de CO_2 : pH ≈ 5,5 ; CO_2 ≈ 50 mg·L^{-1}.

Question P4.4. À partir des résultats des questions P4.2 et P4.3, déduire le taux de traitement en CO_2 à ajouter, en mg·L⁻¹, pour atteindre la position souhaitée de l'eau distribuée.

La dose à ajouter correspond à la concentration de CO_2 obtenue après injection, diminuée de celle déjà présente dans le perméat. En reprenant les lectures graphiques précédentes, le calcul est : 50 − 3 = 47 mg·L⁻¹. Le résultat est approché, puisque les deux concentrations sont lues sur le diagramme. Cette quantité désigne le CO_2 à injecter, et non la concentration finale totale.

Dose de CO_2 à ajouter



✓ RÉPONSE À RETENIR

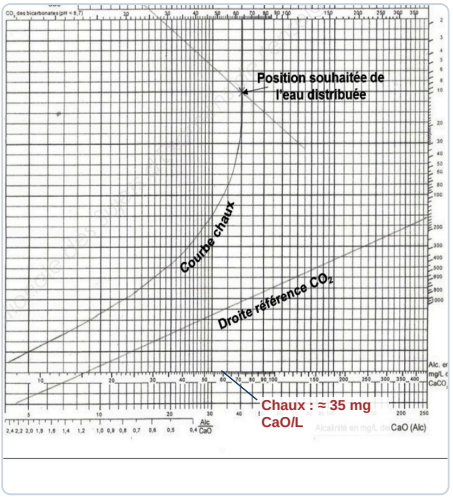
CO_2 à ajouter : environ 47 mg·L⁻¹.

Question P4.5. À l'aide du graphique carbonique, déterminer le taux de traitement en chaux à ajouter pour atteindre la position souhaitée de l'eau distribuée, exprimé en mg de CaO par litre.

Grandeur	Valeur
Alcalinité du perméat	9 mg·L⁻¹ en $CaCO_3$
Alcalinité souhaitée	71 mg·L⁻¹ en $CaCO_3$
Équivalence massique	$CaO/CaCO_3$ = 56/100

L'écart d'alcalinité est donc 71 − 9 = 62 mg·L⁻¹ en $CaCO_3$. Le convertir en CaO avec le rapport des masses molaires donne une dose de 34,72 mg·L⁻¹, soit environ 35 mg de CaO par litre.

Dose de chaux



✓ RÉPONSE À RETENIR

Chaux à ajouter : environ 35 mg de $CaO \cdot L^{-1}$.

5. Régulation de pression à l’entrée de la nanofiltration

Un groupe de pompes maintient une pression constante de 6 bars à l’entrée de la nanofiltration. Le sujet présente un capteur-transmetteur 4-20 mA, un schéma de tuyauterie et instrumentation et les courbes de réponse de trois réglages de l’action proportionnelle.

Question R1. Pour un capteur dont l’étendue de mesure est de 2 à 10 bars et dont le transmetteur délivre un signal de 4 à 20 mA, déterminer le signal correspondant à une pression de 6 bars. Calculer ensuite la pression correspondant à un courant de 7,35 mA.

Le signal varie linéairement de 4 à 20 mA entre 2 et 10 bars. À 6 bars, il vaut $4 + (6 - 2) \times \frac{20-4}{10-2} = 12$ mA. Inversement, pour 7,35 mA, la pression vaut $2 + (7,35 - 4) \times \frac{10-2}{20-4} = 3,675$ bars.

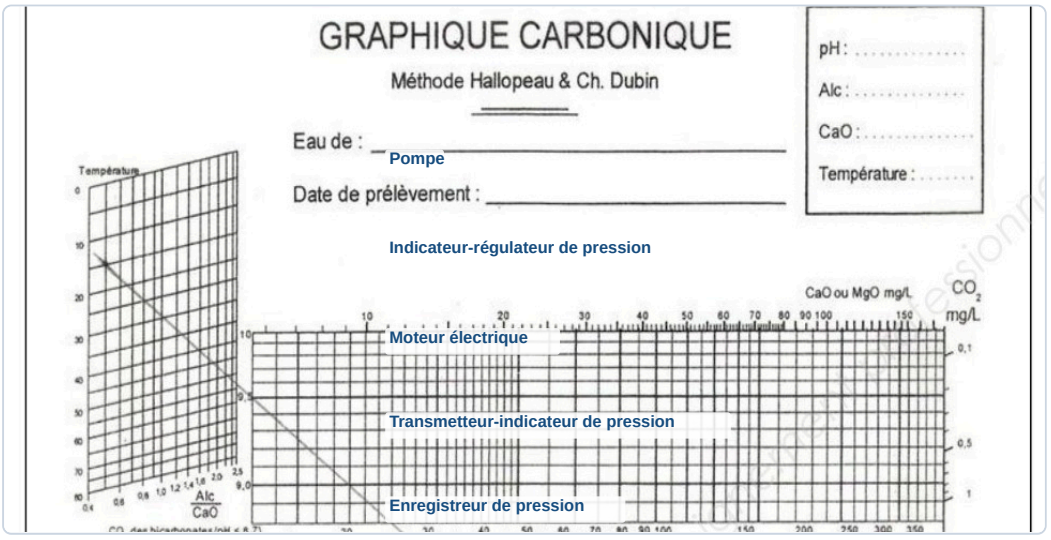
> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> 6 bars : 12 mA ; 7,35 mA : 3,675 bars.

Question R2. Indiquer la désignation des symboles du schéma TI en complétant le tableau du document-réponse n° 2.

Dans le repérage TI, P désigne la pression. I signifie indicateur, C régulateur, T transmetteur et R enregistreur. Le symbole non lettré représenté sur la conduite est celui de la pompe. Reporter les désignations dans le tableau du document-réponse.

Symbole	Désignation
Symbole de pompe	Pompe
PIC	Indicateur-régulateur de pression
M	Moteur électrique
PIT	Transmetteur-indicateur de pression
PR	Enregistreur de pression

Désignations du document-réponse Régulation



✓ RÉPONSE À RETENIR

Pompe ; PIC : indicateur-régulateur de pression ; M : moteur électrique ; PIT : transmetteur-indicateur de pression ; PR : enregistreur de pression.

Question R3. Identifier le type de boucle de régulation de pression représenté, boucle ouverte ou boucle fermée, et justifier la réponse.

La boucle est fermée : le transmetteur PIT mesure la pression à l'entrée de la nanofiltration et transmet cette mesure au régulateur PIC. Celui-ci la compare à la consigne de 6 bars, puis corrige la commande du variateur. Le variateur modifie la vitesse du moteur de la pompe. La pression mesurée est donc réinjectée dans la commande afin de réduire l'écart à la consigne.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Boucle fermée : la pression mesurée est comparée à la consigne et la correction agit sur le variateur.

Question R4. Définir le rôle du correcteur intégral dans le régulateur PID.

Le correcteur intégral accumule l'écart entre la consigne et la mesure au cours du temps. Tant que cet écart persiste, l'action intégrale ajuste progressivement la commande du variateur. Elle permet ainsi de supprimer l'erreur statique, c'est-à-dire l'écart permanent qui peut subsister après l'action proportionnelle.

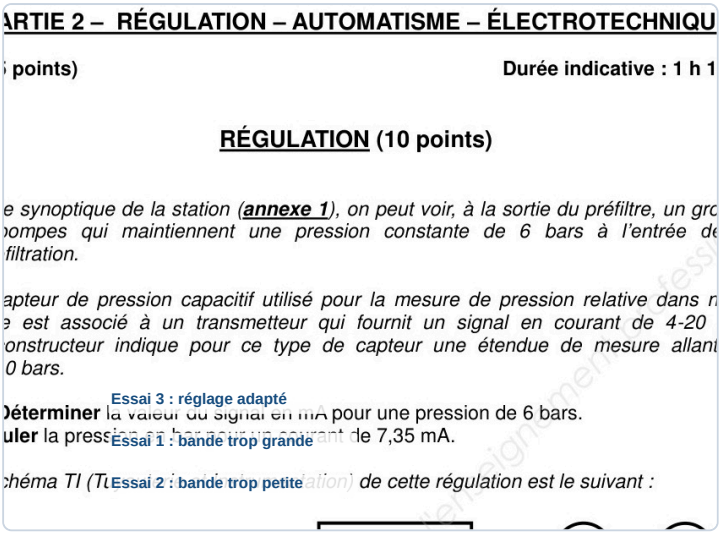
✓ RÉPONSE À RETENIR

L'action intégrale accumule l'erreur et supprime l'écart permanent entre la mesure et la consigne.

Question R5. À partir des courbes des trois essais, identifier l'essai le plus adapté, celui correspondant à une bande proportionnelle trop grande et celui correspondant à une bande proportionnelle trop petite. Argumenter qualitativement chaque réponse.

L'essai 3 est le meilleur compromis : sa réponse rejoint la consigne avec un dépassement limité et s'amortit. L'essai 1 réagit lentement et reste sous la consigne, ce qui caractérise une bande proportionnelle trop grande et une action trop faible. L'essai 2 présente de fortes oscillations, signe d'une bande trop petite et d'une action trop forte.

Identification des essais de réglage



✓ RÉPONSE À RETENIR

Réglage adapté : essai 3 ; bande proportionnelle trop grande : essai 1 ; bande proportionnelle trop petite : essai 2.

6. Commande des électrovannes en langage LADDER

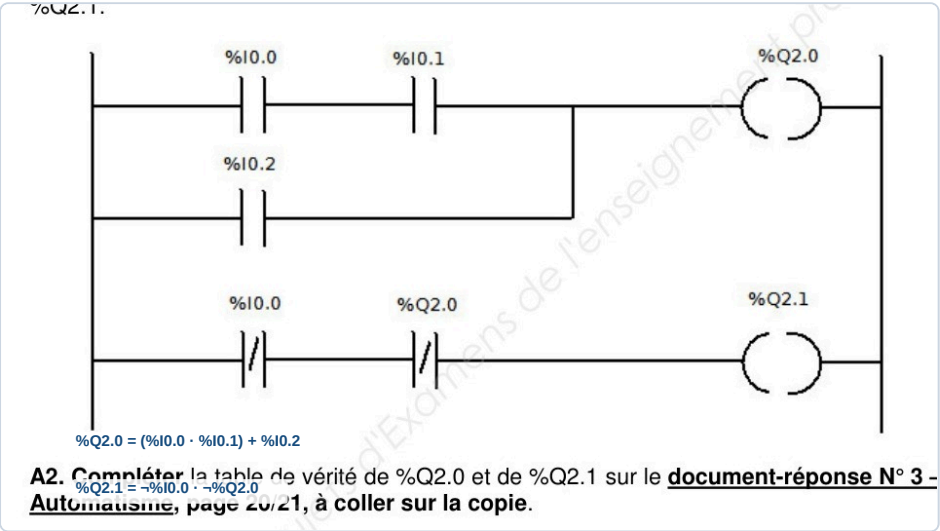
Les automates TWIDO de la station sont programmés en langage LADDER pour gérer les modes de marche des électrovannes. Le sujet fournit l'affectation des entrées et sorties, le schéma LADDER initial et un document-réponse avec les tables de vérité à compléter.

Question A1. À partir du schéma LADDER fourni, déterminer les équations logiques des sorties %Q2.0 et %Q2.1.

Sur le premier barreau, la branche supérieure met %I0.0 et %I0.1 en série, en parallèle avec %I0.2. Sur le second, les contacts normalement fermés %I0.0 et %Q2.0 sont en série.

%Q2.0 = (%I0.0 ∧ %I0.1) ∨ %I0.2
%Q2.1 = ¬%I0.0 ∧ ¬%Q2.0

Équations des sorties du LADDER



A2. Compléter la table de vérité de %Q2.0 et de %Q2.1 sur le **document-réponse N° 3 - Automatisme, page 20/21, à coller sur la copie**.

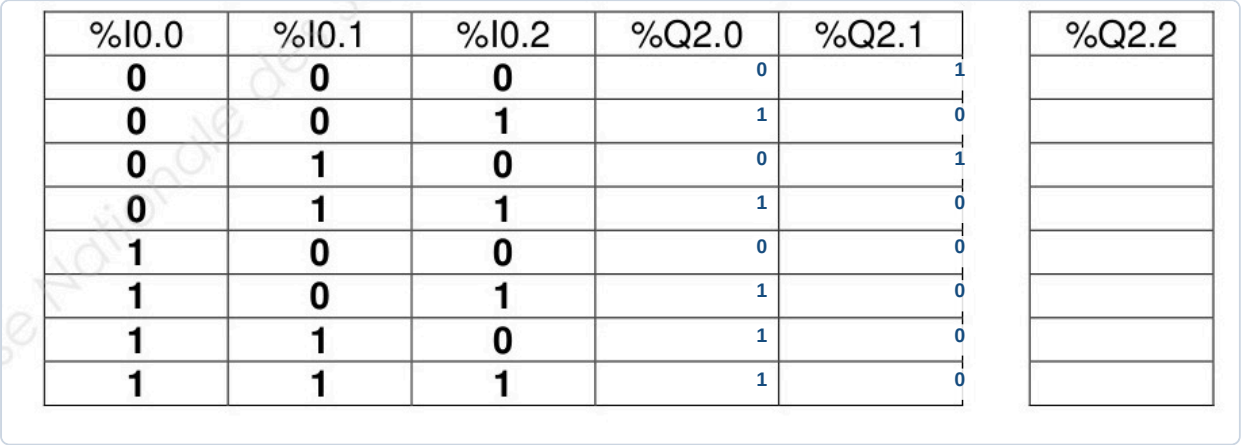
> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> %Q2.0 = (%I0.0 ∧ %I0.1) ∨ %I0.2 ; %Q2.1 = ¬%I0.0 ∧ ¬%Q2.0.

Question A2. Compléter, sur le document-réponse n° 3, la table de vérité des sorties %Q2.0 et %Q2.1 pour les différentes combinaisons des entrées %I0.0, %I0.1 et %I0.2.

Les contacts en série correspondent à un ET logique et les branches en parallèle à un OU logique. On applique les équations de A1 à chaque combinaison des entrées.

%I0.0	%I0.1	%I0.2	%Q2.0	%Q2.1
0	0	0	0	1
0	0	1	1	0
0	1	0	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	1	1	0
1	1	0	1	0
1	1	1	1	0

Table de vérité, sorties %Q2.0 et %Q2.1



%I0.0	%I0.1	%I0.2	%Q2.0	%Q2.1	%Q2.2
0	0	0	0	1	
0	0	1	1	0	
0	1	0	0	1	
0	1	1	1	0	
1	0	0	0	0	
1	0	1	1	0	
1	1	0	1	0	
1	1	1	1	0	

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Dans l'ordre des lignes du document-réponse : %Q2.0 = 0, 1, 0, 1, 0, 1, 1, 1 ; %Q2.1 = 1, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0.

Question A3. La sortie %Q2.2 doit être commandée uniquement lorsque %Q2.0 et %Q2.1 sont simultanément inactives. Écrire l'équation logique de %Q2.2 en fonction de %Q2.0 et %Q2.1, puis compléter sa colonne dans la table de vérité du document-réponse n° 3.

%Q2.2 doit être active uniquement si %Q2.0 et %Q2.1 sont toutes deux inactives. L'équation est donc :

%Q2.2 = ¬%Q2.0 ∧ ¬%Q2.1

Dans la table, les deux sorties sont simultanément à 0 uniquement à la ligne correspondant à %I0.0 = 1, %I0.1 = 0 et %I0.2 = 0.

Colonne %Q2.2 et équation A3

%I0.0	%I0.1	%I0.2	%Q2.0	%Q2.1	%Q2.2
0	0	0			0
0	0	1			0
0	1	0			0
0	1	1			0
1	0	0			1
1	0	1			0
1	1	0			0
1	1	1			0

Questions A3.
%Q2.2 = ...

Questions A4.
%Q2.2 = ...

%Q2.2 = ¬%Q2.0 · ¬%Q2.1

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

%Q2.2 = ¬%Q2.0 ∧ ¬%Q2.1. Colonne, dans l'ordre des lignes : 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0.

Question A4. À partir de la table de vérité, déduire l'équation logique de %Q2.2 en fonction des entrées %I0.0, %I0.1 et %I0.2, puis compléter le document-réponse n° 3.

La table montre que %Q2.2 vaut 1 uniquement pour l'unique combinaison %I0.0 = 1, %I0.1 = 0 et %I0.2 = 0. L'équation correspondant à cette combinaison est :

%Q2.2 = %I0.0 ∧ ¬%I0.1 ∧ ¬%I0.2

Équation de %Q2.2 en fonction des entrées

%Q2.2 = ...

Questions A4.
%Q2.2 = ...

%Q2.2 = %I0.0 · ¬%I0.1 · ¬%I0.2

BTS MÉTIERS DE L'EAU | Session 2018

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

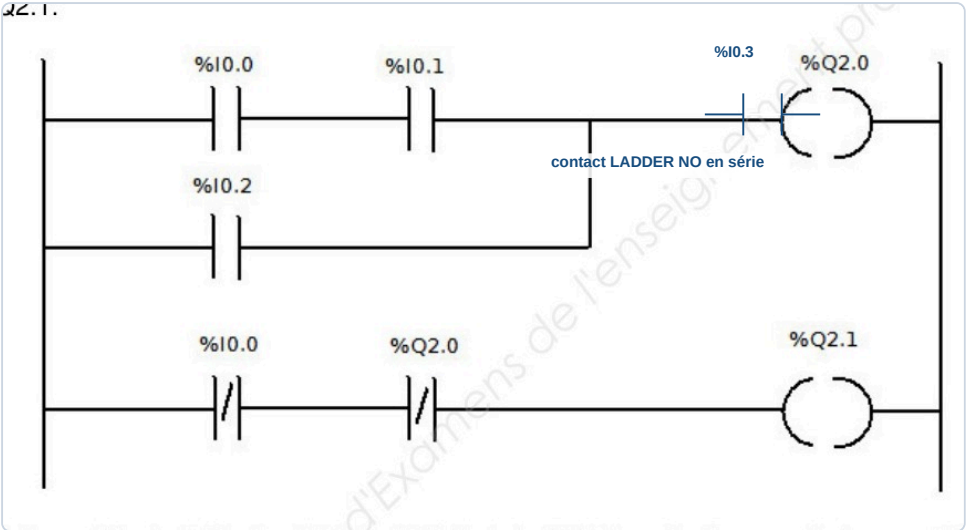
%Q2.2 = %I0.0 ∧ ¬%I0.1 ∧ ¬%I0.2.

Question A5. L'électrovanne 0 doit être bloquée si le détecteur de niveau haut %I0.3, de type NF, est noyé. Reproduire et modifier sur la copie le schéma LADDER de %Q2.0 pour intégrer cette condition.

Un détecteur de type NF noyé ouvre son contact et rend l'entrée %I0.3 inactive. Pour que l'électrovanne fonctionne lorsque le détecteur est à sec, l'instruction LADDER %I0.3 doit être un contact normalement ouvert, placé en série avec le barreau existant.

1. Conserver les deux branches : (%I0.0 et %I0.1) en série, en parallèle avec %I0.2.
2. Ajouter le contact LADDER %I0.3 après la réunion des branches et avant la bobine %Q2.0.

Contact de niveau haut ajouté au LADDER de %Q2.0



✓ RÉPONSE À RETENIR

%Q2.0 = [(%I0.0 ∧ %I0.1) ∨ %I0.2] ∧ %I0.3. Ajouter %I0.3 en contact NO, en série avant la bobine.

7. Choix et raccordement de l’entraînement des pompes doseuses

Deux pompes doseuses d’acide chlorhydrique de type GM240 sont alimentées en parallèle par un variateur unique sur un réseau triphasé 3 × 400 V. Les annexes donnent les caractéristiques des pompes, la documentation des variateurs, les schémas de raccordement et les tableaux de départs-moteurs.

Question E1. À partir des annexes 6 et 7, déterminer et justifier la référence du variateur d’entraînement des deux pompes avec filtre CEM intégré.

L’annexe 6 indique une puissance de 120 W pour le moteur triphasé de chaque GM240. Pour deux moteurs alimentés par le même variateur, la puissance totale est donc 2 × 120 = 240 W, soit 0,24 kW. L’annexe 7 propose, en triphasé 380 à 500 V avec filtre CEM intégré, un modèle de 0,37 kW adapté à ce besoin. La référence à retenir est celle de cette ligne de catalogue.

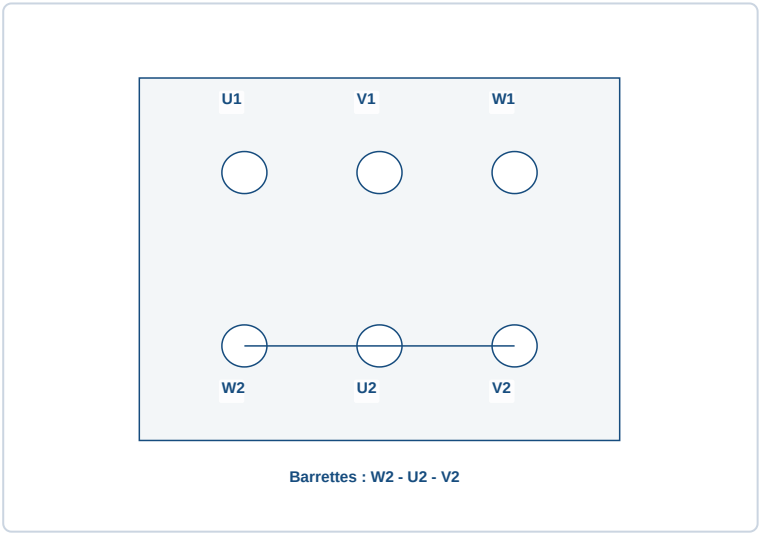
✓ RÉPONSE À RETENIR

ATV312H037N4 : alimentation triphasée 380 à 500 V, puissance 0,37 kW, filtre CEM intégré.

Question E2. Le moteur d’entraînement de chaque pompe doseuse étant couplé en étoile, représenter sa plaque à bornes et les barrettes de couplage.

Sur la plaque à six bornes, les bornes U1, V1 et W1 reçoivent les trois phases du variateur. Pour obtenir le couplage étoile demandé, les trois autres bornes, W2, U2 et V2, sont reliées ensemble par des barrettes. La disposition représentée est une vue de face conventionnelle : la rangée inférieure est donc pontée, tandis que la rangée supérieure reste distincte pour les raccordements des phases.

Plaque à bornes du moteur, couplage étoile



✓ RÉPONSE À RETENIR

Phases sur U1, V1 et W1. Relier ensemble W2, U2 et V2 par les barrettes de couplage étoile.

Question E3. À partir de l'annexe 8, déterminer les bornes sur lesquelles doit être câblé le signal de sortie 4-20 mA du régulateur.

Le schéma de raccordement de l'Altivar 312 présente une entrée analogique dédiée au courant, AI2, ainsi qu'une borne commune analogique, COM. Le signal de sortie 4-20 mA du régulateur se raccorde entre ces deux bornes. AI1 n'est pas à retenir : sur le schéma, elle correspond à l'entrée analogique configurée pour un signal en tension. Respecter la polarité indiquée lors du câblage du signal et de son retour.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Raccorder le signal 4-20 mA sur AI2 et son retour sur COM.

Question E4. En utilisant le schéma de commande du contacteur KM1 de l'annexe 8, décrire littéralement le fonctionnement du circuit en fonctionnement normal, puis en cas de défaut du variateur. On suppose que les disjoncteurs Q1, Q2 et Q3 sont fermés et que l'on appuie sur S1.

Les disjoncteurs Q1, Q2 et Q3 étant fermés, l'appui sur S1 alimente la bobine KM1 si le contact de défaut du variateur est fermé. KM1 s'enclenche et son contact auxiliaire 13-14 assure l'auto-maintien après relâchement de S1. En fonctionnement normal, le variateur reste ainsi alimenté. En cas de défaut, le relais de défaut ouvre son contact dans le circuit de commande : la bobine KM1 retombe, ses contacts de puissance s'ouvrent et l'alimentation du variateur est coupée.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Fonctionnement normal : KM1 s'enclenche et s'auto-maintient. Défaut variateur : KM1 retombe et coupe l'alimentation du variateur.

Question E5. À partir de l'annexe 9, déterminer la référence du contacteur KM1 pour un circuit de commande alimenté sous 24 volts.

Dans l'annexe 9, la ligne correspondant à l'alimentation triphasée 380 à 500 V et au variateur de 0,37 kW associe le contacteur de base LC1D09. Le tableau des bobines indique le repère B7 pour une commande en courant alternatif sous 24 V. Il faut donc compléter la référence de base par ce repère de tension.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Référence de KM1 : LC1D09B7, bobine 24 V alternatif.

Question E6. Nommer l’élément à ajouter au schéma de câblage du constructeur pour assurer la protection des personnes.

Le réseau est en schéma TT. Pour assurer la protection des personnes contre les contacts indirects, le départ doit comporter un dispositif différentiel résiduel (DDR). Il détecte un courant de fuite vers la terre et commande la coupure de l’alimentation. Le calibre et la sensibilité du dispositif doivent être choisis selon les caractéristiques de l’installation et les règles applicables.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Ajouter un dispositif différentiel résiduel (DDR) adapté au schéma TT.

8. Écoulement dans le canal d’amenée et perte de charge de la grille

L’usine est alimentée par un canal rectangulaire en ciment lisse, de 1 m de large et de 1 m de haut, équipé d’un dégrilleur automatique. Les questions portent d’abord sur l’écoulement avec une grille propre, puis sur les vitesses, la perte de charge et le déclenchement du nettoyage lorsque la grille est encrassée.

Grille propre

Question H1.1. Montrer que le rayon hydraulique Rh du canal d’amenée vaut 0,25 m lorsque la hauteur d’eau en amont est de 50 cm.

Le rayon hydraulique est le rapport entre la section mouillée et le périmètre mouillé. La largeur du canal vaut 1 m et la hauteur d’eau est 0,50 m. La section mouillée est donc 1 × 0,50 = 0,50 m². Le périmètre mouillé comprend le fond et les deux parois latérales : 1 + 2 × 0,50 = 2,00 m. Ainsi, Rh = 0,50 / 2,00 = 0,25 m.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Rh = 0,25 m.

Question H1.2. Calculer le coefficient de débit C et montrer que le coefficient de Strickler Ks vaut environ 90.

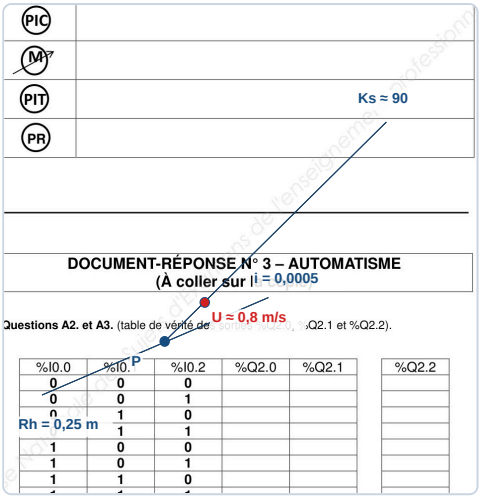
Pour le ciment lisse, n = 0,11 et le rayon hydraulique calculé est Rh = 0,25 m. D’après les relations fournies, C = 87 / (1 + n/√Rh), soit C = 87 / (1 + 0,11/√0,25) ≈ 71,3. Puis $Ks = C/Rh^{1/6} = 71,3/0,25^{1/6} \approx 89,8$. Cette valeur confirme le coefficient de Strickler annoncé, voisin de 90.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> C ≈ 71,3 et Ks ≈ 89,8 $m^{1/3}\cdot s^{-1}$.

Question H1.3. À l’aide de l’abaque de Manning-Strickler du document-réponse n° 4, déterminer graphiquement la vitesse moyenne de l’eau dans le canal d’amenée.

La pente de 0,05 % correspond à i = 0,0005 m/m. Sur l’abaque, tracer la première droite de Rh = 0,25 m à i = 0,0005 m/m, en repérant son point pivot. Relier ensuite ce pivot à Ks ≈ 90, puis lire la vitesse sur l’axe U. La lecture graphique donne environ 0,8 m/s, cohérente avec la relation de Manning-Strickler.

Lecture de la vitesse sur l'abaque



✓ RÉPONSE À RETENIR

Vitesse moyenne lue sur l'abaque : U ≈ 0,8 m/s.

Question H1.4. Calculer le débit d'eau Q dans le canal en m³·s⁻¹, puis en m³·h⁻¹.

La section mouillée du canal rectangulaire vaut S = largeur × hauteur d'eau = 1 × 0,50 = 0,50 m². En utilisant la vitesse moyenne lue sur l'abaque, U ≈ 0,80 m/s, le débit est Q = S × U = 0,50 × 0,80 = 0,40 m³/s. La conversion en mètres cubes par heure se fait en multipliant par 3 600 secondes par heure.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Q = 0,40 m³/s, soit 1 440 m³/h.

Grille sale

Question H2.1. Avec une hauteur d'eau de 50 cm en aval et un débit de 1 440 m³·h⁻¹, calculer les vitesses en amont et en aval de la grille.

Le débit est 1 440 m³/h, soit 1 440/3 600 = 0,40 m³/s. Le niveau d'eau en aval est à 0,50 m et celui en amont est supérieur de 0,20 m : la hauteur amont vaut donc 0,70 m. Avec une largeur de 1 m, les sections mouillées sont 0,70 m² en amont et 0,50 m² en aval. Pour chaque section, la vitesse est v = Q/S.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Vitesse amont : 0,571 m/s. Vitesse aval : 0,800 m/s.

Question H2.2. **Appliquer le théorème de Bernoulli entre les points A et B du schéma. En déduire l'expression littérale de la perte de charge singulière Js provoquée par la grille encrassée en fonction des vitesses en amont et en aval.**

Entre A et B, l'eau est à surface libre : la pression est atmosphérique aux deux points et les termes de pression s'annulent. En intégrant la perte de charge singulière dans Bernoulli, on obtient $z_A + v_A^2/(2g) = z_B + v_B^2/(2g) + J_s$. Le niveau amont étant supérieur de 0,20 m, $z_A - z_B = 0{,}20$ m. On en déduit l'expression demandée.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $J_s = 0{,}20 + (v_A^2 - v_B^2)/(2g)$.

Question H2.3. **Vérifier que la perte de charge singulière provoquée par la grille encrassée est de 0,184 mCE.**

La relation issue de Bernoulli est $J_s = 0{,}20 + (v_A^2 - v_B^2)/(2g)$. Les vitesses calculées sont $v_A = 0{,}40/0{,}70$ m/s en amont et $v_B = 0{,}40/0{,}50$ m/s en aval ; $g = 9{,}81$ m/s². En remplaçant les valeurs, $J_s = 0{,}20 + ((0{,}40/0{,}70)^2 - (0{,}40/0{,}50)^2)/(2 \times 9{,}81) \approx 0{,}184$ mCE. La valeur demandée est vérifiée.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $J_s \approx 0{,}184$ mCE.

Question H2.4. **Calculer le coefficient de perte de charge singulière k de la grille encrassée.**

La relation donnée dans l'énoncé utilise la vitesse amont : $J_s = k \times v_A^2/(2g)$. On isole le coefficient de perte de charge : $k = 2gJ_s/v_A^2$. Avec $J_s = 0{,}184$ mCE, $g = 9{,}81$ m/s² et $v_A = 0{,}40/0{,}70$ m/s, le calcul donne $k \approx 11{,}1$. Le coefficient est sans unité.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $k \approx 11{,}1$.

Question H2.5. **Pour un coefficient de perte de charge singulière k égal à 11, calculer le pourcentage m de grille non obstruée et indiquer si le nettoyage automatique démarre, sachant que le nettoyage est déclenché lorsque 85 % de la hauteur totale de la grille est obstruée.**

Le coefficient vaut $k = (100/m)^2 \times K2 \times K3$. En isolant m, on obtient $m = 100 \times \sqrt{(K2 \times K3/k)}$. Avec $K2 = 0{,}37$, $K3 = 0{,}31$ et $k = 11$, la grille est non obstruée à environ 10,2 %, donc obstruée à $100 - 10{,}2 = 89{,}8$ %. Cette obstruction dépasse le seuil de déclenchement de 85 %.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Grille non obstruée : m ≈ 10,2 %, donc obstruée à 89,8 %. Le nettoyage démarre.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2018)

Bilan de l'épreuve : Épreuve de BTS Métiers de l'eau, Étude de cas U. 61, session 2018, code MTE6EDC, durée de 4 heures et coefficient 4. Le sujet étudie la potabilisation d'une eau de rivière par clarification et nanofiltration, puis la régulation, l'automatisme, l'électrotechnique et l'hydraulique. Il évalue les calculs de procédés, l'analyse de schémas et l'application de données techniques.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- Le taux de conversion membranaire Y est le débit de perméat divisé par le débit d'alimentation.
- Le débit de rétentat est égal au débit d'alimentation moins le débit de perméat.
- Un signal 4-20 mA varie linéairement entre les valeurs minimale et maximale de l'étendue de mesure.
- La perte de charge singulière s'écrit Js = k·v²/(2g), avec k = K1·K2·K3.

Points de vigilance & attentes du jury

- Vérifier les unités et convertir les débits avant d'appliquer une relation de bilan ou de vitesse.
- Pour un signal analogique, utiliser les bornes minimale et maximale du courant et de la grandeur mesurée.
- Dans une table de vérité, tenir compte de l'état normal des contacts avant de déterminer les sorties.
- Sur les abaques et graphiques, identifier les axes, les unités et les données de départ avant toute lecture.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment exploiter une étendue de mesure associée à un signal 4-20 mA ?

Associez 4 mA à la valeur minimale de l'étendue et 20 mA à sa valeur maximale. Interpolez linéairement entre ces deux points, en conservant les unités et en vérifiant que la valeur calculée reste dans l'étendue.

Q : Comment établir le bilan des débits en nanofiltration ?

Le débit d'alimentation se répartit entre le perméat et le rétentat. Le taux de conversion vaut le débit de perméat divisé par le débit d'alimentation, et le débit de rétentat s'obtient par différence entre l'alimentation et le perméat.

Q : Comment répartir le temps entre les parties de l'épreuve ?

Les durées indicatives sont de 2 heures pour le génie des procédés, 1 h 15 pour la régulation, l'automatisme et l'électrotechnique, et 45 minutes pour l'hydraulique. Elles totalisent les 4 heures prévues et peuvent guider la répartition du temps.

Q : Quels éléments sont explicitement demandés pour justifier les réponses ?

Le sujet demande des relations littérales, des calculs avec unités, des comparaisons et des justifications lorsque cela est indiqué. Complétez aussi les documents-réponses demandés et appuyez-vous sur les annexes, schémas et données fournis.

Sujet officiel associé (PDF) : https://btsme.fr/assets/annales/bts-me/E6 - Conception des unités de traitement et des réseaux/2018/BTS ME - E6 - Conception des unités de traitement et des réseaux - Session 2018 - 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.