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

Session 2000 • Code sujet : **MTE6EDC** • Durée : **Non indiquée**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. **Étude du procédé de traitement de l'eau** (12 questions) — **Page 3**
2. **Commande des pompes de forage et mesure analogique du niveau** (4 questions) — **Page 8**
3. **Moteur asynchrone, variateur de vitesse et choix des protections** (5 questions) — **Page 11**
4. **Régulation de niveau en tout ou rien et réglage PI** (3 questions) — **Page 14**
5. **Hydraulique des canaux et pertes de charge des grilles** (5 questions) — **Page 16**
6. **Ce qu'il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ)** (Synthèse & Q&A Examen) — **Page 18**

Sujet officiel (PDF) : https://btsme.fr/assets/annales/bts-me/E6 - Conception des unités de traitement et des réseaux/2000/BTS ME - E6 - Conception des unités de traitement et des réseaux - Session 2000 - 1-Sujet.pdf

1. Étude du procédé de traitement de l'eau

Une commune distribue une eau souterraine après traitement, à partir d'une filière présentée en annexe et d'analyses des eaux brutes et traitées. Les questions portent sur les nitrates, l'élimination du fer et du manganèse, la filtration et la dénitration par résines anioniques.

Étude de l'eau brute

Question 1.1. Proposer une explication à la présence des ions nitrate dans cette eau souterraine.

Les nitrates présents dans une nappe proviennent souvent du lessivage des sols par les pluies. Les engrais azotés épandus sur les terres agricoles en sont une source importante ; les déjections animales et certaines eaux usées peuvent aussi contribuer à leur présence. Les composés azotés sont transformés en nitrates dans le sol, puis entraînés avec l'eau d'infiltration jusqu'à la nappe souterraine.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Les nitrates proviennent notamment du lessivage des engrais azotés et des rejets organiques.

Question 1.2. En utilisant le diagramme potentiel-pH de l'annexe 3, expliquer pourquoi les formes de fer et de manganèse rencontrées dans cette eau souterraine sont Fe^{2+} et Mn^{2+}.

Paramètre de l'eau brute	Valeur	Lecture du diagramme
pH	6,5	Fe^{2+} et Mn^{2+}
Potentiel E_h	+150 mV	Point situé dans les domaines des ions dissous

On reporte le point (pH 6,5 ; E_h +150 mV) sur le diagramme potentiel-pH. Il se trouve dans le domaine de stabilité de Fe^{2+} pour le fer et de Mn^{2+} pour le manganèse. La faible teneur en oxygène dissous de l'eau brute, 0,2 $mg \cdot L^{-1}$, est cohérente avec ces formes dissoutes en milieu souterrain réducteur.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> À pH 6,5 et E_h = +150 mV, les formes stables sont Fe^{2+} et Mn^{2+}.

Élimination du fer et du manganèse

Question 2.1. Donner les formes chimiques mises en jeu lors des réactions d'élimination du fer et du manganèse, en précisant les étapes.

1. Le fer dissous Fe^{2+} est oxydé par le dioxygène apporté par l'aération, puis précipite sous forme de $Fe(OH)_3$ insoluble : $4\ Fe^{2+} + O_2 + 10\ H_2O \rightarrow 4\ Fe(OH)_3 + 8\ H^+$.
2. Le manganèse Mn^{2+} est oxydé par le permanganate de potassium et forme du MnO_2 insoluble : $3\ Mn^{2+} + 2\ KMnO_4 + 2\ H_2O \rightarrow 5\ MnO_2 + 4\ H^+ + 2\ K^+$.

3. Les précipités et les flocs sont ensuite séparés de l'eau par filtration sur sable.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Fe^{2+} est oxydé en $Fe(OH)_3$; Mn^{2+} est oxydé par $KMnO_4$ en MnO_2. Les solides sont filtrés.

Question 2.2. Justifier l'étape d'aération dans la filière de traitement.

L'eau brute ne contient que 0,2 $mg \cdot L^{-1}$ d'oxygène dissous. L'aération par pulvérisation augmente les échanges avec l'air et fournit le dioxygène nécessaire à l'oxydation du fer. Elle favorise ainsi la formation d'un précipité qui pourra être séparé dans la suite de la filière.

- Fe^{2+} est oxydé en $Fe(OH)_3$ insoluble.
- Les floculateurs favorisent l'agglomération des particules, puis les filtres à sable les retiennent.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> L'aération apporte le dioxygène nécessaire à l'oxydation de Fe^{2+} en $Fe(OH)_3$, ensuite retenu par filtration.

Question 2.3. Justifier la mise en service de l'injection de permanganate de potassium.

L'eau brute contient 0,8 $mg \cdot L^{-1}$ de manganèse, tandis que l'eau traitée n'en contient plus. L'aération de la filière apporte le dioxygène nécessaire à l'élimination du fer, mais l'oxydation du manganèse par l'oxygène est insuffisante dans les conditions de traitement. L'injection de $KMnO_4$, oxydant, transforme alors Mn^{2+} en MnO_2 insoluble. Ce solide est retenu par les filtres à sable.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le $KMnO_4$ oxyde Mn^{2+} en MnO_2 insoluble, éliminé ensuite par filtration.

Question 2.4. En utilisant le document 2 de l'annexe 2, calculer la masse de permanganate de potassium nécessaire pour éliminer 1 mg de manganèse.

Donnée stœchiométrique	Valeur
Masse molaire de $KMnO_4$	$39 + 55 + 4 \times 16 = 158$ $g \cdot mol^{-1}$
Proportions de la réaction	3 mol Mn^{2+} pour 2 mol $KMnO_4$
Rapport des masses	$2 \times 158 / (3 \times 55)$

La réaction montre que 3 moles de manganèse consomment 2 moles de permanganate. Avec les masses molaires indiquées pour Mn et K, et la masse molaire de l'oxygène égale à 16 $g \cdot mol^{-1}$, le rapport calculé donne la masse de $KMnO_4$ requise pour 1 mg de manganèse.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Il faut 1,92 mg de $KMnO_4$ par mg de manganèse éliminé.

Question 2.5. En considérant que 2 mg de permanganate de potassium sont nécessaires pour éliminer 1 mg de manganèse, calculer le débit de la pompe doseuse de permanganate de potassium.

Le débit d'eau est de 230 $m^3 \cdot h^{-1}$ et la concentration en manganèse de 0,8 $mg \cdot L^{-1}$, soit 0,8 $g \cdot m^{-3}$. Le flux de manganèse vaut donc 230 × 0,8 = 184 $g \cdot h^{-1}$. Avec un dosage de 2 mg de $KMnO_4$ par mg de manganèse, la masse de permanganate requise est 368 $g \cdot h^{-1}$. Pour une préparation à 25 $g \cdot L^{-1}$, le débit volumique de la pompe est 368 / 25 = 14,72 $L \cdot h^{-1}$.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Débit de pompe doseuse : 14,72 $L \cdot h^{-1}$ de préparation de $KMnO_4$.

Étape de filtration

Question 3.1. Expliquer et interpréter les courbes de pertes de charge en fonction de l'épaisseur de la masse filtrante et du temps de filtration.

Les courbes décrivent la hauteur de charge le long du lit filtrant. La courbe 1 correspond au débit nul ; la courbe 2 montre le profil à la mise en route. Durant la filtration, les matières retenues s'accumulent dans le média et augmentent la résistance à l'écoulement.

- Après 2 heures, la courbe 3 traduit une perte de charge supérieure à celle du démarrage.
- Après 10 heures, la courbe 4 montre une perte de charge accrue et un colmatage plus marqué.
- Le lavage enlève les dépôts et restaure la capacité filtrante.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Les dépôts colmatent progressivement le lit filtrant et augmentent la perte de charge jusqu'au lavage.

Question 3.2. **Calculer la surface du filtre, puis l'intervalle de temps entre deux lavages successifs en tenant compte des capacités de rétention en fer sous forme de $Fe(OH)_3$ et en manganèse sous forme de MnO_2.**

Grandeur	Calcul	Résultat
Surface filtrante totale	230 / 3	76,67 m^2
Surface par filtre, partage égal entre 3 filtres	76,67 / 3	25,56 m^2
$Fe(OH)_3$ produit	5 × 107 / 56	9,55 $mg \cdot L^{-1}$
MnO_2 produit	0,8 × 87 / 55	1,27 $mg \cdot L^{-1}$
Durée limite due au fer	500 / (3 × 5 × 107 / 56)	17,45 h
Durée limite due au manganèse	250 / (3 × 0,8 × 87 / 55)	65,85 h

La surface totale découle du débit de 230 $m^3 \cdot h^{-1}$ et de la vitesse de filtration de 3 $m \cdot h^{-1}$. Les durées utilisent les capacités de rétention de 0,5 $kg \cdot m^{-2}$ pour $Fe(OH)_3$ et de 0,25 $kg \cdot m^{-2}$ pour MnO_2. Le fer atteint sa capacité de rétention en premier ; il fixe donc l'intervalle maximal entre lavages.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Surface totale : 76,67 m^2, soit 25,56 m^2 par filtre si le débit est partagé également. Lavage au plus tard toutes les 17,45 h.

Dénitration

Question 4.1. **Justifier l'emplacement de l'étape de dénitration dans la filière de traitement.**

Les résines anioniques sont installées après les floculateurs et les filtres à sable. Ces équipements retiennent d'abord les flocs de $Fe(OH)_3$, le MnO_2 et les particules en suspension.

L'eau clarifiée limite ainsi le colmatage et l'encrassement des résines, qui peuvent alors assurer l'élimination des nitrates dans de bonnes conditions.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> La dénitration est placée après la filtration pour protéger les résines des flocs et des particules.

Question 4.2. Calculer, en degrés français, le TAC de l'eau à la sortie des résines, en considérant que celles-ci fixent avec la même affinité les ions nitrate et hydrogénocarbonate. Utiliser le rendement d'élimination des nitrates de 95 %.

Le TAC brut de 207,4 $mg \cdot L^{-1}$ en équivalent $CaCO_3$ vaut 20,74 °f, car 1 °f correspond à 10 $mg \cdot L^{-1}$ de $CaCO_3$. Le rendement de 95 % élimine $75 \times 0{,}95 = 71{,}25$ $mg \cdot L^{-1}$ de nitrates. À affinité égale, la résine échange une quantité équivalente de charges hydrogénocarbonate : la baisse du TAC correspond à $71{,}25 \times 50 / 62 = 57{,}46$ $mg \cdot L^{-1}$ en $CaCO_3$. Le TAC résiduel vaut donc $(207{,}4 - 57{,}46) / 10 = 14{,}99$ °f.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> TAC à la sortie des résines : 14,99 °f, soit environ 15,0 °f.

Question 4.3. Calculer les débits Q1 et Q2 indiqués sur l'annexe 1, en justifiant la concentration en nitrates de l'eau traitée.

Courant	Concentration en nitrates	Débit
Après les résines	$75 \times (1 - 0{,}95) = 3{,}75$ $mg \cdot L^{-1}$	Q_1
Bypass	75 $mg \cdot L^{-1}$	Q_2
Mélange traité	5 $mg \cdot L^{-1}$	$Q_1 + Q_2 = 230$ $m^3 \cdot h^{-1}$

Le bilan de mélange donne $3{,}75Q_1 + 75Q_2 = 5 \times 230$, avec $Q_1 + Q_2 = 230$. On obtient $Q_1 = 230 \times (75 - 5) / (75 - 3{,}75)$, puis $Q_2 = 230 - Q_1$. Le mélange retrouve bien la concentration en nitrates indiquée pour l'eau traitée.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Q_1 vers les résines : 225,96 $m^3 \cdot h^{-1}$; Q_2 en bypass : 4,04 $m^3 \cdot h^{-1}$. Concentration finale : 5 $mg \cdot L^{-1}$.

2. Commande des pompes de forage et mesure analogique du niveau

Deux pompes de forage remplissent un réservoir de 1 800 m³ selon le niveau d'eau, avec permutation des pompes et arrêt en cas de manque d'eau dans un forage. Les poires de niveau haut et bas du réservoir doivent être remplacées par un capteur ultrasonique 4-20 mA relié au mot W0 de l'automate.

Mesure analogique

Question 1. Calculer les valeurs du mot W0 correspondant au niveau haut NH à 8 mA et au niveau bas NB à 16 mA, sachant que W0 varie de 0 à 255.

Le mot varie linéairement de 0 à 255 lorsque le signal varie de 4 à 20 mA. La conversion est donc $W0 = (I - 4) \times 255 / 16$. À 8 mA, on obtient 63,75, arrondi à 64 pour un mot entier. À 16 mA, on obtient 191,25, arrondi à 191. Ces deux valeurs correspondent aux seuils NH et NB indiqués par l'étalonnage.

Valeurs de W0 complétées

pour NH :

NH : W0 = 63,75 ≈ 64

pour NB :

NB : W0 = 191,25 ≈ 191

✓ RÉPONSE À RETENIR

Au seuil NH (8 mA), W0 vaut 64 ; au seuil NB (16 mA), W0 vaut 191.

Tests de comparaison

Question 2. Donner les tests de comparaison à effectuer sur le mot W0 pour obtenir les informations correspondant aux niveaux NH et NB.

Selon l'étalonnage, le mot W0 augmente lorsque le niveau baisse de NH vers NB. Le franchissement du seuil haut se traduit donc par une valeur faible de W0, tandis que le franchissement du seuil bas correspond à une valeur élevée. Les tests à utiliser dans les transitions du Grafcet sont :

- NH atteint ou dépassé à la hausse : W0 ≤ 64.
- NB atteint ou franchi à la baisse : W0 ≥ 191.

Comparaisons de seuil complétées

Question 2 : correspondance des transitions avec W0

NH : W0 ≤ 64

NB :

NB : W0 ≥ 191

✓ RÉPONSE À RETENIR

NH : W0 ≤ 64 ; NB : W0 ≥ 191.

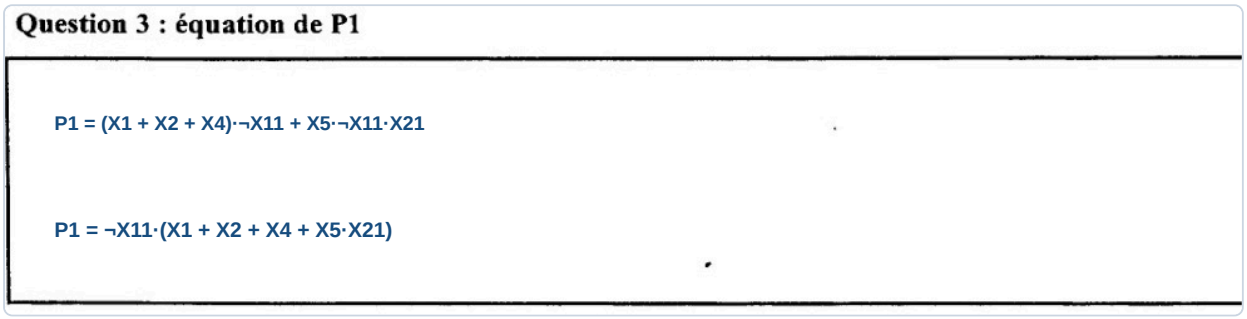
Logique de commande

Question 3. Donner l'équation logique de fonctionnement de la pompe P1 à partir des Grafcets, puis la simplifier.

Les étapes 1, 2 et 4 commandent P1 si le défaut du forage 1, représenté par X11, n'est pas actif. À l'étape 5, P1 intervient en secours lorsque le forage 2 est en défaut (X21), tout en exigeant que le forage 1 soit disponible. L'équation issue des actions du Grafcet est donc :

$$P1 = (X1 + X2 + X4)\overline{X11} + X5\overline{X11}X21 = \overline{X11}(X1 + X2 + X4 + X5X21).$$

Équation de P1 complétée



✓ RÉPONSE À RETENIR

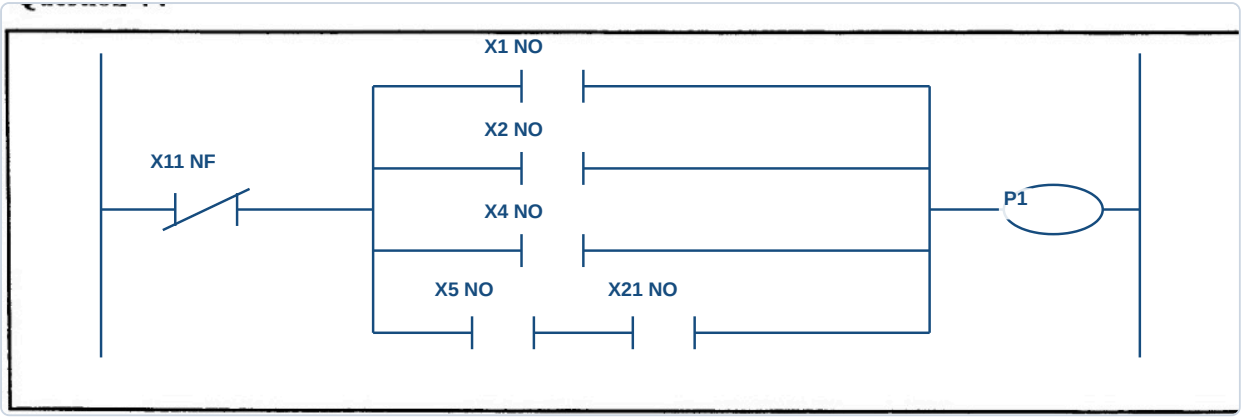
Commande de P1 : $P1 = \overline{X11}(X1 + X2 + X4 + X5X21)$.

Schéma à contacts

Question 4. Dessiner sous forme de schéma à contacts l'équation de fonctionnement de la pompe P1.

Le contact NF X11, en série, interdit la commande de P1 lorsque le forage 1 est en défaut. Les étapes X1, X2 et X4 forment trois branches parallèles. La quatrième branche associe en série X5 et le contact NO X21 : elle commande P1 à l'étape 5 seulement si le forage 2 est en défaut. Le schéma ci-dessous réalise ainsi l'équation simplifiée.

Schéma à contacts de P1



✓ RÉPONSE À RETENIR

Le schéma à contacts de P1 réalise $\overline{X11}(X1 + X2 + X4 + X5X21)$.

3. Moteur asynchrone, variateur de vitesse et choix des protections

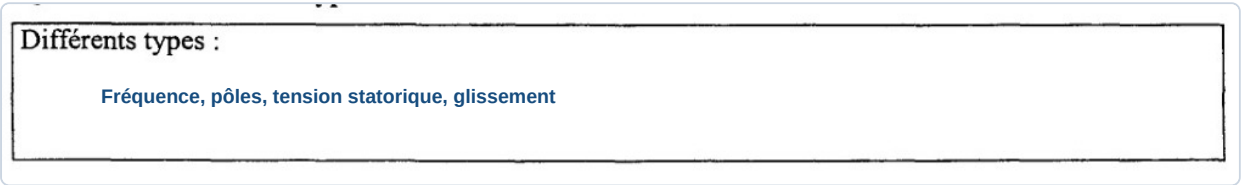
La pompe P1 est entraînée par un moteur asynchrone triphasé de 1,5 kW, dont l'installation doit être remplacée pour permettre un démarrage progressif et la variation de vitesse. Le schéma de la nouvelle installation et les notices techniques servent à étudier le variateur, les protections et le choix du matériel.

Variation de vitesse

Question 1. Citer les différents principes de variation de vitesse applicables à un moteur asynchrone.

La vitesse dépend de la fréquence d'alimentation, du nombre de pôles et du glissement. On peut donc agir sur la fréquence, changer le nombre de pôles, faire varier la tension statorique ou modifier le glissement. Pour un moteur asynchrone à rotor bobiné, une résistance rotorique permet aussi de régler le glissement. Ici, le variateur agit sur la fréquence et permet un démarrage progressif.

Réponse à la question 1



✓ RÉPONSE À RETENIR

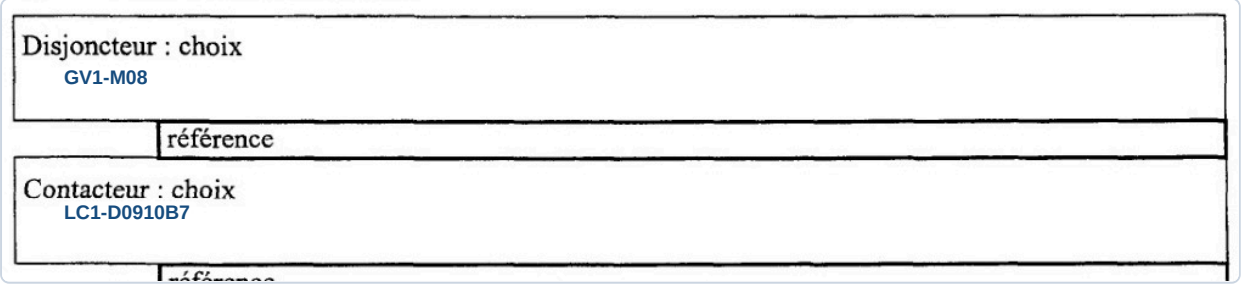
Principes : variation de fréquence, changement du nombre de pôles, variation de tension statorique ou modification du glissement, notamment par résistance rotorique.

Choix du matériel

Question 2. À partir de l'annexe 7 et des caractéristiques du moteur, donner la référence du disjoncteur magnéto-thermique et celle du contacteur à installer.

À 400 V, le tableau de l'annexe 7 associe le moteur de 1,5 kW au disjoncteur GV1-M08, dont le calibre est réglable de 2,5 à 4 A. Le contacteur doit supporter le moteur en catégorie AC-3 : le modèle 9 A convient. Le schéma de commande montre un contact auxiliaire normalement ouvert pour l'auto-maintien ; on choisit donc LC1-D0910. Pour la bobine 24 V alternatif, le code de tension 50/60 Hz est B7.

Choix du matériel



✓ RÉPONSE À RETENIR

Disjoncteur moteur : GV1-M08, calibre 2,5 à 4 A. Contacteur 9 A avec contact auxiliaire NO et bobine 24 V : LC1-D0910B7.

Fonctionnement du variateur

Question 3. Indiquer si le sens de rotation du moteur est changé lorsqu'on inverse l'ordre des phases du réseau alimentant le variateur, puis justifier la réponse en tenant compte du principe de fonctionnement du variateur.

Non, l'inversion de deux phases du réseau en amont du variateur ne change pas le sens de rotation. Le variateur redresse l'alimentation triphasée en tension continue, puis produit lui-même une tension triphasée de fréquence et d'ordre de phases commandés. Le sens de rotation est déterminé par cet ordre en sortie. Pour inverser le moteur, il faut modifier la commande de sens du variateur ou permuter deux phases entre le variateur et le moteur.

Influence de l'ordre des phases



✓ RÉPONSE À RETENIR

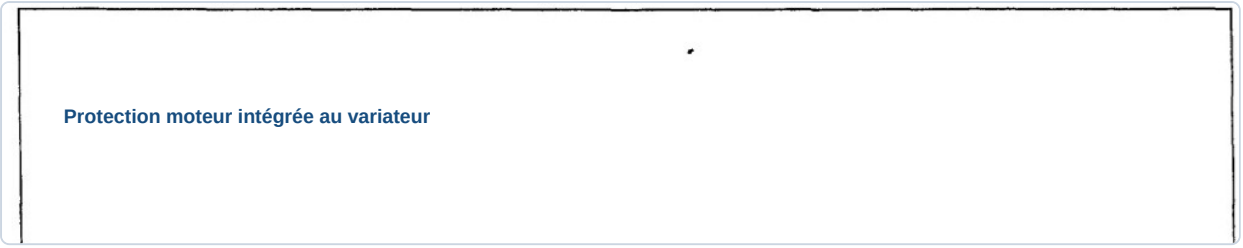
Non : le variateur recrée l'ordre des phases en sortie. Le sens s'inverse par sa commande ou en permutant deux phases en aval.

Protection du moteur

Question 4. Expliquer pourquoi le relais de protection thermique du moteur a été supprimé dans la nouvelle installation.

Le variateur assure une protection électronique contre les surcharges du moteur. Il mesure le courant et déclenche si les conditions de surcharge risquent de provoquer un échauffement excessif. Cette fonction remplace le relais thermique externe, à condition de paramétrer le variateur avec les caractéristiques du moteur, notamment son courant nominal. Le disjoncteur en amont reste nécessaire pour protéger le circuit contre les courts-circuits.

Suppression du relais thermique



✓ RÉPONSE À RETENIR

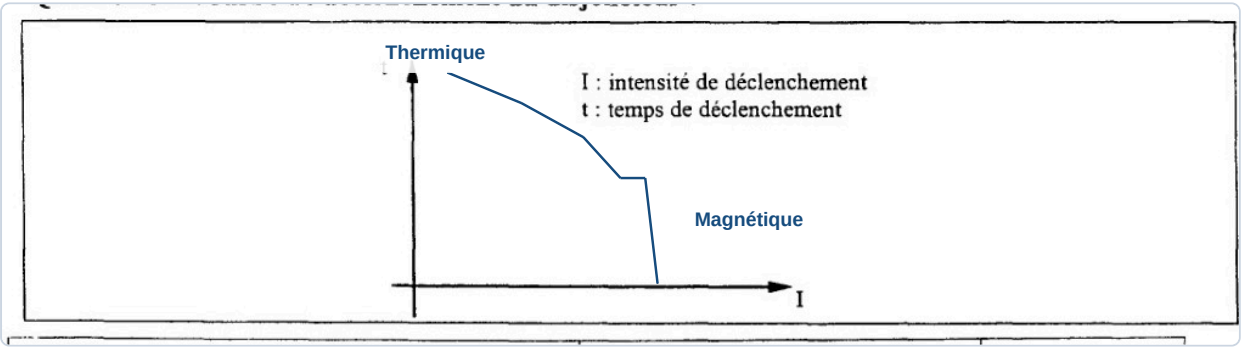
Le variateur intègre la protection thermique électronique du moteur et remplace le relais externe, après réglage du courant nominal.

Déclenchement du disjoncteur

Question 5. Donner l'allure de la courbe de déclenchement d'un disjoncteur magnéto-thermique et indiquer à quoi correspondent ses différentes parties.

Sur la courbe, l'intensité *I* est en abscisse et le temps de déclenchement *t* en ordonnée. La partie thermique présente une caractéristique à temps inverse : une surcharge modérée déclenche après un délai, qui diminue lorsque l'intensité augmente. La partie magnétique correspond aux forts courants de court-circuit ; elle déclenche presque instantanément. Son seuil est représenté par une zone de déclenchement quasi verticale.

Courbe de déclenchement du disjoncteur



✓ RÉPONSE À RETENIR

Partie thermique : surcharge, déclenchement temporisé à temps inverse. Partie magnétique : court-circuit, déclenchement quasi instantané.

4. Régulation de niveau en tout ou rien et réglage PI

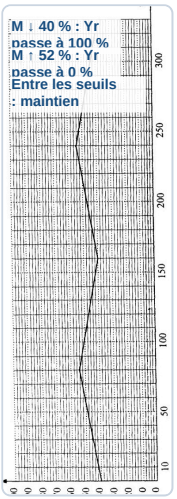
Le niveau d'un réservoir alimenté par une motopompe est d'abord étudié avec une commande tout ou rien, à partir d'une caractéristique statique et d'un enregistrement de mesure. La suite porte sur le réglage d'un régulateur PI par la méthode des oscillations T.O.R. et sur l'identification du procédé par la méthode de Broïda-Dindeleux.

Régulation en tout ou rien

Question 1. À partir de la caractéristique statique du régulateur et du signal de mesure du niveau en fonction du temps, représenter sur le document réponse DR3 le signal de commande Yr(t) en concordance avec le signal M(t).

La caractéristique présente une hystérésis entre 40 % et 52 %. Quand M diminue et franchit 40 %, la commande passe à 100 %. Quand M augmente et franchit 52 %, elle retombe à 0 %. Entre ces seuils, Yr conserve sa valeur précédente. Sur DR3, reporter ces commutations en suivant les franchissements de M(t), avec une commande limitée aux niveaux 0 % et 100 %.

Seuils de commutation à reporter sur DR3



✓ RÉPONSE À RETENIR

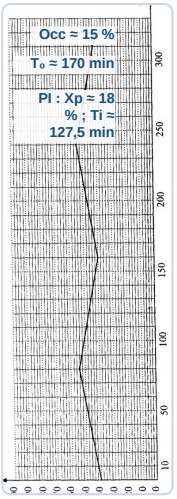
Yr passe à 100 % sous 40 % et à 0 % au-dessus de 52 % ; entre les seuils, elle conserve son état.

Réglage PI par la méthode des oscillations T.O.R.

Question 2.1. À l'aide de l'enregistrement du document réponse DR3 et de la méthode des oscillations T.O.R. décrite en annexe 9, rechercher les réglages du régulateur PI.

Sur l’enregistrement DR3, la lecture graphique donne une excursion d’oscillation Occ d’environ 15 % et une période T_0 d’environ 170 min. Pour le réglage PI de l’annexe 9 : Xp = 1,2 Occ = 1,2 × 15 = 18 % ; Ti = 0,75 T_0 = 0,75 × 170 = 127,5 min. Les lectures sur le graphe étant approximatives, les réglages le sont aussi.

Lectures des oscillations sur DR3



✓ RÉPONSE À RETENIR

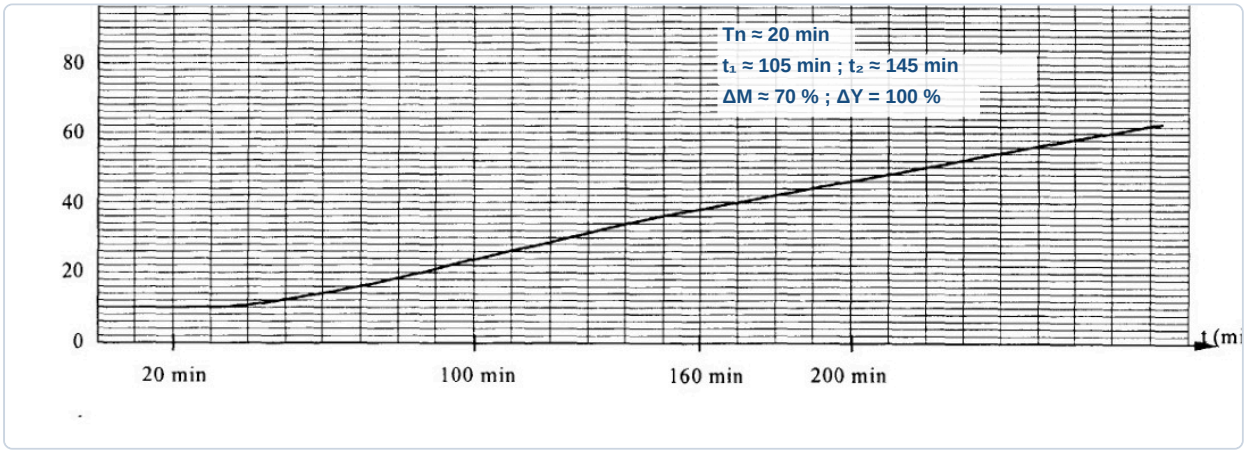
Réglage PI T.O.R. : Xp ≈ 18 % ; Ti ≈ 127,5 min.

Identification par la méthode de Broïda-Dindeleux

Question 2.2. À partir de la réponse indicielle du procédé fournie dans les annexes 8 et 9, identifier le procédé par la méthode de Broïda-Dindeleux.

La réponse indicielle passe d'environ 10 % à 80 % pour un échelon de commande de 100 %, donc Gs = (80 − 10) / 100 = 0,70. Sur l'agrandissement, le décollement est lu vers Tn ≈ 20 min. Les niveaux correspondant à 28 % et 40 % de ΔM donnent environ t_1 = 105 min et t_2 = 145 min après ce décollement. Ainsi, $\tau = 5{,}5(t_2 - t_1) \approx 220$ min, Ti ≈ 33 min et Tm = Tn + Ti ≈ 53 min. Le rapport Ti/τ ≈ 0,15 satisfait le critère de l'annexe.

Lectures de la réponse indicielle



✓ RÉPONSE À RETENIR

Procédé du premier ordre avec retard : Gs ≈ 0,70 ; τ ≈ 220 min ; Tm ≈ 53 min.

5. Hydraulique des canaux et pertes de charge des grilles

Les eaux pompées circulent dans deux canaux rectangulaires de 1 m de largeur, qui alimentent des grilles inclinées à 70° et formées de barreaux espacés de 10 mm. L'étude mobilise les relations de Chezy et de Bazin ainsi que la formule de perte de charge pour calculer les caractéristiques de l'écoulement et comparer les grilles propre et sale.

Canaux d'amenée

Question 1.1. Lorsque la hauteur moyenne d'eau dans les canaux en amont et en aval de la grille est de 0,5 m et que les grilles sont propres, calculer le rayon hydraulique des canaux.

Dans chaque canal rectangulaire, la section mouillée vaut largeur × hauteur, soit 1 × 0,5 = 0,5 m². Le périmètre mouillé comprend le fond et les deux parois latérales : 1 + 2 × 0,5 = 2 m. Le rayon hydraulique est le rapport de la section mouillée au périmètre mouillé : 0,5 / 2.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Rayon hydraulique : 0,25 m.

Question 1.2. Dans les conditions indiquées pour des grilles propres et une hauteur moyenne d'eau de 0,5 m, calculer la vitesse moyenne de l'eau dans les canaux.

La pente de 0,007 % correspond à 0,00007 en valeur décimale. Pour le rayon hydraulique de 0,25 m, la relation de Bazin donne C = 87 / (1 + 0,1 / √0,25) = 72,5. On applique ensuite la relation de Chezy : $v = C\sqrt{(R_h i)} = 72{,}5\sqrt{(0{,}25 \times 0{,}00007)}$. La vitesse obtenue est celle de l'eau dans chaque canal.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Vitesse moyenne : 0,303 m/s.

Question 1.3. Dans les mêmes conditions, calculer le débit de l'eau arrivant à la station.

La section mouillée d'un canal est 1 × 0,5 = 0,5 m². Son débit vaut donc Q = S × v = 0,5 × 0,30328976 = 0,15164 m³/s. Les deux canaux étant identiques, le débit total arrivant à la station est deux fois ce débit, soit 0,30329 m³/s. Pour l'exprimer en m³/h, on multiplie par 3 600.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Débit total : 0,303 m³/s, soit environ 1 092 m³/h.

Étude de la grille propre

Question 2.1. Calculer le coefficient de perte de charge d'une grille propre.

Pour la grille propre, la largeur des barreaux est e = 10 mm et l'espace libre b = 10 mm. Ainsi, e/b = 1. La grille étant inclinée de 70° par rapport à l'horizontale, la formule fournie donne $k = 2{,}34 \times (e/b)^{4/3} \times \sin(70°)$. Le coefficient est sans dimension.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Coefficient de perte de charge de la grille propre : k ≈ 2,20.

Étude de la grille sale

Question 2.2. Lorsque la grille est sale et que le nettoyage automatique se met en marche, déterminer la vitesse moyenne de l'eau en amont de la grille, la perte de charge et le coefficient de perte de charge, en admettant que le débit et la hauteur d'eau en aval restent identiques à ceux de la question 1.

La hauteur aval reste 0,5 m et l'écart de niveau au déclenchement du nettoyage vaut 0,30 m : la hauteur amont est donc 0,80 m. Le débit par canal reste 0,15164488 m³/s ; sa section amont vaut 1 × 0,80 m², d'où v = 0,18956 m/s. La perte de charge est 0,30 m. Avec $J = k\,v^2/(2g)$, on obtient $k = 0{,}30 \times 2 \times 9{,}81 / v^2$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Vitesse amont : 0,190 m/s ; perte de charge : 0,30 m ; coefficient de la grille sale : k ≈ 164.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2000)

Bilan de l'épreuve : Cette épreuve Étude de cas, code MTE6EDC, ne précise ni session, ni durée, ni coefficient. Elle totalise 80 points répartis entre le traitement d'une eau souterraine, l'automatisme, l'électrotechnique, la régulation et l'hydraulique. Les compétences évaluées couvrent l'analyse de documents et de schémas, les calculs techniques, le choix de matériels et la représentation de commandes.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- L'oxydation du Fe^{2+} par le dioxygène forme $Fe(OH)_3$, tandis que l'oxydation du Mn^{2+} par le permanganate forme MnO_2.
- La réaction $3\ Mn^{2+} + 2\ KMnO_4 + 2\ H_2O \rightarrow 5\ MnO_2 + 4\ H^+ + 2\ K^+$ donne le rapport stœchiométrique entre permanganate et manganèse.
- Pour Broïda, $\tau = 5{,}5(t_2 - t_1)$ et $T_i = 2{,}8t_1 - 1{,}8t_2$, avec t_1 et t_2 lus à 28 % et 40 % de la variation finale.
- En hydraulique, $v = C\sqrt{(R_h i)}$ et le rayon hydraulique vaut la section mouillée divisée par le périmètre mouillé.

Points de vigilance & attentes du jury

- Distinguer les ions dissous Fe^{2+} et Mn^{2+} des produits solides $Fe(OH)_3$ et MnO_2 retenus lors de la filtration.
- Vérifier les unités et les conversions de débit, de concentration et de masse dans les calculs de dosage.
- Respecter l'étalonnage 4-20 mA et vérifier la correspondance entre les niveaux NH, NB et le mot W0.
- Pour les schémas et graphes, reprendre les seuils, les transitions Grafcet, les axes et les conventions demandées.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment utiliser l'équation de réaction pour calculer le dosage de permanganate ?

Utilisez les coefficients stœchiométriques : 3 moles de Mn^{2+} réagissent avec 2 moles de $KMnO_4$. Convertissez ensuite les quantités de matière en masses avec les masses molaires fournies et vérifiez la cohérence des unités.

Q : Comment appliquer la méthode de Broïda à la réponse indicielle ?

Repérez le décollement de la réponse, puis relevez les temps correspondant à 28 % et 40 % de sa variation finale. Calculez τ et le temps mort d'identification avec les formules de l'annexe, puis ajoutez le temps mort naturel.

Q : Combien de points comporte l'épreuve et quelle durée prévoir ?

Les barèmes imprimés totalisent 80 points : 40 pour le traitement de l'eau, 25 pour l'automatisme, l'électrotechnique et la régulation, puis 15 pour l'hydraulique. Aucune durée n'est indiquée sur les pages fournies.

Q : Quelles attentes respecter pour les calculs et les schémas ?

Présentez les calculs avec leurs unités et justifiez les choix à partir des annexes. Pour les représentations, respectez les conventions du schéma à contacts, les transitions des Grafcets, les axes des courbes et les relations hydrauliques fournies.

Sujet officiel associé (PDF) : https://btsme.fr/assets/annales/bts-me/E6 - Conception des unités de traitement et des réseaux/2000/BTS ME - E6 - Conception des unités de traitement et des réseaux - Session 2000 - 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.