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 MAINTENANCE DES SYSTÈMES • CORRIGÉ DÉTAILLÉ

U41 : Analyse fonctionnelle et structurelle

Session 2016 • Code sujet : **MY41AFS** • Durée : **2 heures** • Coefficient : **2**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. **Analyse de l'unité de production d'eau chaude** (5 questions) — **Page 3**
2. **Justification du choix des pompes de chaudière PCC** (5 questions) — **Page 6**
3. **Identification de la procédure de marche de l'adoucisseur** (2 questions) — **Page 11**
4. **Modification de l'installation** (1 question) — **Page 13**
5. **Ce qu'il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ)** (Synthèse & Q&A Examen) — **Page 14**

Sujet officiel (PDF) : https://coursbtsms.fr/assets/annales/bts-ms/E4.1 - Analyse fonctionnelle et structurelle/2016/BTS MS - E4.1 - Analyse fonctionnelle et structurelle - Session 2016 - 1-Sujet.pdf

1. Analyse de l’unité de production d’eau chaude

La centrale d’énergie fournit de l’eau chaude à des installations dont les besoins varient, au moyen de quatre chaudières et de pompes de chaudière et de réseau. L’étude porte sur les exigences de l’unité, le choix des chaudières et le parcours de l’eau dans le réseau.

Question Q.1-1. Expliquer pourquoi le besoin en eau chaude de l’installation est variable.

La centrale dessert des attractions, des hôtels, des restaurants, des boutiques et des coulisses. Ces sites n’ont pas les mêmes horaires ni une activité constante : leurs besoins en eau chaude évoluent donc au fil de la journée et selon leur fréquentation. La demande varie aussi avec les besoins de chauffage, qui dépendent des conditions climatiques. Les chaudières sont ainsi utilisées selon le besoin.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> La demande varie selon l’activité des sites, leur fréquentation et les besoins de chauffage liés à la météo.

Question Q.1-2. Justifier le choix du bloc chaudières composé de trois chaudières de 12 MW et d’une chaudière de 6 MW.

Le bloc comprend trois chaudières de 12 MW et une de 6 MW. La puissance totale installée est donc $3 \times 12 + 6 = 42$ **MW**. Cette répartition permet de faire varier la puissance disponible par paliers, en mettant en service les chaudières selon la demande. Elle évite de solliciter systématiquement toute la puissance installée lorsque le besoin est inférieur à 42 MW.

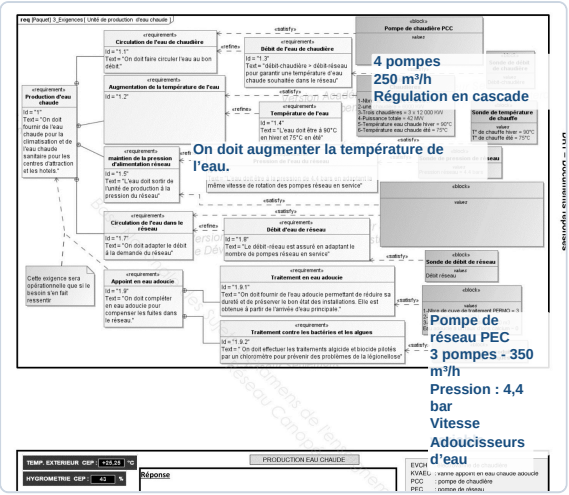
> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Puissance installée : 42 MW, disponible par paliers selon le besoin.

Question Q.1-3. Compléter le diagramme des exigences sur DR1 : indiquer le texte de l’exigence Id=1.2 concernant l’augmentation de la température de l’eau, les trois valeurs du bloc « Pompe de chaudière PCC », le nom du bloc et ses quatre valeurs qui satisfont les exigences Id=1.5 et Id=1.7, puis le nom du bloc qui satisfait l’exigence Id=1.9.1.

Élément à compléter sur DR1	Valeur à inscrire
Requirement Id 1.2	On doit augmenter la température de l’eau.
Pompe de chaudière PCC	4 pompes ; débit de 250 m³/h ; régulation par cascade.
Bloc satisfaisant les exigences Id 1.5 et 1.7	Pompe de réseau PEC ; 3 pompes ; débit de 350 m³/h ; pression réseau de 4,4 bar ; vitesse variable.
Bloc satisfaisant l’exigence Id 1.9.1	Adoucisseurs d’eau.

Reporter les intitulés et les valeurs dans les zones correspondantes du diagramme. Les PCC assurent la production par paliers ; les PEC adaptent la circulation dans le réseau. Le bloc des adoucisseurs répond à l’exigence de traitement de l’eau.

DR1 complété



✓ RÉPONSE À RETENIR

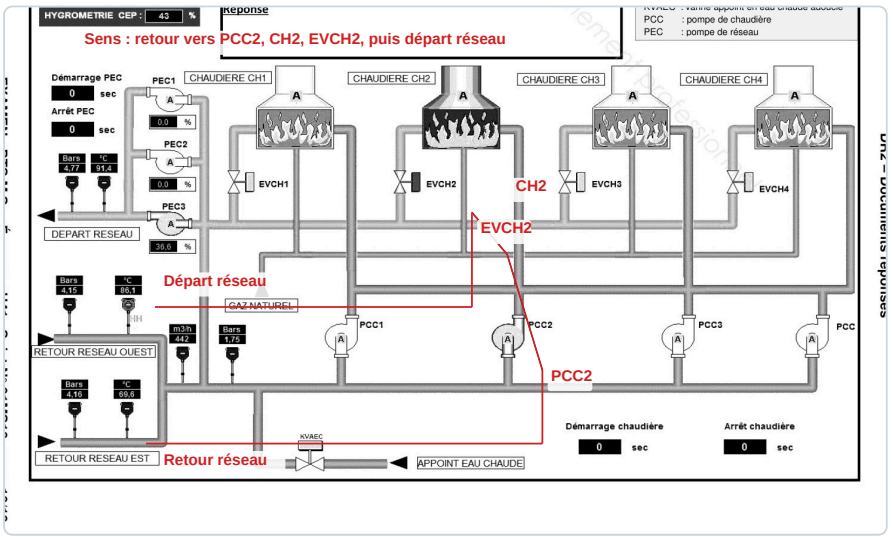
Id 1.2 : augmenter la température de l'eau. PCC : 4 pompes, 250 m³/h, cascade. PEC : 3 pompes, 350 m³/h, 4,4 bar, vitesse variable. Id 1.9.1 : adoucisseurs d'eau.

Question Q.1-4. À partir de l'état de l'installation indiqué sur l'écran GMAO (KVAEC fermée, EVCH2 ouverte, PCC2 et PEC3 en marche, CH2 en marche), tracer en rouge sur DR2 le trajet de l'eau chaude pendant cette phase, indiquer son sens de circulation par des flèches tout le long de la canalisation et justifier le parcours.

1. Depuis le retour réseau, l'eau passe par la pompe de chaudière PCC2 en marche.
2. Elle traverse ensuite la chaudière CH2 en marche.
3. L'électrovanne EVCH2 ouverte permet le passage vers le départ réseau ; PEC3 en marche assure la circulation.

KVAEC étant fermée, l'eau ne passe pas par l'appoint. Tracer le trajet du retour réseau à PCC2, puis dans CH2 et par EVCH2 jusqu'au départ réseau, en indiquant le sens de circulation sur les canalisations.

Trajet de l'eau chaude sur DR2



✓ RÉPONSE À RETENIR

Retour réseau → PCC2 → CH2 → EVCH2 → départ réseau. PEC3 assure la circulation ; KVAEC est fermée.

Question Q.1-5. Indiquer l'intérêt supplémentaire des pompes de réseau PEC à vitesse variable par rapport aux pompes de chaudière PCC à vitesse fixe, en dehors de la possibilité d'utiliser une puissance minimale.

La vitesse variable permet aux pompes PEC d'adapter le débit au besoin réel du réseau. Elle permet aussi de maintenir la pression demandée lorsque le débit varie, en ajustant la vitesse des pompes en service. L'intérêt supplémentaire est donc la régulation de la pression du réseau, indiquée à 4,4 bar dans le diagramme des exigences. Cette adaptation accompagne les variations de circulation sans imposer une vitesse fixe aux pompes.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Les PEC adaptent le débit et maintiennent la pression du réseau à 4,4 bar malgré les variations de demande.

2. Justification du choix des pompes de chaudière PCC

Deux solutions sont comparées pour les pompes de chaudière : quatre OMEGA 125-290 fonctionnant en cascade et deux OMEGA 300-300 avec variateur de fréquence. Le candidat évalue les coûts, l'encombrement, les raccordements et les performances afin d'argumenter le choix de l'installation.

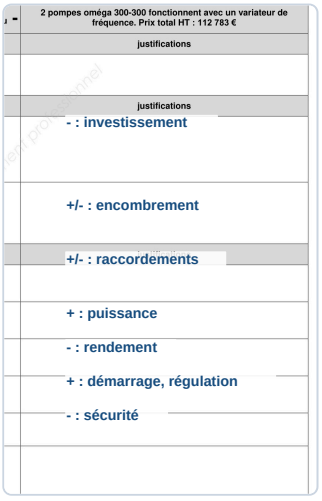
Question Q.2-1. Compléter sur DR3, pour la solution des pompes OMEGA 300-300, les cases du tableau comparatif : indiquer par le signe + ou - si chaque critère constitue un avantage ou un inconvénient et justifier l'évaluation.

Les signes évaluent les critères de la solution OMEGA 300-300. Le variateur apporte une meilleure adaptation de la puissance et un démarrage progressif. En contrepartie, l'investissement et le rendement au point indiqué sont moins favorables. Les deux grosses pompes réduisent le nombre d'équipements, mais leurs masses et leurs raccordements limitent le gain d'installation.

Critère	Signe	Justification
Investissement	-	112 783 € contre 83 305 €.
Encombrement	+/-	Emprise réduite, mais masse totale élevée.
Tuyauterie, robinetterie, câblage	+/-	Deux pompes au lieu de quatre, mais moteurs et raccords plus importants, avec variateurs.
Puissance	+	La variation de vitesse réduit la puissance à débit partiel.
Rendement	-	77,4 % au point indiqué, contre 79,3 % pour la 125-290.
Démarrage	+	Démarrage progressif par variateur.
Régulation	+	Le débit s'ajuste par variation de vitesse.
Sécurité de fonctionnement	-	Moins de paliers et de modularité qu'avec quatre pompes en cascade.

La solution 300-300 favorise l'adaptation en fonctionnement, mais son coût, son rendement au point donné et ses exigences d'installation sont des désavantages.

Colonne OMEGA 300-300 complétée



✓ RÉPONSE À RETENIR

OMEGA 300-300 : investissement -, encombrement +/-, raccordements +/-, puissance +, rendement -, démarrage +, régulation +, sécurité -.

Bilan financier

Question Q.2-1-1. Expliquer pourquoi l'investissement de la solution OMEGA 300-300 n'est pas plus avantageux, alors que cette solution devait permettre un meilleur investissement.

La solution OMEGA 300-300 ne réduit pas l'investissement : son prix total est de 112 783 €, contre 83 305 € pour les quatre OMEGA 125-290. L'écart atteint 29 478 € en défaveur des deux pompes. Le prix des pompes de forte puissance, des variateurs et de leurs équipements associés annule donc l'économie espérée en réduisant le nombre de machines.

Comparaison des investissements sur DR3

	justifications
	112 783 € > 83 305 € + 29 478 €

✓ RÉPONSE À RETENIR

L'OMEGA 300-300 coûte 29 478 € de plus : 112 783 € contre 83 305 €.

Installation

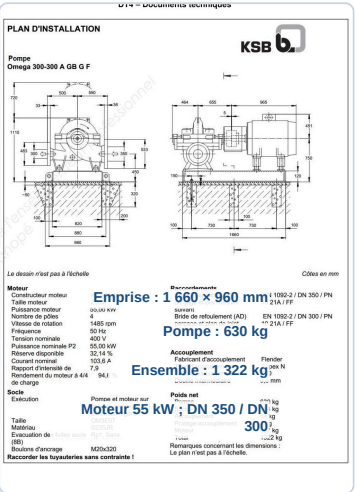
Question Q.2-1-2. Calculer la surface au sol et donner le poids de la pompe OMEGA 300-300. Expliquer pourquoi son bilan d'encombrement n'est pas plus favorable, puis examiner, à partir des caractéristiques des moteurs et des raccordements, pourquoi l'installation de deux pompes au lieu de quatre n'est pas plus économique.

Les cotes DT4 donnent une emprise de 1 660 mm × 960 mm pour la pompe. Sa surface au sol est donc de 1,5936 m², soit 1,59 m². La pompe seule pèse 630 kg ; l'ensemble installé pèse 1 322 kg. Deux pompes occupent théoriquement 3,1872 m², hors dégagements.

Caractéristique	OMEGA 300-300	OMEGA 125-290
Emprise d’une pompe	1,66 × 0,96 m	Surface totale indiquée : 4,6 m² pour quatre pompes, hors espaces à ajouter
Masse	630 kg la pompe ; 1 322 kg l’ensemble	494 kg l’ensemble
Moteur	55 kW ; 103,6 A	15 kW ; 30,1 A
Raccords aspiration / refoulement	DN 350 / DN 300	DN 200 / DN 125

Le gain de surface ne suffit pas à rendre l’installation plus favorable, notamment à cause de la masse. Deux moteurs de 55 kW représentent 110 kW installés, contre 60 kW pour quatre moteurs de 15 kW. Les conduites, la robinetterie et les câbles sont également plus importants : le nombre réduit de pompes ne garantit donc pas une économie d’installation.

Cotes et caractéristiques de l’OMEGA 300-300



> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Emprise : 1,5936 m² par pompe. Masse : 630 kg la pompe, 1 322 kg l’ensemble. Les moteurs et raccords plus importants limitent l’économie d’installation.

Bilan technique

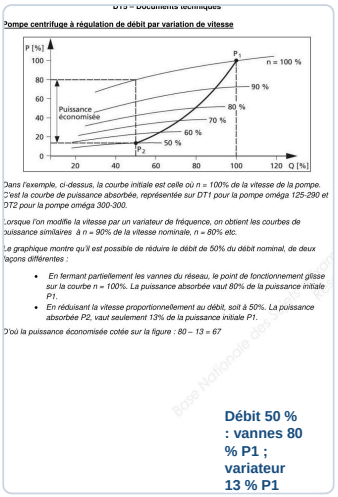
Question Q.2-1-3. Expliquer les contraintes supplémentaires des pompes OMEGA 300-300 à convertisseur de fréquence pour les tuyauteries et les câblages. À partir des courbes des DT1 et DT2 et des données du DT5, justifier la puissance et le rendement dans la plage d’utilisation, puis le démarrage par variateur, la régulation et la sécurité de fonctionnement.

Les raccords de l’OMEGA 300-300 sont plus grands : DN 350 en aspiration et DN 300 au refoulement, contre DN 200 et DN 125. Ses moteurs de 55 kW demandent aussi une alimentation plus importante ; les variateurs ajoutent des câblages de puissance et de commande.

- **Puissance :** à 50 % du débit, le DT5 indique 13 % de la puissance initiale avec variation de vitesse, contre 80 % par étranglement des vannes.

- **Rendement :** les courbes donnent 77,4 % au point indiqué pour la 300-300 et 79,3 % pour la 125-290 ; ces points se situent dans leurs zones de bon rendement.
- **Démarrage et régulation :** le variateur permet un démarrage progressif et adapte le débit à la demande.
- **Sécurité :** les quatre pompes en cascade offrent davantage de paliers et de modularité en cas d'indisponibilité d'une pompe.

Réduction de puissance par variation de vitesse sur DT5



✓ RÉPONSE À RETENIR

À 50 % du débit : 13 % de puissance avec variateur contre 80 % par étranglement, soit 67 points économisés. Rendements indiqués : 77,4 % et 79,3 %.

Conclusions

Question Q.2-1-4. Présenter le bilan des avantages et des inconvénients des deux solutions et argumenter les raisons qui ont conduit la société à retenir quatre pompes OMEGA 125-290.

Les quatre OMEGA 125-290 coûtent moins cher, présentent un rendement légèrement supérieur aux points indiqués et assurent une bonne modularité en cascade, avec une pompe de réserve. Leurs limites sont la puissance fixe et des démarrages plus brusques ; elles demandent aussi davantage de tuyauteries et de câblages.

Les deux OMEGA 300-300 offrent une régulation par vitesse et un démarrage progressif, avec une économie de puissance à débit partiel. Mais leur investissement est supérieur, leurs moteurs et raccordements sont plus importants, et leur rendement au point fourni est inférieur. Le choix des quatre pompes privilégie donc le coût, la modularité et la sécurité d'exploitation.

Conclusion comparative à reporter sur DR3

Conclusions		**Choix : 4 OMEGA 125-290** **Coût, rendement, sécurité**		

✓ RÉPONSE À RETENIR

Les quatre OMEGA 125-290 sont retenues pour leur coût inférieur, leur rendement indiqué supérieur et la modularité de la cascade avec pompe de réserve.

3. Identification de la procédure de marche de l’adoucisseur

L’extension du parc augmente le volume d’eau à traiter et motive le remplacement de l’installation d’adoucissement vétuste par un équipement de plus grande capacité. Le candidat analyse les circuits des phases de production et de régénération, ainsi que le fonctionnement du remplissage du doseur et du bassin de saumure.

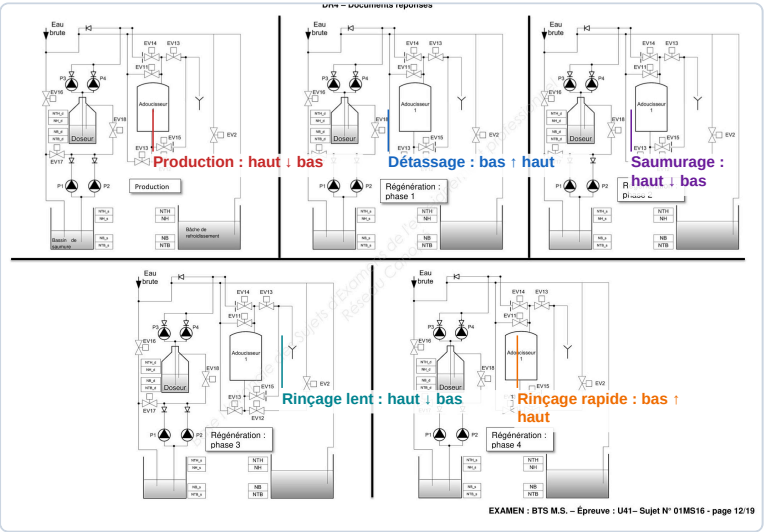
Question Q.3-1. Pour la cuve n°1, repasser en couleur sur DR4 le passage de l’eau durant les phases de production, de détassage, de saumurage, de rinçage lent et de rinçage rapide. Compléter le tableau des états ouverts ou fermés des vannes EV11, EV12, EV13, EV14 et EV15 pour chacune de ces phases. Pour la suite, considérer la vanne 1 fermée et la vanne 2 ouverte.

Les états de vannes sont donnés pour chaque phase. En régénération, l’eau traverse la résine vers l’égout, sauf pendant le détassage et le rinçage rapide où le sens est inversé. Les flèches annotées sur DR4 indiquent le sens dans la cuve n°1.

Phase	EV11	EV12	EV13	EV14	EV15
Production	Ouverte	Ouverte	Fermée	Fermée	Fermée
Détassage	Fermée	Fermée	Ouverte	Ouverte	Fermée
Saumurage	Ouverte	Fermée	Fermée	Fermée	Ouverte
Rinçage lent	Fermée	Fermée	Fermée	Ouverte	Ouverte
Rinçage rapide	Fermée	Fermée	Ouverte	Ouverte	Fermée

Production : eau brute de haut en bas, eau adoucie vers le service. Détassage et rinçage rapide : passage de bas en haut vers l’égout. Saumurage et rinçage lent : passage de haut en bas vers l’égout.

DR4 : sens d’écoulement dans la cuve 1



✓ RÉPONSE À RETENIR

Production : EV11-EV12. Détassage : EV13-EV14. Saumurage : EV11-EV15. Rinçage lent : EV14-EV15. Rinçage rapide : EV13-EV14.

Question Q.3-2. À partir du chronogramme et du diagramme d'état relatifs à la phase 5 de régénération, commenter l'intérêt des actions repérées A et B, puis indiquer quelle instruction il faudrait ajouter au programme à l'intention de l'agent de maintenance.

L'action A commande P3/P4 avec EV17, EV18, EV24 et EV25 : elle assure la séquence de transfert associée aux niveaux détectés. L'action B sollicite en plus P1/P2, avec les mêmes EV18, EV24 et EV25. La commande par niveaux adapte donc le remplissage du doseur et du bassin, puis l'interrompt lorsque les seuils sont atteints.

Ajouter une temporisation de surveillance : si le niveau attendu n'est pas atteint dans le délai prévu, arrêter les actionneurs concernés et afficher une alarme de défaut à l'agent de maintenance.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> A : commande de P3/P4 et des électrovannes associées. B : commande des quatre pompes selon les niveaux. Ajouter une alarme temporisée si le niveau cible n'est pas atteint.

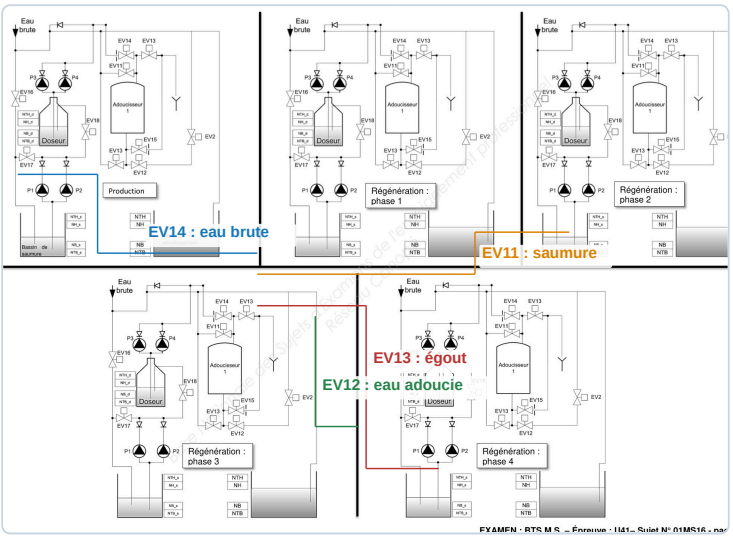
4. Modification de l’installation

Une entreprise doit installer de nouvelles cuves et vannes pour l’unité de production d’eau adoucie, sous la supervision du service de maintenance. Il est demandé de compléter le plan de la cuve n°1 en perspective isométrique pour qu’il puisse être transmis aux installateurs.

Question Q.4-1. Sur DR5, compléter le plan de la cuve n°1 en perspective isométrique en reliant les vannes EV11, EV12, EV13 et EV14 à l’équipement déjà implanté et à la cuve. Respecter les notions de profondeur et tracer les tuyaux sur les lignes de la perspective, avec des angles droits.

Suivre le schéma DT7 : raccorder EV14 à l’arrivée d’eau brute et à l’entrée haute de la cuve ; EV11 à l’arrivée de saumure et à cette entrée. Raccorder EV13 à la sortie de régénération vers l’égout, puis EV12 à la sortie basse de la cuve et au départ d’eau adoucie. Tracer chaque conduite avec des changements de direction à angle droit, en suivant les axes isométriques et sans confondre les plans de profondeur.

DR5 complété : raccordements EV11 à EV14



✓ RÉPONSE À RETENIR

EV14 : eau brute ; EV11 : saumure ; EV13 : égout ; EV12 : départ d’eau adoucie. Raccordements à la cuve par les orifices haut et bas indiqués.

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

Bilan de l'épreuve : Cette épreuve BTS Maintenance des systèmes, U41, session 2016, code MY41AFS, dure 2 heures et a un coefficient 2. Elle étudie une centrale d'énergie, la production d'eau chaude par chaudières et pompes, puis l'adoucissement et la régénération de l'eau. Les compétences évaluées concernent l'analyse fonctionnelle, les circuits, les performances des pompes et l'interprétation de schémas et chronogrammes.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- Une pompe PCC supplémentaire démarre lorsque le débit du réseau dépasse la somme des débits maximaux des pompes déjà en service.
- À débit réduit, la variation de vitesse peut diminuer fortement la puissance absorbée par une pompe centrifuge.
- En production, l'eau dure traverse les résines de haut en bas, qui échangent les ions calcium et magnésium contre des ions sodium.
- Le détassage et le rinçage rapide se font de bas en haut ; le saumurage et le rinçage lent se font de haut en bas.

Points de vigilance & attentes du jury

- Distinguer les fonctions des pompes de chaudière PCC et des pompes de réseau PEC avant d'analyser les circuits.
- Appuyer les comparaisons de pompes sur les courbes, les dimensions, les masses et les caractéristiques indiquées.
- Pour chaque phase de régénération, vérifier le sens d'écoulement, la destination de l'eau et l'état des vannes.
- Sur le plan isométrique, respecter la profondeur et tracer les tuyaux sur les lignes de perspective en utilisant des angles droits.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment interpréter les courbes de puissance d'une pompe à vitesse variable ?

Repérez le débit demandé et la vitesse de rotation correspondante, puis lisez la puissance absorbée sur la courbe associée. Comparez-la à la puissance à vitesse nominale pour évaluer l'économie d'énergie.

Q : Comment déterminer le sens de circulation de l'eau pendant les phases de régénération ?

Le sens dépend de la phase : le détassage et le rinçage rapide se font de bas en haut, tandis que le saumurage et le rinçage lent se font de haut en bas. L'eau est ensuite envoyée à l'égout.

Q : Le sujet donne-t-il un barème détaillé et combien de temps consacrer aux parties ?

Aucun barème par question n'est imprimé. La durée totale est de deux heures et les durées conseillées par partie totalisent 110 minutes. Gardez le temps restant pour vérifier les réponses et les documents à rendre.

Q : Qu'est-ce qui rend une justification technique convaincante dans cette épreuve ?

Reliez chaque conclusion aux données des documents : valeurs lues sur les courbes, dimensions et masses, états des vannes ou séquences des schémas. Présentez un raisonnement cohérent et indiquez clairement les éléments qui le justifient.

Sujet officiel associé (PDF) : https://coursbtsms.fr/assets/annales/bts-ms/E4.1 - Analyse fonctionnelle et structurelle/2016/BTS MS - E4.1 - Analyse fonctionnelle et structurelle - Session 2016 - 1-Sujet.pdf
Ressources BTS Maintenance des Systèmes : 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.