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 :
www.formav.co/explorer

Corrigé du sujet d'examen - E4 - Modélisation et choix techniques en environnement nucléaire - BTS EN (Environnement Nucléaire) - Session 2017

1. Contexte du sujet

Ce sujet d'examen est destiné aux étudiants du BTS Environnement Nucléaire, et porte sur la modélisation et le choix techniques dans le cadre du démantèlement d'un réacteur à neutrons rapides. L'épreuve se concentre sur la gestion des effluents sodés et les choix techniques associés au traitement de ces effluents.

2. Correction des questions

Q.0. Compléter le SADT de niveau A0 sur le document DR01, à l'aide de la solution proposée.

Pour compléter le SADT, il est essentiel d'identifier les différentes étapes du processus de neutralisation de l'acide sulfurique avec les effluents sodés. Les étapes incluent :

- Injection de l'acide sulfurique dans le réacteur.
- Réaction chimique entre l'acide et l'effluent.
- Contrôle de la température et du pH.
- Évacuation des effluents neutralisés.

Chaque étape doit être représentée par un bloc dans le SADT, avec des flèches indiquant le flux d'informations et de matériaux.

PARTIE A : Choix des pompes doseuses

A.1. Indiquer pour les 4 cas étudiés, le volume d'acide par m3 à injecter afin d'avoir un pH compris entre 7 et 9.

Les volumes d'acide à injecter en fonction de la concentration de sodium dans les effluents sont :

- 0,4 $g \cdot L^{-1}$: 0,8 mL
- 4 $g \cdot L^{-1}$: 9 mL
- 44 $g \cdot L^{-1}$: 100 mL
- 440 $g \cdot L^{-1}$: 1000 mL

A.2. Déterminer les différents débits en $L \cdot min^{-1}$ nécessaires à l'injection d'acide pour 1 m^3 d'effluents.

Pour le cas de 1 m^3 d'effluents, les débits d'injection d'acide sont calculés comme suit :

- Pour 0,4 $g \cdot L^{-1}$: 0,8 mL/min
- Pour 4 $g \cdot L^{-1}$: 9 mL/min
- Pour 44 $g \cdot L^{-1}$: 100 mL/min
- Pour 440 $g \cdot L^{-1}$: 1000 mL/min

A.3. Conséquence d'un très faible surdosage d'acide « d'un seul millilitre ».

Un surdosage d'un millilitre d'acide peut entraîner une réaction incomplète, ce qui signifie que le pH ne sera pas ramené à la plage souhaitée (7 < pH < 9). Cela nécessiterait un nouveau cycle de neutralisation, ce qui engendrerait des pertes de temps et des ressources.

A.4. Choisir le modèle de pompe dans le DT02 afin de fournir le débit nécessaire à la neutralisation de 1m^3 à 440 g·L^{-1} pour 293 litres d'acide.

Pour un débit nécessaire de 1000 mL/min, il est conseillé de choisir une pompe doseuse adaptée, comme la pompe Iwaki EWN, qui peut fournir le débit requis avec précision.

A.5. Calculer le réglage à fournir en % pour avoir un débit maximal de 1 L·min^{-1} sur la pompe précédente.

Si le débit maximal de la pompe est de 1000 mL/min, pour obtenir 1 L/min, le réglage doit être à 100%. Cela signifie qu'il faut régler la fréquence de la pompe à son maximum.

A.6. Calculer le volume minimal débité par la pompe pour un réglage de la fréquence à un coup par minute.

Si la pompe est réglée à 1 coup/minute, le volume débité dépendra du volume par coup. Si chaque coup débite 1 mL, alors le volume minimal sera de 1 mL.

A.7. Cette pompe convient-elle pour tous les dosages à réaliser ?

Non, la pompe ne convient pas pour tous les dosages, car elle ne peut pas atteindre une précision d'ajout d'acide au millilitre près pour des débits très faibles. Pour des dosages très précis, une pompe à dose plus fine serait nécessaire.

PARTIE B : Dimensionnement d'un groupe de refroidissement

B.1. Calculer la chaleur à dissiper pour 1,8 m^3 d'effluents sodés à 44 g·L^{-1}.

La chaleur à dissiper est calculée comme suit :

Chaleur dégagée = 63,1 MJ pour 1 m^3 à 44 g·L^{-1}. Donc pour 1,8 m^3, la chaleur à dissiper est :

Q = 63,1 * 1,8 = 113,58 MJ.

B.2. Indiquer la puissance théorique du groupe de refroidissement.

La puissance frigorifique théorique nécessaire est calculée en fonction de la chaleur à dissiper et du temps de refroidissement souhaité.

Utilisant la formule P = Q/T, on peut déterminer la puissance requise.

B.3. Choisir la puissance du groupe de refroidissement.

En tenant compte d'une marge de sécurité de 40%, la puissance choisie doit être supérieure à la puissance théorique calculée.

Par exemple, si la puissance théorique est de 15 kW, le groupe de refroidissement devra avoir une puissance d'au moins 21 kW.

B.4. Déterminer le temps nécessaire au groupe de refroidissement pour dissiper la chaleur.

Pour 1 m^3 à 44 $g \cdot L^{-1}$, le temps nécessaire peut être calculé en utilisant la puissance du groupe de refroidissement :

Temps = Q/P. Par exemple, si P = 22 kW, alors pour 63,1 MJ, le temps sera :

Temps = 63,1 / 22 = 2,86 heures.

B.5. Conclusion sur le temps imparti au cycle de neutralisation.

Le temps de refroidissement doit être inférieur à 5 heures pour respecter le cahier des charges. Si le temps de refroidissement dépasse 5 heures, cela pourrait compromettre le processus de neutralisation.

B.6. Proposer 2 solutions pour traiter les effluents de concentration de 440 $g \cdot L^{-1}$.

Deux solutions possibles incluent :

- Utiliser un groupe de refroidissement plus puissant pour traiter les volumes plus importants.
- Diviser le processus de neutralisation en plusieurs lots pour gérer la chaleur dégagée.

PARTIE C : Dimensionnement du mélangeur

C.1. Calculer la vitesse angulaire nécessaire à l'arbre afin d'obtenir cette vitesse en bout de pale.

La vitesse angulaire peut être calculée à partir de la relation entre la vitesse linéaire et le rayon de la pale :

$\omega = v / r$, où v = 5,2 m/s et r est le rayon de la pale. Si r = 0,1 m, alors :

$\omega = 5,2 / 0,1 = 52$ rad/s.

C.2. Calculer l'effort exercé sur une pale.

L'effort sur une pale peut être calculé en utilisant les forces appliquées et la surface de la pale. Si la surface est de 22 032 mm^2 et la pression est de 10 054 Pa, alors :

$F = P * S = 10\,054 * 22\,032 * 10^{-6} = 0,221$ N.

C.3. Calculer les composantes de l'effort dans le repère.

Les composantes Fx, Fy et Fz peuvent être calculées à partir des forces appliquées sur chaque pale. Si Fx = 170 N, alors :

Fz = 0,7 N, Fy = 0,4 N.

C.4. Calculer le couple résistant sur l’arbre moteur.

Le couple résistant est donné par la relation $\tau = F * r$. Si $F = 170$ N et $r = 0,1$ m, alors :

$\tau = 170 * 0,1 = 17$ Nm.

C.5. Calculer la puissance utile pour lancer le mélangeur.

La puissance utile P est donnée par $P = \tau * \omega$. En utilisant $\tau = 17$ Nm et $\omega = 52$ rad/s :

$P = 17 * 52 = 884$ W.

C.6. Calculer la puissance du motoréducteur.

Si le rendement du motoréducteur est de 96%, alors :

$P_{motoréducteur} = P / \text{rendement} = 884 / 0,96 = 920$ W.

PARTIE D : Gestion de la neutralisation et choix des capteurs

D.1. Indiquer les grandeurs critiques mesurées liées au réacteur ainsi que leurs repères fonctionnels.

Les grandeurs critiques incluent :

- Température (capteur 2 TEU 801 MT)
- Niveau d’acide (capteur 2 TEU 802 MN)
- Niveau d’effluent (capteur 2 TEU 802BA)
- pH (capteur 2 TEU 802MZ)

D.2. Compléter le grafcet de fonctionnement à l’aide du cycle de neutralisation.

Le grafcet doit illustrer les différentes étapes de la neutralisation, incluant les conditions de démarrage, d'arrêt et les transitions entre les états.

D.3. Donner le nom et le rôle de la 2 TEU 825 VR.

La vanne 2 TEU 825 VR est utilisée pour contrôler le flux d'acide dans le réacteur. Son rôle est de s'assurer que l'acide est injecté uniquement lorsque les conditions de température et de pH sont respectées.

D.4. Compléter sur le DR 03 les entrées du logigramme de 2 TEU 821 VR.

Le logigramme doit inclure les entrées de contrôle pour le fonctionnement de la vanne, telles que les mesures de pH et de température.

D.5. Indiquer le but du logigramme gérant le gradient pH.

Le logigramme a pour but de gérer les variations rapides de pH et de s'assurer que l'acide est injecté de manière contrôlée pour maintenir le pH dans la plage désirée.

D.6. Indiquer la référence de la sonde pH / température redox utilisée.

La sonde utilisée est de type PT100, avec une longueur d'électrode de 225 mm, permettant de mesurer à la fois le pH et la température.

D.7. Indiquer les mots correspondants en sachant que pH 0 correspond au courant minimal 4mA et pH 14 au courant maximal 20 mA.

Pour pH 9, le courant serait d'environ 12 mA, correspondant à une valeur numérique de 11000000 en binaire.

D.8. Compléter le schéma électrique électrode – transmetteur – automate sur le DR04.

Le schéma doit montrer les connexions entre la sonde, le transmetteur et l'automate, avec les entrées et sorties appropriées.

D.9. Donner la différence entre un montage à 2 fils et un montage à 3 fils.

Un montage à 2 fils utilise deux fils pour l'alimentation et le signal, tandis qu'un montage à 3 fils utilise un troisième fil pour réduire les erreurs de mesure dues à la résistance des fils.

D.10. Donner la classe du capteur devant être choisi.

La classe du capteur doit être choisie en fonction de la précision requise, généralement une classe 1 ou 2 pour des mesures précises.

D.11. Choisir le modèle de la sonde de température PT100, le matériau sera de l’hastelloy.

Le modèle choisi doit résister à la corrosion, par exemple, une sonde PT100 en Hastelloy C-276.

D.12. Indiquer l’utilité du doigt de gant.

Le doigt de gant protège la sonde de température et permet un remplacement facile sans vidanger le système.

D.13. Choisir le modèle de doigt de gant en hastelloy.

Le modèle choisi doit être compatible avec la sonde PT100, par exemple, un doigt de gant Hastelloy C-

276, de diamètre approprié pour la sonde.

PARTIE E : Implantation du réacteur

E.1.1. Calculer la valeur de la contrainte équivalente σe.

La contrainte équivalente σe peut être calculée à partir des contraintes appliquées et de la géométrie de la soudure. Utiliser la formule :

$\sigma e = \text{sqrt}(\sigma^{\perp 2} + 3\tau^2)$.

E.1.2. Déterminer les valeurs de βw et de γM2.

Les valeurs sont données dans le sujet : βw = 0,8 et γM2 = 1,25.

E.1.3. Vérifier les conditions de résistance (1) et (2).

Pour vérifier les conditions de résistance, il faut s'assurer que :

- (1) $\beta w * \sigma e \leq fu / \gamma M2$
- (2) $\Sigma\sigma\perp \leq 0,9 * fu / \gamma M2$

E.1.4. Conclusion des résultats précédents.

Si les conditions de résistance sont respectées, la structure est considérée comme sécurisée. Sinon, des modifications sont nécessaires.

E.2.1. Calculer les efforts Fv,Ed et Ft,Ed.

Pour calculer les efforts, utiliser les relations fournies dans le DT06. Par exemple :

$Fv,Ed = (FX^2 + FZ^2)^{\wedge}(1/2)$.

E.2.2. Calculer les résistances Fv,Rd et Ft,Rd.

Utiliser les caractéristiques du boulon et les coefficients de sécurité pour déterminer les résistances.

E.2.3. Calculer la valeur de l’expression : Fv,Ed + Ft,Ed ≤ 1,4.Ft,Rd.

Comparer les valeurs calculées pour s'assurer que les conditions de sécurité sont respectées.

E.2.4. Conclusion du résultat précédent.

Si l'inégalité est respectée, la fixation est considérée comme sécurisée. Sinon, des modifications sont nécessaires.

3. Synthèse finale

Erreurs fréquentes :

- Oublier de vérifier les unités lors des calculs.
- Ne pas justifier les choix techniques de manière claire.
- Ne pas respecter les marges de sécurité dans les calculs.

Points de vigilance :

- Vérifier les conditions de fonctionnement des équipements.
- Assurer la traçabilité des calculs et des choix techniques.

Conseils pour l'épreuve :

- Lire attentivement chaque question et les documents associés.
- Structurer vos réponses de manière claire et logique.
- Utiliser des schémas lorsque cela est pertinent pour illustrer vos propos.

© FormaV EI. Tous droits réservés.
Propriété exclusive de FormaV. Toute reproduction ou diffusion interdite sans autorisation.

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

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.

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

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.