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

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

MÉTIERS DES SERVICES À L'ENVIRONNEMENT

SOUS-ÉPREUVE E2.2 : SCIENCES PHYSIQUES ET SCIENCES ET TECHNOLOGIES DES SYSTÈMES

SESSION 2026

Durée : 2 h 30

SPÉCIALITÉ / UNITÉ	COEFF
MÉTIERS DES SERVICES À L'ENVIRONNEMENT	2,5

Moyens de calculs et matériel autorisés :

L'usage de calculatrice avec mode examen actif est autorisé. L'usage de calculatrice sans mémoire, « type collège », est autorisé.

Aucun document ou matériel autorisé en dehors de ceux fournis avec le sujet.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Ce sujet comporte 9 pages numérotées de 1/9 à 9/9.

Les documents réponses en fin de sujet sont à rendre avec la copie.

DOSSIER SUJET

MISE EN SITUATION PROFESSIONNELLE ET CONSIGNES GÉNÉRALES DE L'ÉPREUVE : SYNDICAT INTERCOMMUNAL D'ASSAINISSEMENT DES RIVES DU LOIR, STATION D'ÉPURATION DE LA FLÈCHE, SARTHE

Le syndicat intercommunal exploite une station d'épuration comprenant un poste de relevage, une unité de traitement biologique et plusieurs équipements électromécaniques. Vous intervenez en appui du responsable d'exploitation pour analyser le fonctionnement d'une pompe, évaluer un traitement de l'eau, vérifier le choix d'une protection électrique et exploiter des données de maintenance.

Les quatre exercices sont indépendants. Les résultats numériques seront accompagnés des unités et d'une justification. Les formules nécessaires sont indiquées dans le dossier technique. Le barème total est de 20 points.

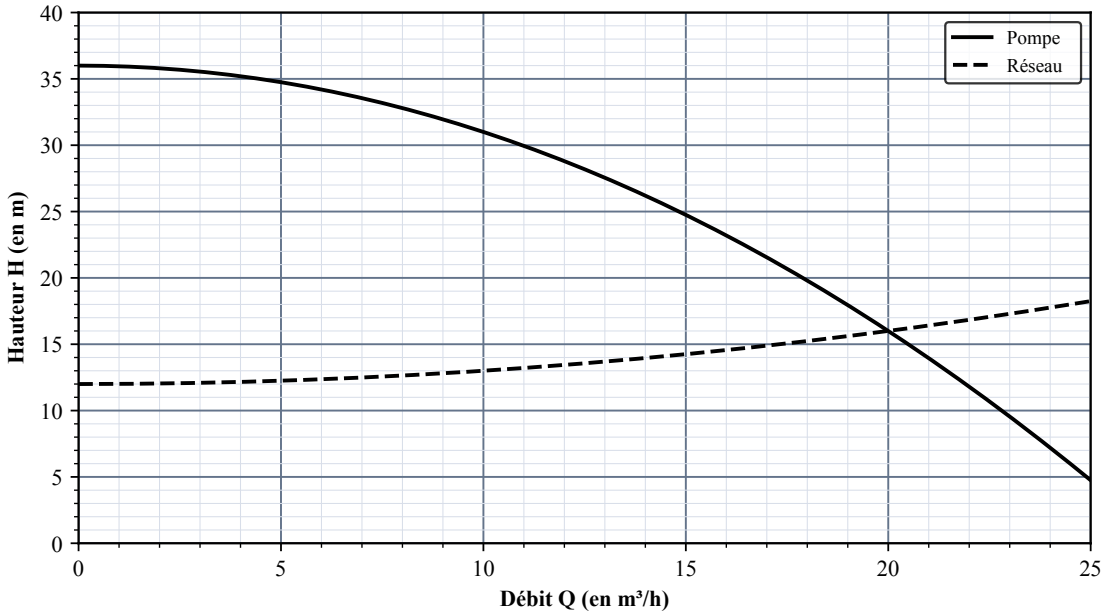
Exercice 1 : Analyse du poste de relevage (6 points)

Mécanique des fluides, lecture graphique et puissance d'une pompe

Une pompe de relevage transfère les eaux usées vers le traitement biologique. Le débit volumique est noté Q, exprimé en $\mathrm{m^3\,h^{-1}}$, et la hauteur manométrique est notée H, exprimée en mètres. La caractéristique de la pompe et celle du réseau sont modélisées par les relations fournies dans le DT 1.

Pour les calculs de puissance, on utilisera le débit de fonctionnement déterminé à partir du point de fonctionnement. La masse volumique de l'eau est $\rho = 1000\ \mathrm{kg\,m^{-3}}$ et l'accélération de la pesanteur vaut $g = 9{,}81\ \mathrm{m\,s^{-2}}$.

Caractéristiques de la pompe et du réseau



Les courbes représentent les modèles fournis dans le DT 1. Lire le point de fonctionnement à leur intersection.

1.1 (1,5 point) À l'aide du graphique, relever une estimation du débit et de la hauteur manométrique au point de fonctionnement. Indiquer les unités.

1.2 (1,5 point) Déterminer par le calcul le point de fonctionnement en égalant la hauteur fournie par la pompe à la hauteur demandée par le réseau. Donner Q et H, avec leurs unités.

1.3 (2 points) Calculer la puissance hydraulique transmise à l'eau au point de fonctionnement. Convertir d'abord le débit en $\mathrm{m^3\,s^{-1}}$. Le rendement de la pompe étant de $0{,}68$, déterminer ensuite la puissance électrique absorbée. Arrondir les puissances au watt près.

1.4 (1 point) Le débit mesuré en exploitation est inférieur au débit calculé. Citer deux causes techniques possibles de cet écart en vous appuyant sur le fonctionnement d'une pompe et d'un réseau d'eaux usées.

Exercice 2 : Neutralisation et suivi d'un traitement (5 points)

pH, réaction chimique, cinétique et exploitation graphique

Un effluent acide de volume $3{,}00\ \mathrm{m^3}$ doit être neutralisé avant traitement. Pour le modèle simplifié de cet exercice, l'effluent est assimilé à une solution d'acide chlorhydrique fort de pH égal à 2,00, sans autre espèce acide ni effet tampon. Le réactif utilisé est une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $0{,}100\ \mathrm{mol\,L^{-1}}$.

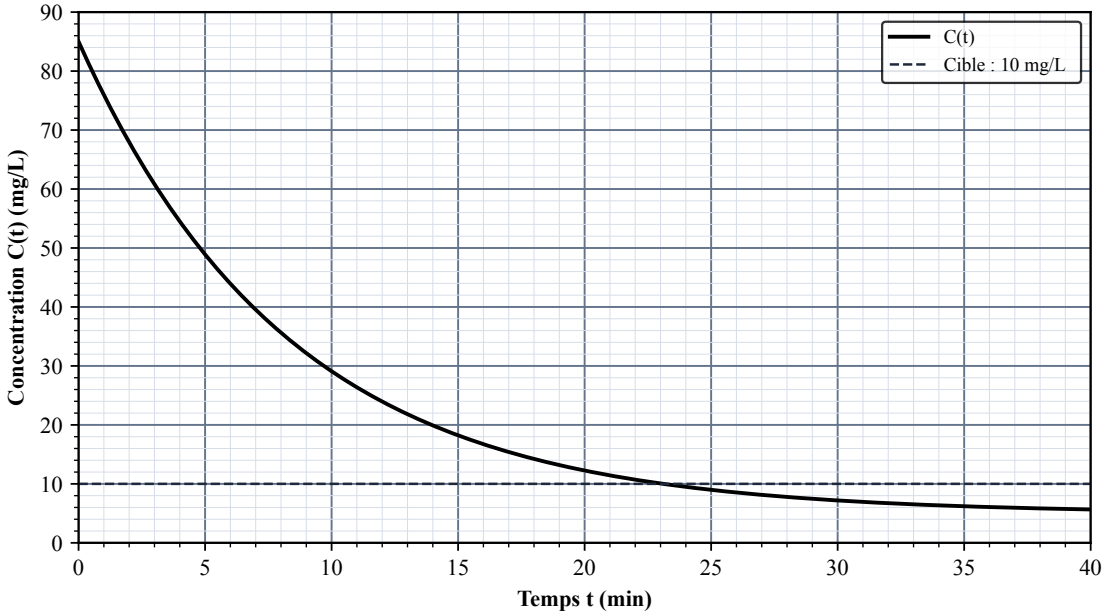
Après neutralisation, un indicateur de pollution décroît selon le modèle $C(t) = 80\exp(-0{,}12t) + 5$, où $C(t)$ est en $\mathrm{mg\,L^{-1}}$ et le temps t en minutes. La valeur cible est strictement inférieure à $10\ \mathrm{mg\,L^{-1}}$.

Variations de la concentration modélisée

Temps t (min)	**0**		+∞
Signe de C'(t)		**-**	
Variations de C(t) (mg/L)	**85**	↘	**5**

Tableau à exploiter pour décrire l'évolution de la concentration au cours du temps.

Évolution de la concentration au cours du traitement



Courbe correspondant au modèle donné dans l'énoncé. Le repère permet d'estimer l'instant où la cible est atteinte.

2.1 (1,5 point) À partir de la définition du pH, calculer la concentration en ions oxonium de l'effluent, puis la quantité de matière correspondante dans le volume à traiter. Écrire et équilibrer l'équation de la réaction entre l'acide chlorhydrique et l'hydroxyde de sodium. En déduire le volume théorique de réactif à ajouter.

2.2 (1 point) Calculer $C'(t)$. En déduire le sens de variation de C pour $t \geq 0$, ainsi que la concentration vers laquelle le modèle tend lorsque le temps augmente.

2.3 (1,5 point) Résoudre l'inéquation $80\,\exp(-0{,}12t) + 5 < 10$. Donner le temps minimal à partir duquel la concentration est strictement inférieure à la cible, arrondi à la minute. Présenter les étapes de résolution en faisant apparaître l'utilisation du logarithme népérien.

2.4 (1 point) À l'aide du graphique, estimer le temps de franchissement de la cible de $10\ \mathrm{mg\,L^{-1}}$. Comparer cette estimation au résultat de la question 2.3 et conclure sur la durée de traitement à retenir, en minutes entières.

Exercice 3 : Alimentation électrique du groupe de pompage (5 points)

Puissance triphasée, choix d'une protection et chaîne d'énergie

Le moteur triphasé d'un groupe de pompage est alimenté sous une tension composée de $400\ \mathrm{V}$. Sa puissance mécanique utile nominale est $5{,}50\ \mathrm{kW}$, son rendement est $0{,}88$ et son facteur de puissance est $\cos\varphi = 0{,}82$. Le moteur est alimenté par un disjoncteur et un contacteur.

Pour le choix simplifié de la protection, on impose que son courant nominal soit au moins égal au courant nominal du moteur et que le courant admissible du câble soit au moins égal au courant nominal de la protection. Les calibres et intensités admissibles applicables sont fournis dans le DT 2.

Données de dimensionnement des conducteurs et protections

Section du câble (mm²)	Courant admissible Iz (A)	Calibres disponibles du disjoncteur (A)
1,5	16	10
2,5	21	16
4	28	20

Valeurs utilisables pour le choix simplifié demandé dans l'exercice.

3.1 (1,5 point) Calculer la puissance électrique active absorbée par le moteur. Donner le résultat en kilowatts, puis en watts.

3.2 (1,5 point) Calculer l'intensité nominale du courant de ligne. Utiliser $P_{\text{abs}} = \sqrt{3}\,U\,I\,\cos\varphi$. Arrondir le résultat au dixième d'ampère.

3.3 (1 point) Choisir, parmi les calibres disponibles, le disjoncteur adapté au courant calculé, puis choisir une section de câble satisfaisant les conditions indiquées dans l'énoncé. Justifier les deux choix avec les valeurs du tableau.

3.4 (1 point) Dans la chaîne d'énergie « réseau électrique, disjoncteur, contacteur, moteur, pompe », préciser le rôle du disjoncteur et celui du contacteur. Indiquer également la forme d'énergie fournie à la pompe par le moteur.

Exercice 4 : Exploitation des données de maintenance (4 points)

Indicateurs de maintenance et évolution prévisionnelle des coûts

Le responsable de maintenance étudie l'historique d'une pompe de recirculation. Quatre durées de fonctionnement entre pannes et quatre durées de réparation ont été relevées. Le coût d'une opération préventive était de 850 euros la première année. Il est estimé qu'il augmente de 3 % par an.

Les données et les relations utiles sont fournies dans le DT 3. Compléter le DR 1 pour présenter les indicateurs calculés.

Historique de fonctionnement et de réparation

Intervention	Durée de fonctionnement avant panne (h)	Durée de réparation (h)
1	120	4
2	150	6
3	90	5
4	180	5

Données relevées sur la pompe de recirculation.

4.1 (1 point) Calculer le temps moyen de bon fonctionnement entre deux pannes, noté MTBF, à partir des quatre durées de fonctionnement. Reporter le résultat dans le DR 1.

4.2 (1,5 point) Calculer le temps moyen de réparation, noté MTTR, puis la disponibilité prévisionnelle de la pompe selon la relation du DT 3. Reporter les résultats dans le DR 1. Exprimer la disponibilité en pourcentage, arrondie au dixième.

4.3 (1 point) On note C_n le coût prévisionnel de l'opération pendant l'année n. Écrire la relation de récurrence et la forme explicite de la suite (C_n). Calculer le coût de la quatrième année, arrondi à l'euro près.

4.4 (0,5 point) Proposer une action de maintenance cohérente avec les résultats obtenus pour limiter l'indisponibilité de cette pompe.

DOSSIER TECHNIQUE ET RESSOURCES

Documents ressources nécessaires à la résolution du sujet

DT 1 : CARACTÉRISTIQUES HYDRAULIQUES ET RELATIONS DE CALCUL

Les modèles de hauteur sont établis pour le domaine $0 \leq Q \leq 25\ \mathrm{m^3\,h^{-1}}$:

Caractéristique de pompe : $H_{\mathrm{pompe}}(Q) = 36 - 0{,}05Q^2$.

Caractéristique du réseau : $H_{\mathrm{réseau}}(Q) = 12 + 0{,}01Q^2$.

Au point de fonctionnement, $H_{\mathrm{pompe}} = H_{\mathrm{réseau}}$. La puissance hydraulique vaut $P_{\mathrm{hyd}} = \rho g Q H$, avec Q en $\mathrm{m^3\,s^{-1}}$. Le rendement est défini par $\eta = P_{\mathrm{hyd}}/P_{\mathrm{élec}}$. Conversion utile : $1\ \mathrm{h} = 3600\ \mathrm{s}$.

DT 2 : DONNÉES RELATIVES AU TRAITEMENT ET À L'INSTALLATION ÉLECTRIQUE

Pour une solution aqueuse diluée, $\mathrm{pH} = -\log_{10}[\mathrm{H_3O^+}]$, où la concentration est exprimée en $\mathrm{mol\,L^{-1}}$. Dans le modèle de neutralisation retenu, une mole d'ions oxonium réagit avec une mole d'ions hydroxyde. La réaction s'écrit $\mathrm{HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O}$.

Pour le moteur triphasé, $P_{\mathrm{abs}} = P_{\mathrm{utile}}/\eta$ et $P_{\mathrm{abs}} = \sqrt{3}\,U\,I\,\cos\varphi$. Pour la coordination simplifiée de la protection : courant nominal du moteur $\leq$ calibre du disjoncteur $\leq$ courant admissible du câble.

Table de choix simplifiée : câble de section $1{,}5\ \mathrm{mm^2}$, $I_z = 16\ \mathrm{A}$; câble de section $2{,}5\ \mathrm{mm^2}$, $I_z = 21\ \mathrm{A}$; câble de section $4\ \mathrm{mm^2}$, $I_z = 28\ \mathrm{A}$. Calibres de disjoncteur disponibles : $10\ \mathrm{A}$, $16\ \mathrm{A}$ et $20\ \mathrm{A}$.

DT 3 : RELATIONS UTILES POUR LES INDICATEURS DE MAINTENANCE ET LES COÛTS

Le temps moyen de bon fonctionnement est calculé par $\mathrm{MTBF} = \dfrac{\text{somme des durées de fonctionnement avant panne}}{\text{nombre de durées relevées}}$. Le temps moyen de réparation est calculé par $\mathrm{MTTR} = \dfrac{\text{somme des durées de réparation}}{\text{nombre de réparations}}$.

Pour cet exercice, la disponibilité prévisionnelle est estimée par $A = \dfrac{\mathrm{MTBF}}{\mathrm{MTBF} + \mathrm{MTTR}}$. Le coût annuel augmente de façon géométrique : $C_1 = 850$ euros et $C_{n+1} = 1{,}03\,C_n$. La forme explicite associée est $C_n = 850 \times 1{,}03^{n-1}$.

Relevés de maintenance de la pompe

Intervention	Fonctionnement avant panne (h)	Réparation (h)
1	120	4
2	150	6
3	90	5
4	180	5

Les durées sont exprimées en heures.

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 1 : Tableau de synthèse des indicateurs de maintenance — **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Compléter les cases signalées par « ... » à l'aide des résultats obtenus aux questions 4.1 et 4.2. Indiquer les unités ou le format demandé.

Indicateurs calculés pour la pompe de recirculation

Indicateur	Résultat	Unité ou format
MTBF	.....	h
MTTR	.....	h
Disponibilité prévisionnelle	.....	%

Document à rendre avec la copie.

Cadre réservé aux justifications, calculs complémentaires ou schémas du candidat :

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.