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 consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du Bac Pro PCEPC, veuillez visiter :
bacpropcepc.fr/annales-sujets-et-corriges

BACCALAURÉAT PROFESSIONNEL

PROCÉDÉS DE LA CHIMIE, DE L'EAU ET DES PAPIERS-CARTONS

SESSION 2026

ÉPREUVE E2 : ÉTUDE D'UN PROCÉDÉ

Coefficient : 4 Durée : 4 heures

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

Composition de l'épreuve	Support
PARTIE 1 : Compréhension et analyse du procédé (5 points)	Dossier Questionnement
PARTIE 2 : Préparation du traitement et calcul du dosage (5 points)	Dossier Questionnement
PARTIE 3 : Conduite, surveillance et diagnostic (5 points)	Dossier Questionnement
PARTIE 4 : Vérification de la conformité et prévention des risques (5 points)	Dossier Questionnement
DOSSIER TECHNIQUE ET RESSOURCES (DT 1, DT 2, DT 3)	Fourni avec le sujet
DOCUMENTS RÉPONSES (DR 1, DR 2) : À RENDRE AVEC LA COPIE	Fin de sujet

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

Ce sujet comporte 10 pages numérotées de 1/10 à 10/10.
Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

LES DOCUMENTS RÉPONSES SITUÉS EN FIN DE DOSSIER SONT À COMPLÉTER ET À RENDRE OBLIGATOIREMENT AVEC LA COPIE.

DOSSIER SUJET

MISE EN SITUATION PROFESSIONNELLE ET CAHIER DES CHARGES : PAPETERIE DES RIVES, UNITÉ DE TRAITEMENT DES EFFLUENTS, SAINT-LAURENT-SUR-SAÔNE (AIN)

La Papeterie des Rives traite les eaux de lavage acides issues de son atelier de fabrication. Vous intervenez sur la ligne de neutralisation et de clarification avant rejet vers le bassin de contrôle du site.

Le traitement étudié comprend une cuve tampon, une neutralisation par lait de chaux, une décantation et un contrôle du pH et des matières en suspension. Le débit nominal d'effluent est de 12,0 m³/h. Le cahier des charges interne impose, au point de contrôle final, un pH compris entre 6,5 et 8,5 et une concentration en matières en suspension inférieure ou égale à 35 mg/L. Ces valeurs sont les spécifications de fonctionnement fournies pour cette étude.

Vous devez analyser le procédé, préparer le dosage du réactif, interpréter des relevés d'exploitation et proposer une conduite adaptée en respectant les consignes de sécurité du site.

Le dossier technique DT 1 à DT 3 fournit les informations nécessaires. Les réponses aux questions 2.3 et 3.4 sont à inscrire dans le document réponse DR 1. Le document réponse DR 2 est également à compléter et à rendre.

PARTIE 1 : Compréhension et analyse du procédé (5 points)

Analyse fonctionnelle, lecture du schéma et paramètres de fonctionnement

À l'aide du schéma de procédé DT 1 et des données de fonctionnement DT 2, étudiez la ligne de traitement dans sa configuration nominale. Le débit d'effluent entrant est de 12,0 m³/h.

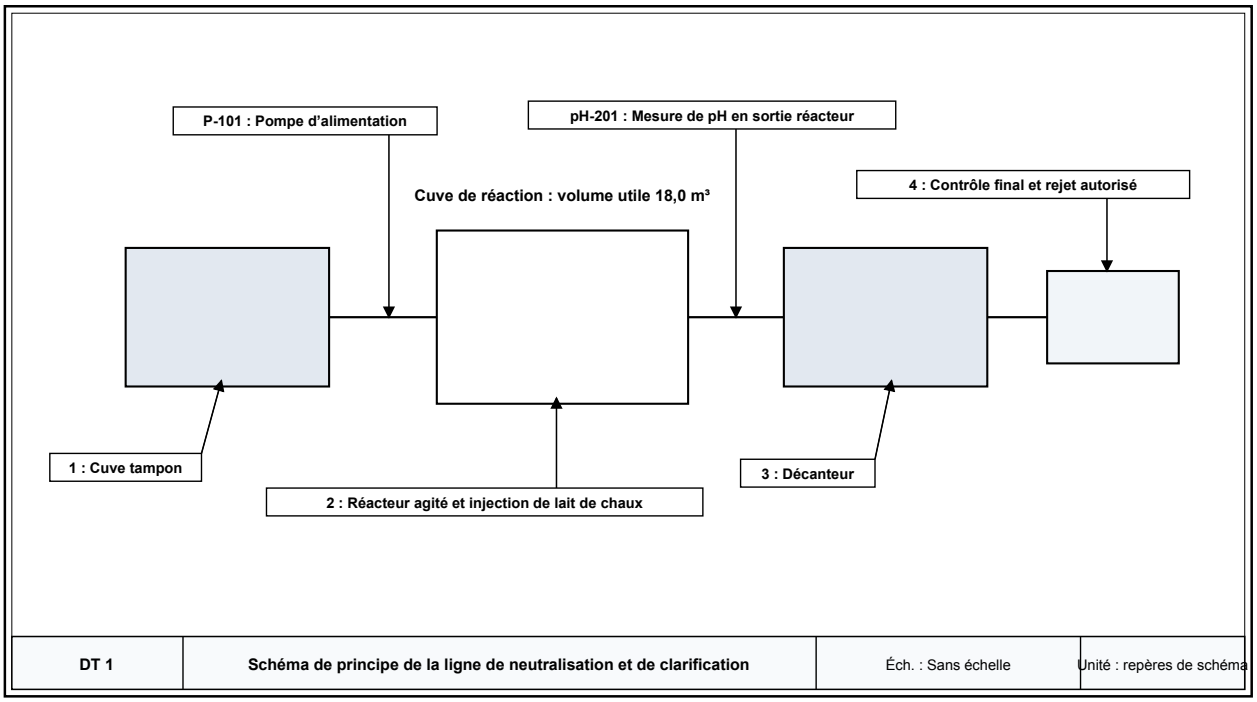


Schéma fonctionnel, non à l'échelle. Les repères sont définis dans le DT 1.

1.1 (1 point) Indiquer, dans l'ordre, les quatre principales étapes du traitement représentées sur le schéma DT 1, depuis l'arrivée de l'effluent jusqu'au contrôle final.

1.2 (1,5 point) Préciser la fonction de la cuve tampon, du réacteur agité et du décanteur. Une fonction attendue par équipement.

1.3 (1,5 point) Calculer le temps de séjour hydraulique nominal dans le réacteur. Utiliser le volume utile de 18,0 m³ et le débit de 12,0 m³/h. Présenter la relation utilisée et le résultat en minutes.

1.4 (1 point) Expliquer pourquoi l'injection de lait de chaux doit être asservie au débit d'effluent et pourquoi l'agitation doit fonctionner pendant la neutralisation.

PARTIE 2 : Préparation du traitement et calcul du dosage (5 points)

Bilan matière, préparation du réactif et feuille de préparation

Les caractéristiques de l'effluent et du lait de chaux sont données dans le DT 2. Pour le calcul de préparation, utiliser une acidité titrable de 0,080 kmol d'équivalents H^+ par m³ d'effluent. La réaction de neutralisation est modélisée par $\mathrm{Ca(OH)_2 + 2H^+ \rightarrow Ca^{2+} + 2H_2O}$. La masse molaire de $\mathrm{Ca(OH)_2}$ est de 74,1 kg/kmol. Le dosage de préparation comporte un excès de 35 % par rapport à la quantité stœchiométrique.

Données utiles au calcul du dosage

Paramètre	Valeur	Unité
Débit d'effluent	12,0	m³/h
Acidité titrable	0,080	kmol H^+-équivalent/m³
Excès de réactif retenu	35	%
Teneur massique en $Ca(OH)_2$ du lait de chaux	20,0	%
Masse volumique du lait de chaux	1,15	kg/L

Données fournies pour l'étude, détaillées dans le DT 2.

2.1 (2 points) Calculer la masse de $\mathrm{Ca(OH)_2}$ pur nécessaire par m³ d'effluent, en tenant compte de l'excès de 35 %. Montrer le calcul à partir de la stœchiométrie de la réaction.

2.2 (2 points) En déduire le débit massique de lait de chaux à 20,0 % à préparer en régime nominal, puis son débit volumique en L/h. Utiliser la masse volumique fournie. Arrondir le débit volumique au L/h le plus proche.

2.3 (1 point) Compléter la ligne « Préparation nominale » du DR 1 en reportant la masse de $\mathrm{Ca(OH)_2}$ pur nécessaire par m³, le débit massique de lait de chaux et son débit volumique. Indiquer les unités.

PARTIE 3 : Conduite, surveillance et diagnostic (5 points)

Préparation de l'installation, interprétation des relevés et action corrective

Les consignes de démarrage et les relevés d'exploitation figurent dans le DT 3. Le fonctionnement est stable à un débit d'effluent de 12,0 m³/h. À 10 h 00, les mesures suivantes sont relevées : débit de lait de chaux 175 L/h, pH en sortie réacteur 6,1, agitation en service, débit d'effluent stable. Le pH cible de conduite est compris entre 6,5 et 8,5. La valeur de préparation calculée à la partie 2 est la consigne théorique nominale.

Relevé d'exploitation à 10 h 00

Paramètre surveillé	Mesure	Cible ou plage de conduite
Débit d'effluent	12,0 m³/h	12,0 m³/h nominal
Débit de lait de chaux	175 L/h	Valeur nominale calculée en partie 2
pH en sortie réacteur	6,1	6,5 à 8,5
Agitation	En service	En service pendant le dosage

Mesures consignées par l'opérateur sur la ligne de neutralisation.

3.1 (1,5 point) À partir du DT 3, ordonner les contrôles et actions essentiels à réaliser avant l'introduction de l'effluent dans le réacteur. Citer au moins trois actions, dans un ordre cohérent.

3.2 (1,5 point) Analyser les mesures de 10 h 00. Identifier les paramètres conformes et l'écart constaté, puis proposer une première action de conduite compatible avec le DT 3. Justifier votre proposition sans modifier le débit d'effluent.

3.3 (1,5 point) En prenant comme référence le débit nominal calculé en partie 2, calculer l'écart absolu en L/h entre le débit mesuré et le débit nominal, puis l'écart relatif en pourcentage par rapport au débit nominal. Indiquer si le débit mesuré est supérieur ou inférieur à la référence.

3.4 (0,5 point) Reporter dans le DR 1 le pH mesuré, la plage cible et la première action de conduite proposée.

PARTIE 4 : Vérification de la conformité et prévention des risques (5 points)

Contrôle du rejet, traitement d'un écart et sécurité opératoire

Après stabilisation du traitement, un échantillon est prélevé au point de contrôle final. Les résultats sont les suivants : pH 7,2 et matières en suspension 28 mg/L. Le cahier des charges interne du site impose un pH compris entre 6,5 et 8,5 et une concentration en matières en suspension inférieure ou égale à 35 mg/L. Les consignes de sécurité applicables à la manipulation du lait de chaux sont indiquées dans le DT 3.

Résultats de l'échantillon et limites du cahier des charges

Paramètre	Résultat	Exigence du site
pH	7,2	6,5 à 8,5
Matières en suspension	28 mg/L	≤ 35 mg/L

Les seuils ci-dessous sont les spécifications de contrôle du site pour cette étude.

4.1 (2 points) Vérifier séparément la conformité du pH et des matières en suspension par rapport au cahier des charges. Conclure sur la conformité de l'échantillon au regard des deux critères fournis.

4.2 (1,5 point) Indiquer la conduite à tenir si un contrôle final ne respecte pas l'un des critères du cahier des charges. Votre réponse doit préciser le devenir de l'effluent non conforme et les informations à transmettre ou à enregistrer.

4.3 (1,5 point) Citer trois mesures de prévention adaptées à la préparation ou au transfert du lait de chaux. Parmi elles, préciser une mesure de protection individuelle et une mesure à appliquer en cas de projection dans les yeux.

DOSSIER TECHNIQUE ET RESSOURCES

Documents ressources nécessaires à la résolution du sujet

DT 1 : SCHÉMA FONCTIONNEL DE LA LIGNE DE TRAITEMENT

Le procédé reçoit les eaux de lavage acides de l'atelier. La pompe P-101 transfère l'effluent depuis la cuve tampon vers le réacteur agité. Le lait de chaux est injecté dans le réacteur par une pompe doseuse asservie au débit d'effluent. La sonde pH-201 mesure le pH en sortie du réacteur. Le mélange est ensuite envoyé au décanteur, puis au point de contrôle final avant rejet.

Le schéma représente les équipements principaux et le sens général de circulation. Il ne représente pas les organes secondaires d'isolement, de prélèvement ou de rinçage.

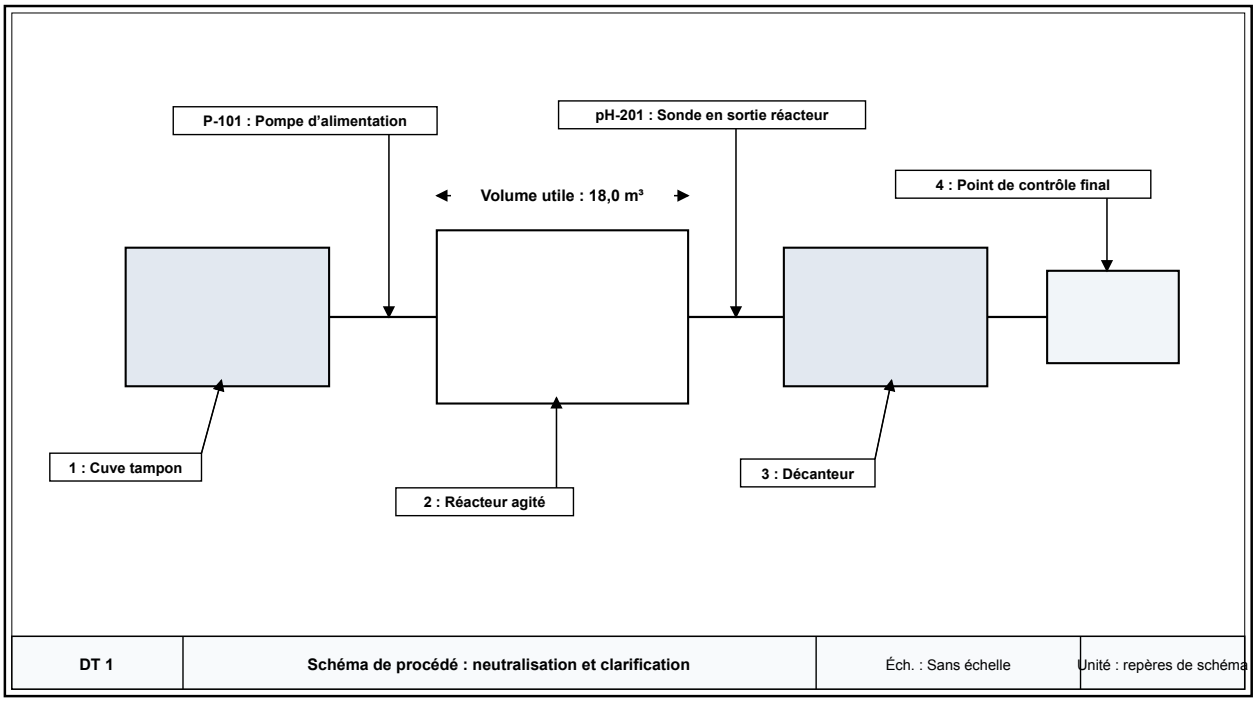


Schéma fonctionnel non à l'échelle. Le volume indiqué est le volume utile du réacteur.

DT 2 : DONNÉES DE PROCÉDÉ ET CARACTÉRISTIQUES DU RÉACTIF

Les données ci-dessous sont celles retenues pour les calculs du sujet. L'acidité titrable exprime la quantité d'équivalents H^+ à neutraliser par unité de volume d'effluent. Le dosage de préparation prévoit un excès de 35 % par rapport à la quantité stœchiométrique calculée. Le lait de chaux livré au poste de dosage contient 20,0 % en masse de $\mathrm{Ca(OH)_2}$ et sa masse volumique est de 1,15 kg/L.

Relations utiles : temps de séjour hydraulique $t = V/Q$; quantité stœchiométrique de $\mathrm{Ca(OH)_2}$ égale à la moitié de la quantité d'équivalents H^+ ; masse $m = nM$; débit massique de lait de chaux $\dot{m}_{lait} = \dot{m}_{Ca(OH)_2}/w$, où w est la fraction massique de réactif actif ; débit volumique $Q_{lait} = \dot{m}_{lait}/\rho$.

Caractéristiques du procédé et données de calcul

Donnée	Valeur	Unité ou remarque
Débit nominal d'effluent	12,0	m^3/h
Volume utile du réacteur	18,0	m^3
Acidité titrable de l'effluent	0,080	kmol d'équivalents H^+/m^3
Excès de dosage pour la préparation	35	%
Masse molaire de $Ca(OH)_2$	74,1	kg/kmol
Teneur massique en $Ca(OH)_2$ du lait de chaux	20,0	%
Masse volumique du lait de chaux	1,15	kg/L
pH cible en sortie réacteur	6,5 à 8,5	Plage de conduite
Matières en suspension au rejet	≤ 35	mg/L, exigence interne du site

Valeurs nominales de l'installation et données fournies pour les calculs.

DT 3 : CONSIGNES DE CONDUITE, CONTRÔLES ET PRÉVENTION

Préparation et démarrage : vérifier l'identification des conduites et la disponibilité du réactif ; contrôler l'état général de la pompe doseuse, l'absence de fuite et la disponibilité de la cuve ; vérifier que la sonde pH est propre, raccordée et opérationnelle ; mettre l'agitation en service avant l'injection ; établir ensuite le débit d'effluent, puis régler progressivement le dosage de lait de chaux en contrôlant le pH.

Surveillance : suivre le débit d'effluent, le débit de réactif, l'état de l'agitation et le pH. Après toute modification de réglage, laisser le procédé se stabiliser avant de confirmer le résultat. Si le pH reste hors plage ou si une mesure est incohérente, vérifier la mesure et le dosage, prévenir le responsable et appliquer la procédure du site. Un effluent dont la conformité n'est pas démontrée ne doit pas être envoyé au rejet autorisé : il est maintenu dans la capacité de rétention prévue ou dirigé vers la filière de reprise prévue par l'exploitation.

Prévention : consulter les consignes et la fiche de données de sécurité du produit ; porter les équipements de protection individuelle prescrits, notamment lunettes étanches, gants compatibles et vêtements de protection ; éviter la formation de poussières et les projections ; utiliser les dispositifs de transfert prévus et rincer immédiatement toute projection selon la procédure du site. En cas de projection dans les yeux, rincer immédiatement et abondamment au poste prévu, maintenir les paupières ouvertes et alerter les secours ou le responsable conformément à la procédure du site.

Ces consignes de conduite sont des données d'exploitation fournies pour l'étude. Les procédures locales et la fiche de données de sécurité du produit restent applicables sur le site.

Points de surveillance et actions associées

Point surveillé	Situation attendue	Action si écart
Débit d'effluent	Débit stable à la consigne	Vérifier l'alimentation et prévenir le responsable si l'écart persiste
Débit de lait de chaux	Réglage cohérent avec le débit d'effluent et le pH	Contrôler la pompe doseuse et le circuit de réactif
Agitation	En service pendant l'injection	Suspendre l'injection si l'agitation est indisponible et appliquer la procédure
pH de sortie réacteur	Entre 6,5 et 8,5	Vérifier la mesure et le dosage, stabiliser, puis contrôler à nouveau
Contrôle final	Conformité aux deux critères du site	Ne pas rejeter l'effluent non conforme ; appliquer la filière de reprise

Synthèse des consignes d'exploitation du site pour cette étude.

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 1 : Feuille de préparation et relevé de conduite, questions 2.3 et 3.4 — **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Compléter les cases signalées par « ... » avec les résultats et unités demandés. Les calculs détaillés sont à présenter dans la copie.

Feuille de préparation nominale et relevé pH

Rubrique	Valeur à reporter	Unité ou précision
Masse de $Ca(OH)_2$ pur nécessaire par m³ d'effluent	.....	kg/m³
Débit massique nominal de lait de chaux	.....	kg/h
Débit volumique nominal de lait de chaux	.....	L/h
pH mesuré à 10 h 00	.....	sans unité
Plage cible de pH	.....	sans unité
Première action de conduite proposée	.....	Action concise

Document à compléter par le candidat.

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

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 2 : Tableau de contrôle de conformité du rejet — **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Compléter le tableau en comparant chaque résultat à l'exigence interne du site. Indiquer « conforme » ou « non conforme » et justifier brièvement la conclusion.

Contrôle de l'échantillon au point de rejet

Paramètre	Résultat mesuré	Exigence du site	Conclusion	Justification
pH	7,2	6,5 à 8,5	.....	.....
Matières en suspension	28 mg/L	≤ 35 mg/L	.....	.....
Conclusion globale de l'échantillon	.....	Les deux critères doivent être respectés	.....	.....

Échantillon prélevé après stabilisation du traitement.

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.