Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV©

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

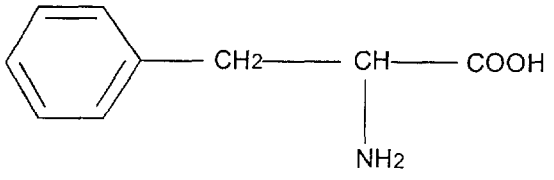
Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
www.formav.co/explorer

2.2. A partir des résultats de la partie 1, calculer E_1.
Exprimer e en fonction de E_1 et E_2. En déduire la valeur de la concentration molaire $[M^+]$ de l'ion M^+.

2.3. Ecrire l'équilibre chimique s'établissant entre M_2A, M^+ et A^{2-} dans la solution.
Exprimer le produit de solubilité K_s du composé M_2A. Calculer sa valeur, à partir des données de l'expérience.

Exercice 2 : Comportement de la phénylalanine en solution aqueuse (5 points).

La phénylalanine, de formule semi-développée représentée ci-contre,



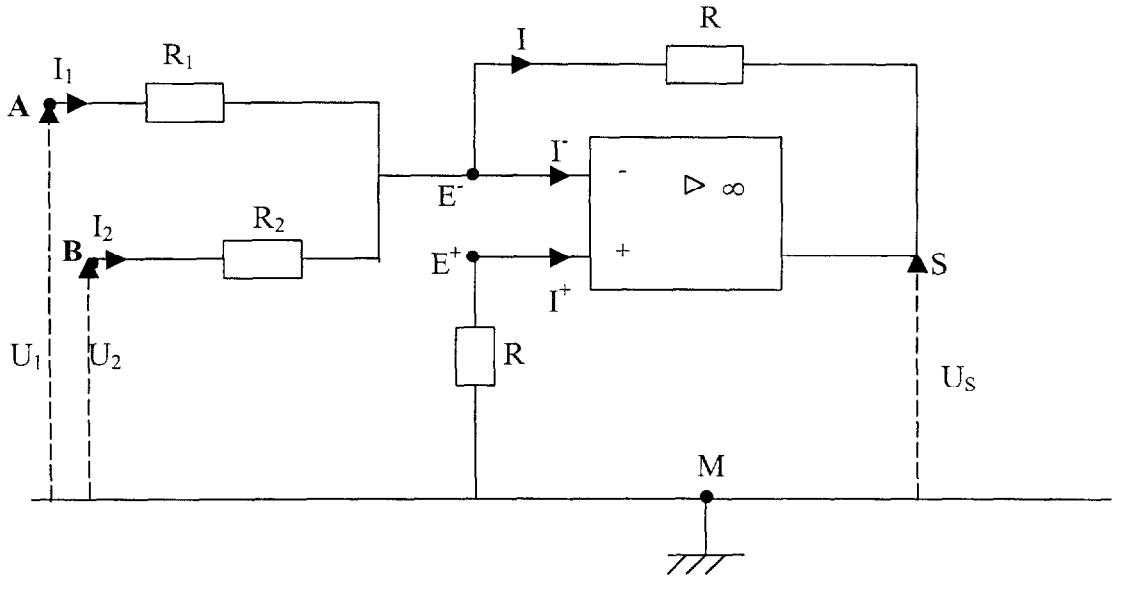
intervient industriellement dans la synthèse d'un édulcorant, l'aspartame. En solution aqueuse, elle existe en fait sous la forme d'un ion dipolaire neutre appelé amphion ou zwitterion ; celui-ci présente un caractère amphotère.

1. A quelle famille chimique appartient la phénylalanine ?
2. Ecrire la formule du zwitterion et expliquer qualitativement sa formation.
3. En solution aqueuse, la phenylalanine présente deux couples acido-basiques de pKa : $pKa_1 = 2,6$ et $pKa_2 = 9,2$. Ecrire les équilibres dans lesquels ces deux couples interviennent en solution aqueuse et leur attribuer le pKa correspondant.
4. Donner la formule développée de l'espèce prédominante de la phénylalanine dans des solutions de pH suivants : 1 ; 5,7 ; 11.

Exercice 3 : Dispositif d'analyse physique des eaux utilisant un amplificateur opérationnel (5 points).

De nombreux dispositifs physiques d'analyse comme par exemple les spectrophotomètres et pHmètres comportent des amplificateurs opérationnels. L'objectif de cet exercice est l'étude d'un amplificateur opérationnel considéré comme parfait ($I^+ = I^- = 0$ A et $\varepsilon = U_{E+E-} = 0$ V), en vue d'en trouver la fonction dans le dispositif électronique.

Montage :



1. Ecrire la loi des mailles (ou loi d'additivité des tensions)
   a) dans la maille MSE^-E^+M
   b) dans la maille MAE^-E^+M
   c) dans la maille MBE^-E^+M
2. A l'aide des relations précédentes et du caractère parfait de l'amplificateur opérationnel, en déduire les intensités des courants I_1, I_2 et I en fonction de U_1, U_2 et U_S.
3. Ecrire la loi des nœuds en E^-. En déduire l'expression de U_S en fonction de U_1, U_2, R_1, R_2, et R. Calculer U_S en fonction de U_1 et U_2 avec $R_1 = 5$ kΩ, $R_2 = 20$ kΩ et $R = 10$ kΩ .
4. Que devient cette expression si $R_1 = R_2 = R$? Comment peut-on alors nommer ce montage ? Calculer U_S pour $U_1 = 4{,}5$ V , $U_2 = -1{,}5$ V et $R = 10$ kΩ .

BTS METIERS DE L'EAU

SESSION 2001

EPREUVE : BIOCHIMIE, BIOLOGIE ET MICROBIOLOGIE

Durée : 4 heures **Coef : 4**

Calculatrice autorisée

DYSFONCTIONNEMENT D'UNE STATION D'EPURATION ET ECOTOXICITE

Une station d'épuration de 120 000 équivalents habitants à boue activée fonctionne en aération prolongée. Ses rejets se font dans une rivière de classe 1B, peu sensible à l'eutrophisation et fréquentée par de nombreux pêcheurs.

1. Dysfonctionnement de la STEP (21 points).

Après plusieurs mois de fonctionnement très satisfaisant, le traitement se dégrade brutalement : dans le décanteur, le voile de boue s'élève rapidement, l'indice de Mohlman augmente. En sortie de station, la turbidité augmente fortement, l'eau de la rivière se trouble.

Très rapidement des pêcheurs signalent la mort de nombreux poissons.

La première cause de mortalité évoquée est la très forte augmentation de la DCO des rejets.

1.1. Expliquer la base de la classification française des eaux de rivière.

1.2. Pourquoi peut-on impliquer l'augmentation de la DCO dans la mort des poissons ? Pourquoi est-ce plus sensible l'été ?

Toutefois l'hypothèse de la présence d'une substance toxique dans l'effluent est rapidement émise. En effet :

- L'examen microscopique des boues montre une forte mortalité de la microfaune, une désagrégation des flocs avec forte diminution des bacilles Gram -, sans prolifération notable des bactéries filamenteuses.

- Les mesures, effectuées sur l'effluent moyen de 24 heures de ce jour, montre que la DCO est augmentée alors que la DBO_5 est diminuée.

1.3. Que mesure l'indice de Mohlman ? Comment l'établit-on ? Donner une explication à l'augmentation de la valeur de l'indice de Mohlman sur cette station.

1.4. La microfaune des boues de station d'épuration se subdivise en deux embranchements. Citer le nom des deux embranchements et donner pour chacun, deux exemples.

1.5. En quoi l'hypothèse de la présence d'une substance toxique permet-elle d'expliquer l'augmentation de la DCO et la diminution de la DBO_5 des rejets ?

2. Toxicité aiguë des effluents (26 points).

La toxicité des prélèvements effectués le jour du dysfonctionnement, en entrée et en sortie de station, est mise en évidence par le test d'inhibition de la mobilité des daphnies.

2.1. Test d'inhibition de la mobilité de *Daphnia magna* Straus.

Le test est conduit selon le protocole de la norme dont le document n°1 donne un résumé.

Il est réalisé en tubes à essai dans lesquels on introduit 5 daphnies pour un volume de 10 mL de dilution d'échantillon à tester. L'essai préliminaire est mené avec 1 tube par dilution, l'essai final avec 4 tubes par dilution.
Le document n°2 fournit des résultats obtenus.

2.1.1. Pourquoi ce test est-il judicieux dans le contexte présent ?

2.1.2. Expliquer la préparation du tube à 5 % de dilution de l'essai préliminaire du document n°2.

2.1.3. Justifier le choix de la gamme de concentration retenue pour l'essai final du document n°2.

2.1.4. A partir des résultats du document n°2, tracer la courbe donnant la variation du pourcentage d'immobilisation en fonction du logarithme de la concentration exprimée en % de dilution. Déterminer la $CE50_i$-24h de l'échantillon

2.1.5. Peut-on valider ce résultat ? Justifier votre réponse.

2.2. Dosage des ions cyanures.

L'analyse chimique de l'affluent de la station met en évidence la présence d'ions cyanures qui peuvent être dosés selon le protocole de la norme résumé dans le document n°3.

2.2.1. Quelles sont les caractéristiques d'une réaction chimique permettant un dosage par colorimétrie ?

2.2.2. On dispose d'une solution étalon contenant 1g de cyanure par litre (le diluant est l'hydroxyde de sodium à 0,2 $mol.L^{-1}$). Comment, à partir de cette solution, peut-on réaliser la gamme proposée par la norme ?

2.2.3. On souhaite réaliser le dosage des cyanures d'une eau dont la concentration approximative en cyanures est de 1 $mg.L^{-1}$ (protocole document 3). Expliquer le calcul du volume de solution utilisée pour le dosage spectrophotométrique.

3. Toxicité liée aux cyanures (24 points).

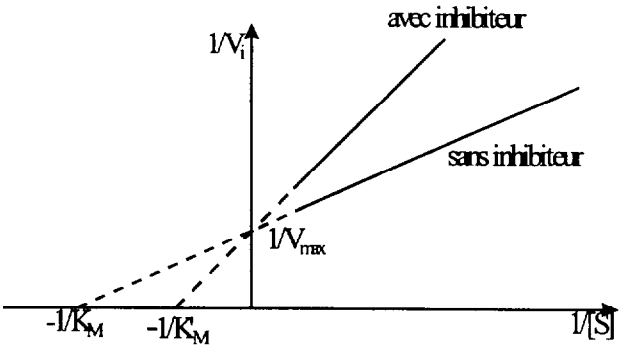
L'ion cyanure est un poison respiratoire qui se fixe sur le dernier complexe de la chaîne respiratoire des eucaryotes et en inhibe le fonctionnement.

3.1. Donner les rôles de la chaîne respiratoire dans le métabolisme énergétique. Préciser sa localisation cellulaire.

3.2. Pourquoi les cyanures entraînent-ils la mort des organismes eucaryotes et de certaines bactéries ?

3.3. En quoi la présence de cyanures explique-t-elle l'évolution des boues et la dégradation du traitement ?

3.4. Il existe différents mécanismes d'inhibition enzymatique. Leur étude se fait par détermination de la vitesse initiale de catalyse (v_i) pour différentes concentrations en substrat, en présence ou non d'inhibiteur à une concentration fixe. Puis on réalise une représentation graphique, souvent en double inverse $1/v_i = f\ (1/[S])$. Différents résultats peuvent être obtenus, comme, par exemple, celui représenté ci-contre.



3.4.1. Définir ce qu'est la vitesse initiale. Expliquer comment on peut la déterminer.

3.4.2. Que représentent K_M et Vmax ?

3.4.3. Quel est le type de l'inhibition représentée ? Justifier la réponse et proposer un mode d'action pour cet inhibiteur.

4. Toxicité de rejets industriels (9 points).

Suite à la pollution par les cyanures, une enquête est menée et elle montre que dans une industrie rattachée au réseau, il y a eu effectivement rejet accidentel d'un bain de traitement de surface à base de cyanures.

Cette industrie rejette aussi des métaux lourds, essentiellement du chrome et du nickel. Une réglementation sévère limite les rejets tolérables de métaux lourds de façon à limiter les risques de toxicité chronique et de bioaccumulation.

4.1. Qu'appelle-t-on toxicité aiguë et toxicité chronique ?

4.2. Présenter la chaîne trophique de la rivière et montrer pourquoi des rejets faibles mais constants de métaux lourds peuvent rendre les poissons de cette rivière impropres à la consommation.

DOCUMENT N°1

Détermination de l'inhibition de la mobilité de *Daphnia magna* Straus d'après la norme ISO 6341

Détermination, dans des conditions définies, de la concentration initiale en substance toxique présumée dans l'eau étudiée (concentration présente au début de l'essai). C'est la concentration qui immobilise 50 % des crustacés (*Daphnia magna)* mis en expérimentation, en 24 (ou 48) heures.
Cette concentration, dite concentration efficace initiale inhibitrice est désignée par $CE50_i$-24h.
Dans le cas d'un effluent, cette concentration est exprimée en % de dilution ou en mL / 100 mL.

La sensibilité des *Daphnia magna* aux toxiques étant fonction de leur âge et de leur provenance, toutes celles utilisées pour une analyse doivent provenir du même lot, âgé de moins de 24 h
La sensibilité du lot de daphnies aux toxiques est correcte si la $CE50_i$-24h du dichromate de potassium, déterminée en parallèle, est comprise entre 0,6 et 1,7 mg/L.

L'essai se conduit en une ou deux étapes :
- Un essai préliminaire sert à déterminer la gamme de concentration pour l'essai définitif et donne une valeur approximative de la $CE50_i$-24h. Il se pratique sur une large gamme de dilution et avec un nombre restreint de daphnies.
- Un essai définitif permet d'établir précisément la valeur de la $CE50_i$-24h ainsi que les concentrations correspondant à 0% et 100% d'immobilisation. Il doit être réalisé sur au moins 3 concentrations donnant des pourcentages d'immobilisation compris entre 10 et 90 %.

Les essais se mènent en réalisant des dilutions de l'échantillon à analyser. Après 24 heures à une température comprise entre 18 et 22 °C, on vérifie que la teneur en oxygène dissous est au moins égale à 2 mg/L ; on dénombre les daphnies qui sont encore mobiles (se déplaçant) et on calcule les pourcentages d'immobilisation.
Un témoin, constitué d'un même nombre de daphnies placées dans un même volume d'eau de dilution, est mené en parallèle. La mortalité doit y être inférieure à 10 %.
Le nombre de *Daphnia magna* introduit dans chaque essai est égal à 5.

DOCUMENT N°2

Résultats obtenus pour détermination de la $CE50_i$-24h d'un effluent

Les essais se font en tubes contenant 5 *Daphnia magna* et 10 mL de dilution de l'effluent.

1- Résultats de l'essai préliminaire (1 tube par dilution)

Le tableau ci-dessous donne les daphnies mobiles après 24 heures d'incubation à 20 °C.

Concentration (% de dilution)	90	50	10	5	1	0,5	0,1	0,05	0,01
Daphnia magna mobiles	0	0	0	0	0	3	5	5	5

2- Essai définitif (4 tubes par dilution)

Après 24 heures d'incubation à 20°C, la concentration en oxygène dissous des tubes est comprise entre 2,8 mg/l (pour les tubes témoins) à 7,2 mg/L pour les tubes de la concentration à 1%.

Le nombre de daphnies mobiles par tube après incubation est donné dans le tableau ci-dessous.

Concentration (% de dilution)	Nombre de *Daphnia magna* mobiles dans le tube n°1	n°2	n°3	n°4	τ	*p*
0 (témoin)	5	5	5	5	20	
0,1	5	5	5	5	20	
0,2	5	5	4	5	19	
0,4	4	5	3	3	15	
0,6	2	1	3	2	8	
0,8	1	0	2	1	4	
1	0	1	0	0	1	

τ = nombre de *Daphnia magna* mobiles en fin d'essai pour chaque concentration
p = pourcentage de *Daphnia magna* immobilisées pour chaque concentration

3- Sensibilité du lot de *Daphnia magna* au dichromate de potassium

Un essai, mené en parallèle dans les même conditions que pour l'échantillon à analyser, a donné une $CE50_i$-24h de 1,12 mg/L.

DOCUMENT N°3

Dosage des cyanures totaux selon la méthode NF T 90-107

Principe :

- Décomposition des cyanures complexes par chauffage à reflux en présence de sulfate de cuivre (II), de chlorure d'étain (II) et d'acide sulfurique, et entraînement par un courant gazeux de l'acide cyanhydrique libéré qui est recueilli dans une solution d'hydroxyde de sodium.
- Transformation des ions cyanures par addition de chloramine T et réaction du chlorure de cyanogène formé sur le réactif pyridine-phényl-1-méthyl-3-pyrazolone-5 (réaction d'Epstein).
- Mesure spectrophotométrique au maximum de l'absorbance du complexe, environ 620 nm.

Préparation de l'essai :

Le dosage se fait sur une prise d'essai d'échantillon de 100 mL.

Décomposition et séparation des cyanures :

- Montage à utiliser : un ballon tri-col dont l'un permet l'introduction de réactif, un deuxième, le passage du gaz interne d'entraînement de l'acide cyanhydrique, et le troisième, central, est fixé à un réfrigérant. L'autre extrémité du réfrigérant est relié à un récipient de recueil de l'acide cyanhydrique appelé "absorbeur".
- Introduire dans l'absorbeur 50 mL d'hydroxyde de sodium 0,2 $mol.L^{-1}$.
- Introduire dans l'ordre dans le ballon : 30 mL d'eau distillé, 10 mL de sulfate de cuivre à 200 g/L, 2 mL de chlorure d'étain à 500 g/L et la prise d'essai. Ajouter 100 mL d'eau distillée.
- Le montage fermé, introduire par un entonnoir 25 mL d'acide sulfurique au 1/2, porter rapidement à ébullition avec un bullage constant du gaz d'entraînement.
- Après 1 heure d'ébullition, laisser refroidir en maintenant le bullage.
- Transvaser le contenu de l'absorbeur dans une fiole jaugée de 250 mL et compléter au trait de jauge avec de l'eau distillée : on obtient la solution A.

Dosage spectrophotométrique

- Introduire dans une fiole jaugée de 50 mL un volume de solution A tel qu'il contienne entre 0,1 et 10 µg de CN^-.
- Amener si nécessaire le volume à environ 25 mL par de l'eau distillée. Ajouter 5 mL de la solution tampon pH 6 et amener à pH 6,5 par de l'acide acétique (volume à déterminer).
- Poursuivre comme pour la gamme d'étalonnage.

Gamme d'étalonnage

- A partir d'une solution étalon de cyanure de potassium, préparer une gamme allant de 0 à 10 µg de cyanure en introduisant de 0 à 5 mL dans 6 fioles jaugées de 50 mL.
- Compléter le volume de chaque fiole à 5 mL par la solution d'hydroxyde de soude à 0,2 $mol.L^{-1}$.
- Ajouter 20 mL d'eau distillée.
- Ajouter 5 mL de tampon pH 6, ajuster le pH à 6,5 par de l'acide acétique (volume à déterminer préalablement). A partir de ce moment, les fioles doivent être maintenues fermées.
- Ajouter 0,5 mL de la solution de chloramine T, agiter, laisser poser 1 à 2 minutes à la température ambiante.
- Ajouter 1 ml de réactif pyridine-pyrazolone, compléter à 50 mL avec d'eau distillée, boucher et homogénéiser.
- Laisser au repos pendant 15 à 20 minutes à l'obscurité et à une température inférieure à 25 °C.
- Lire au maximum d'absorbance (environ 620 nm).

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.