SUP MPSI 1, 2 & 3  **du 7 mai 2024.**

DEVOIR SURVEILLE DE SCIENCES PHYSIQUES

DE REVISIONS (3h00)

**Tout moyen de communication est interdit**

**Les téléphones portables doivent être éteints et rangés dans les sacs.**

**Les calculatrices sont autorisées.**

*Le devoir est composé* ***d’un exercice et de trois problèmes indépendants.***

**EXERCICE 1**: Etude d’une lunette de Galilée.

**PROBLEME 1 :** Filtre linéaire d’ordre 1 et pH-métrie.

**PROBLEME 2 :** Production de vagues dans une piscine.

**PROBLEME 3 :** Autour de l’aluminium.

*A l’intérieur des exercices, certaines questions sont indépendantes.*

*L’étudiant est invité à prendre connaissance de la totalité du sujet avant de commencer sa composition.*

*L’ordre dans lequel seront abordées les différentes questions est laissé au choix de l’étudiant, mais le numéro complet de la question devra être mentionné sur la copie et le correcteur appréciera qu’une partie soit traitée dans sa continuité.*

*Une attention particulière sera portée à la* ***qualité de la rédaction*** *(vocabulaire, orthographe…) et* ***à la présentation de la copie*** *(numérotation des questions, encadrement des expressions littérales et soulignement des applications numériques…).*

*Et il est indispensable de* ***numéroter vos copies****.*

*Les résultats numériques doivent être accompagnés d’une unité et présentés avec le bon nombre de chiffres significatifs.*

*Une minoration pouvant aller jusqu’à 2 points pourra être appliquée en cas de travail négligé.*

**Programme de révision de ce devoir :**

**Tout ce qui a été vu depuis le début de l’année de SUP MPSI.**

**EXERCICE : Etude d’une lunette de Galilée : *(pts)***

Une lunette de Galilée est constituée :

• d’un objectif assimilable à une lentille mince convergente de centre de vergence telle que et de diamètre = 10 cm.

• d’un oculaire assimilable à une lentille mince divergente de centre , de vergence telle que et de même axe optique que .

**Q1.** Quelle doit être la distance séparant les deux lentilles et pour que le système soit afocal, c’est-à-dire pour que ses foyers soient rejetés à l’infini ?

**On conserve cette disposition pour toute la suite de l’exercice.**

Pour une lunette l’image de l’objectif à travers l’oculaire est appelée *cercle oculaire* et correspond à la densité maximale de lumière.

On note l’image de par la lentille et le diamètre du cercle oculaire de la lentille à travers .

**Q2.** Déterminer la position et la taille de l’image de la lentille à travers l’oculaire. Peut-on placer son œil au niveau du cercle oculaire ?

**Q3.** L’œil n’accommode pas et regarde l’image d’un objet étendu situé à l’infini.

1. Sur votre copie, faire un schéma de la lunette et tracer la marche de deux rayons lumineux arrivant sur l’objectif sous une inclinaison , jusqu’à leur sortie de l’oculaire.
2. On note l’angle sous lequel émerge le faisceau du système. Déterminer le grossissement de la lunette.

**Q4.** L’œil, placé à 15 mm derrière l’oculaire, accommode maintenant à la distance minimale de vision nette = 25 cm. Il regarde l’image par la lunette d’un objet situé à une distance finie devant l’objectif. Déterminer la position de l’objet par rapport au centre de l’objectif.

**Q5.** Quelle est la latitude de mise au point de la lunette ?

**Données : ???? On s’est posé cette question. Donne-t-on ?**

Soit une lentille mince de distance focale image (de centre , de foyer objet , de foyer image ).

On note un objet et son image à travers la lentille, étant un point de l’axe optique et appartenant à un plan de front, on rappelle :

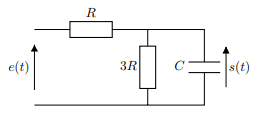
* La relation de conjugaison de Descartes : .
* La relation de conjugaison de Newton : .
* Le grandissement transversal :

**PROBLEME 1 : Filtre linéaire d’ordre 1 et pH-métrie : *(≈ pts)***

Un pH-mètre est composé d’une électrode de verre qui délivre un signal électrique fonction affine du : où et sont des constantes ajustées par étalonnage du pH-mètre.

Du fait de la proximité de dispositifs d’agitation, un signal sinusoïdal de fréquence égale à 4 kHz se superpose au signal utile. Ainsi le signal s’écrit .

**Q1.** Le signal parasite n’étant pas utile, on souhaite l’éliminer tout en conservant la partie utile du signal, à savoir . Quel type de filtre faut-il utiliser ? Estimer alors sa fréquence de coupure.



On propose de réaliser le quadripôle ci-contre avec F et Ω, alimenté par un signal d’entrée sinusoïdal de pulsation .

**Q2.** Sans calcul, déterminer la nature du filtre.

**Q3**. Montrer que la fonction de transfert complexe peut se mettre sous la forme : avec la pulsation réduite. Déterminer les expressions et les significations des constantes et . En déduire l’ordre du filtre.

**Q4.** Exprimer le gain linéaire et le déphasage introduits par le filtre à la pulsation réduite .

**Q5.** Après avoir défini la pulsation de coupure , établir son expression en fonction de et . Calculer la fréquence de coupure et vérifier que cette valeur permet de réaliser le filtrage souhaité.

**Q6.** En utilisant la pulsation réduite, déterminer les équations des asymptotes du diagramme de Bode en gain et en phase. Représenter le diagramme asymptotique sur votre copie. Préciser si le filtre a un caractère pseudo-dérivateur ou pseudo-intégrateur dans certains domaines de fréquences. Justifier.

**Q7.** À partir des valeurs du gain en décibels et du déphasage à la pulsation de coupure, représenter les diagrammes de Bode réels.

Le filtre précédent est maintenant alimenté par le signal issu du pH-mètre : tel que = 4 kHz. On cherche à déterminer l’expression du signal de sortie .

On donne l’écriture générale de en introduisant une amplitude , une phase à l’origine des temps et une composante continue , sous la forme : .

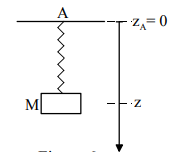
**Q8.** En utilisant la fonction de transfert, déterminer :

* L’expression de en fonction de ;
* L’expression de en fonction de ;
* L’expression de en fonction de .

En déduire l’expression du signal de sortie . Enfin, représenter sur le même graphique les signaux et . A-t-on réalisé ce que l’on souhaitait ?

**PROBLEME 2 : Production de vagues dans une piscine : *(≈ pts)***

*Pour créer des vagues dans la piscine, on fait effectuer des oscillations verticales à une grosse masse immergée, située sur un coté du bassin. La perturbation engendrée se traduit par des vagues à l'intérieur de la piscine.*



**Figure 1**

On considère une masse homogène de masse volumique et de volume , plongée dans l'eau (de masse volumique ). Cette masse est suspendue à un ressort de raideur et de longueur à vide , accroché en un point (voir figure 1, ci-contre).

Soit le référentiel terrestre supposé galiléen.

Soit () un axe vertical orienté vers le bas et de vecteur unitaire .

Initialement, Le point est fixe à la cote .

On s'intéresse au mouvement suivant () de la masse et on note la cote du centre de gravité de la masse.

A l'équilibre la masse est située en .

On négligera la hauteur de la masse M devant h.

**I – Etude de l’équilibre :**

**Q1.** Donner les caractéristiques de la poussée d’Archimède exercée sur la masse immergée dans l’eau, sachant que c’est une force verticale orientée vers le haut, de module égal au poids du liquide qui serait occupé par le volume de cet objet.

**Q2.** Faire un bilan des forces et exprimer le longueur du ressort à l'équilibre en fonction de , , , , et .

**II – Mouvement sans frottement :**

**Q3.** En déduire l'équation différentielle en du mouvement de l'oscillation de sous forme canonique. On introduira la pulsation propre en fonction de et et on gardera .

Commenter le fait que ne dépende pas de l'intensité de la poussée d'Archimède. Y a-t-il un terme de l'équation différentielle précédente qui en dépende ?

**III – Mouvement avec frottements visqueux exercés par l’eau :**

Dans cette question, on tient compte, en plus, d'une force de frottement visqueux exercée par l'eau sur la masse , colinéaire à la vitesse et de norme où est la longueur du ressort.

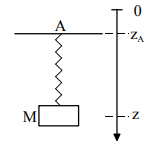
**Q4.** Etablir la nouvelle équation différentielle vérifiée par .

On la mettra sous la forme : . On exprimera en fonction de et .

**Q5.** En se plaçant dans le cas d'un amortissement faible, donner la forme de la solution de cette équation différentielle. On ne cherchera pas à exprimer les constantes d’intégration.

Puis tracer l’allure de en tenant compte des conditions initiales suivantes :

A , et la vitesse initiale est nulle.



**Figure 2**

**IV – Cas du régime sinusoïdal forcé :**

A l'aide d'un piston, on impose, à l'extrémité du ressort, un mouvement vertical sinusoïdal de pulsation et d'amplitude (voir figure 2 ci-contre). Ainsi  ; Ces oscillations modifient donc la longueur du ressort.

On pose alors .

**Q6**. Montrer que vérifie une équation nouvelle différentielle de la forme :

où est une fonction (pas une force) qui dépend de , , , et . Exprimer .

On admet maintenant que peut se mettre sous la forme simplifiée d’une fonction sinusoïdale d’amplitude et de pulsation . On posera donc pour la suite : .

**Q7.** En utilisant les notations complexes et en introduisant , et la variable réduite , exprimer l'amplitude des oscillations de la masse dans le référentiel .

**Q8.** Dans ce dispositif, l'intérêt du ressort est de permettre d'obtenir des oscillations de la masse d'amplitude supérieure à celle de l'excitation . Chercher un intervalle de pulsations pour lequel cette condition est vérifiée. Vous montrerez que cet intervalle existe si la masse est supérieure à une certaine valeur que vous préciserez, en fonction de et .

**Q9.** Si la condition précédente est vérifiée, pour quelle pulsation l’amplitude d’oscillation de la masse est-elle maximale ? On exprimera en fonction de et de .

**PROBLEME 3 : Autour de l’aluminium :  *(≈ pts)***

*La croûte terrestre contient 7,5 % d’aluminium. C’est le métal le plus utilisé sur la planète après le fer. La production mondiale progresse chaque année, atteignant 100 tonnes par jour. Ce sujet a pour but d’illustrer quelques aspects de la chimie de ce métal familier.*

**Données :**

* Constante de Faraday : = 96 500 C.mol-1 ;
* Masses molaires en g.mol-1 :

H = 1,0 ; O = 16,0 ; Al : 27,0  ; Cl : 35,5.

* Potentiels standards à = 0 : = - 1,66 V ;
* Produit ionique de l’eau :  ;
* Constante d’acidité : / ;

***Les trois parties sont totalement indépendantes.***

**I - Propriétés de l'atome d'aluminium :**

L'aluminium est un élément chimique de symbole et de numéro atomique 13.

**Q1.** Que représente le numéro atomique d'un élément ? Quel est le schéma de Lewis de l’atome d’aluminium ? Justifier. Quel est l'ion le plus probable de l'élément aluminium ? Justifier.

**II – L’aluminium comme source d’énergie :**

*Depuis quelques années, les piles aluminium/air sont des sources d’énergie à l’étude pour la propulsion des véhicules électriques. Cette technologie repose sur l’association en série de plusieurs dizaines de cellules.*

Chaque cellule peut être décrite de façon simplifiée :

* L’anode est en aluminium métallique  ;
* A la cathode, il y a consommation de dioxygène en excès.
* Un électrolyte basique assure la jonction entre les deux compartiments.
* La température de fonctionnement est de 25°C.
* Les couples redox et demi-équations redox sont les suivants :
* Couple /  : = - 2,30 V
* Couple /  : = 0,39 V

et sont les potentiels standards des couples mis en jeux dans les conditions de l’expérience (en milieu basique).

**Q2.** Ecrire l’équation de la réaction modélisant la transformation chimique qui se produit lorsque la pile débite avec des coefficients stœchiométriques entiers les plus faibles possibles. Justifier votre façon de faire.

**Q3.** Donner l’expression littérale de la constante d’équilibre associée à l’équation de la réaction précédente et la calculer. Conclure.

**Q4.** Le compartiment anodique contient initialement = 25 g d’aluminium. Calculer l’avancement maximal de la réaction.

**Q5.** En réalité l’avancement maximal n’est pas atteint. En moyenne cette cellule délivre une quantité d’électricité C, ainsi qu’une intensité de 6,5 A. En déduire :

* La durée de fonctionnement du dispositif en heures.
* Le pourcentage d’aluminium non consommé.

**III – Présence d’aluminium (III) dans un vaccin :**

*L’aluminium (III) est utilisé comme adjuvant dans la plupart des vaccins (tétanos, coqueluche, hépatite B…). Son rôle est d’activer la production d’anticorps. Cependant, une surdose de ce métal peut s’avérer nocive pour des personnes fragiles.* Il est donc important de savoir sous quelle forme se trouve l’aluminium dans les vaccins afin de pouvoir le doser.

**Diagramme potentiel-pH de l’élément aluminium** :

Le diagramme de l’élément aluminium est tracé en **annexe 1 du** **document–réponse** à rendre avec la copie. Il a été établi en tenant compte des espèces : , , et .

La concentration totale en aluminium dissous mol.L-1.

**Q6.**  Déterminer les degrés d’oxydation de l’élément aluminium dans les espèces suivantes : , , et . Distribuer ensuite l’espèce chimique correspondant à chaque domaine du diagramme en utilisant l’annexe 1 du document réponse. Justifier la réponse.

**Q7.** En exploitant le diagramme retrouver la valeur numérique du potentiel standard du couple .

*Un vaccin est une solution aqueuse de pH proche du pH sanguin*.

Le sang est un mélange contenant notamment de l’acide carbonique et des ions hydrogénocarbonate en concentrations moyennes respectives mol.L -1 et mol.L -1.

**Q8.** En considérant le couple / , donner une valeur du pH du sang.

En déduire la forme prédominante de l’aluminium (III) dans le vaccin.

**Titrage de l’aluminium (III) :**

Une méthode possible de titrage de l’aluminium (III) en solution aqueuse consiste à acidifier la solution à titrer par de l’acide chlorhydrique afin de convertir l’aluminium (III) en ions . Puis on titre cette solution acidifiée d’ions par de la soude. Les mesures sont réalisées à une température de 298 K.

Titrage 1 : Titrage d’une solution d’acide chlorhydrique {}.

Protocole :

Un volume = 20,0 mL d’une solution d’acide chlorhydrique {}  de concentration molaire est titré par une solution de soude { ; } de concentration

= 1,0.10 -1 mol.L -1. Le titrage est suivi par pHmétrie.

La courbe est donnée en **annexe 2 du document-réponse**, à rendre avec la copie.

**Q9.** Ecrire l’équation de la réaction mise en jeu lors de ce titrage et calculer la constante d’équilibre associée.

**Q10.** A l’aide d’une construction graphique, à faire apparaitre sur l’annexe 2 du document-réponse, déterminer le volume équivalent . En déduire la valeur de la concentration de la solution d’acide chlorhydrique.

**Q11.** L’équivalence aurait pu être relevée à l’aide d’un indicateur coloré acido-basique. En vous aidant du tableau ci-dessous, proposer, en justifiant, un indicateur coloré adapté à ce titrage et préciser le changement de couleur observé.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Indicateur coloré acido-basique** | **Couleur de la forme acide** | **Zone de virage** | **Couleur de la forme basique** |
| Bleu de Bromophénol | jaune | 3,0 – 4,6 | Violet |
| Hélianthine | Rouge | 3,1 – 4,4 | Jaune |
| Vert de Bromocrésol | Jaune | 4,0 – 5,6 | Bleu |
| Bleu de Bromothymol | Jaune | 6,2 – 7,6 | Bleu |
| Phénolphtaléine | Incolore | 8,0 – 10,0 | Rouge |

Titrage 2 : Titrage d’une solution acidifiée d’ions.

Protocole :

Une masse de chlorure d’aluminium hexahydraté solide est placée dans une fiole jaugée de = 20,0 mL. On ajoute un peu de solution d’acide chlorhydrique {} de concentration molaire . On agite jusqu’à dissolution totale du solide, puis on complète avec la même solution d’acide chlorhydrique jusqu’au trait de jauge.

L’équation de réaction de la dissolution du solide en milieu acide est la suivante :

.

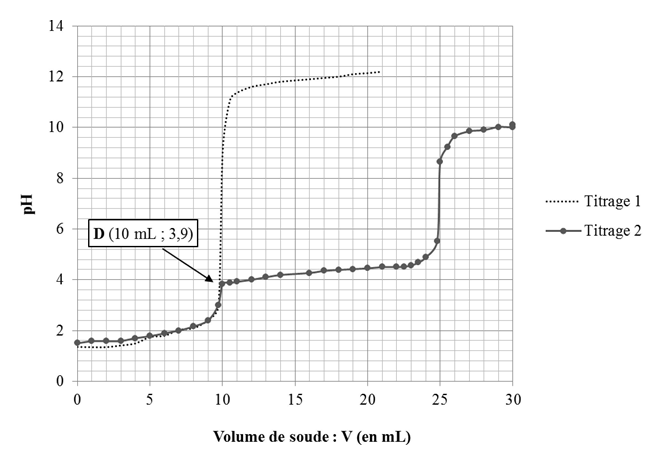
On appellera () la solution obtenue.

Dans cette solution, on notera :

* la concentration molaire en ions  ;
* la concentration molaire en ions.

Le volume = 20 mL de solution () est titré par une solution de soude { ; } de concentration = 1,0.10 -1 mol.L -1. Le titrage est suivi par pH-métrie et est fourni ci-dessous (titrage 2).

Au cours du dosage, on remarque l’apparition d’un précipité blanc.



Evolution du lors du titrage d’une solution composée d’un mélange d’acide chlorhydrique ( ) et d’ions () par de la soude () (titrage 2).

La courbe du titrage 1 a été superposée.

**Q12.** Ecrire les équations des deux réactions successives mises en jeu lors de ce titrage et relever les deux valeurs de volumes équivalents et . Justifier que les ions  soient dosés en premier.

**Q13.** Donner, en mL, le volume de soude ayant réagi avec les cations.

En déduire la concentration molaire en ions dans la solution ().

Quelle masse de chlorure d’aluminium hexahydraté a servi à la préparation de la solution () ?

Exploitation du point anguleux :

Par exploitation du point anguleux D, on souhaite trouver la valeur du produit de solubilité de l’hydroxyde d’aluminium .

**Q14.** Donner l’équation de la réaction dont la constante thermodynamique est le produit de solubilité de l’hydroxyde d’aluminium .

**Q15.** Déterminer la concentration molaire en ions dans le bécher au point D.

**Q16.** En tenant compte de la dilution, évaluer la concentration molaire en ions dans le bécher au point D. En déduire une valeur du produit de solubilité de l’hydroxyde d’aluminium à 298 K.

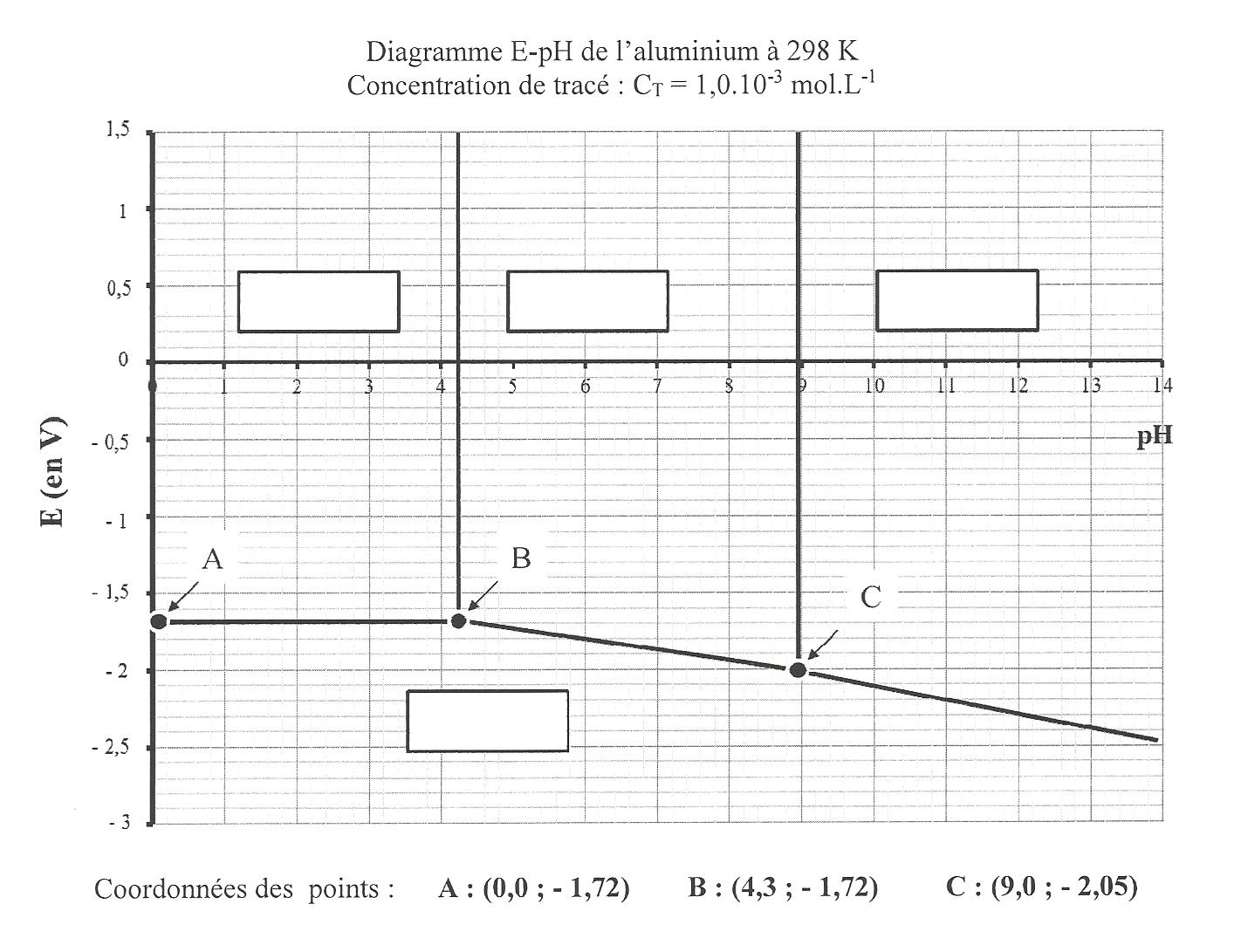
***DOCUMENT REPONSE A COMPLETER ET A RENDRE AVEC LA COPIE :***

**Document réponse du problème de chimie :**

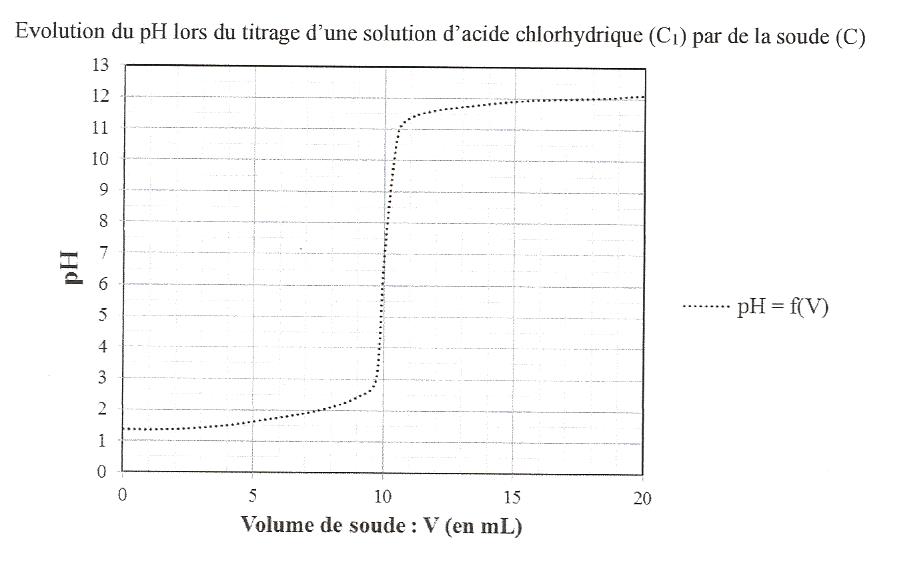
Annexe 1 :

**Nom prénom :**

Annexe 2 :



Coordonnées des points : **(0,0 ; - 1,72) (4,3 ; - 1,72) (9,0 ; - 2,05) .**



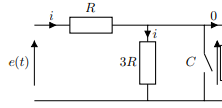
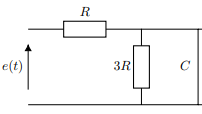
Annexe 2 :

SUP MPSI 2 CORRIGE du DS de révisions **du 7 mai 2024.**

**PROBLEME 1 : Filtre linéaire d’ordre 1 et pH-métrie : *(≈ pts)***

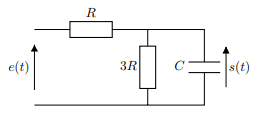
**Q1.** Il faut utiliser un **filtre passe-bas de fréquence de coupure faible devant 4 kHz** afin de conserver la composante continue et supprimer le signal sinusoïdal de fréquence 4 kHz.

**Q2.** Schéma électrique équivalent en BF : Schéma électrique équivalent en HF :



En BF : Les résistances et sont en série :

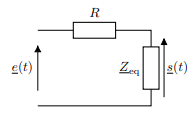
Pont diviseur de tension :  ;  **dB = cste.**

En HF : et **.**

Conclusion : C’est un **filtre passe-bas**.

**Q3.** On calcule équivalent à 3 et en parallèle à la sortie :

On a alors :  ; Soit .

Ainsi, est en série avec  : Pont diviseur de tension :

Soit :

De la forme : avec si  **et**  .

**est la fonction de transfert statique et la pulsation propre**.

C’est un **filtre passe bas du 1er ordre**.

**Q4.** Par définition,  **.**

Et  ; Ainsi : *.*

**Q5.** La pulsation de coupure est définie par  **.**

Or  ; Ainsi est max pour et .

Ainsi,  ; Il vient donc :  ; Soit : et .

AN : . On obtient :  **Hz.**

On a bien  **dix fois plus faible que la fréquence du signal parasite que l’on veut éliminer**, ce qui parait tout à fait satisfaisant.

**Q6.**  Etude asymptotique de .

* En BF : Si  ou si :

Donc  ; **Asymptote horizontale en BF.**

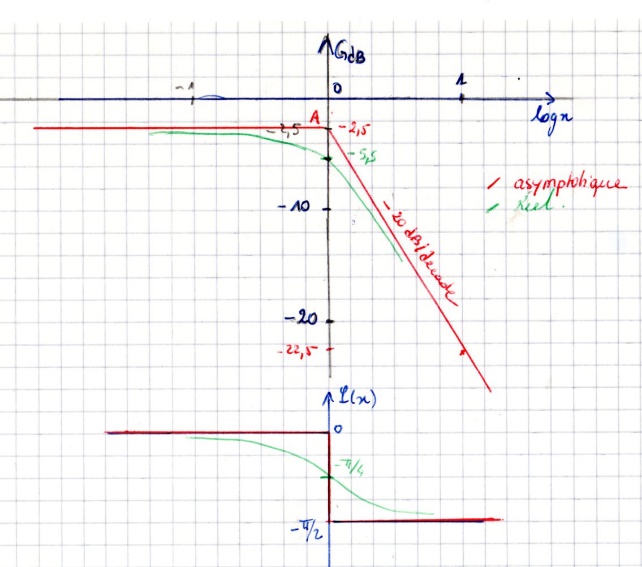
Et  **0**.

* En HF : Si ou  :

Donc 20 log ( :

**Asymptote oblique de pente – 20 dB par décade en HF.**

Et  **-**  .

Intersection des asymptotes en A tel que :

20 log ( ;

Soit et pour dB. Ainsi les coordonnées du point d’intersection des asymptotes :

**A (**

D’où le diagramme de Bode asymptotique ci-contre.

Ce filtre présente **un caractère pseudo-intégrateur en haute fréquences**, car il présente un asymptote oblique de pente -20 dB/ décade.

**Q7.** Diagramme réel : En  ou :

=  et

Donc .

Ainsi : **Et = - .**

D’où le diagramme de Bode réel ajouté sur le diagramme asymptotique.

**Q8. -** En ce qui concerne la composante continue :

On se place en basses fréquences : ; Ainsi : .

* A la fréquence de 4 kHz : , Soit : et .

A cette fréquence,  ; D’où et

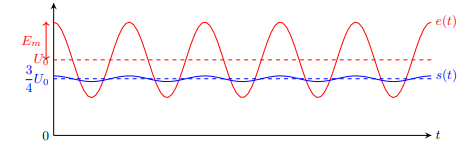
D’où  : **L’amplitude du signal parasite est atténuée d’un facteur 10.**

Et où est le déphasage lié au filtre. Or en ,  **rad**

Alors  **rad.**

Conclusion : .

D’où l’allure ci-dessous :

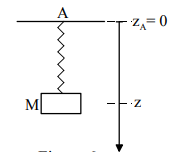


**PROBLEME 2 : Production de vagues dans une piscine : *(≈ pts)***

***(D'après ENSTIM)***

**I – Etude de l’équilibre :**

**Q1.** Expression de la poussée d’Archimède : .



**Q2.** Référentiel terrestre supposé galiléen.

Base de projection cartésienne. L’axe est orienté vers le bas.

Système : La masse .

Bilan des actions mécaniques extérieures :

* Le poids **:**
* La poussée d’Archimède : .
* La force de Hooke dirigée vers le haut : **.**

Car

Condition d’équilibre :  ; Soit : .

Projetons sur l’axe () :

Ou encore, avec , il vient :

Il faut supprimer  : D’où :  ; Ou encore : **.**

**II – Mouvement sans frottement :**

**Q3.**  Equation différentielle du mouvement : 2ème loi de Newton : avec

En projetant sur l’axe (), il vient :

Ou encore :

= 0 (d’après Q2)

En simplifiant, il vient : et sous forme canonique, on obtient : .

On pose alors la pulsation propre, il vient : .

La **pulsation propre** de cet oscillateur ne dépend **que de ses caractéristiques intrinsèques et .**

Par contre, c’est la **position d’équilibre (**autour de laquelle la masse oscille) qui **dépend la poussée d’Archimède.**

**III – Mouvement avec frottements visqueux exercés par l’eau :**

**Q4.** On refait une 2ème loi de newton, en ajoutant le force de frottement visqueux :

Il vient :

Soit :

= 0 (d’après Q2)

En simplifiant et en mettant sous forme canonique, il vient :

Par identification avec , il vient : .

**Q5.** Il faut résoudre l’équation précédente, dans le cas d’un amortissement faible, donc lorsque reste petit.

Solution homogène :

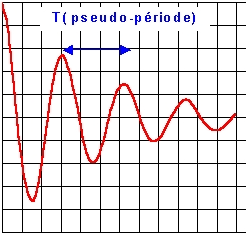
* Equation caractéristique :
* Discriminant : si amortissement faible ; Donc régime pseudo-périodique.
* Solutions de l’équation caractéristique :

avec Ω la pseudo pulsation .

* Les solutions de l’équations homogènes s’écrient alors :

Solution particulière constante : .

Solution générale :



.

On ne cherche pas et d’après l’énoncé.

Allure de la courbe :

A ,

et , donc tangente horizontale en 0.

De plus, .

Et entre temps, oscillations amorties avec décroissance exponentielle de l’amplitude.

**IV – Cas du régime sinusoïdal forcé :**

**Q6.** On a maintenant : , donc  **et**

Ce qui modifie la force de Hooke : .

Et la force de frottement fluide :

La 2ème loi de Newton devient donc :

Qui se simplifie en :

= 0 (d’après Q2)

Ou encore : .

On pose :  ; Soit et

L’équation différentielle devient : .

Sour forme canonique, il vient : .

Par identification avec , il vient : **.**

**Q7**. Passage aux notations complexes :

On nous donne . Alors .

On introduit la grandeur complexe associée à

et l’amplitude complexe telle que

On reprend l’équation différentielle précédente, en la passant en complexes :

 ; Soit :

Avec , il vient : .

D’où : et  ;

Ainsi, avec la pulsation réduite  :

Enfin .

**Q8.** On veut , soit  ; ou encore :  ; Soit :

On a donc :  ; On développe : .

Ou encore : .

Multiplions par , il vient :  ; Soit .

Ou encore  ;

Or  ;

Il faut donc que

On remarque que n’existe que si  ; Donc que si .

Or et  ; Ainsi n’existe que si ; Donc pour .

**Q9.** On a vu que .

Le numérateur est constant, ainsi est maximum si  **est minimum**.

Posons .

Alors ssi  ; Soit

Il vient :  ; D’où :  ; ou

Enfin : .

Et : Pulsation de résonance.

**PROBLEME 3 : Autour de l’aluminium : *(D’après CCP TSI) (≈ pts)***

**I - Propriétés de l'atome d'aluminium :**

**3 / 7**

**Q1.** Le numéro atomique d’un élément est le **nombre de protons** du noyau atomique (et nombre d’électrons de l’atome neutre).

* Z = 13 : Soit 2+8+3 : Dans la classification périodique, il sera donc situé sur la **3ème période** et 1er élément du groupe p, soit dans le **groupe 13**. Il a donc 3 électrons de valence ( ).

Son schéma de Lewis est **:**

L’ion le plus probable a la configuration du gaz rare le plus proche, celle où toutes les couches sont occupées. Il aura donc tendance à perdre ses 3 électrons de valence et donner **l’ion** .

**II – L’aluminium comme source d’énergie :**

**Q2.** A l’**anode**, il se produit une **oxydation du réducteur**, d’où le sens de la réaction :

**(**

* A la **cathode**, il se produit une **réduction de l’oxydant** :

**(**

* Pour obtenir l’équation bilan, il faut équilibrer le nombre d’électrons échangés, on obtient donc :

. Tout est équilibré.

**Q3.**  ;

* ½ équation redox :

Relation de Nernst : ;

* ½ équation redox :

Relation de Nernst : ;

* A l’équilibre, les potentiels redox sont égaux, soit : ;
* D’où : ;
* **Multiplions par 12** : ;

Soit : ; Soit **:** ; AN : **10538** > 103 : **Réaction totale**.

**Q4.** Calcul du nbre de moles initiales d’Al : ; AN : ;  **0,93 mol.**

**Tableau d’avancement :**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |
| **EI** | 0,93 | excès | excès |  |
| **EF** |  | excès | excès |  |

La réaction étant totale, on a disparition du réactif limitant :

Soit  : 0,93 – 4 = 0 ; Soit : =  ;  **= 0,23 mol.**

**Q5.** On sait que :  ; Donc : Durée de fonctionnement : **=** ;

AN :  ; On obtient  **3,2.104 s ≈ 9h**.

* Pourcentage d’aluminium consommé :
* Quantité d’électricité ayant circulé :  ; Soit  ;

AN :  ; Soit  **0,73 mol.**

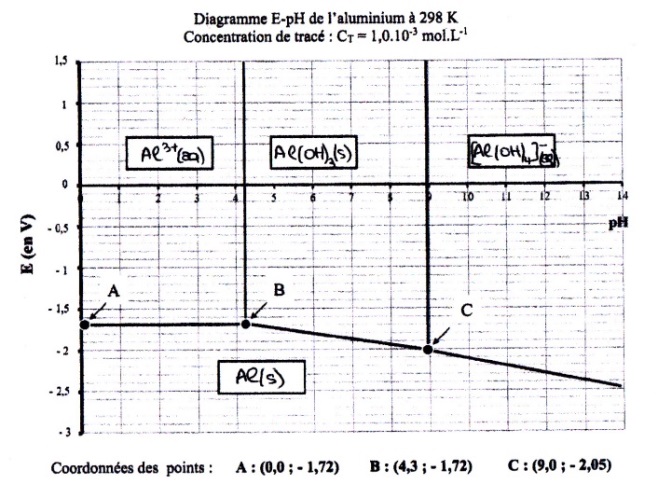
* 0,93 – 0,73 = 0,20 mol. Soit en pourcentage : p =  ;

D’où le pourcentage d’aluminium non consommé : **p = 21,5% ;**

**III – Présence d’aluminium (III) dans un vaccin :**

**Q6. Diagramme potentiel-pH de l’élément aluminium** :

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| espèce | degré d’oxydation de Al | espèce | degré d’oxydation de Al |
|  | **0** |  | **+ III** |
|  | **+ III** |  | **+ III** |



* De bas en haut du diagramme, les espèces sont placées par

ordre croissant de nombre d’oxydation.

D’autre part, l’espèce la plus acide () est majoritaire à bas et l’espèce la plus basique () est majoritaire à haut . D’où les identifications ci-contre.

**Q7.** Couple  :

* ½ équation redox :

Relation de Nernst :

)= ;

Sur la frontière entre et , le solide est présent à l’état de trace et . Soit

On donne  **= - 1,72 V.** Donc  **=**.

AN : = -1,72 + 0,02 × 3 ;  **= - 1,66 V** ; (valeur donnée dans le sujet).

**Q8.** On sait que pour un couple acido-basique : / :

On a la relation : ; AN :  ; On obtient : .

* A un tel pH, d’après le diagramme , **est l’espèce majoritaire** de (III).

**Titrage de l’aluminium (III) :**

Titrage 1 : Titrage d’une solution d’acide chlorhydrique { H3O +(aq) ; Cl -(aq) }.

**Q9.** Réaction du dosage acide fort / base forte :   :  ;

AN :  ; **Réaction totale**.

**Q10.** On utilise la méthode des tangentes parallèles, on obtient  **= 10,0 mL**.

* A l’équivalence : les **réactifs sont versés dans les proportions stœchiométriques**.

Donc : ; Soit : ; Ainsi **:**  ;

AN :  ; On obtient :  **mol.L-1.**

**Q11.** L’indicateur coloré doit avoir une **zone de virage comprenant le pH à l’équivalence (7** ici). Le **BBT** convient donc ; on observera le passage **du jaune** (milieu acide avant l’équivalence) **au bleu** (milieu basique lorsque l’ion hydroxyde est en excès).

Titrage 2 : Titrage d’une solution acidifiée d’ions Al 3+(aq) .

**Q12.** 1ère réaction : ;  **= 10 mL** ;

2ème réaction :  ; **= 25 mL**.

* Le premier saut de pH correspond au volume déterminé à la **question 10**, lors du titrage des 20 mL d’acide chlorhydrique { } ;

Ou bien 1ère **réaction entre l’acide le plus fort et la base la plus forte, soit** .

**Q13.** Volume ayant réagi avec  :  ; AN : mL.

***Attention aux coefficients stœchiométriques de la 2ème réaction :***

Pour ce volume, on a ; Soit : ; Ainsi **:**  ;

AN :  ; On obtient :  **mol.L-1.**

* Et la masse ayant servi : ).

Soit : )

avec  ; Soit **) = 241,5 g.mol-1.**

AN :  ; On obtient :  **mg.**

Exploitation du point anguleux :

**Q14. Attention au sens de la réaction : Sens de la dissolution du précipité :**

  ; .

**Q15.**  En ,  **= 3,9** ; **Soit**  ; AN :

On obtient **: mol.L-1.**

**Q16.** Au point D, les ions n’ont pas encore réagi.

Donc en solution, on a : .

AN :  ; On obtient :  **mol.L-1.**

* Et par definition, .

AN :  ; On obtient : (