Concours Commun INP (CCINP), France

Session 2018, filière TSI

Physique-chimie

Durée : 4 heures

Ce que traite le sujet

- Problème 1, partie I : architecture du réseau électrique français
- Problème 1, partie II : transformateur torique
- Problème 2, parties I et II : cahier des charges et stockage par l'acide formique
- Problème 2, parties III et IV : chimie du stockage et pile à combustible
- Problème 3, partie I : oscillateur quasi sinusoïdal à pont de Wien
- Problème 3, partie II : oscillateur à relaxation

Sujet reproduit sans retouche à partir de la page suivante.

Résumé des parties, chapitres de cours liés et autres années :
prepahelp.com/annales/ccinp/tsi/2018/physique-chimie

Prepa Help ne revendique aucun droit sur le sujet, propriété de l'organisateur du concours.

CONCOURS COMMUNS POLYTECHNIQUES

ÉPREUVE SPÉCIFIQUE - FILIÈRE TSI

PHYSIQUE - CHIMIE

Mercredi 2 mai : 8 h - 12 h

N.B. : le candidat attachera la plus grande importance à la clarté, à la précision et à la concision de la rédaction. Si un candidat est amené à repérer ce qui peut lui sembler être une erreur d'énoncé, il le signalera sur sa copie et devra poursuivre sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il a été amené à prendre.

Les calculatrices sont interdites

Le sujet est composé de trois problèmes indépendants.
Chaque problème est constitué de parties indépendantes.

Conseils aux candidats

Lorsqu'un résultat est fourni par l'énoncé, la démarche scientifique adoptée par le candidat et les calculs menant au résultat seront examinés avec une grande attention. Les points seront attribués uniquement pour des justifications et des calculs précis et détaillés.

Les calculatrices étant interdites, une attention particulière sera portée à la réalisation des applications numériques. Au début de chaque problème, des aides au calcul sont fournies au candidat si nécessaire.

Le premier problème aborde la thématique du transport de l'électricité. L'étude documentaire proposée invite à une analyse sur l'architecture du réseau électrique en France. S'ensuit l'étude d'un transformateur torique.

Le deuxième problème concerne la problématique du stockage de l'électricité et envisage l'utilisation d'acide formique comme carburant pour pile à combustible.

Enfin, le troisième problème porte sur les systèmes électroniques instables que sont les oscillateurs.

PROBLÈME 1
Le transport de l'électricité en France

Les parties **I** et **II** sont indépendantes et peuvent être traitées séparément.

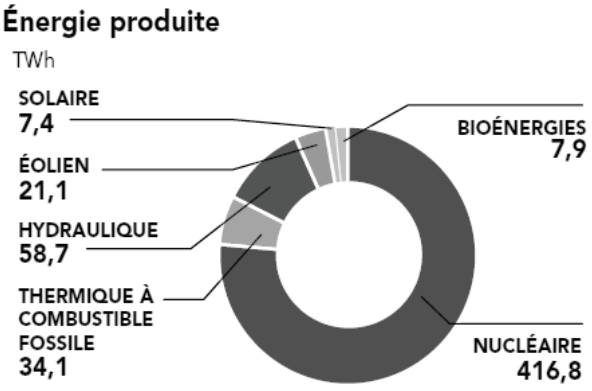
Aide au calcul			
$\frac{25}{7} \approx 3{,}6$	$3{,}6 \cdot 26 \approx 94$	$\frac{7{,}2}{4} = 1{,}8$	$2{,}5^2 = 6{,}25$
	$\frac{26}{3{,}6} \approx 7{,}2$	$\frac{94}{4} \approx 24$	$\frac{10}{7} \approx 1{,}4$

Partie I – Architecture du réseau électrique français

Les producteurs et les transporteurs regroupent l'ensemble des moyens mis en œuvre pour produire et acheminer l'électricité jusqu'aux consommateurs. Les trois documents présentés ci-après sont extraits du site internet de la Commission de la Régulation de l'Energie (www.cre.fr) et du Réseau de Transport d'Electricité RTE (www.rte-france.com). Vous pouvez vous référer à ces documents pour étayer vos réponses.

Document 1 – Production d'électricité en France

En France, la production d'électricité met en œuvre différentes technologies complémentaires qui se répartissent de la manière suivante sur une année :



RTE ajuste à tout moment les volumes de production aux besoins en électricité des consommateurs. Il s'assure que les programmes de production prévus par les différents fournisseurs d'électricité permettent de satisfaire la consommation totale.

Document 2 – Transport de l'électricité

L'électricité doit être produite et transportée en temps réel jusqu'aux lieux de consommation. Le transport se fait sur un réseau à Très Haute Tension (THT : 225 kV/440 kV) et à Haute Tension (HT : 63 kV/90 kV). L'électricité est ainsi acheminée sur de longues distances et avec un minimum de pertes.

Document 3 – Interconnexions électriques entre réseaux européens

L'interconnexion entre réseaux de transport d'électricité européens permet une assistance mutuelle entre pays voisins en cas de défaillance et de mutualiser les moyens de production pour répondre à moindre coût aux besoins de l'ensemble de la zone. Ce foisonnement de réseaux renforce la sécurité d'approvisionnement.

I.1 – De la production à la consommation

Q1. Quels sont les principaux moyens de production d'électricité en France aujourd'hui ?
Q2. Quelle est la principale limitation technologique expliquant que l'on doit garantir un équilibre entre production et consommation à tout instant ?
Q3. Quel est le nom des pertes que l'on évite en transportant l'électricité en haute tension ?
Q4. En cas de surproduction d'électricité sur le territoire français, que peut-on faire de l'électricité produite en surplus ?

I.2 – Rendement du transport électrique

Nous allons maintenant illustrer l'intérêt du transport électrique à haute tension. On cherche à quantifier les pertes Joule occasionnées lors du transport d'une puissance électrique P de 100 MW, fournie par le poste de distribution, sur une distance $l = 100$ kilomètres de ligne électrique, que l'on considèrera comme purement résistive.

Q5. Déterminer les courants de ligne I_1 et I_2 pour des tensions respectives U_1 de 400 kV et U_2 de 100 kV.
Q6. La densité de courant dans les câbles de transport, notée J, est de 0,7 A.mm^{-2}. Déterminer la section S_1 nécessaire pour un transport en 400 kV, ainsi que la section S_2 pour un transport en 100 kV.
Q7. Le matériau utilisé pour les câbles de transport est un alliage d'aluminium, préféré au cuivre pour sa légèreté et son moindre coût. La résistivité de ce matériau est $\rho = 26.10^{-3}$ Ω.mm^2.m^{-1}. Déterminer alors la résistance électrique de chaque ligne de transport que l'on notera R_1 et R_2.
Q8. Pour les deux tensions envisagées, déterminer les pertes Joule en ligne notées respectivement P_{J1} et P_{J2}.

Le rendement η du transport d'électricité est défini comme le rapport entre la puissance utile disponible après transport sur la ligne et la puissance fournie par le poste de distribution.

Q9. Calculer alors le rendement η du transport d'électricité dans les deux cas. Un schéma peut étayer votre raisonnement. Conclure.

Partie II – Transformateur torique

On étudie à présent un modèle simplifié de transformateur schématisé en **figure 1**. Il est constitué d'un matériau magnétique torique d'axe (Oz) à section carrée de côté *a* et de rayon intérieur *R*. On suppose que le milieu magnétique est parfait. L'espace est rapporté à la base cylindrique $(\overrightarrow{e_r};\overrightarrow{e_\theta};\overrightarrow{e_z})$ illustrée pour un point M quelconque sur le schéma.

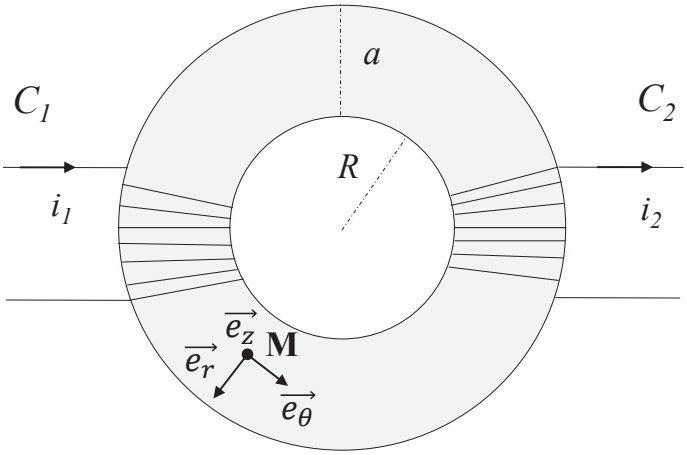


Figure 1 – Vue de dessus du transformateur

Le bobinage dit « primaire » noté C_1 est enroulé en N_1 spires autour de ce tore. Il est parcouru par un courant d'intensité i_1. Le bobinage dit « secondaire » noté C_2 est, de la même manière, enroulé en N_2 spires autour de ce tore et est parcouru par un courant d'intensité i_2. On notera μ_0 la perméabilité magnétique du vide : $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\mathrm{H.m^{-1}}$.

Q10. Justifier soigneusement que le champ magnétique $\overrightarrow{B_1}$ créé à l'intérieur du tore par le courant circulant dans C_1 est de la forme :

$$\overrightarrow{B_1}(r,\theta,z) = B_1(r)\overrightarrow{e_\theta}. \quad (1)$$

Q11. En appliquant le théorème d'Ampère à un contour Γ soigneusement précisé, démontrer que le champ magnétique $\overrightarrow{B_1}$ créé par le circuit C_1 en tout point à l'intérieur du tore est donné par :

$$\overrightarrow{B_1} = \frac{\mu_0 N_1 i_1}{2\pi r}\overrightarrow{e_\theta}. \quad (2)$$

Q12. Établir l'expression du flux magnétique φ du champ magnétique $\overrightarrow{B_1}$ à travers une spire du circuit C_1.

Q13. En déduire le flux total ϕ au travers des N_1 spires du circuit C_1.

Q14. Rappeler la définition de l'inductance propre *L* (ou coefficient d'auto-inductance).

Q15. En déduire que l'inductance propre L_1 du circuit C_1 est donnée par :

$$L_1 = N_1^2 \frac{a\mu_0}{2\pi}\ln\left(\frac{R+a}{R}\right). \quad (3)$$

Q16. Quelle est alors l'expression de l'inductance propre L_2 du circuit C_2 ?

Q17. Rappeler la définition du coefficient de mutuelle inductance *M*.

Q18. Démontrer que ce coefficient *M* est donné par :

$$M = N_1 N_2 \frac{a\mu_0}{2\pi}\ln\left(\frac{R+a}{R}\right). \quad (4)$$

Q19. La résistance des bobinages étant négligée, exprimer la tension u_1 aux bornes du primaire en fonction des dérivées par rapport au temps de i_1 et i_2 et des coefficients L_1 et *M*.

Q20. Faire de même pour la tension u_2 aux bornes du secondaire en fonction des dérivées par rapport au temps de i_1 et i_2 et des coefficients L_2 et *M*.

Q21. En déduire que l'on a la relation suivante :

$$u_1 = \frac{L_1}{M}u_2 + \frac{M^2 - L_1 L_2}{M}\frac{di_2}{dt}. \quad (5)$$

Q22. Prouver que cette relation se simplifie pour faire apparaître ce que l'on appelle le rapport de transformation, défini comme le rapport des tensions du secondaire et du primaire :

$$\frac{u_2}{u_1} = \frac{N_2}{N_1}. \qquad (6)$$

Q23. Expliquer alors comment les transformateurs constituent des éléments centraux de la chaîne de transport de l'électricité.

Q24. Que peut-on dire du rendement en puissance entre primaire et secondaire ?

Q25. Le fonctionnement d'un transformateur est-il possible pour des signaux continus ? Justifier votre réponse.

Q26. Quel peut être l'intérêt d'utiliser un transformateur si les circuits primaire et secondaire comportent le même nombre de spires ?

Q27. Technologiquement, les matériaux magnétiques des transformateurs sont réalisés en accolant des feuillets en acier. Quel type de pertes cherche-t-on ainsi à éviter ?

PROBLÈME 2
Le stockage de l'électricité

Les parties **I** à **IV** sont indépendantes et peuvent être traitées séparément.

Aide au calcul					
$\frac{20}{12} \approx 1{,}7$	$72 \cdot 12 = 864$	$8{,}3 \cdot 0{,}6 \approx 5$	$\frac{122}{46} \approx 2{,}65$	$\frac{256}{0{,}7} \approx 366$	$9{,}65 \cdot 1{,}1 \approx 10{,}6$
	$\frac{72}{12} = 6$	$\frac{8{,}3}{0{,}6} \approx 14$	$\frac{46}{1{,}22} \approx 37{,}7$	$256 \cdot 0{,}7 \approx 179$	$\frac{9{,}65}{1{,}1} \approx 9$
$\frac{12}{20} = 0{,}6$	$\frac{12}{72} \approx 0{,}17$	$\frac{0{,}6}{8{,}3} \approx 0{,}07$	$1{,}22 \cdot 46 \approx 56$	$\frac{20}{18} \approx 1{,}1$	$\frac{1{,}1}{9{,}65} \approx 0{,}11$

Partie I – Définition du cahier des charges

On estime à 20 kW la puissance nécessaire pour faire rouler une voiture sur route plate par vent nul. On souhaite comparer différents moyens permettant d'utiliser cette voiture pendant une heure.

Voici quelques données techniques :

- énergie massique du carburant sans plomb 98 : $W_1 = 12{,}3$ kW.h.kg^{-1} ;
- constante des gaz parfaits $R = 8{,}3$ J.K^{-1}.mol^{-1} ;
- pression ambiante : $P_0 = 1$ bar $= 10^5$ Pa ;
- température ambiante : $\theta_0 = 25$ °C ;
- masse molaire de l'hydrogène H : $M_H = 1{,}0$ g.mol^{-1}.

Q28. Calculer l'énergie nécessaire pour assurer ce trajet d'une heure en watt.heures (W.h) puis en joules.

Q29. Calculer la masse m_1 de carburant sans plomb 98 nécessaire.

En menant le même raisonnement, on peut prouver qu'il faudrait installer une batterie lithium-ion pesant $m_2 = 160$ kg ou stocker $m_3 = 0{,}600$ kg de dihydrogène pour alimenter une pile à combustible.

Q30. Le dihydrogène étant considéré comme un gaz parfait, quel volume occuperait une telle quantité de dihydrogène s'il était stocké à pression et température ambiantes ?

Q31. Dans le but d'assurer l'autonomie des voitures dans un avenir proche :

- à quelle condition peut-on envisager de remplacer les carburants fossiles par des batteries ?
- à quelle condition peut-on envisager de remplacer les carburants fossiles par des piles à combustible ?

Partie II – Problématique du stockage

Pour pallier le problème identifié en partie **I**, des études s'intéressent à l'acide méthanoïque comme carburant potentiel pour des piles à combustible. L'acide méthanoïque de formule *HCOOH* est naturellement sécrété par des fourmis, d'où son nom usuel d'acide formique.

On donne les masses molaires M, les numéros atomiques Z et les nombres de masse A des atomes suivants :

- Pour l'hydrogène H : $M_H = 1{,}0$ g.mol^{-1}, $Z_H = 1$, $A_H = 1$;
- Pour l'oxygène O : $M_O = 16{,}0$ g.mol^{-1}, $Z_O = 8$, $A_O = 16$;
- Pour le carbone C : $M_C = 12{,}0$ g.mol^{-1}, $Z_C = 6$, $A_C = 12$.

Q32. Donner la représentation de Lewis de l'acide méthanoïque en précisant les règles utilisées.

Pour une solution aqueuse d'acide formique de concentration initiale 10^{-2} mol.L^{-1}, la mesure du pH à l'équilibre donne $pH = 2{,}9$.

Q33. D'après ces données, l'acide formique est-il un acide fort ou un acide faible ? Justifier précisément votre réponse.

Dans la suite de cette partie, le candidat pourra se référer au **document 4**, d'après le communiqué de presse de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) du 30 novembre 2010.

Document 4 – De l'acide formique au dihydrogène

Le dihydrogène est souvent désigné comme le futur remplaçant des carburants fossiles. Il est facilement produit à partir d'énergie électrique. Écologique et performant, il n'en présente pas moins de nombreux inconvénients. Extrêmement inflammable, il doit être stocké dans d'encombrantes bouteilles pressurisées, autant d'obstacles à son utilisation, que les scientifiques de l'EPFL et leurs confrères du Leibniz-Institut für Katalyse ont levés, en stockant le dihydrogène sous la forme d'acide formique. Grâce à un catalyseur et au CO_2 présent dans l'atmosphère, les scientifiques ont transformé le dihydrogène en acide formique.

Plutôt qu'une lourde bouteille de fonte remplie de dihydrogène sous pression, ils obtiennent ainsi une substance très peu inflammable et liquide à température ambiante. Une solution pour accumuler l'énergie des sources renouvelables comme le solaire ou l'éolien, ou alimenter la voiture de demain.

En novembre 2010, seconde étape. Les laboratoires sont parvenus à provoquer le phénomène inverse : par le biais d'une catalyse, l'acide formique retourne de manière totale à l'état de CO_2 et de dihydrogène, lequel peut ensuite être transformé en énergie électrique. Un prototype fonctionnel, peu encombrant et d'une puissance de deux kilowatts est d'ores et déjà au point. […] Autre avantage par rapport au stockage conventionnel, le procédé permet de stocker presque le double d'énergie à volume égal. En effet, un litre d'acide formique peut libérer par une transformation chimique plus de 53 grammes de dihydrogène contre à peine 28 grammes pour un même volume de dihydrogène pur pressurisé à 350 bars.

On donne :
- densité de l'acide formique par rapport à l'eau : $d = 1{,}22$;
- masse volumique de l'eau liquide : $\mu_{eau} = 1{,}0 \cdot 10^3$ kg. m^{-3}.

Q34. Donner deux avantages que revêt l'utilisation de l'acide formique en tant que combustible plutôt que le dihydrogène.
Q35. Établir l'équation chimique permettant de créer du dihydrogène à partir de l'acide formique.
Q36. En déduire que l'affirmation du texte « un litre d'acide formique peut libérer par une transformation chimique plus de 53 grammes de dihydrogène » est vérifiée.
Q37. Le projet de recherche envisage de réduire dans un premier temps le dioxyde de carbone en acide formique grâce à l'énergie électrique fournie par des panneaux solaires, puis dans un second temps d'utiliser une pile à combustible à acide formique pour obtenir de l'électricité. Commenter l'intérêt de chacune de ces deux opérations.

Partie III – Chimie du stockage

Le diagramme potentiel-pH présenté en **figure 2** positionne les domaines de prédominances des espèces suivantes : le dioxyde de carbone CO_2, l'acide formique $HCOOH$ et enfin l'ion méthanoate $HCOO^-$. En pointillés sont repérées les frontières correspondant aux couples oxydant-réducteur de l'eau. On prendra à une température de 298 K : $\frac{RT}{\mathcal{F}} ln(10) = 0{,}06$ V.

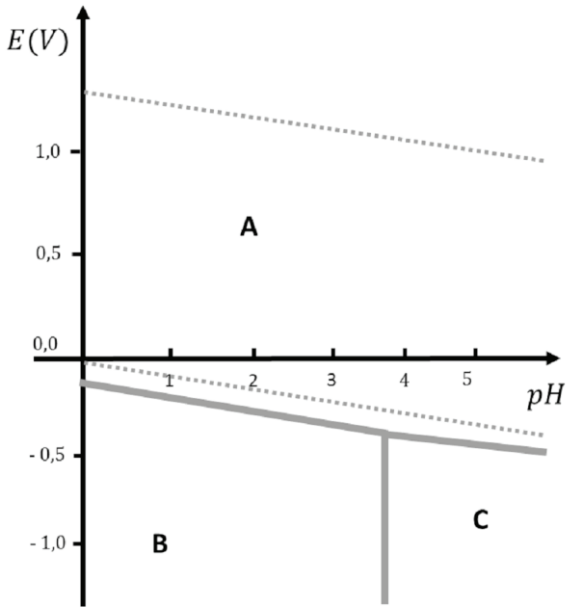


Figure 2 – Diagramme potentiel-pH de l'acide formique

Il est établi avec les conventions suivantes :

- concentration en espèce dissoute : $C_t = 10^{-2}$ mol.L^{-1} ;
- pression partielle des gaz : $P_{gaz} = P^0 = 1$ bar.

Q38. Affecter les espèces dans les domaines repérés **A**, **B** et **C** en détaillant votre raisonnement.
Q39. Déterminer le *pKa* du couple acide base $HCOOH/HCOO^-$. Justifier votre réponse.
Q40. Déterminer la pente à la frontière entre les espèces **A** et **B**.
Q41. Quelle est la réaction attendue pour une solution aqueuse d'acide formique de $pH = 2{,}9$?

Partie IV – Pile à combustible

Le dihydrogène peut être utilisé en tant que combustible dans une pile à hydrogène selon une réaction d'oxydo-réduction. Les deux réactifs sont le dihydrogène et le dioxygène présent dans l'air. Les couples d'oxydo-réduction mis en jeu sont ceux de l'eau : $O_{2(g)}/H_2O_{(l)}$ et $H^+_{(aq)}/H_{2(g)}$ (ou $H_3O^+_{(aq)}/H_{2(g)}$). Pour mettre en œuvre cette réaction, on dispose de deux électrodes, l'anode et la cathode, séparées par un électrolyte. La réaction est favorisée par la présence d'un catalyseur dont on ne mentionnera plus la présence par la suite. La pile débite dans une charge résistive modélisée par une résistance R.

Q42. Écrire les demi-équations électroniques relatives au fonctionnement de la pile.
Q43. En déduire l'équation de la réaction ayant lieu lorsque la pile débite.
Q44. Recopier et compléter le schéma de la pile à hydrogène présenté en **figure 3** en repérant les espèces en présence à l'anode et à la cathode. Indiquer le sens conventionnel du courant électrique I et le sens de circulation des porteurs de charges. Indiquer les polarités des électrodes.

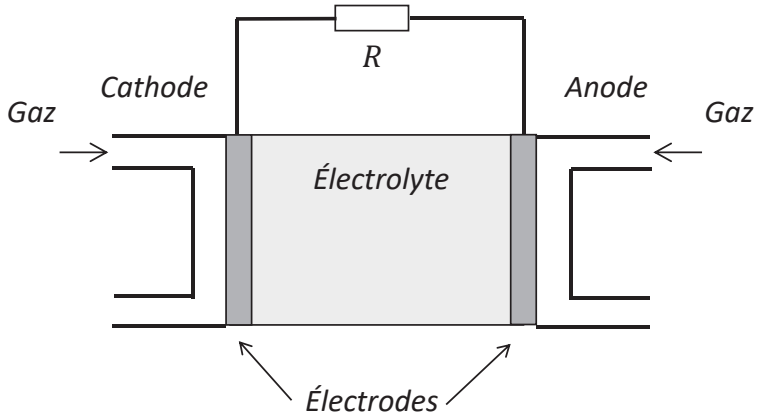


Figure 3 – Pile à combustible débitant sur une résistance R

Q45. Quelle est l'utilité de l'électrolyte ?

On estime à 500 moles la quantité de matière de dihydrogène nécessaire pour faire rouler une voiture sur une distance de 100 kilomètres.

Q46. Quelle est la quantité de matière de porteurs de charge n_e- nécessaire pour parcourir 100 kilomètres ?
Q47. Quelle est la charge électrique Q libérée par ces porteurs de charge ? On donne le nombre de Faraday $\mathcal{F} = 96\,500\ \mathrm{C \cdot mol^{-1}}$.
Q48. En réalité, la pile à hydrogène est constituée de 256 cellules câblées en série, délivrant une tension de 0,7 V chacune. Elle développe par ailleurs une puissance totale de 20 kW. Déterminer le temps nécessaire pour parcourir la distance désirée de 100 kilomètres. Votre démarche sera clairement exposée.
Q49. Calculer la vitesse en km/h du véhicule équipé d'une telle pile à hydrogène. Conclure sur les améliorations à apporter à ce projet pour voir les voitures rouler à l'acide formique.

PROBLÈME 3
Oscillateurs en électronique

Nous nous intéressons dans ce problème aux oscillateurs, systèmes électroniques au cœur de très nombreux objets qui nous entourent au quotidien : montre, voiture, radio, ordinateur, etc… Quelle que soit l'application, l'objectif d'un oscillateur est le même : générer un signal de période stable, de caractéristiques spectrales choisies, sans aucun signal d'entrée. Deux réalisations sont proposées dans ce problème : en première partie, un oscillateur quasi-sinusoïdal et en seconde partie un oscillateur à relaxation.
Les deux parties sont indépendantes et peuvent être traitées séparément.

Partie I – Réalisation d'un oscillateur quasi-sinusoïdal

Il est parfois intéressant d'avoir des systèmes électroniques instables, notamment en électronique, pour pouvoir réaliser des oscillateurs. On rappelle que ce type de structure peut être réalisé en associant un amplificateur et un filtre comme présenté en **figure 4**.

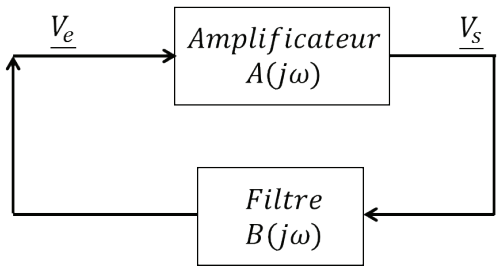


Figure 4 – Structure d'un oscillateur

Nous étudions dans cette partie l'oscillateur à filtre de Wien (**figure 5**).

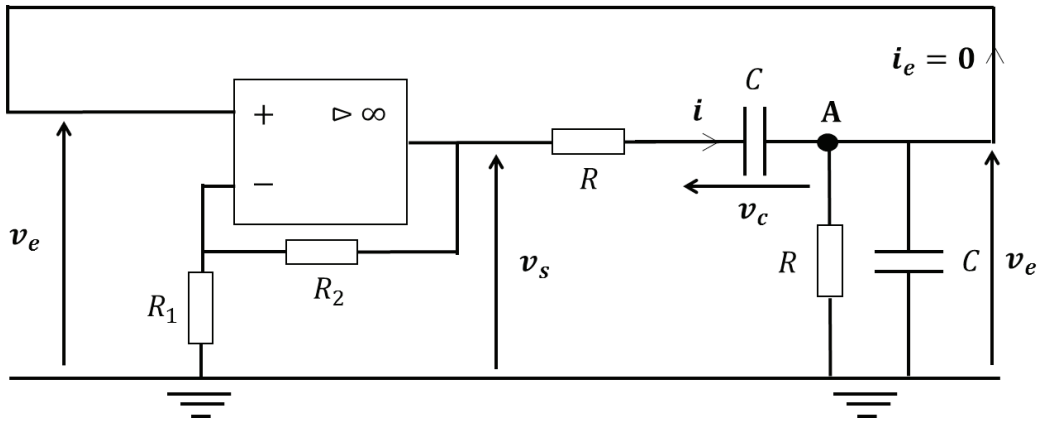


Figure 5 – Schéma électrique de l'oscillateur à filtre de Wien

I.1 – Généralités

Q50. Reproduire le schéma sur votre copie et identifier la partie amplificatrice ainsi que la partie filtre de cet oscillateur.

Q51. Justifier pourquoi le courant noté i_e sur le schéma peut être considéré comme nul dans la suite de l'étude.

I.2 – Étude du filtre de Wien

Q52. Quelle est la relation entre la dérivée de la tension v_c aux bornes du condensateur par rapport au temps et le courant i le traversant ? Cette équation sera nommée **« E1 » sur votre copie**.

Q53. Par une loi des nœuds au point A, exprimer le courant i en fonction de la tension v_e et de sa dérivée par rapport au temps. Cette équation sera nommée **« E2 » sur votre copie**.

Q54. Par une loi des mailles, exprimer la tension v_s en fonction de v_e, R, i et v_c. Cette équation sera numérotée **« E3 » sur votre copie**.

Q55. En utilisant les équations **E1** et **E2**, montrer que l'on obtient l'expression suivante en précisant l'expression de la constante de temps τ :

$$\frac{dv_s}{dt} = \tau \frac{d^2 v_e}{dt^2} + 3\frac{dv_e}{dt} + \frac{v_e}{\tau}. \quad (7)$$

I.3 – Amplificateur

Q56. En étudiant le fonctionnement de l'amplificateur linéaire intégré présent dans le schéma de la **figure 5 page 9**, en déduire la valeur de l'amplification $A = \frac{v_s}{v_e}$ en fonction des résistances R_1 et R_2.

I.4 – Conditions d'oscillation

Q57. Montrer que l'on obtient l'équation différentielle suivante vérifiée par la tension v_s en fonction de τ et de l'amplification A :

$$\tau^2 \frac{d^2 v_s}{dt^2} + \tau(3 - A)\frac{dv_s}{dt} + v_s = 0. \quad (8)$$

Q58. Par analyse de cette équation, quelle condition doit-on satisfaire pour obtenir une oscillation harmonique ? Une analogie avec la mécanique peut guider votre raisonnement si nécessaire.

Q59. Quelle est alors la fréquence d'oscillation que l'on notera f_0 ?

Q60. D'où provient l'énergie nécessaire pour garantir l'oscillation ?

I.5 – Qualité du signal fourni

Nous nous intéressons à présent à la qualité du signal fourni par cet oscillateur. En **figures 6 et 7** sont présentées l'allure temporelle de la tension v_e ainsi que sa décomposition spectrale.

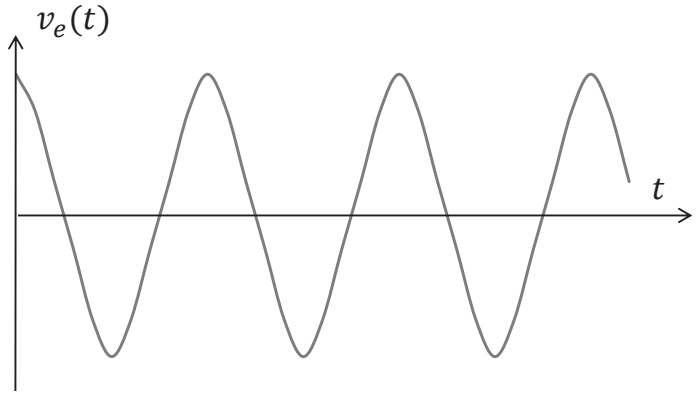


Figure 6 – Allure temporelle de la tension $\boldsymbol{v_e}$

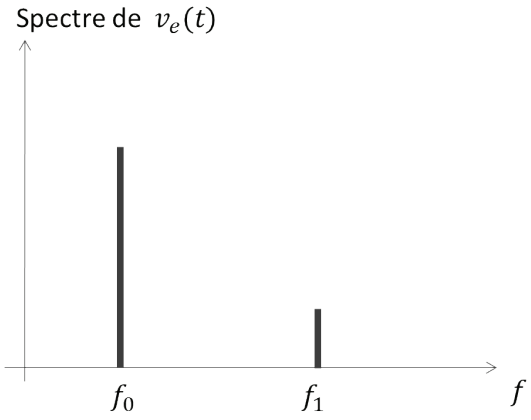


Figure 7 – Décomposition spectrale de la tension $\boldsymbol{v_e}$

Q61. Peut-on considérer le signal fourni comme sinusoïdal ? Justifier.

Q62. On donne les fréquences $f_0 = 1$ kHz et $f_1 = 10$ kHz . Comment pourrait-on améliorer la qualité de la tension v_e? Une approche pratique est attendue en précisant les valeurs caractéristiques du dispositif mis en œuvre.

Partie II – Oscillateur à relaxation

Si l'on cherche à réaliser un signal d'horloge, il n'est pas nécessaire d'obtenir un signal sinusoïdal. On peut alors utiliser la structure de l'oscillateur à relaxation présentée en **figure 8**.

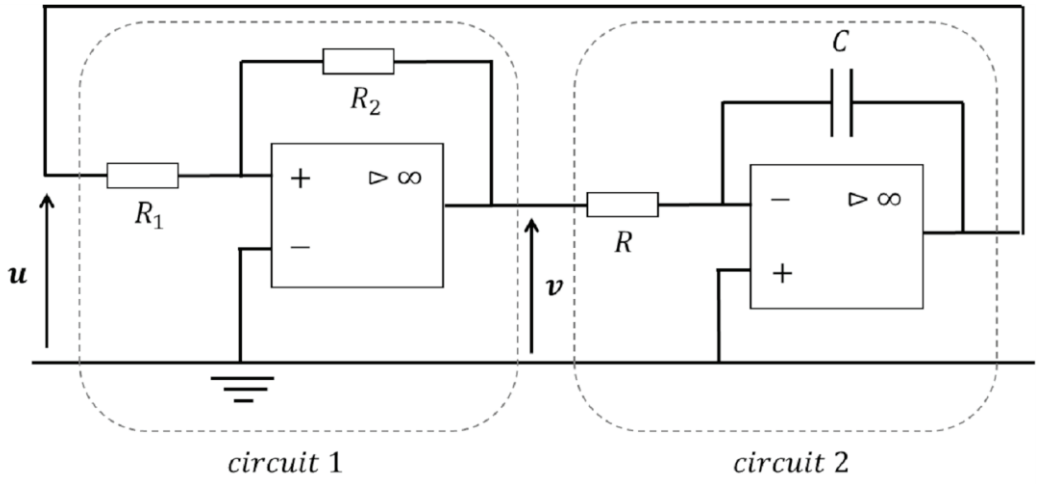


Figure 8 – Oscillateur à relaxation

On considère les amplificateurs linéaires intégrés idéaux (ALI idéaux) et on note + V_{sat} et – V_{sat} leurs tensions de saturation. À t = 0 s, on suppose que la tension v vaut + V_{sat} et que la tension u est nulle.

Tout d'abord, nous nous intéressons au circuit 1.

Q63. Préciser, en le justifiant, le mode de fonctionnement de l'ALI idéal. Quelles sont les valeurs que peut prendre la sortie v ?
Pour quelle valeur de la tension d'entrée u, notée u_{seuil1}, la tension de sortie v bascule-t-elle de + V_{sat} à – V_{sat}?

On admet que la tension de sortie v bascule de - V_{sat} à + V_{sat} pour une valeur de tension u_{seuil2} telle que $u_{seuil2} = - u_{seuil1}$.

Q64. Tracer la tension v en fonction de la tension u en annotant soigneusement le tracé.

Le circuit 2 est un montage intégrateur inverseur. On admet la relation entrée-sortie suivante :

$$\frac{du}{dt} = -\frac{v}{RC}. \qquad (9)$$

Q65. Si la tension v est constante et vaut + V_{sat}, quelle est l'allure du signal d'entrée u?

Étudions à présent le montage complet. Les chronogrammes des tensions u et v sont donnés en **figure 9**.

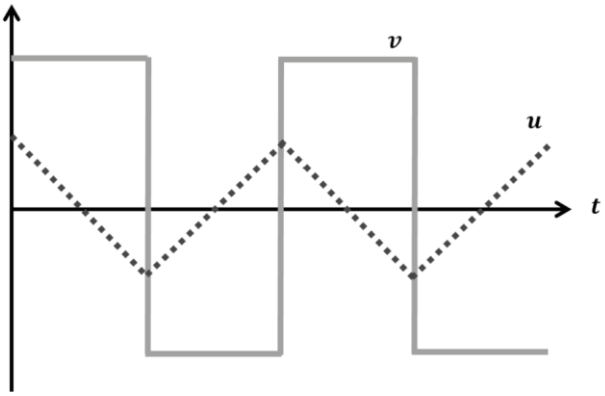


Figure 9 – Allures temporelles des signaux issus de l'oscillateur à relaxation

Q66. Exprimer la fréquence *f* de la tension u en fonction de R_1, R_2, R et C.

On souhaite obtenir un signal triangulaire d'amplitude V_{max} = 2 V et de fréquence *f* = 1 kHz. On alimente les ALI en $\pm 15\,V$, ainsi $V_{sat} = 15\,V$. On impose d'utiliser les résistances R et R_2 telles que $R = R_2 = 1\,000\,\Omega$.

Q67. Déterminer les valeurs de la résistance R_1 et du condensateur C pour répondre au cahier des charges.
Q68. Quelle caractéristique de l'ALI peut limiter la fréquence de fonctionnement d'un tel montage ?

FIN

IMPRIMERIE NATIONALE – 18 1069 – D'après documents fournis

Travailler les chapitres de ce sujet

Prepa Help suit le programme de TSI chapitre par chapitre : cours détaillé, méthodes, pièges, exercices et problèmes corrigés pas à pas, tirés des concours. L'essai gratuit donne accès aux chapitres offerts de ta filière, sans carte bancaire.

Chapitres liés à ce sujet

- Circuits électriques dans l'ARQS
- Conduction électrique et conservation de la charge
- Magnétostatique : formulation locale
- Structure des molécules : Lewis, géométrie et polarité
- Réactions acide-base
- Système physico-chimique et état final d'une transformation chimique
- Diagrammes potentiel-pH et corrosion humide (TSI2)
- Oxydoréduction et piles électrochimiques

Ouvrir l'essai gratuit

Scanne le code ou clique sur le bouton.

prepahelp.com/#essai

Une question sur le concours ou sur ta filière : **écrire sur WhatsApp**

Les autres années et épreuves : prepahelp.com/annales/ccinp/tsi