



Devoir surveillé 2 de Physique-Chimie TS11

Thème(s) : optique, électronique et chimie

Durée : 4 heures

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.

RAPPEL DES CONSIGNES

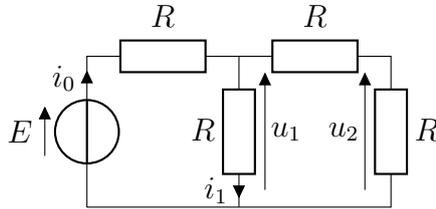
- Utiliser uniquement un **stylo noir ou bleu foncé non effaçable** pour la rédaction de votre composition ; d'autres couleurs, peuvent être utilisées, mais exclusivement pour les schémas et la mise en évidence des résultats ;
- Ne pas utiliser de **correcteur** ;
- Écrire le mot FIN à la fin de votre composition ;
- Remplir sur chaque copie en MAJUSCULES toutes vos informations d'identification : nom, prénom ;
- Les applications numériques seront faites avec un nombre adapté de chiffres significatifs.

Les calculatrices sont **interdites**.

Le sujet est composé de **5 parties** qui peuvent être traitées indépendamment. Si besoin, le candidat pourra admettre le résultat d'une question et l'utiliser dans les questions suivantes.

Partie 1 : à propos des circuits électriques

Circuit n° 1



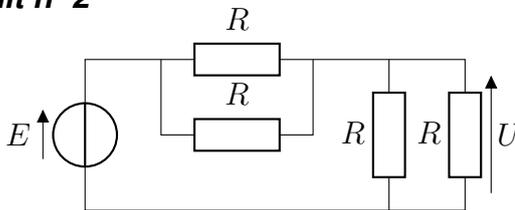
Q1. À partir de l'utilisation du théorèmes du pont diviseur de tension, exprimer u_2 en fonction de u_1 et de R .

Q2. Exprimer u_1 en fonction de E . En déduire l'expression de u_2 en fonction de E .

Q3. Montrer que $i_0 = \frac{3 E}{5 R}$

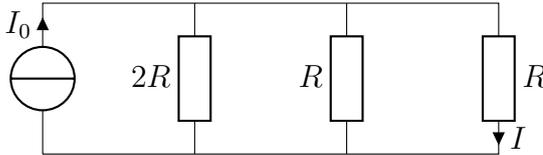
Q4. Exprimer i_1 en fonction de i_0 . Commenter le résultat.

Circuit n° 2



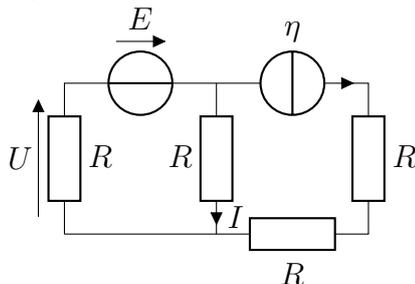
Q5. Exprimer U en fonction de E .

Circuit n° 3



Q6. Exprimer I en fonction de I_0 .

Circuit n° 4

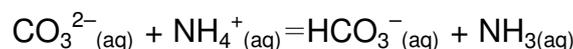


Q7. Exprimer U en fonction de E , η et R .

Q8. Exprimer I en fonction de E , η et R .

Partie 2 : l'exercice d'application du cours

Nous étudions la réaction entre l'ion carbonate ($\text{CO}_3^{2-}(\text{aq})$) et l'ammonium ($\text{NH}_4^+(\text{aq})$) selon la réaction suivante :



dont la constante d'équilibre est : $K^\circ = 12,6$.

Nous introduisons initialement la même concentration en ions carbonate et ammonium : $C_0 = 2,00 \text{ mol L}^{-1}$.

Q9. L'équation de réaction est-elle équilibrée ? Justifier.

- Q10.** Justifier que nous pouvons faire une étude en concentration de cette réaction chimique.
- Q11.** Déterminer l'état d'avancement maximal théorique de cette réaction x_{\max} .
- Q12.** Déterminer l'avancement à l'équilibre x_{eq} en fonction de K° et de C_0 .
- Q13.** Calculer x_{\max} et x_{eq} . Conclure sur l'avancement final x_f .
- Q14.** Déterminer les quantités de matière de tous les réactifs et les produits à l'état final.

Partie 3 : capteur de température et pont de *Wheatstone*

adapté du concours E3A - filière PC - 2011

Une thermistance, c'est-à-dire un conducteur ohmique dont la résistance $R(T)$ dépend de sa température T , peut être utilisée comme capteur de température. La loi de dépendance de la thermistance étudiée ici est représentée sur le graphique de la figure 1.

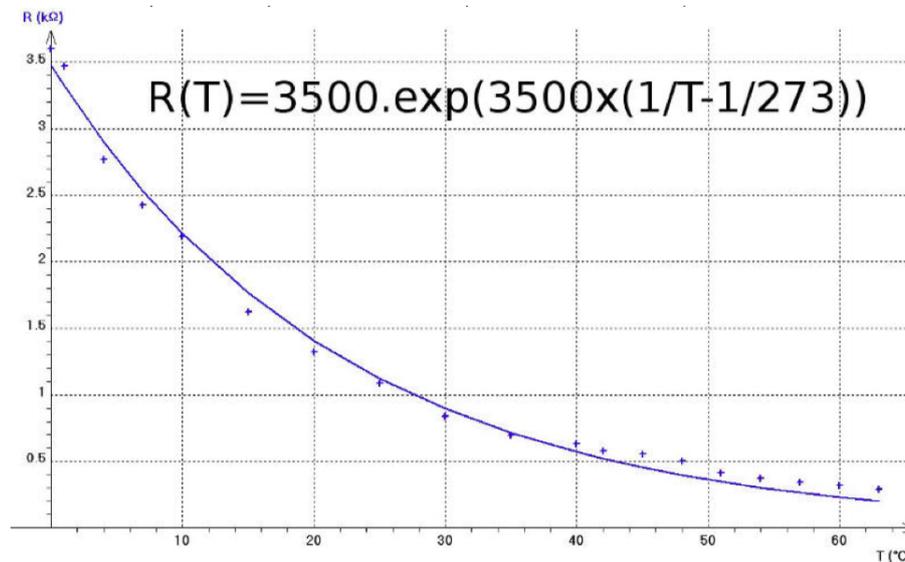


FIGURE 1 – Loi d'évolution de la résistance en fonction de la température.

Remarque : L'échelle des abscisses est graduée en degrés celsius mais la température T qui intervient dans l'expression de $R(T)$ est en kelvins.

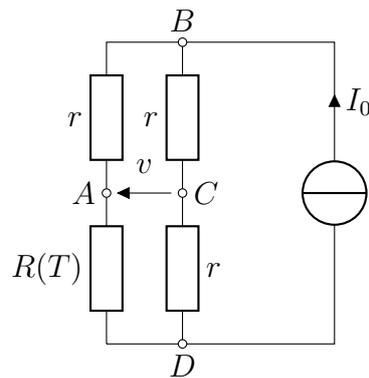
Une mesure de la résistance R permet ainsi d'accéder à la température de la thermistance. À cette fin, la thermistance est placée dans le circuit de la figure 2. Les autres résistances ont toutes la même valeur r et ne dépendent pas de la température.

- Q15.** Montrer que la tension $V_B - V_D$ s'exprime en fonction de r , $R(T)$ et I_0 par :

$$V_B - V_D = \frac{2r(r + R(T))}{3r + R(T)} I_0$$

- Q16.** Exprimer la tension $V_A - V_D$ en fonction de $V_B - V_D$. Exprimer également $V_C - V_D$ en fonction de $V_B - V_D$.

- Q17.** Dédire des deux questions précédentes la tension v en fonction de I_0 , r et $R(T)$.

FIGURE 2 – Pont de *Wheatstone*

Q18. En déduire l'expression de $R(T)$ en fonction de I_0 , r et v .

Q19. On mesure une tension $V = 500$ mV dans un circuit où $r = 2,00$ k Ω et $I_0 = 400$ mA. Calculer une valeur approchée de la température de la thermistance.

Partie 4 : Association de deux lentilles

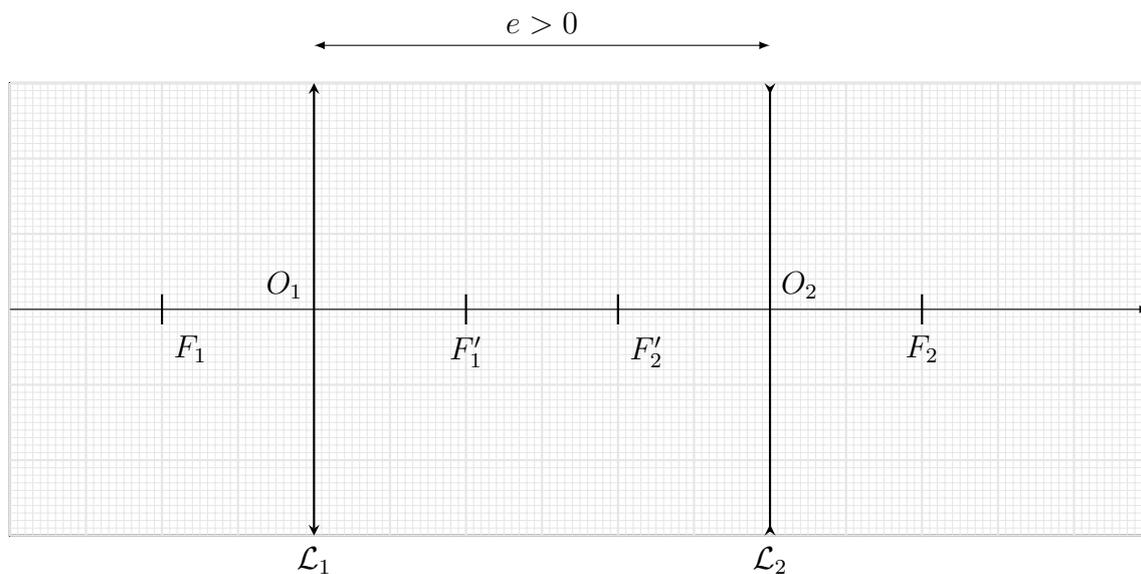


FIGURE 3 – Association de deux lentilles.

Soit le système centré constitué de deux lentilles comme défini sur la figure 3.

↪ Une lentille \mathcal{L}_1 convergente de centre O_1 et de distance focale image : $f'_1 = a = \overline{O_1F'_1}$;

↪ une lentille \mathcal{L}_2 divergente de centre O_2 et de distance focale image : $f'_2 = -a = \overline{O_2F'_2}$.

Nous notons $e = \overline{O_1O_2}$ la distance qui sépare les deux lentilles. Nous fixons les distances $e = 6$ cm et $a = 2$ cm.

Pour la question suivante nous nous intéressons uniquement à la lentille \mathcal{L}_1 .

Q20. On considère un objet AB situé avant le foyer F_1 . Sur la figure en annexe à rendre avec la copie, déterminer l'image A_1B_1 de AB à travers la lentille \mathcal{L}_1 par construction des rayons. La construction sera faite à l'échelle.

Nous nous intéressons au système constitué des deux lentilles $\mathcal{S} = \{\mathcal{L}_1 + \mathcal{L}_2\}$ comme s'il s'agissait d'un seul système optique.

Q21. On considère le même objet qu'à la question précédente. Déterminer, sur la figure en annexe, par un tracé de rayon lumineux la position de l'image $A'B'$ au travers de tout le système optique $\mathcal{S} = \{\mathcal{L}_1 + \mathcal{L}_2\}$.

Q22. Comment les foyers objet F et image F' d'un système optique sont-ils définis ?

Q23. En vous aidant de votre réponse à la question précédente, déterminer la position du foyer image F' du système $\mathcal{S} = \{\mathcal{L}_1 + \mathcal{L}_2\}$ par un tracé de rayons lumineux judicieux sur la figure en annexe. Les constructions seront faites à l'échelle.

Q24. Faire de même pour déterminer la position du foyer objet F sur la figure en annexe.

Q25. Rappeler la formule de conjugaison de *Descartes*.

Q26. Déterminer, en fonction de e et a , la grandeur $\overline{O_1F}$ où F est le foyers objet du système $\mathcal{S} = \{\mathcal{L}_1 + \mathcal{L}_2\}$, en utilisant la relation de conjugaison de *Descartes*.

Q27. Déterminer, de la même manière, $\overline{O_2F'}$ où F' est la position du foyer image du système $\mathcal{S} = \{\mathcal{L}_1 + \mathcal{L}_2\}$.

Q28. Comparer les signes des grandeurs algébriques avec la position trouvée par tracé des rayons aux questions **23** et **24**. Faire l'application numérique. Commenter vos résultats.

Q29. On considère un objet AB situé dans le plan focal F_1 (plan perpendiculaire à l'axe optique contenant F_1) donc $A = F_1$. Construire l'image de AB par le système optique sur la figure en annexe. La construction sera faite à l'échelle.

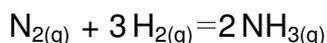
Q30. Rappeler la définition du grandissement γ .

Q31. Déterminer, à partir de votre tracé, la valeur du grandissement γ .

Q32. Retrouver la valeur de γ par le calcul.

Partie 5 : Synthèse de l'ammoniac

L'ammoniac, de formule NH_3 , détient le record mondial de production d'un gaz. Sa production massive industrielle a débuté en 1913 avec le procédé sous catalyse haute pression mis au point par *Haber* et *Bosch*, qui est encore celui utilisé aujourd'hui, et qui exploite la réaction



Il est utilisé pour la fabrication de 100 Mt/an d'engrais azotés, sous forme d'ammoniac, de nitrate d'ammonium, et d'urée. Cette production consomme 3–5% de la production mondiale de gaz naturel, source du dihydrogène nécessaire pour sa préparation.

On estime que l'ammoniac est directement responsable du tiers de l'accroissement de la population mondiale depuis le milieu du XXe siècle grâce aux progrès de l'agriculture et à la disparition des grandes famines (source : Société Française de Chimie).

La réaction de synthèse de l'ammoniac est non totale. Nous nous intéressons donc à son rendement, que l'on définit comme $\alpha = \frac{\xi_{eq}}{\xi_{max}}$.

Les réactifs sont introduits en proportions stœchiométriques : n_0 pour la quantité initiale de N_2 , et $3n_0$ pour celle de H_2 .

Q33. Dresser le tableau d'avancement de la réaction.

Q34. On considère dans cette question la réaction comme totale. Donner l'expression de l'avancement maximal de la réaction ξ_{\max} en fonction de n_0 .

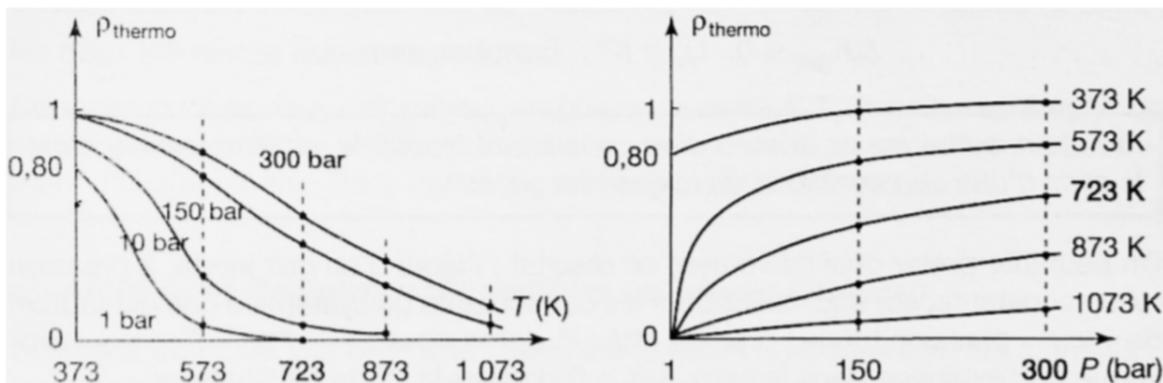
On considère pour toutes les questions suivantes que la réaction est équilibrée.

Q35. Donner l'expression des pressions partielles des différents constituants en fonction de n_0 , de l'avancement de la réaction ξ et de la pression totale P_{tot} .

Q36. Donner l'expression du quotient de réaction Q_r en fonction de n_0 , de l'avancement de la réaction ξ , de la pression totale P_{tot} et de la pression standard P° .

Q37. Décrire comment calculer la valeur du rendement α pour une température T et une pression P_{tot} données, en supposant $K^\circ(T)$ connu. Ne pas effectuer le calcul, laisser l'expression littérale.

Ceci permet de tracer la valeur du rendement α pour différentes températures et pressions :



Q38. Nous nous plaçons en conditions industrielles : $P = 300$ bar et $T = 450^\circ\text{C}$. Que vaut le rendement α ?

Q39. D'après les courbes ci-dessus, est-il préférable d'opérer à haute ou basse température ? Haute ou basse pression ? Donner un facteur limitant dans chaque cas.

1 Annexes : à rendre avec votre copie

Nom et prénom :

Pour les constructions :

↪ respecter l'échelle : 1 grand carreau \Leftrightarrow 1 cm

↪ utiliser des couleurs différentes pour les différents rayons lumineux

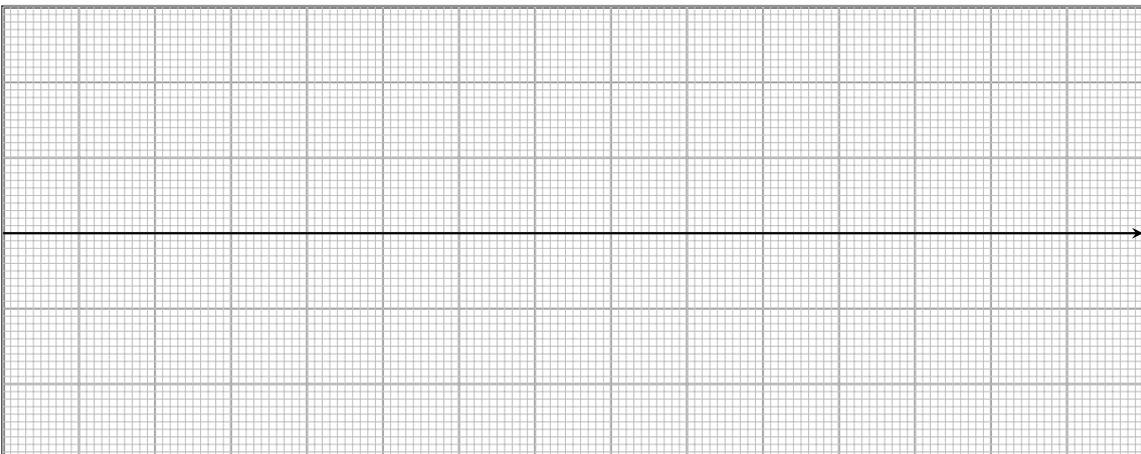
Q20. Tracer de l'image A_1B_1 au travers de \mathcal{L}_1 .



Q21. Tracer de l'image $A'B'$ au travers de $\mathcal{S} = \{\mathcal{L}_1 + \mathcal{L}_2\}$.



Q23. Déterminer la position de foyer image F' de $\mathcal{S} = \{\mathcal{L}_1 + \mathcal{L}_2\}$.



Q24. Déterminer la position de foyer objet F de $S = \{\mathcal{L}_1 + \mathcal{L}_2\}$.



Q29. Déterminer la position de foyer objet $A'B'$ de AB situé dans le plan focal objet de la lentille \mathcal{L}_1 au travers du système S .

