

Physique et chimie – 3h

DS sans calculatrice (calculatrice + téléphone rangés dans le sac et sac au bureau)

Quelques recommandations de type concours

- Les candidats doivent vérifier que le sujet comprend **5 pages** numérotées 1/5, 2/5, 3/5, 4/5 et 5/5.
- Les candidats sont invités à porter une attention toute particulière à la **rédaction** : les copies illisibles ou mal présentées seront pénalisées.
- Les candidats devront toujours établir une **expression littérale** avant d'effectuer toute application numérique (pas de calcul numérique intermédiaire).
- Les réponses **non justifiées** ne seront pas prises en compte.
- Toute relation littérale présentant une erreur flagrante d'**homogénéité** ne donnera pas lieu à l'attribution de points.
- Toute application numérique ne comportant pas d'**unité** ne donnera pas lieu à l'attribution de points.
- Tous les résultats doivent être encadrés.
- Les pages de votre copie doivent être numérotées ; par exemple, pour 4 pages rendues (une copie double) : 1/4, 2/4, 3/4 et 4/4.
- Le **téléphone** portable est strictement interdit. Le téléphone doit être rangé dans le sac.
- Si un candidat repère ce qui semble être une **imprécision de l'énoncé**, il le signale sur sa copie et poursuit sa composition en indiquant les raisons des initiatives qu'il est amené à prendre.
- Toutefois, si un candidat repère ce qui semble être une **erreur d'énoncé** (relation fausse, valeur numérique manquante...), il peut dans ce cas se lever et interroger le professeur surveillant.

Quelques conseils

- **La rédaction** : il est très important de bien présenter votre copie et surtout les premières pages de votre devoir afin de montrer à l'examineur votre capacité et votre motivation à bien rédiger (copie aérée et bien présentée, phrases d'explication claires, calculs détaillés, phrase de conclusion ...). Par la suite et compte tenu des contraintes de temps, vous pourrez accélérer un peu la rédaction sans qu'il vous en soit tenu rigueur (à condition que la copie reste présentable). Attention, il arrive chaque année que des copies trop mal rédigées ne soient pas corrigées !
- **Un peu de stratégie** : les débuts des problèmes sont plutôt classiques (questions de cours ou questions proches de celles traitées en exercice ou en TP). Il faut donc évidemment commencer par répondre à ces questions. Il faut aussi bien rédiger les réponses à ces questions afin de ne pas perdre de points. Mais à l'inverse il ne faudrait pas trop détailler les réponses au risque d'y passer trop de temps et de ne plus en avoir assez pour la suite (surtout que les questions moins classiques ont un poids plus important dans le barème...).
- **Remarque** : pour certaines questions, il est précisé au début et en petit (justification, ou rédaction du calcul, ou chiffres significatifs, ou unité, etc.) ; c'est pour vous aider à y penser et pour vous signaler que des points du barème sont prévus précisément pour ces critères d'évaluation, particulièrement pour ces questions.

Questions de cours et analyse dimensionnelle

ÉLECTRICITE

- 1- Énoncer sans le démontrer le théorème du pont diviseur de tension.
- 2- Énoncer puis démontrer le théorème d'association de deux résistances en dérivation.

CHIMIE

Soit un équilibre du type : $\alpha_1 R_1 + \alpha_2 R_2 + \dots \rightleftharpoons \alpha_1' P_1 + \alpha_2' P_2 + \dots$

- 3- Définir par une relation littérale l'avancement algébrique (en mol) de la réaction (dans le cas général).
- 4- Démontrer l'expression de l'avancement maximal $x_{\max}$ (en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$) en fonction de la concentration de l'une des espèces chimiques (à préciser).

ANALYSE DIMENSIONNELLE / CALCUL NUMÉRIQUE

5- La force d'interaction entre deux particules de charges q et q' espacées de la distance r , est égale à $F = \frac{qq'}{4\pi\epsilon_0 r^2}$ avec ϵ_0 la permittivité du vide qui s'exprime en $\text{A}^2 \cdot \text{s}^4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-3}$ (A pour Ampère)

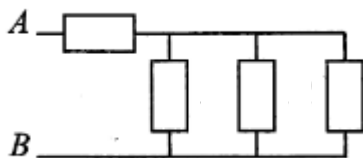
En utilisant entre autres la relation littérale définissant l'intensité du courant électrique, prouver que la relation proposée est bien homogène par analyse dimensionnelle. Calcul à détailler.

Remarque : des points seront accordés si vous raisonnez sur les unités mais la réponse sera valorisée si elle est effectuée avec les dimensions.

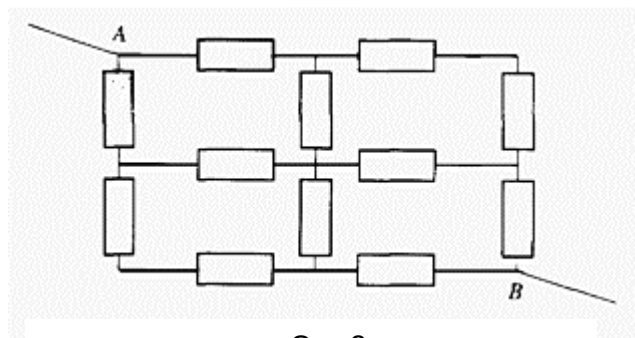
6- Calculer en Newton, l'ordre de grandeur de la force exercée entre deux protons ayant pour charge $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ et espacés de la distance $r = 1 \text{ nm}$, sachant que $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \approx 9 \times 10^9 \text{ U.S.I.}$

Exercice 1 : résistances équivalentes

Toutes les résistances étant égales à R , déterminer la résistance R_{AB} équivalente à chacun des circuits vu des points A et B.



Cas 1



Cas 2

Exercice 2 : détermination d'une température à l'aide d'un montage potentiométrique

Cet exercice étudie un dispositif de mesure de température utilisant les variations de résistance d'une sonde de platine. Lorsque la température varie, la résistance R de la sonde varie selon la loi :

$$R(T) = A \cdot (1 + \alpha \cdot T)$$

où α et A sont considérées comme des constantes dans le domaine de températures envisagé. La température T est exprimée en degrés Celsius.

On donne les valeurs suivantes pour A et α : $A = 100 \text{ U.S.I}$ et $\alpha = 2 \times 10^{-2} \text{ U.S.I}$

où U.S.I signifie unité du système international.

La sonde est insérée dans le circuit ci-contre.

R_d est la résistance représentant le comportement d'un voltmètre branché aux bornes de la sonde.

1- Exprimer V_1 en fonction de R_1, R, R_g, R_d et E .

2- En déduire que, dans le cas d'un voltmètre idéal,

$$V_1 = \frac{E \times R}{R_1 + R_g + R} \quad \text{Justifier.}$$

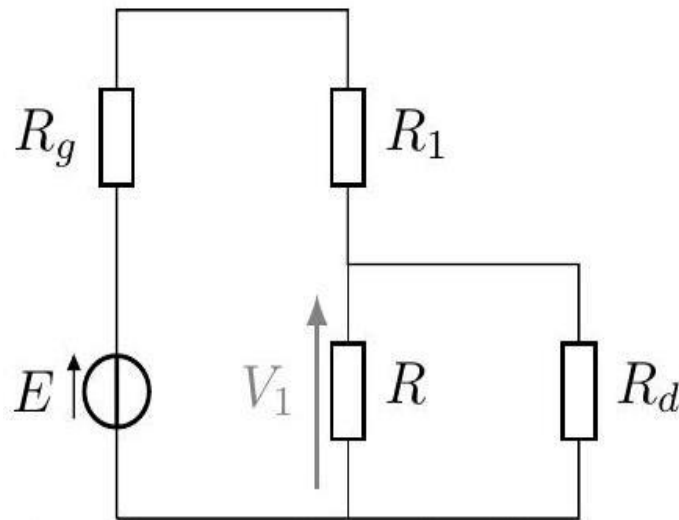
On supposera le voltmètre idéal dans toute la suite.

3- On mesure $V_1 = 2,0 \text{ V}$ En déduire la valeur de R puis celle de T la température de la sonde.

4- Établir l'expression de la puissance reçue par la résistance R en fonction de E, R, R_1 et R_g .

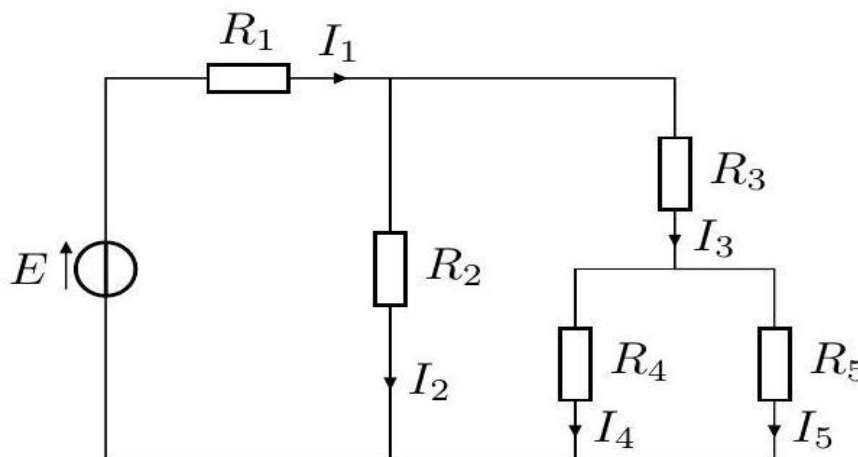
5- En déduire pour quelle température cette puissance est alors maximale ?

Données numériques : $E = 12,0 \text{ V}$ et $R_1 + R_g = 1,0 \text{ k}\Omega$



Exercice 3 : étude de circuits à plusieurs mailles

On considère le circuit suivant.



La force électromotrice E , les résistances R_1, R_2, R_3, R_4 et R_5 sont supposées connues.

On supposera, sauf mention spéciale, que $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R$

1- Simplifier le circuit pour que celui-ci ne contienne plus qu'une seule maille avec une résistance R' (que l'on exprimera en fonction de R) et le générateur de force électromotrice E .

En déduire l'expression de I_1 en fonction de R et E .

2- Modifier à nouveau le circuit initial afin d'en déduire l'expression de I_2 en fonction de R et E .

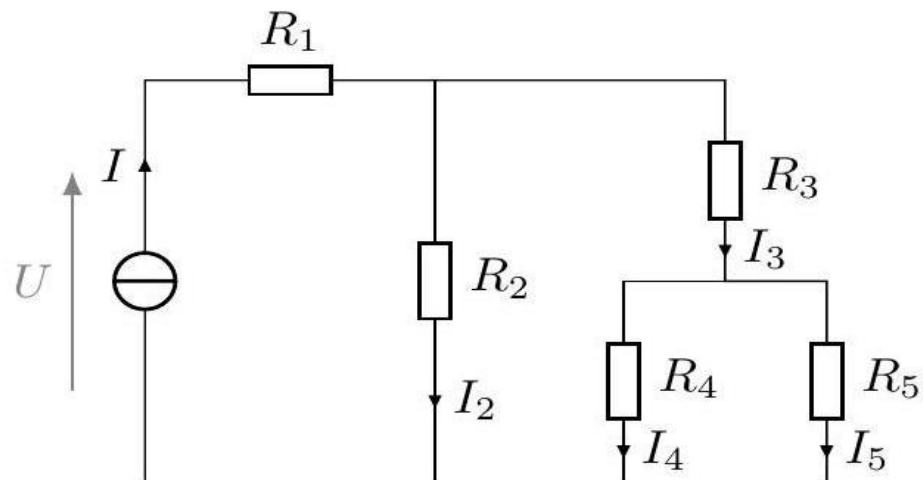
On souhaite utiliser une autre méthode.

3- Établir un système d'équations faisant intervenir les cinq intensités I_1, I_2, I_3, I_4 et I_5 , les 5 résistances R_1, R_2, R_3, R_4 et R_5 (non égales dans cette question) ainsi que E . On ne demande pas de résoudre le système.

4- On se place à nouveau dans le cas où les résistances sont toutes égales à R . Résoudre le système et déterminer I_1 puis I_2 en fonction de E et R . Vérifier que l'on obtient bien les résultats établis aux questions 1 et 2.

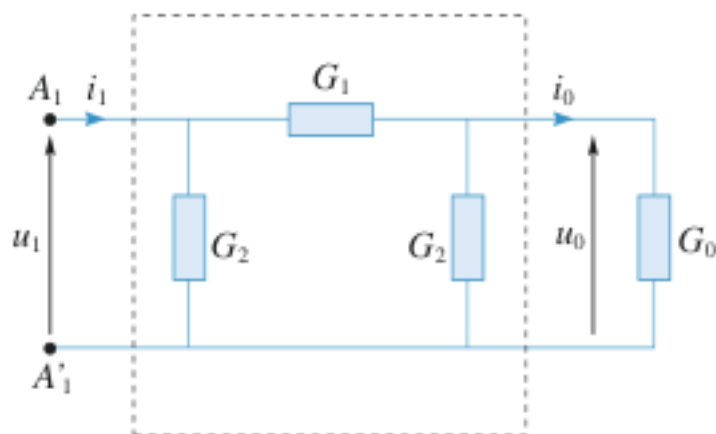
5- On remplace, dans le montage, la source idéale de tension E par une source idéale de courant I d'intensité constante.

Utiliser la méthode de votre choix pour déterminer l'intensité I_2 ainsi que la tension U aux bornes du générateur de courant en fonction des paramètres I et R .



Exercice 4 : conductances itératives

Vous avez étudié en DM un quadripôle résistif en forme de T . On considère maintenant le quadripôle résistif en Π ci-dessous. Sa charge est constituée par le résistor de conductance G_0 .



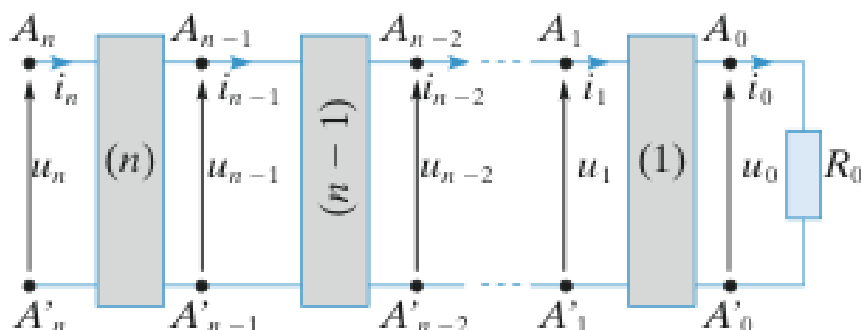
Doc. 1

1 - Déterminer sa conductance d'entrée : $G_{e1} = \frac{i_1}{u_1}$.

Comment doit-on choisir la conductance G_0 pour que $G_{e1} = G_0$? Justifier.

Cette conductance particulière, notée G_{0i} , est appelée conductance itérative du quadripôle.

2- On place en cascade n quadripôles identiques au précédent, l'ensemble étant chargé par la conductance itérative G_{0i} (voir schéma ci-dessous).



Doc. 2

Quelle est la conductance d'entrée $G_{eu} = \frac{i_n}{u_n}$ de l'association ? Justifier.

3- On considère à nouveau le quadripôle du document 1, la charge étant constituée par la conductance itérative G_{0i} .

Calculer son amplification en tension $A_{u_1} = \frac{u_0}{u_1}$ et son amplification en courant $A_{i_1} = \frac{i_0}{i_1}$ puis les exprimer en fonction de $k = \frac{G_2}{G_1}$.

4- On associe à nouveau en cascade n quadripôles identiques au précédent (document 2), l'ensemble ayant encore pour charge la conductance itérative G_{0i} .

Calculer en fonction de k , l'amplification en tension $A_{u_n} = \frac{u_0}{u_n}$ et l'amplification en courant $A_{i_n} = \frac{i_0}{i_n}$ de l'ensemble.

Exercice 5 : chimie

Une pellicule photographique est composée de cristaux photosensibles de bromure d'argent $\text{AgBr}_{(s)}$.

Au cours de l'exposition de la pellicule à la lumière, des photons atteignent des grains de bromure d'argent. Quelques ions bromure perdent un électron qui est alors "piégé" par un ion argent selon le bilan schématisé suivant : $\text{AgBr}_{(s)} = \text{Ag}_{(s)} + \frac{1}{2} \text{Br}_{2(\text{gélatine})}$

Il apparaît ainsi des agrégats d'une centaine d'atomes d'argent métallique de taille beaucoup trop petite pour que l'image soit visible : ils forment l'image latente (non visible).

Le développement de la photo comporte deux étapes : d'abord la révélation, puis la fixation. La révélation conduit au négatif : le révélateur réduit préférentiellement les ions argent des grains qui ont été exposés à la lumière. L'opération de fixage vise à rendre le négatif permanent.

Nous ne nous intéresserons ici qu'à l'opération de fixation au cours de laquelle se produit la réaction suivante, notée (R) :



1- Exprimer le quotient de réaction Q_r de la réaction (R) en fonction des différentes concentrations.

2- On se place pour cette question dans le cas où on mélange dans un bécher une mole de chacun des constituants (réactifs et produits de la réaction (R)). Le volume est $V = 50,0 \text{ mL}$.

Sachant que le critère d'évolution spontanée affirme qu'une transformation évolue spontanément dans le sens direct si le quotient de réaction initial est strictement inférieur à la constante de réaction, prévoir le sens d'évolution de la transformation étudiée. Justifier.

3- On se place pour les questions suivantes dans le cas du traitement de 2000 négatifs contenant chacun en moyenne 100 mg de bromure d'argent $\text{AgBr}_{(s)}$. Ce traitement est effectué par une solution (S) (de volume $V = 5,0 \text{ L}$) de thiosulfate de sodium (contenant des ions thiosulfate $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}(\text{aq})$).

Calculer l'avancement final correspondant à la disparition totale de $\text{AgBr}_{(s)}$.

Donnée numérique : on prendra la valeur approchée $M \approx 2,0 \times 10^2 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ pour le bromure d'argent.

4- On note n_0 la quantité initiale de $\text{AgBr}_{(s)}$ et n'_0 la quantité initiale de $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}(\text{aq})$. On notera ξ_{eq} l'avancement à l'équilibre.

Exprimer la constante d'équilibre K en fonction de ξ_{eq} et de constantes de l'énoncé.

Questions de chimie plus difficiles que les précédentes donc valorisées dans le barème :

5- A partir de ce qui précède, en déduire l'expression puis la valeur (avec 2 chiffres significatifs) de la quantité de matière d'ions thiosulfate à dissoudre dans les 5,0 L de solution (S) pour faire réagir tout le bromure d'argent. Expliquer le raisonnement.

6- Que se passe-t-il si l'on se trompe et si l'on pèse une masse 10 fois plus petite de thiosulfate de sodium pour préparer la solution (S) ? Déterminer s'il reste du AgBr et si oui la quantité restante.