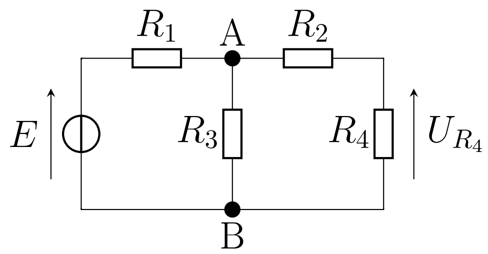
Physique-chimie – DS 2

- **Calculatrices interdites.**
- Toute A.N. sans **unité** ne comptera aucun point, et dégradera l'humeur du correcteur.
- Vérifiez l'**homogénéité** de vos relations.
- Encadrez vos résultats et soignez votre copie.

I Double diviseur de tension

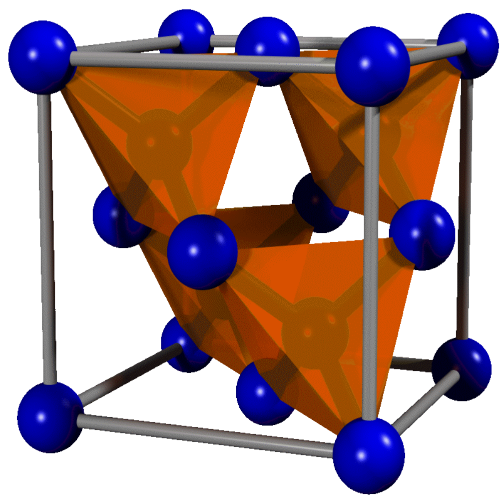
Ci-dessous, $R_1 = 12\,\Omega$, $R_2 = 10\,\Omega$ et $R_3 = R_4 = 20\,\Omega$ et $E = 6{,}0\,\mathrm{V}$.



1 - Calculer la résistance équivalente à R_2, R_3 et R_4 entre les points A et B.

2 - En utilisant deux fois la formule du diviseur de tension, calculer U_{R_4}.

II Solide ionique ou covalent ?



On étudie ici l'iodure cuivreux CuI. L'objectif de cet exercice est de déterminer lequel des modèles décrit le mieux l'iodure cuivreux CuI : avec des liaisons ioniques (Cu et I sont présent sous forme d'ions) ou avec des liaisons covalentes (Cu et I ne sont pas présents sous forme d'ions).

Dans ce cristal, les atomes d'iode forment un réseau cubique faces centrées, et les atomes de cuivre occupent la moitié des sites tétraédriques (cf schéma).

On mesure expérimentalement un paramètre de maille $a_{\text{exp}} = 615\,\mathrm{pm}$. On donne :

- Rayons ioniques (c'est-à-dire rayon des éléments s'ils sont sous forme d'ions) : $R(\mathrm{I}^-) = 220\,\mathrm{pm}$, $R(\mathrm{Cu}^+) = 96\,\mathrm{pm}$ et $R(\mathrm{Cu}^{2+}) = 73\,\mathrm{pm}$;
- Rayons covalents (c'est-à-dire rayons des éléments s'ils ne sont *pas* sous forme d'ion) : $R(\mathrm{I}) = 133\,\mathrm{pm}$ et $R(\mathrm{Cu}) = 117\,\mathrm{pm}$. On donne $\frac{R(\mathrm{Cu})}{R(\mathrm{I})} = 0{,}880$.

Généralités

3 - Représenter la maille CFC formée par les atomes d'iode et déterminer sa population.

4 - Rappeler la localisation des sites tétraédriques dans la maille, en déduire leur nombre. En déduire la population en atomes de cuivre.

5 - Conclure quant à la stoëchiométrie du cristal (donner sa formule à partir des populations).

Première hypothèse : CuI est un solide ionique

Étudions d'abord l'iodure cuivreux en supposant qu'il s'agit d'un solide ionique.

6 - L'iode est situé dans l'avant-dernière colonne de la classification périodique. En déduire en justifiant quel est l'ion monoatomique le plus stable qu'il peut former.

7 - On indique que l'ion le plus stable formé par le cuivre est l'ion Cu^+. Cela est-il cohérent avec la stoëchiométrie du cristal ?

Pour qu'un cristal ionique soit stable, il faut qu'il y ait davantage de contact entre ions de charge opposée qu'entre ions de même charge.

8 - Supposons que les anions I^- soient en contact le long de la diagonale d'une face.

Donner alors l'expression du paramètre de maille a en fonction de $R(I^-)$.

9 - Toujours sous cette hypothèse, donner l'expression du rayon maximal $r_{\max}$ d'un élément qui occupe un site tétraédrique en fonction de $R(I^-)$ et de a ($r_{\max}$ est aussi appelé habitabilité du site).

10 - Toujours sous cette hypothèse, montrer enfin que $r_{\max} = R(I^-)\left(\sqrt{\dfrac{3}{2}} - 1\right)$.

11 - Montrer alors que pour que les cations Cu^+ et les anions I^- puissent être en contact (et donc que le cristal ionique soit stable) il faut que les rayons ioniques vérifient :

$$\frac{R(Cu^+)}{R(I^-)} > \sqrt{\frac{3}{2}} - 1\,. \tag{1}$$

12 - On donne $\dfrac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} - 1 = 0{,}225$ et $\dfrac{R(Cu^+)}{R(I^-)} = 0{,}436$. Que peut-on en conclure ?

13 - Déterminer alors l'expression du paramètre de maille théorique a_i de l'iodure cuivreux en fonction des rayons ioniques.

On admet que l'application numérique donne $a_\mathrm{i} = 730\,\mathrm{pm}$.

Seconde hypothèse : CuI est un solide covalent

Supposons maintenant que les liaisons sont de nature covalente au sein de l'iodure cuivreux. Les élément Cu et I sont donc présents sous la forme Cu et I (non chargés).

14 - Il faut d'abord voir si le contact a lieu entre atomes I ou entre atomes I et Cu. C'est la même démarche que pour aboutir à l'inégalité 1 : il y a contact entre I et Cu si

$$\frac{R(\mathrm{Cu})}{R(\mathrm{I})} > \sqrt{\frac{3}{2}} - 1\,. \tag{2}$$

Conclure sur le type de contact.

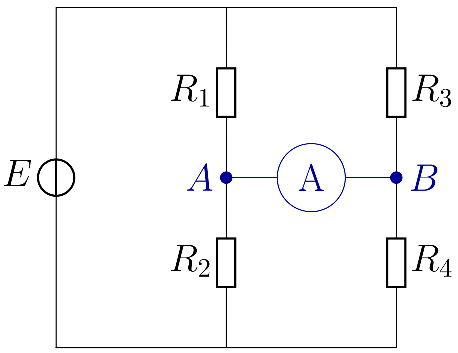
15 - Déterminer alors l'expression du paramètre de maille a_c dans le modèle covalent.

On admet que l'application numérique donne $a_\mathrm{c} = 577\,\mathrm{pm}$.

Conclusion

16 - Conclure quant à la nature des liaisons au sein du cristal.

III Capteur de température



On considère le circuit ci-contre, appelé pont de Wheatston. On va voir qu'il permet de réaliser des mesures de résistances assez précises.

L'ampèremètre est modélisable du point de vue électrique comme une résistance r.

On dit que le pont est équilibré lorsque le courant traversant l'ampèremètre est nul. On peut alors faire comme si les points A et B n'étaient reliés par rien du tout.

17 - Trouver la relation sur les quatre résistances pour que le pont soit équilibré.

On suppose maintenant que la résistance R_1 est une thermistance : sa valeur dépend de la température, selon la relation

$$R_1(T) = R_0(1 + \alpha \Delta T)$$

avec $\Delta T = T - T_0$, $T_0 = 0\,°\mathrm{C}$, $\alpha = 1{,}0 \times 10^{-3}\,\mathrm{K}^{-1}$.

On pose $x = R_4/R_3$.

18 - La valeur de R_0 est telle que le pont est équilibré pour $T = T_0$. En déduire une relation entre R_0, R_2, et x.

19 - On remplace l'ampèremètre par un voltmètre. Montrer que la tension $U = V_A - V_B$ qu'il mesure est donnée par la relation $U = \dfrac{-\alpha \Delta T x}{(1+x)(1+x+\alpha\Delta T)}\,E$.

20 - Pour une utilisation courante, montrer qu'on peut négliger le terme $\alpha\Delta T$ au dénominateur.

Quel est alors l'intérêt de ce montage ?

21 - On prend $x = 1$ et on néglige le terme $\alpha\Delta T$ au dénominateur. Donner alors la valeur de la température si on mesure $U = -25\,\mathrm{mV}$ avec une tension $E = 10\,\mathrm{V}$.