

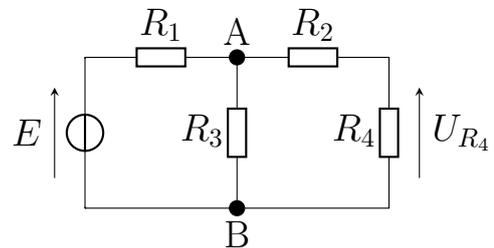
# Physique-chimie – DS 2

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

## I Double diviseur de tension

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

- 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 Stratégies de charge d'un condensateur

Un condensateur peut servir de batterie, c'est le cas par exemple des "supercondensateurs" qui équipent certains bateaux ou bus. Il se pose alors la question de la recharge du condensateur. L'énergie est prélevée sur le réseau électrique, et dans l'idéal on souhaite que 100% de cette énergie soit transférée au condensateur. Or ce n'est pas possible, comme nous allons le voir.

On raisonne sur le circuit ci-dessous pour envisager deux méthodes.

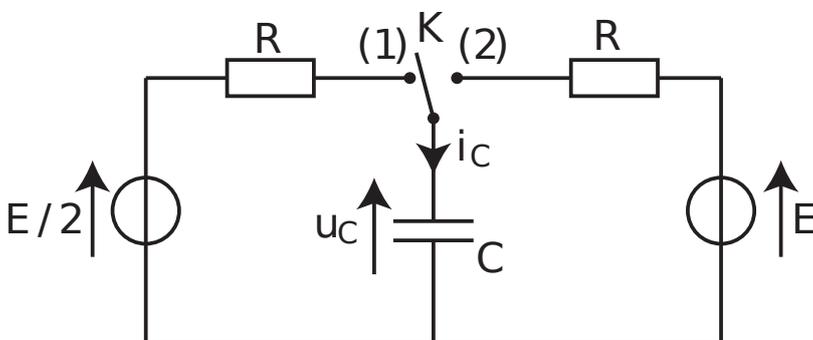


Schéma de recharge d'un condensateur.



Bateau dont les batteries sont des super-condensateurs.

### Premier procédé de charge

L'interrupteur K est d'abord dans la position intermédiaire où il n'établit aucun contact.

Le condensateur étant initialement déchargé, on bascule l'interrupteur K dans la position (2) à  $t = 0$ . On peut alors ignorer la partie de gauche du circuit.

**3** - Établir l'équation différentielle portant sur  $u_C$ .

On la mettra sous la forme  $\frac{du_C}{dt} + \frac{u_C}{\tau} = \frac{E}{\tau}$  avec  $\tau$  un paramètre dont on précisera l'expression.

**4** - Déterminer sans utiliser l'équation différentielle la valeur de  $u_C(0^+)$  (juste après le basculement de l'interrupteur).

**5** - Résoudre l'équation différentielle obtenue ci-dessus.

**6** - Tracer l'allure de la solution.

**7** - Donner en fonction de  $C$  et de  $E$  l'expression de l'énergie stockée par le condensateur à la fin de sa charge.

**8** - Démontrer que le courant  $i_c$  s'écrit, pour tout  $t \geq 0$  :  $i_c(t) = \frac{E}{R} e^{-t/\tau}$ .

**9** - Calculer alors l'énergie électrique fournie par le générateur sur l'ensemble de la charge.

**10** - On appelle rendement (noté  $\eta$ ) de la charge du condensateur le rapport entre l'énergie stockée par le condensateur à l'issue de la charge et de l'énergie fournie par le générateur au cours de cette charge :  $\eta = \frac{\mathcal{E}_{\text{stockée}}}{\mathcal{E}_{\text{fournie}}}$ .

Quel est la valeur du rendement de la charge avec la méthode envisagée ?

## Second procédé de charge

On souhaite utiliser une méthode qui permet d'améliorer le rendement de la charge. On réalise une charge en deux temps. Le condensateur est initialement déchargé. L'interrupteur K est d'abord dans la position intermédiaire où il n'établit aucun contact. Puis il est fermé en position (1) à  $t = 0$ . Lorsque le régime transitoire qui s'ensuit est achevé, l'interrupteur est basculé en position (2).

**11** - Déterminer l'expression de  $u_C(t)$  pendant la première phase de la charge.

**12** - Déterminer en fonction de  $R$  et de  $C$  l'expression de l'instant  $t_1$  pour lequel la tension  $u_C$  aux bornes du condensateur atteint 99% de sa valeur finale au cours de cette première étape.

Dans la suite, on considérera que la charge est totalement achevée à cet instant  $t_1$  (donc  $u_C(t_1) \simeq E/2$ ), et qu'on passe en phase 2 (basculement de l'interrupteur en position (2)).

**13** - Exprimer la tension  $u_C(t)$  aux bornes du condensateur au cours de la deuxième phase de charge, qui commence à  $t_1$ , en résolvant l'équation différentielle. Attention à l'expression de la condition initiale.

- 14 - Tracer l'allure de  $u_C(t)$  en fonction du temps au cours de l'ensemble des deux phases de charge.
- 15 - Exprimer l'intensité  $i_C$  qui traverse le condensateur pendant les deux phases de charge. On distinguera les cas en fonction de  $t$ .
- 16 - Déterminer l'énergie électrique fournie par les deux générateurs pendant la charge. On pourra utiliser  $e^{-5} \simeq 0$ .
- 17 - En déduire le rendement pour cette nouvelle façon de procéder. Conclure quant aux avantages et désavantages.  
Peut-on envisager une méthode qui permette d'atteindre un rendement de 100% ? Avec quel désavantage ?

### III Un matériau pour la fabrication de miroirs de télescope : le carbure de silicium

---

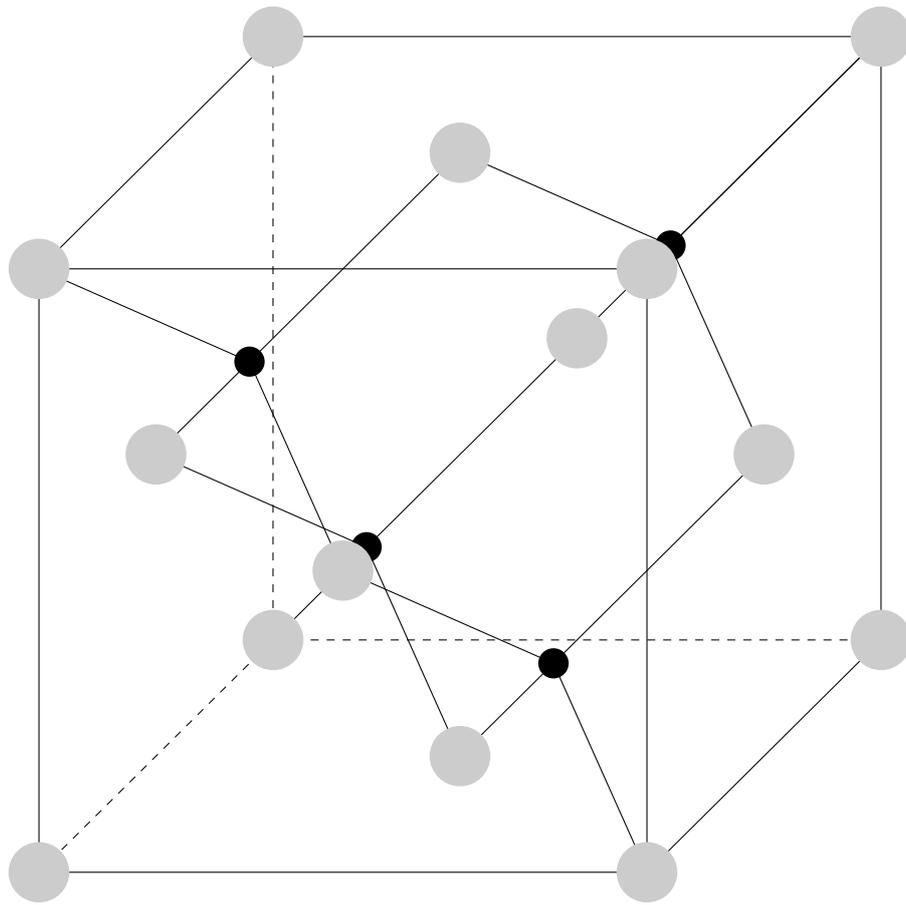
Le carbure de silicium, de formule SiC, a été découvert par Jöns Jacob BERZELIUS en 1824 lors d'une expérience pour synthétiser du diamant. Il est devenu un matériau incontournable pour la fabrication d'instruments optiques nécessitant une stabilité thermomécanique importante. En particulier la face optique des miroirs peut être revêtue de SiC par dépôt chimique en phase vapeur afin de masquer toute porosité résiduelle et obtenir une surface polissable parfaite.

Par exemple, le télescope spatial infrarouge Herschel, opérationnel entre 2009 et 2013, emportait un miroir primaire de 3,5 m de diamètre, le plus grand miroir de l'espace, constitué de 12 segments en carbure de silicium fritté, assemblés par brasage.

- 18 - Le numéro atomique du carbone est  $Z_C = 6$ . Donner sa configuration électronique à l'état fondamental.
- 19 - Le silicium Si est situé juste en-dessous du carbone dans le tableau périodique. Quel est son numéro atomique ?
- 20 - Donner la composition de l'isotope 28 du silicium (nombre de protons, neutrons, électrons).
- 21 - Que peut-on dire des propriétés chimiques respectives du carbone et du silicium ?

Le carbure de silicium présente de très nombreuses structures cristallines. Celle utilisée dans la fabrication de miroirs est la phase  $\beta$  ou 3C-SiC. La figure ci-dessous représente la maille conventionnelle du  $\beta$ -SiC ainsi que son contenu ; les atomes de silicium, en gris, occupent les positions d'une structure cubique à faces centrées ; les atomes de carbone, en noir, occupent un site tétraédrique sur deux en alternance.

**Données :** masses molaires  $M_{\text{Si}} = 28,085 \text{ g/mol}$ ,  $M_{\text{C}} = 12,011 \text{ g/mol}$ , constante d'Avogadro :  $N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ , masse volumique du  $\beta$ -SiC :  $\rho = 3,2 \text{ g/cm}^3$ .



- 22** - Dénombrer le nombre d'atomes de carbone et de silicium contenus en propre dans la maille et proposer une formule chimique pour ce matériau.
- 23** - Que vaut la coordinence des atomes de carbone par rapport aux atomes de silicium ?
- 24** - Exprimer la masse volumique de SiC en fonction entre autres des masses molaires du silicium et du carbone et du paramètre de maille  $a$ .  
En déduire l'expression de  $a$  en fonction de grandeurs connues.  
On admet que l'application numérique donne  $a = 436$  pm.
- 25** - Il y a contact entre carbone et silicium, le long des liaisons covalentes symbolisées par des traits sur la figure.  
Donner l'expression du rayon  $r_C$  d'un atome de carbone inséré dans un site tétraédrique en fonction du rayon  $r_{Si}$  d'un atome de silicium et du paramètre de maille  $a$ .
- 26** - L'étude du diamant permet, à partir de sa masse volumique, d'en déduire que  $r_C = 77$  pm (cf exercice de TD). En déduire la valeur du rayon d'un atome de silicium. On donne  $436 \times \sqrt{3}/4 \simeq 189$ .