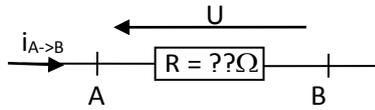


Conduction électrique des matériaux

I Résistance/conductance : du constructeur à l'expérimentateur (suite de la fiche « notions d'électricité »)

Document 1 : conducteur et loi d'Ohm



La tension aux bornes de certains conducteurs et l'intensité qui les traversent sont des grandeurs proportionnelles pour tout dipôle appelé dipôle ohmique. On peut donc écrire, pour ces dipôles, $U = R \cdot i_{A \rightarrow B}$ avec U , différence de potentiel entre les points A et B $V_A - V_B$ et représentée par un segment fléché pointant de B vers A. C'est la loi d'Ohm. U en V (volt), i en A (ampère) et R en Ω (ohm) dans le SI.

Le coefficient R qui vaut $R = U/i_{A \rightarrow B}$ est donc le quotient de la perturbation que subit le matériau créé par l'expérimentateur (la différence de potentiel entre les deux bornes du dipôle qui apparaît quand on le place dans un circuit) sur la conséquence de cette perturbation (l'apparition d'un courant).

On sent ainsi bien que si, pour un matériau donné, une faible perturbation (donc une faible tension) engendre tout de même une forte conséquence, c'est-à-dire un fort courant, la valeur mathématique de R est faible/grande et physiquement, on sent dans ce cas que le matériau conduit bien/mal le courant.

Une faible valeur de R ou une grande valeur de G ($G=1/R$, G en S (siemens)) traduit une faible résistance au courant (il se met en place facilement) et une grande capacité à conduire le courant. **R est donc appelée résistance et G conductance du matériau.**

Inversement, une forte valeur de R ou une faible valeur de G ($G=1/R$) traduit une résistance importante au courant (qui a du mal à se mettre en place).

Document 2 : valeur des résistances données par le constructeur

Le fabricant indique la valeur de la résistance R d'un conducteur ohmique par un code de couleur sous la forme d'anneaux dessinés sur le corps du conducteur.

Le dernier anneau (or, argent...) indique la précision de la valeur de R , cette valeur ne pouvant être parfaitement calibrée lors de la construction

1) Questions :

De quoi peut dépendre physiquement la résistance d'un conducteur ohmique ?

Pour quelles raisons ne peut-on obtenir pour R une précision infinie ?

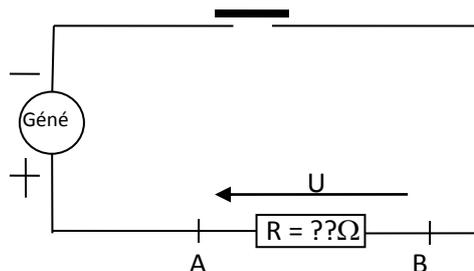
Que signifie une valeur obtenue par le code des couleurs de $12 \cdot 10$ à $0,5\%$ près ? Quel encadrement de la véritable valeur de R peut-on donner ? Le faire visionner sur un axe.

2) Partie expérimentale :

Matériel à disposition : fils, générateur de tension variable, deux multimètres, plaque de conducteurs ohmiques, bouton poussoir, ordinateur avec regressi, feuille des codes couleurs des résistances (voir dossier notices)

Travail demandé : rédiger un protocole complet afin de vérifier le plus précisément possible la valeur constructeur de la résistance du conducteur ohmique n°2 monté sur la plaque de plexiglas, valeur indiquée par le code de couleur des résistances, en utilisant les multimètres en ampèremètre et en voltmètre.

On réalisera le circuit électrique suivant que l'on complètera pour les mesures adéquates. On fera varier la tension du générateur entre 0 et 10 V.



Après vérification de votre protocole par le professeur, le mettre en place et répondre au problème posé.

Ne pas oublier de valider ou non la valeur trouvée expérimentalement en faisant attention aux erreurs/précisions obtenues comme tout bon scientifique (cette remarque ne sera plus là désormais, vous devez faire attention à cela à chaque fois).

II Résistance et température

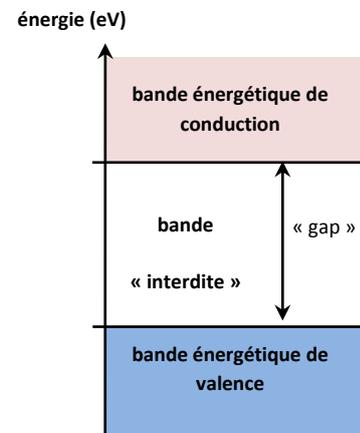
Document 3 : approche de la théorie quantique des bandes

Dans un atome isolé, l'énergie des électrons ne peut posséder que des valeurs discrètes et bien définies. Dans un solide, la situation est intermédiaire : l'énergie d'un électron peut avoir n'importe quelle valeur à l'intérieur de certains intervalles appelés bandes d'énergies permises, séparées par des bandes interdites. Cette représentation en bandes d'énergie est une représentation simplifiée.

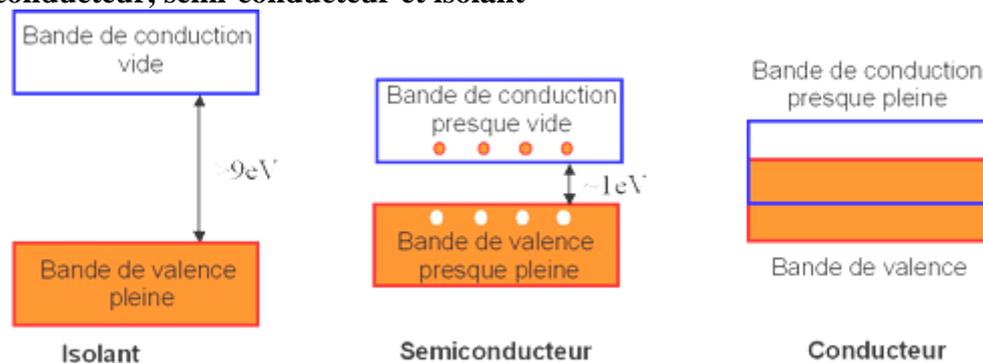
Deux bandes d'énergie permises jouent un rôle particulier. La dernière bande complètement remplie est appelée **bande de valence**. La bande d'énergie permise qui la suit est appelée **bande de conduction**. Elle peut être vide ou partiellement remplie. L'énergie qui sépare la bande de valence de la bande de conduction est appelée le « gap ».

Les électrons de la bande de valence assurent les liaisons covalentes entre les atomes du réseau et sont dans des états liés. Ils ne peuvent pas participer aux phénomènes de conduction électrique. À l'inverse, les électrons présents dans la bande de conduction peuvent se déplacer dans le réseau. Ce sont ces électrons qui sont dits « libres » qui participent à la conduction électronique.

Les propriétés électroniques du solide dépendent donc essentiellement de la répartition des électrons dans ces deux bandes, ainsi que de la valeur du gap.



Document 4 : conducteur, semi-conducteur et isolant



Dans un isolant, la bande de valence occupée par tous les électrons est très éloignée en énergie de la bande de conduction par une bande dite interdite ou « gap ». Une telle configuration est obtenue pour des énergies de gap supérieures à $\sim 9\text{eV}$, car pour de telles énergies, l'agitation thermique à 300K (environ 27°C), ne peut pas faire passer les électrons de la bande de valence à celle de conduction par rupture de liaison électronique. Le courant ne peut exister. C'est le cas par exemple du diamant. Sa résistance est infinie quelle que soit la température.

Un semi-conducteur est un isolant pour une température de 0K. Cependant ce type de matériau ayant une énergie de gap plus faible que l'isolant ($\sim 1\text{eV}$), il aura, de par l'agitation thermique (typiquement vers $T=300\text{K}$), une bande de conduction légèrement peuplée d'électrons et une bande de valence légèrement dépeuplée. Sachant que la conduction est proportionnelle au nombre d'électrons pour une bande d'énergie presque vide et qu'elle est proportionnelle au nombre de trous pour une bande presque pleine, on déduit que la conduction d'un semi-conducteur reste « mauvaise ». Mais elle augmente avec la température car davantage d'électrons, à température élevée, rejoignent la bande de conduction. C'est le cas des cristaux de silicium ou de germanium. La résistance est grande mais elle diminue avec la température.

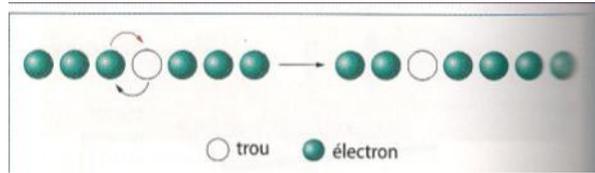
Pour un conducteur, l'interpénétration des bandes de valence et de conduction implique qu'il n'existe pas d'énergie de gap. La bande de conduction est alors partiellement pleine (même aux basses températures) et ainsi la conduction du matériau est « élevée ». C'est le cas de l'ensemble des métaux à température ambiante. La résistance reste faible. Elle augmente avec la température car avec une forte agitation thermique, les électrons subissent davantage de chocs et donc sont davantage « freinés », d'où une conduction moins bonne.

D'après http://www.optique-ingenieur.org/fr/cours/OPI_fr_M05_C02/co/Contenu_02.html

Document 5 : électrons et trous dans les semi-conducteurs.

Dans les semi-conducteurs, on peut considérer que la conduction du courant s'effectue par les électrons ou par... des trous ! Quand un électron quitte la place, il laisse en effet derrière lui un trou. Un électron voisin peut alors venir le combler, formant à son tour un trou, et ainsi de suite. De la sorte, on peut dire que le trou se déplace.

Pour un semi-conducteur, la conduction est proportionnelle au nombre d'électrons pour une bande d'énergie presque vide et elle est proportionnelle au nombre de trous pour une bande presque pleine.



Manuel Bordas T^{ale} Spécialité.

Document 6 : loi des résistances

Pour un conducteur, R est fonction de la température et suit la loi affine $R = R_0 (1 + b \cdot T)$ où R_0 et b sont des constantes.

Pour un semi-conducteur, R suit la loi exponentielle : $R = R_{25} \cdot \exp[B \cdot ((1/T) - (1/298))]$ où R_{25} et B sont des constantes, B étant appelé indice de sensibilité du semi-conducteur.

Dans ces expressions, les résistances sont en ohms et les températures en Kelvin On rappelle que $T(K) = \theta(^{\circ}C) + 273,15$

Matériel à disposition : thermistance, sonde thermométrique, ballon, tube à essais, papier d'aluminium, chauffe-ballon, eau, glace pilée, fils électriques, multimètre, ordinateur avec regressi.

Quelques indications :

- La thermistance ne doit pas plonger dans l'eau. On la placera dans le tube à essai.
- Le papier d'aluminium sert à empêcher les pertes thermiques trop importantes.

Travail demandé :

- Elaborer un protocole complet afin de déterminer si la thermistance à disposition est fabriquée avec un matériau conducteur, semi-conducteur ou isolant et d'obtenir la loi mathématique complète régissant sa résistance en fonction de la température.
- Après validation de votre protocole, le mettre en œuvre pour répondre au problème posé.
- Quelle utilisation pourrait-on proposer pour ces thermistances ? Expliquer brièvement.