

Étude de deux thermistances dopées N et P

► La résistance des conducteurs augmente lorsque la température augmente. Ce n'est pas le cas des semi-conducteurs.

Étudions un composant particulier appelé thermistance.

Mots clés

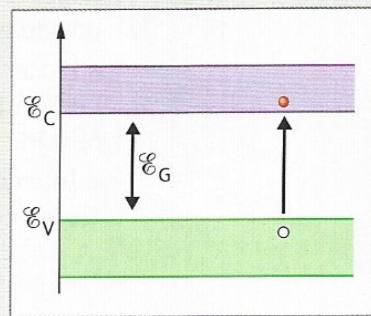
- Conducteurs
- Semi-conducteurs

Le plus utilisé des semi-conducteurs est le silicium. Dans un cristal de silicium, chaque atome met en commun quatre électrons périphériques avec quatre atomes voisins. Dans un semi-conducteur, il existe, au-dessus de la bande de valence, une bande interdite. Cependant, certains électrons acquièrent, par agitation thermique, l'énergie nécessaire pour devenir mobiles et contribuer à la conduction électrique (figure 4). Chaque électron libre laisse une place vide appelée « trou », équivalent à une charge élémentaire positive sautant d'atomes en atomes et participant également à la conduction (figure 6).

Les propriétés électriques des semi-conducteurs sont donc liées aux porteurs de charge qu'ils contiennent: les électrons et les « trous ».

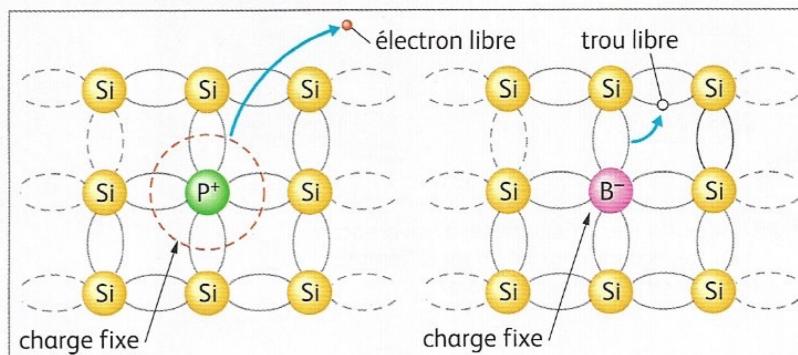
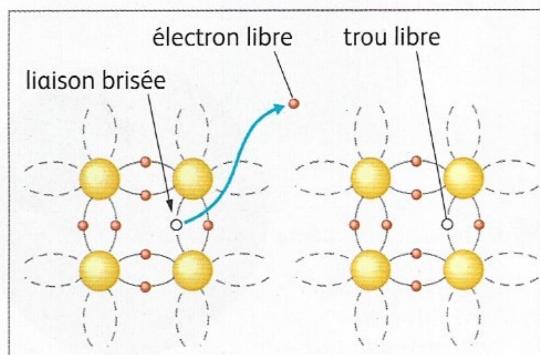
Le dopage du silicium consiste à remplacer certains de ses atomes par ceux d'un autre élément: du phosphore P (atome donneur car disposant de cinq électrons périphériques) ou du bore B (atome accepteur car disposant de trois électrons périphériques) (figure 7).

Un niveau d'énergie apparaît dans la bande interdite, facile à peupler car proche de la bande de conduction dans le cas d'un dopage N (figure 8a) et proche de la bande de valence dans le cas d'un dopage P (figure 8b). La conductivité du semi-conducteur est ainsi considérablement augmentée du fait du dopage.



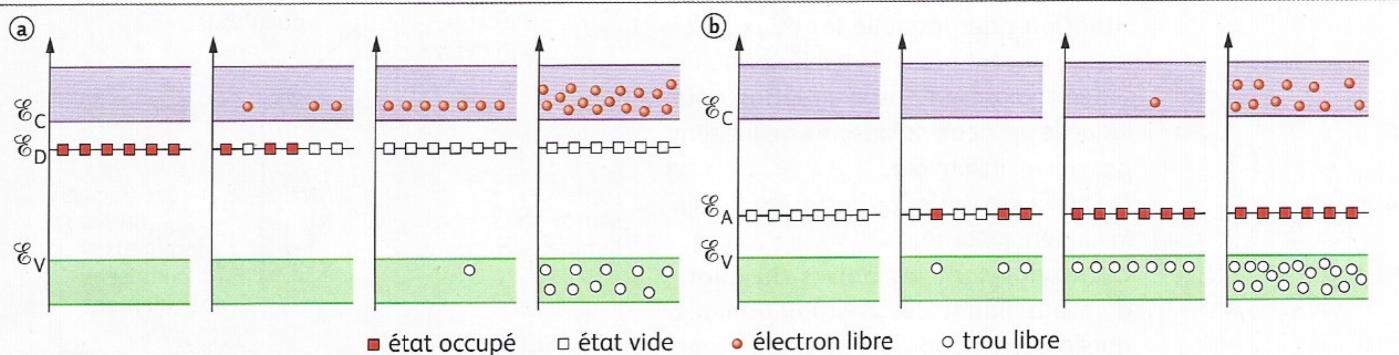
4 Bandes de conduction et de valence, séparées par une bande interdite.

5 Dopage du silicium par des atomes donneurs (D) ou accepteurs (A) d'électrons.



6 Un électron de valence passe dans la bande de conduction: il devient un « électron libre ». Il apparaît un « trou » dans la bande de valence.

7 Dopage du silicium au phosphore ou au bore.



8 Peuplement des bandes de valence et de conduction.
① Dans le cas d'un dopage N.

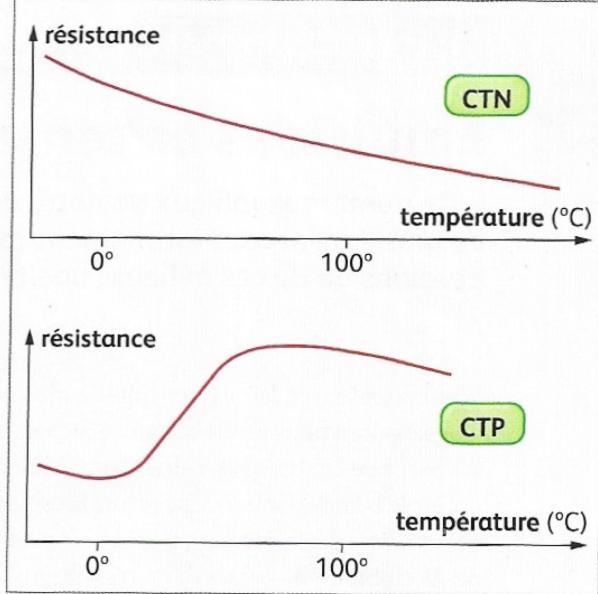
② Dans le cas d'un dopage P.

Une thermistance est un conducteur ohmique dont la résistance dépend considérablement de la température du fait du dopage du semi-conducteur; une CTN (Coefficient de Température Négatif) est une thermistance dopée au phosphore par exemple, une CTP (Coefficient de Température Positif) est dopée au bore.

Les CTP peuvent être utilisées :

- comme détecteur de température, pour protéger des composants (moteurs, transformateurs) contre une élévation excessive de la température;
- comme protection contre des surintensités;
- comme détecteur de niveau de liquide : la température de la CTP et donc sa résistance, sera différente lorsque le capteur est dans l'air ou plongé dans un liquide.

9 Thermistances.



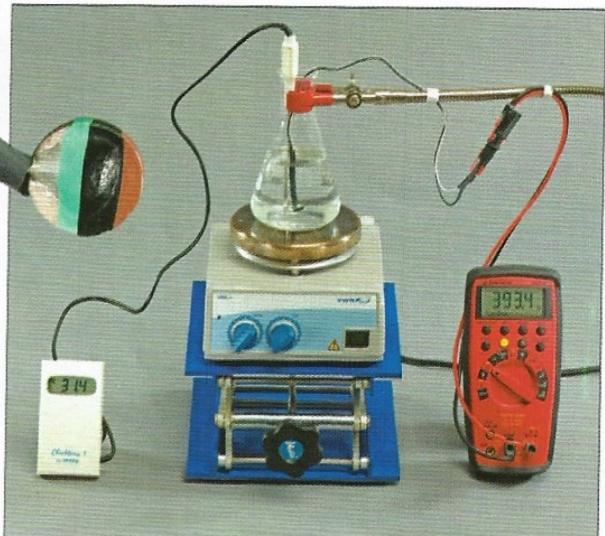
10 Évolution de la résistance de CTN et CTP en fonction de la température.

1 Expériences

- a. On souhaite tracer expérimentalement les courbes esquissées dans le **document 10**, dans le domaine de température [0 °C; 100 °C].

Décrire un protocole utilisant le matériel et le dispositif expérimental ci-contre, puis le réaliser après validation par le professeur.

- b. Recommencer les mesures avec la thermistance dopée P.



11 Dispositif expérimental.

Info

Les CTN sont fabriquées à base d'oxydes de métaux de transition (manganèse, cobalt, cuivre et nickel).

Les CTP sont fabriquées à base de titanate de baryum.

2 Analyser les expériences

- a. Justifier le choix de votre protocole.
b. Tracer $R = f(\theta)$. La résistance de la CTN peut être modélisée par :

$$R_{\text{CTN}} = R_0 \exp \left[B \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{298} \right) \right].$$

Déterminer B et R_0 , résistance nominale à 25°C (298 K).

Matériel :

- thermistance dopée N et thermistance dopée P;
- ohmmètre;
- bêcher sur agitateur chauffant (ou ballon et chauffe-ballon);
- thermomètre.

3 Interpréter

- a. Quelle est la place du phosphore dans la classification périodique ? Comparer sa couche de valence à celle du silicium. Pourquoi un dopage au phosphore est-il noté « dopage N » ?
b. Pourquoi y a-t-il augmentation de la conductivité du semi-conducteur dopé N quand la température augmente ?
c. Quelle est la place du bore dans la classification périodique ? Pourquoi un dopage au bore est-il noté « dopage P » ?
d. Proposer une modélisation pour la CTP. Quel est le domaine de validité de cette modélisation ?