

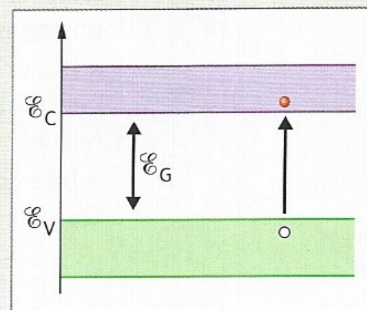
Étude de deux thermistances dopées N et P

► 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).



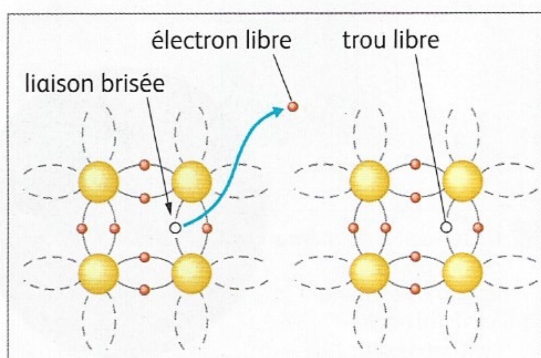
4 Bandes de conduction et de valence, séparées par une bande interdite.

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

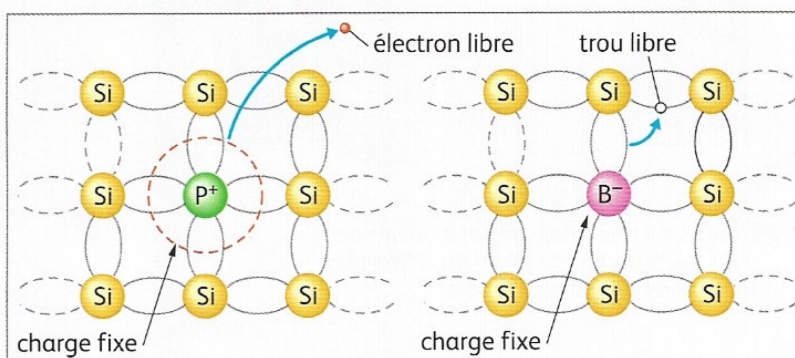
Le dopage du silicium consiste à remplacer certains de ses atomes par ceux d'un autre élément : du phosphore P (atome donneur car disposant de cinq électrons périphériques) ou du bore B (atome accepteur car disposant de trois électrons périphériques) (figure 7).

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.

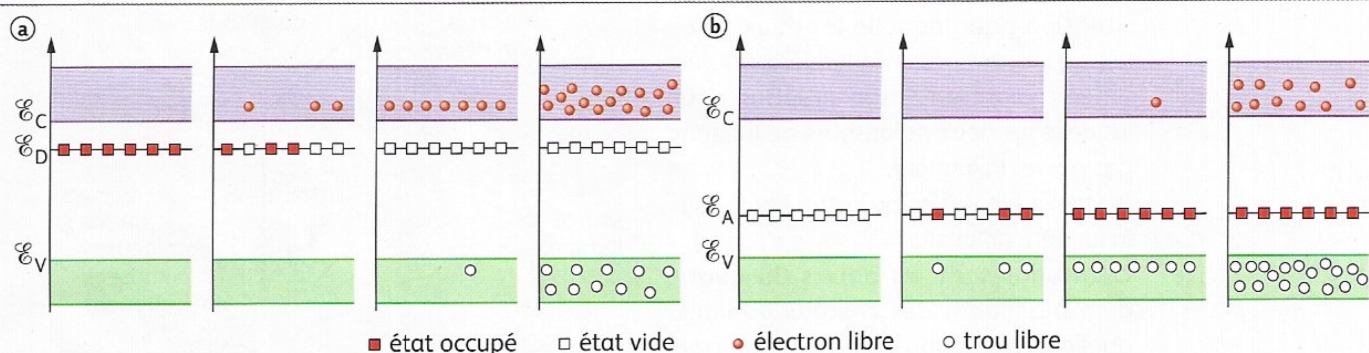
5 Dopage du silicium par des atomes donneurs (D) ou accepteurs (A) d'électrons.



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 Dopages du silicium au phosphore ou au bore.



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

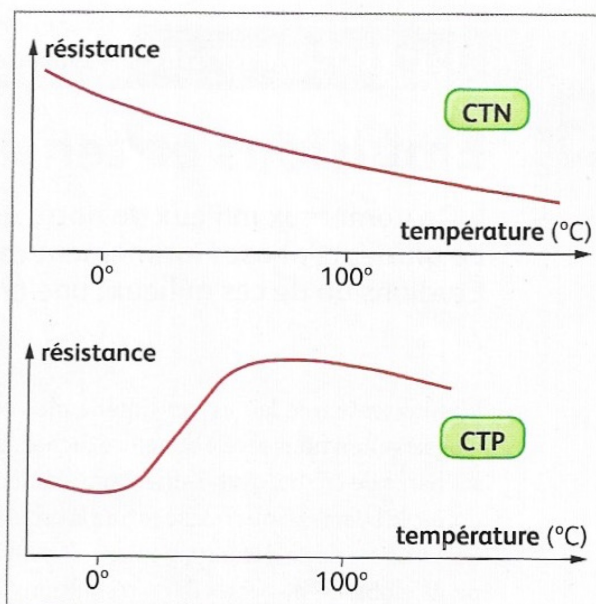
(b) Dans le cas d'un dopage P.

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.



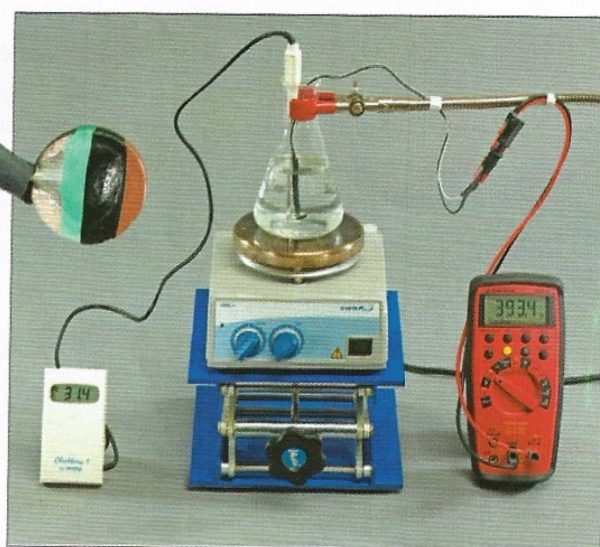
10 Évolution de la résistance de CTN et CTP en fonction de la température.

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.

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 :

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

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

Matériel :

- thermistance dopée N et thermistance dopée P ;
- ohmmètre ;
- bécher 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 ?

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.