

## Conduction électrique des matériaux

1

1) La combinaison linéaire d'un nombre immense d'OA permet d'obtenir autant d'ON se répartissant dans une bande d'énergie de largeur finie  $\rightarrow$  l'écart énergétique est très faible entre 2 ON successives d'une même bande.

On peut obtenir des bandes séparées ou des bandes qui se chevauchent si on combine des OA d'énergies différentes (s et p par ex.).

On considère  $N$  atomes dans le matériau.

2.a Pour Na :  $3s^1$ . On a  $N$  électrons à placer dans une bande contenant au moins  $N$  ON.

\* Si les bandes s et p ne se chevauchent pas, la bande s à moitié occupée permet la conduction même à basse température



bande s

$N/2$  ON vides

$N/2$  ON occupées par  $N$  électrons

La conduction est impossible dans une bande totalement occupée.

(principe d'exclusion de Pauli !)

Na est conducteur grâce à la proximité énergétique entre les ON occupés les plus hautes et les ON vacantes les plus basses :

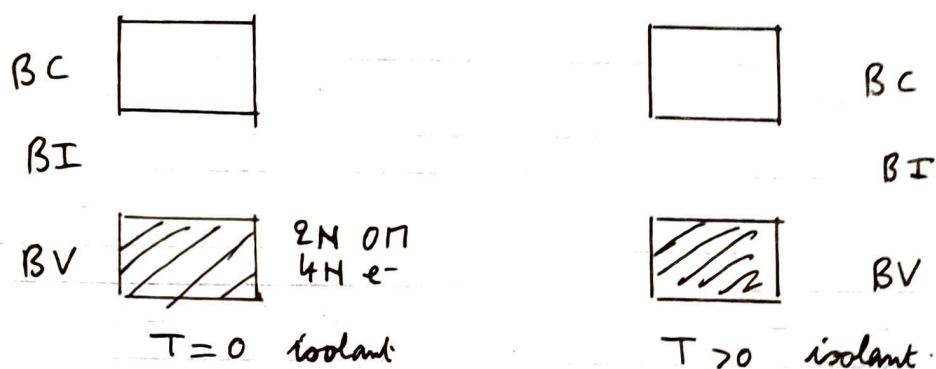
Une excitation même très faible suffit à rendre des électrons très mobiles  $\rightarrow$  Conduction électrique  $\forall T$  ( $< T_{el}$  !)

\* Si les bandes s et p se chevauchent, on se retrouve dans une situation identique (proximité entre ON occupés et ON vacantes).

2b) et 2c) La combinaison de 4 O.A.s et 3 H.O.A.p  
 conduit à 2 bandes d'O.P. : BV constituée de 2 H.O.P.  
 liantes et BC constituée de 2 H.O.P. antiliantes.

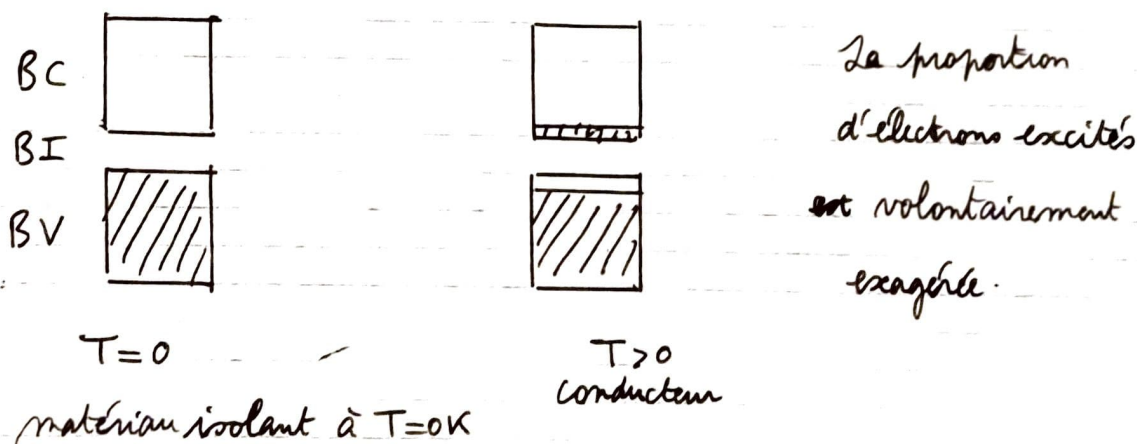
Pour C et Si (4 e<sup>-</sup> de valence), seule BV est occupée (et pleine)  
 par 4 H électrons, à T = zéro Kelvin. La conduction est impossible  
 à T = 0 K (sauf par application d'un champ  $\vec{E}$  énorme !).

2b) isolant exemple <sup>diamant</sup>. BI est large donc  
 on n'a pas de transfert électronique de BV vers BC si T ↑.



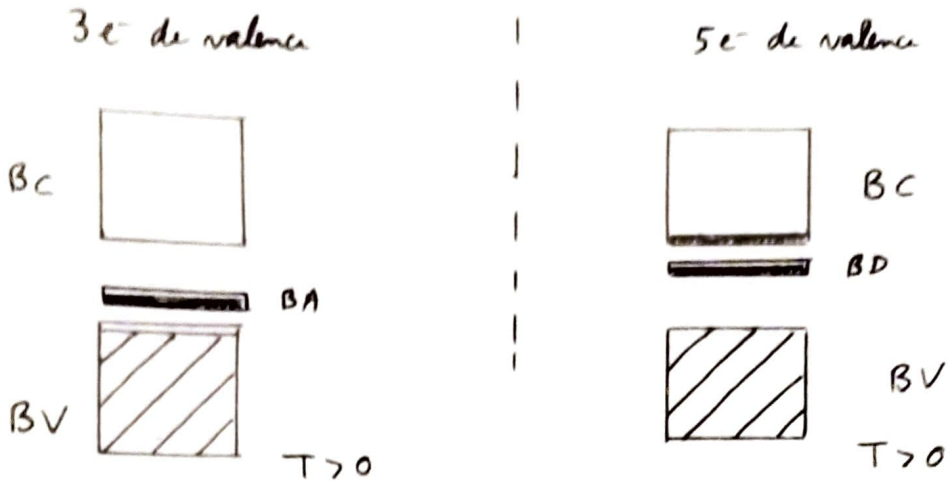
2c) semi conducteur intrinsèque : ex Si

BI est plus étroite et des e<sup>-</sup> peuvent passer de BV à BC  
 si T augmente. Les électrons peuvent conduire dans BC tandis  
 que les trous positifs dans BV (créés par le départ des e<sup>-</sup>) sont  
 conducteurs dans BV (toujours grâce au continuum  
 énergétique à l'intérieur des bandes BV et BC).



d) Im : (L5, C13),  $5s^2 5p^1$  | P : (L3, C15),  $3s^2 3p^3$

3



La conduction dans la bande acceptrice ou dans la bande donneuse est faible car ces bandes sont étroites et comportent peu de niveaux énergétiques. La mobilité des électrons y est donc faible.

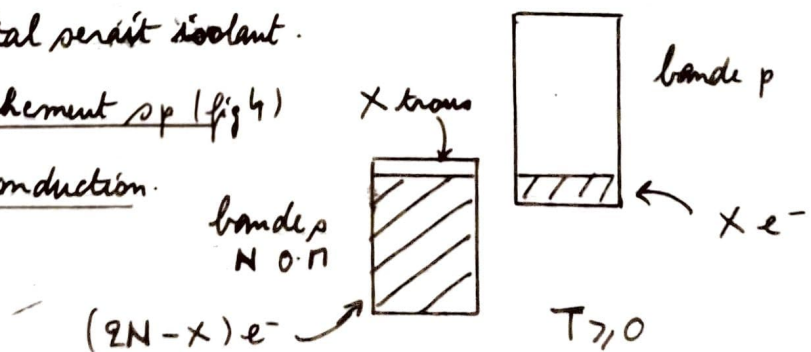
Si dopé par Im est conducteur grâce à la présence de trous positifs dans BV  $\rightarrow$  semi-conduction de type p.

Si dopé par P est conducteur grâce à la présence d'électrons dans BC  $\rightarrow$  semi-conduction de type n.

e) Les énergies de la BT sont inacessibles : il n'existe pas d'OT associés à ces valeurs énergétiques. Les électrons ne peuvent pas "s'y placer".

3) S'il n'y avait pas de chevauchement sp, la bande p constituée de N OT serait totalement remplie par les  $2N$  e<sup>-</sup> de valence. Le métal serait isolant.

|| C'est le chevauchement sp (fig 4)  
|| qui permet la conduction.



La conduction est assurée par les deux bandes.



4)  $\sigma(\text{cond}) >$  $\sigma$   
semi conducteur $\sigma(\text{isolant})$ 

↑  
Le niveau de Fermi  
se trouve dans un  
continuum  
énergétique

↑  
BV pleine à  $T=0$   
BC vide à  $T=0$   
BI peu large et  
transfert si  $T \uparrow$

↑  
BV pleine si  $T > 0$   
BC vide si  $T > 0$   
BI trop large

5) Pour les conducteurs,  $\sigma \rightarrow$  si  $T \uparrow$  car les  
vibrations croissantes réduisent la mobilité des électrons.

Pour les semi-conducteurs,  $\sigma \uparrow$  si  $T \uparrow$  car si  $T \uparrow$ ,  
on augmente le transfert des électrons de BV à BC,  
on augmente donc le nombre de porteurs mobiles de charge :  
On a plus d' $e^-$  dans BC et plus de trous positifs dans BV.