

12ème leçon : Les Matériaux Semi-Conducteurs

- **I. Les électrons dans la matière**
 - L'atome isolé
 - Les électrons dans les solides
- **II. Les Semi-Conducteurs**
 - Les Semi-Conducteurs intrinsèques
 - Les Semi-Conducteurs dopés
 - » Dopage N
 - » Dopage P
- **III. La jonction P-N**

Les électrons dans la matière : Théorie sommaire

- **Propriétés des électrons dans le vide :**

Charge : $q_e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Masse : $m_e = 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

- **Suivant le type d'expérience réalisée, l'électron peut être observé comme**
 - une particule (effet photoélectrique)
 - une onde (fentes d'Young)

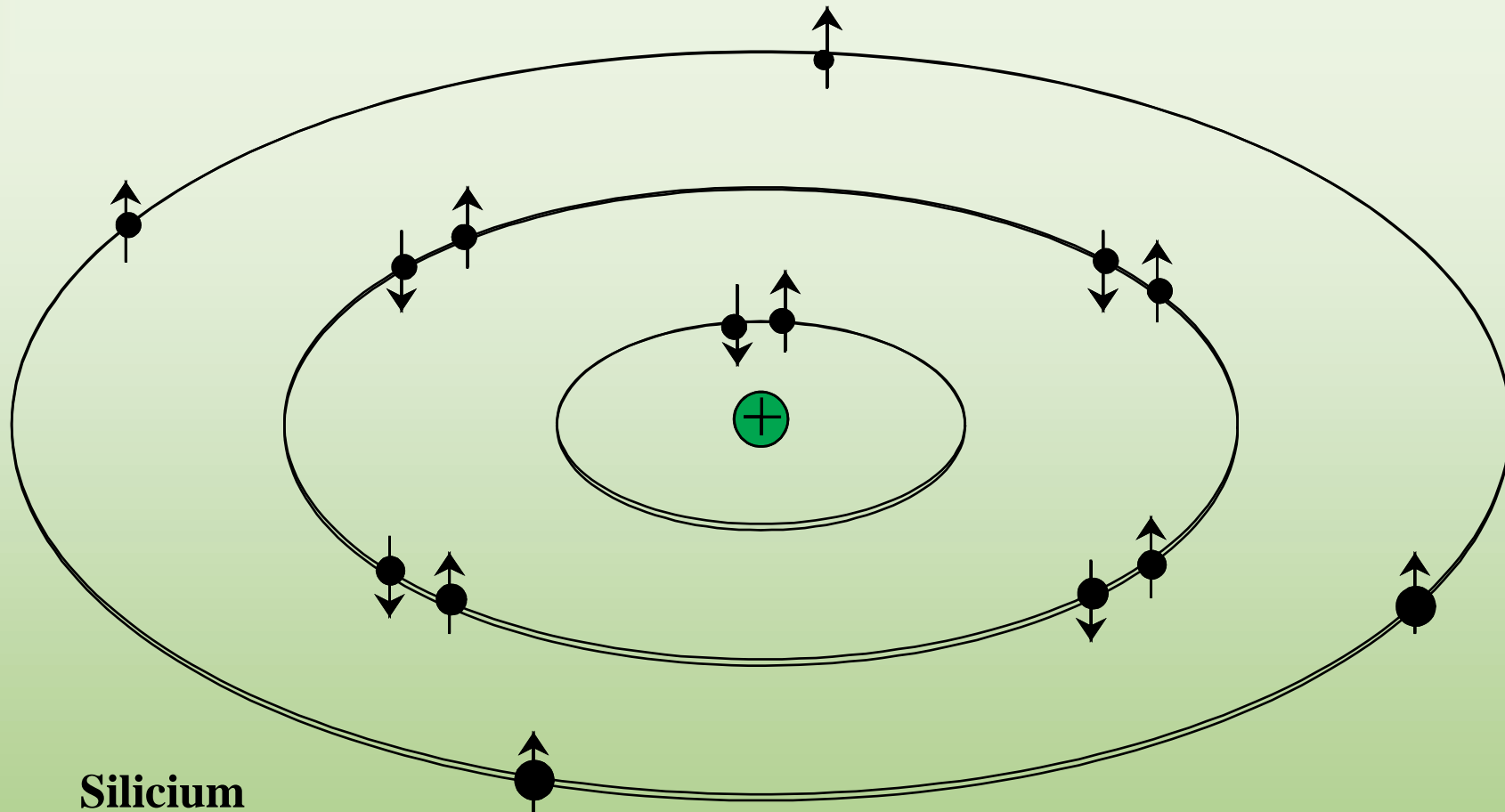
Les électrons dans l'atome isolé

- **L'atome :**
diamètre $\sim 0.1 \text{ nm} = 100 \text{ fm} = 1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$
électriquement neutre

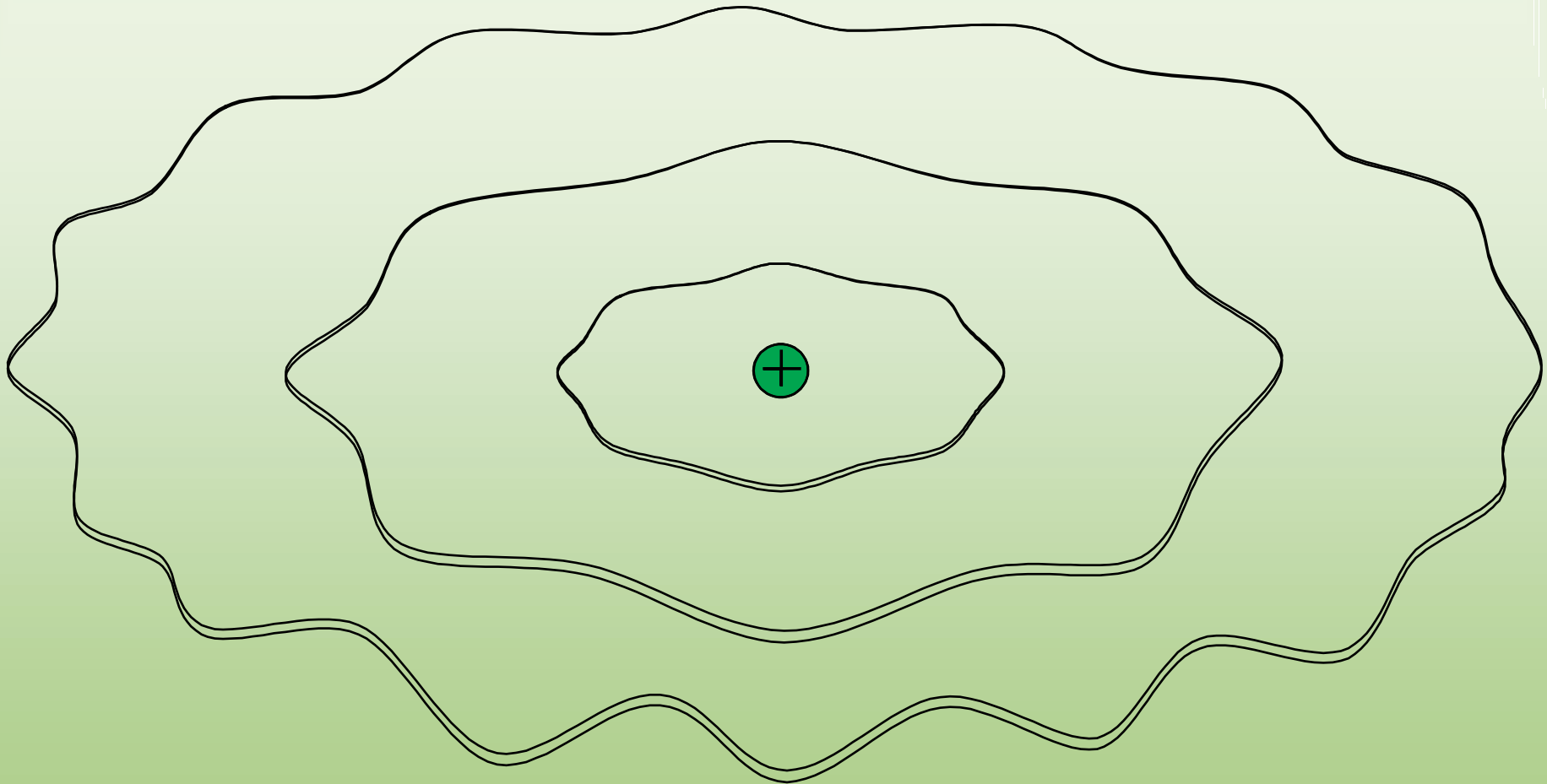
Constitué par :

- **Le noyau :**
diamètre $\sim 1 \text{ am} = 10^{-15} \text{ m}$
charge $q_a > 0$
- **Le nuage électronique :**
charge $q = -q_a < 0$

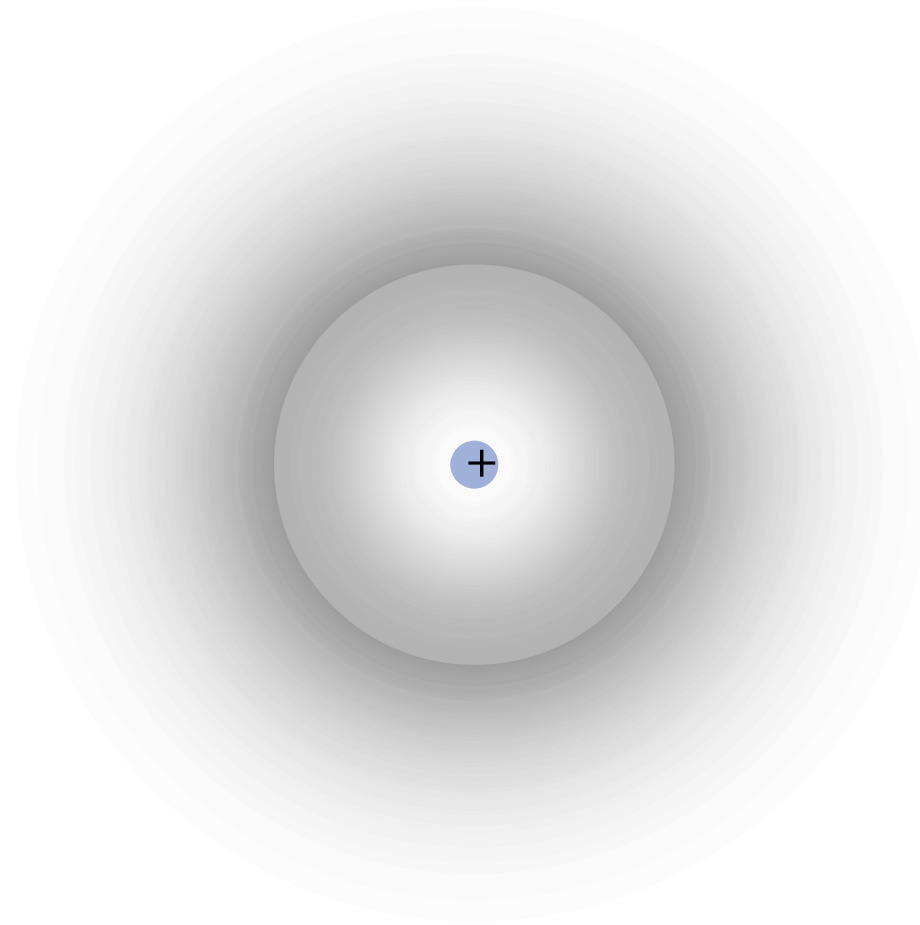
Le modèle planétaire (Niels Bohr)



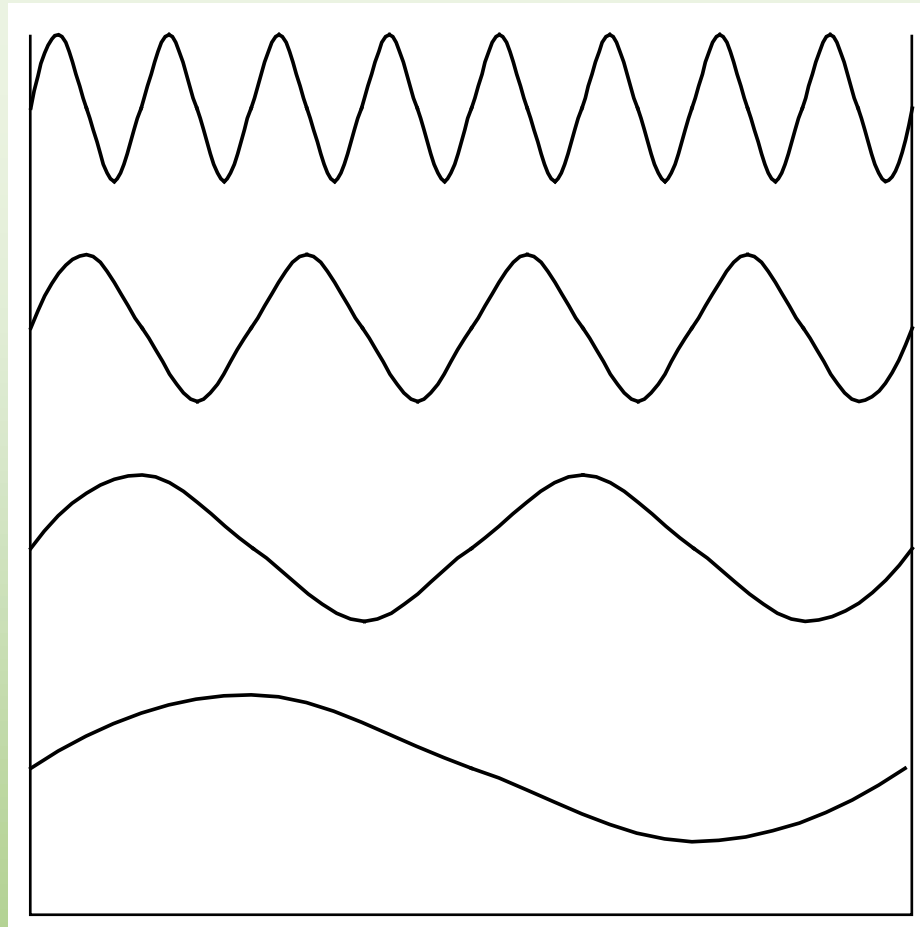
Modèle Ondulatoire de la matière (Louis De Broglie)



Probabilité de présence (Mécanique Quantique)

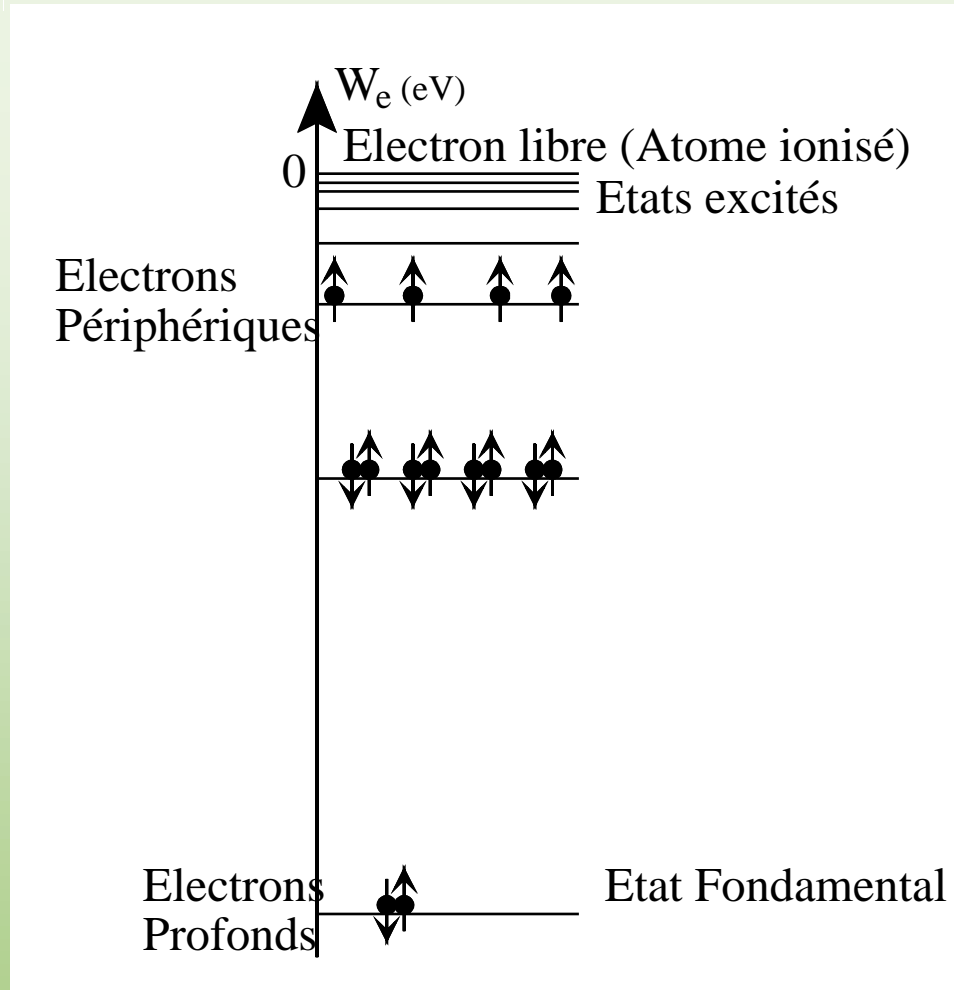


L'atome est une boîte de résonance quantique



A chaque longueur d'onde correspond un niveau d'énergie

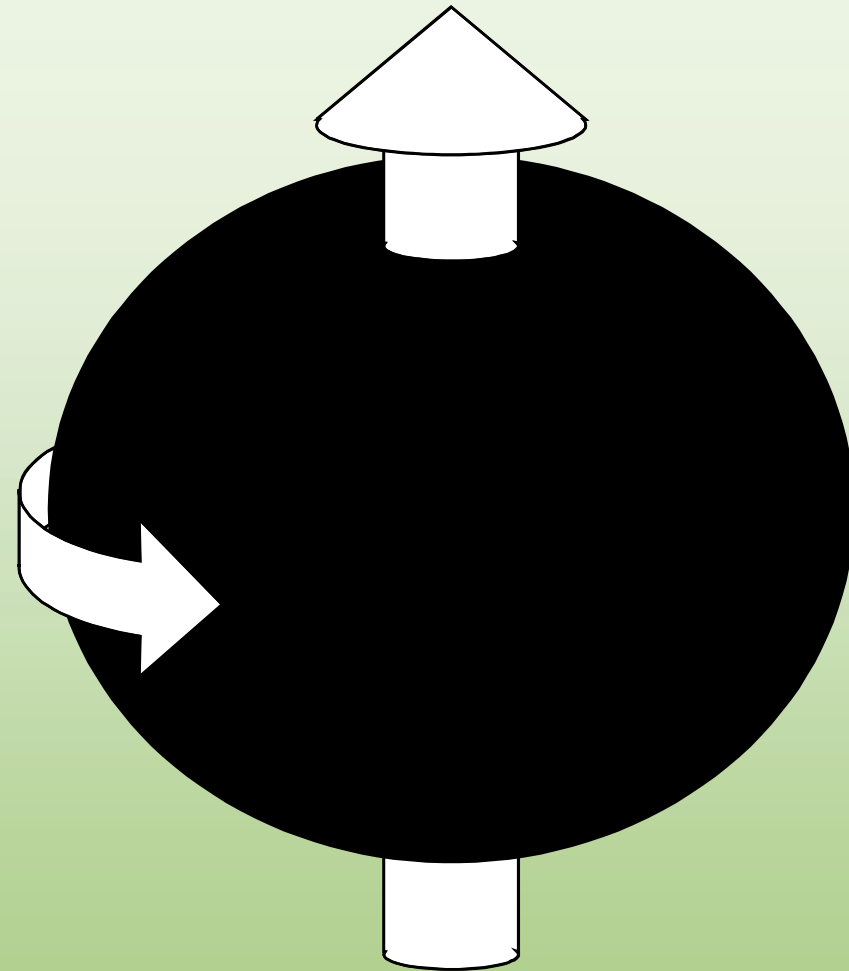
Représentation en niveaux d'énergie



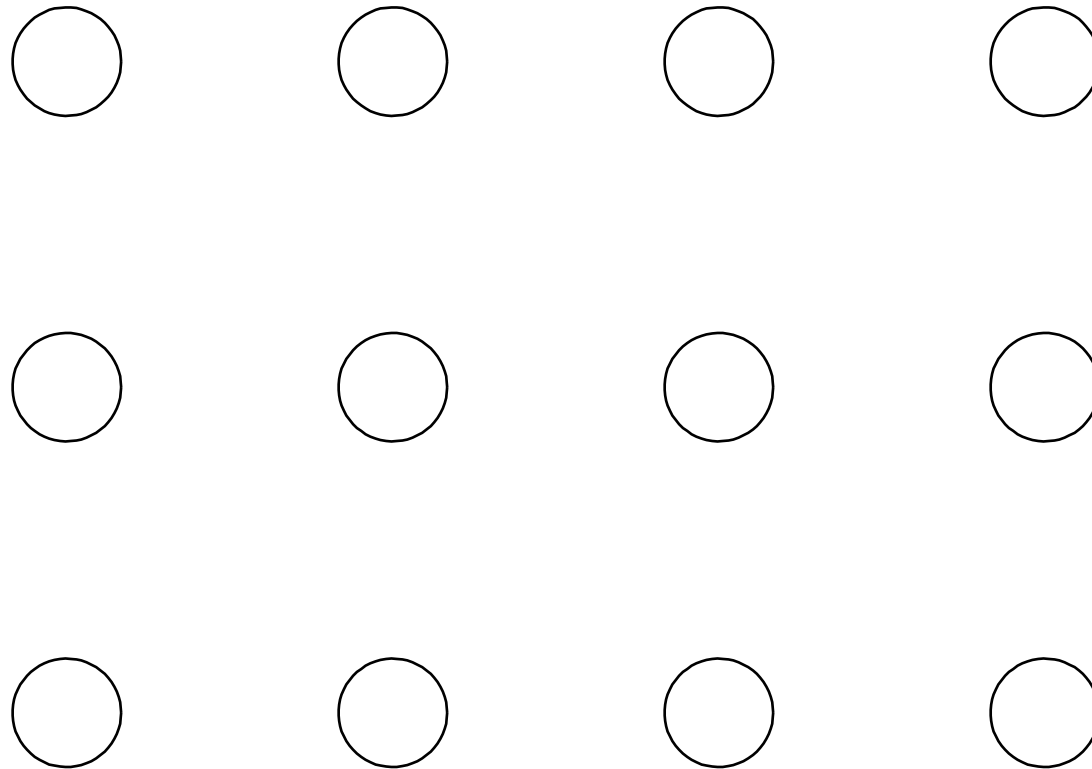
- **Les électrons sont des fermions.**
- **Ils respectent le principe d'exclusion de Pauli : Chacun occupe seul un état quantique (énergie, spin)**
- **Pour bouger un fermion doit d'abord trouver une "case vide"**

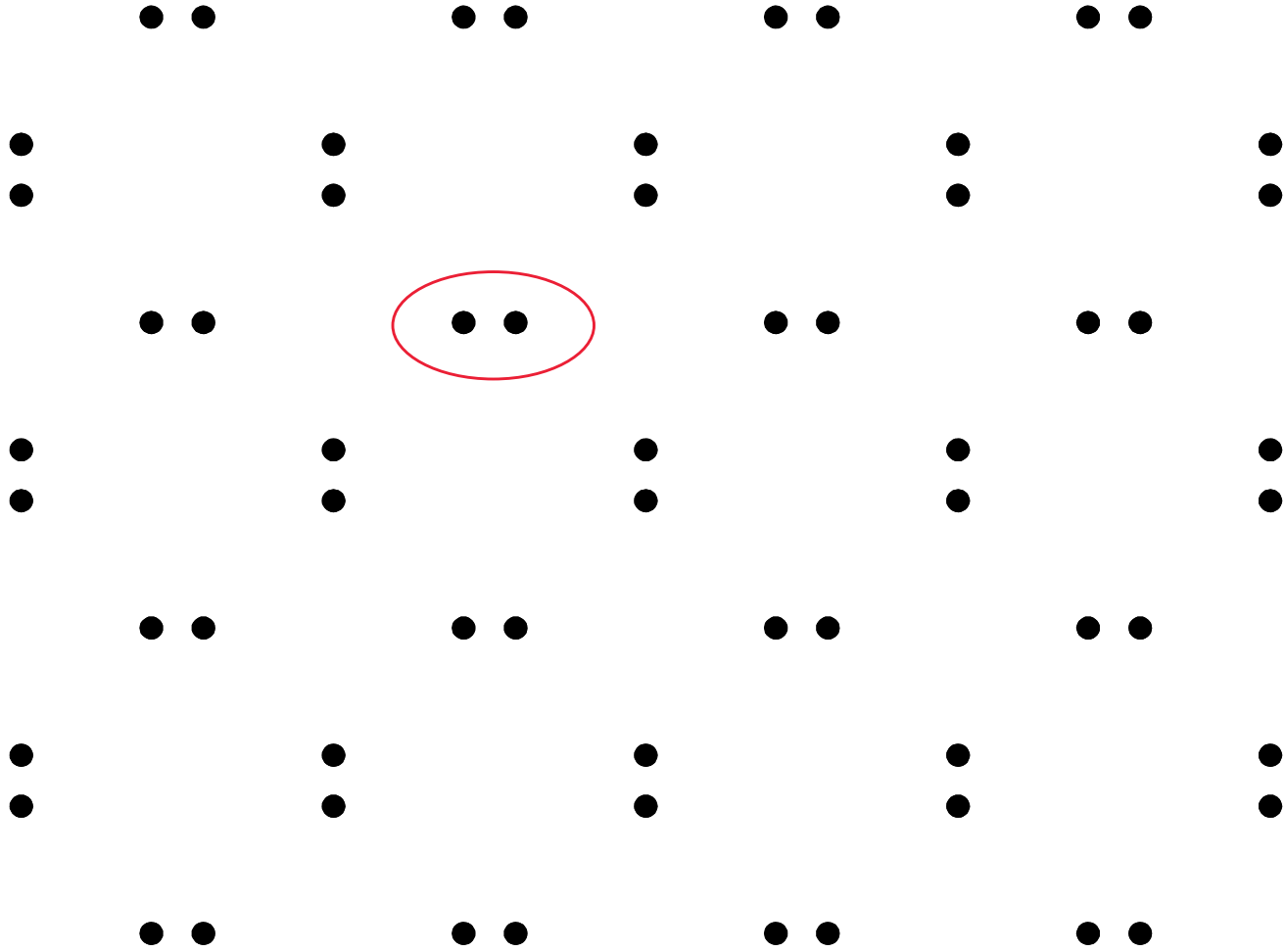
Le spin d'une particule

- **Le spin est une variable quantique qui peut prendre 2 valeurs**
- **Il est représenté par une flèche montante ou descendante**
- **Il est assimilable à un moment cinétique de rotation**



Les électrons dans les solides





+

+

+

+

+

+

+

+

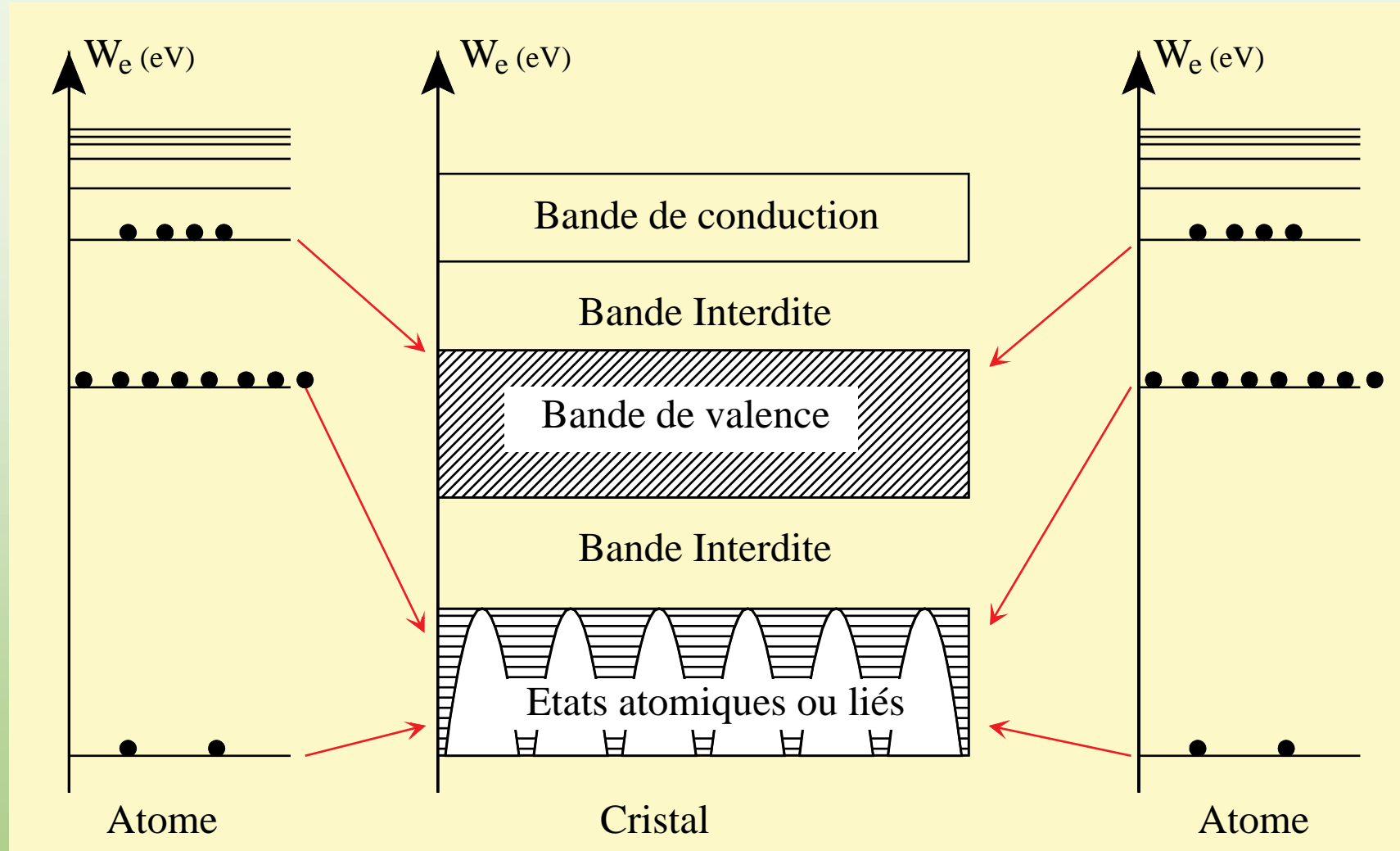
+

+

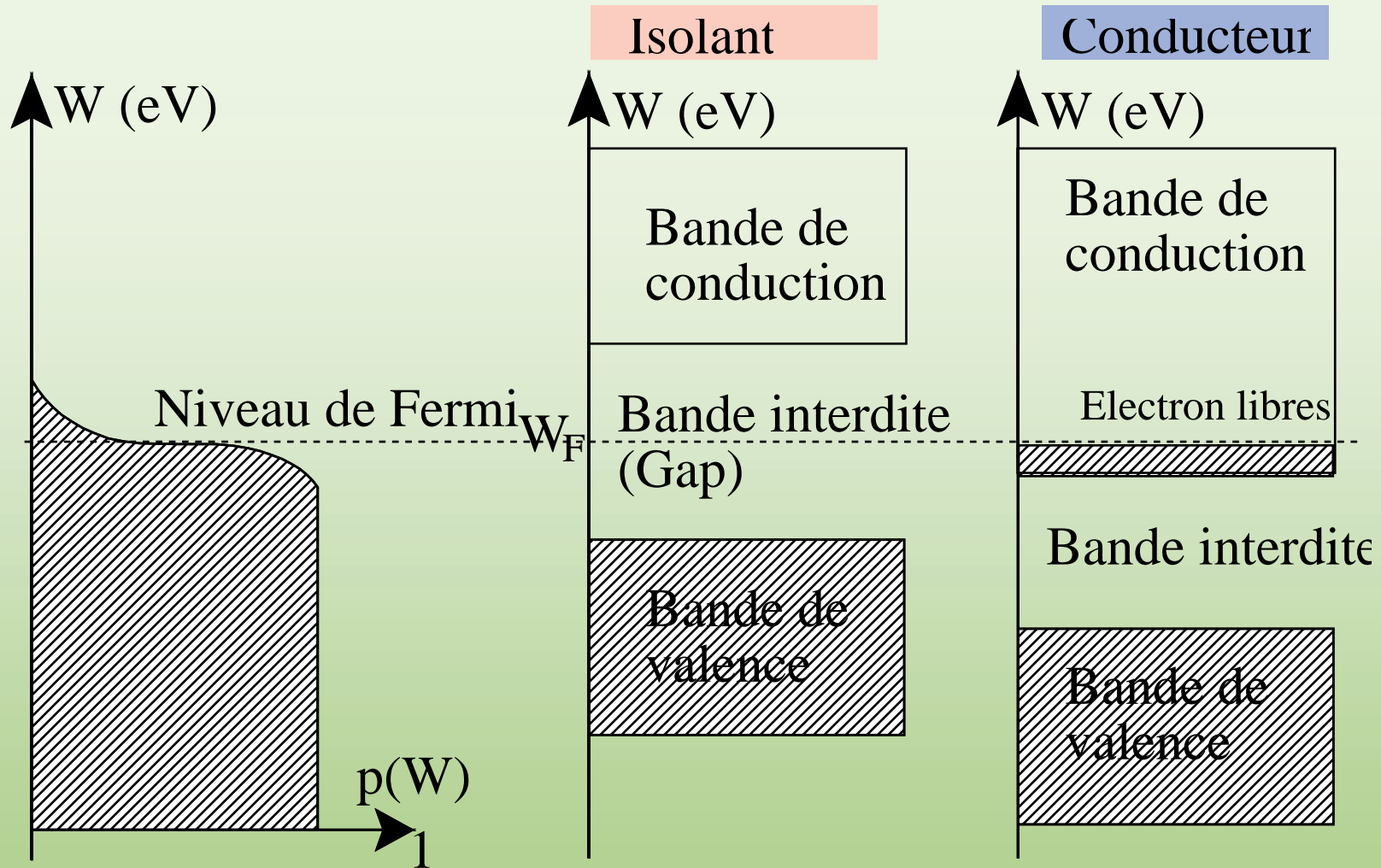
+

+

Les bandes d'énergie des électrons dans les solides



Le niveau de Fermi



Les Semi-Conducteurs

- **Corps purs :**

Silicium (Si) et Germanium (Ge)

4 électrons périphériques

- **Alliages :**

GaAs

GaAlAs

InP

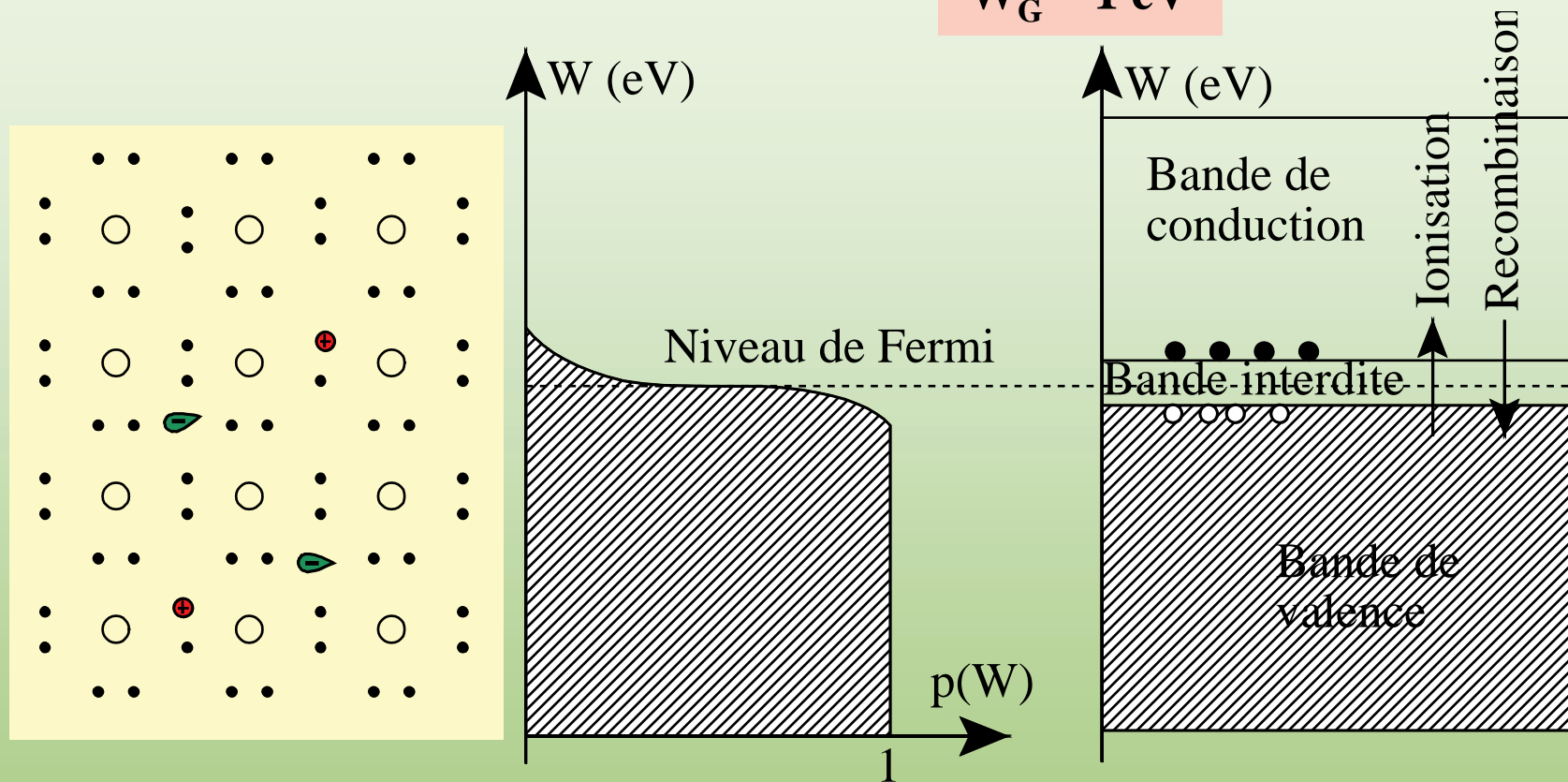
HgCdTe

...

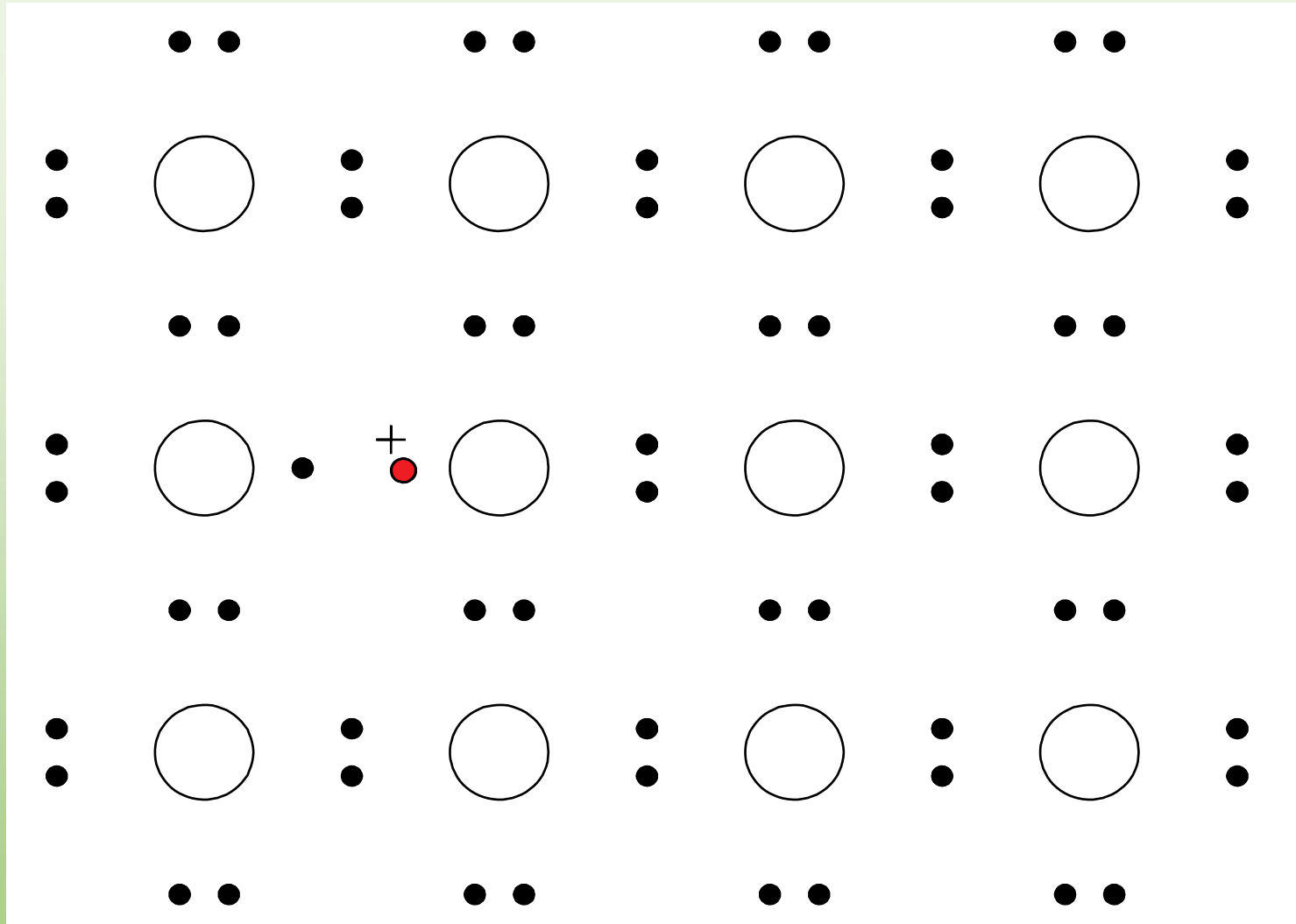
Les Semi-Conducteurs Intrinsèques

- Corps très purs difficiles à obtenir dans un creuset.

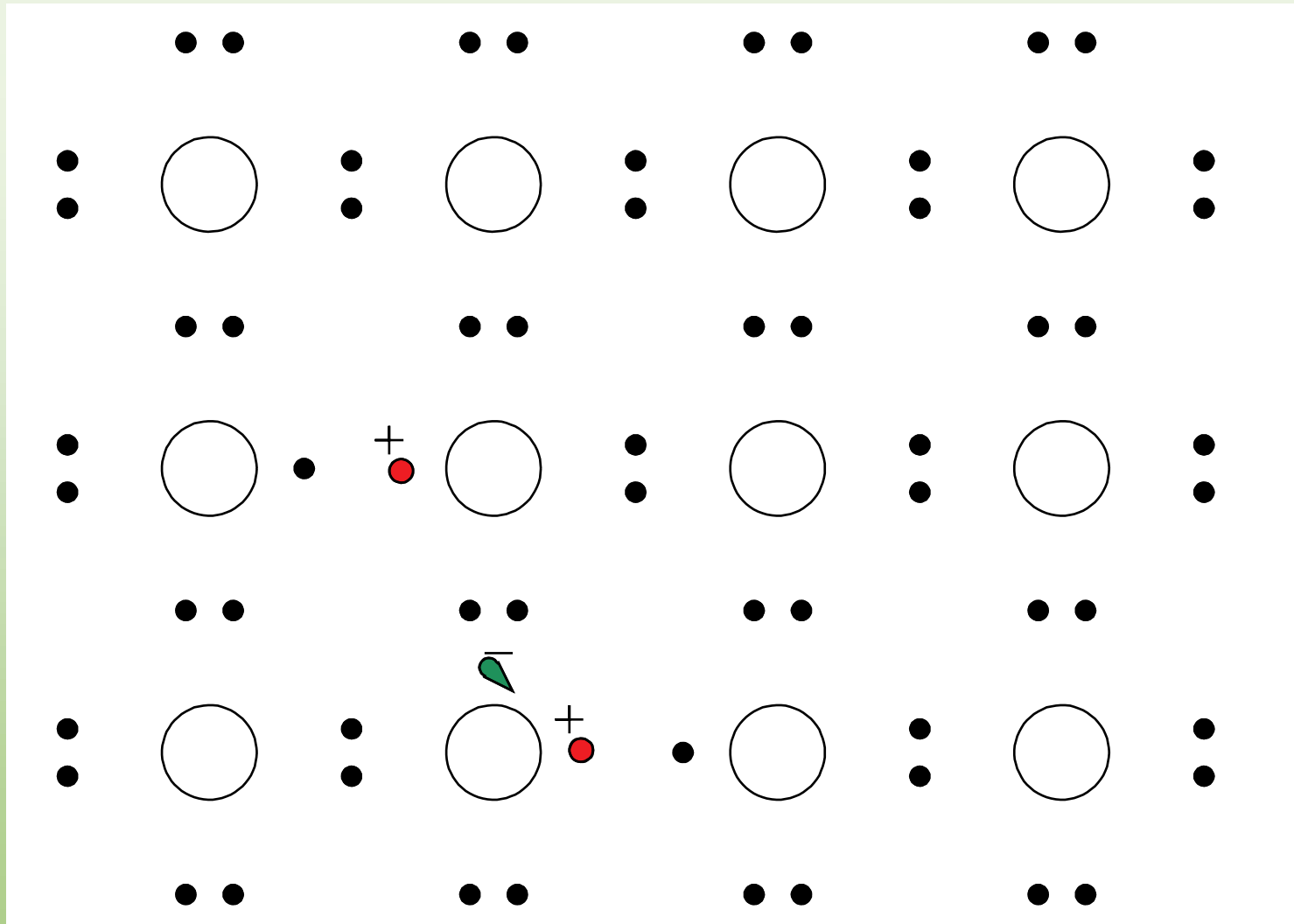
$$W_G \sim 1 \text{ eV}$$



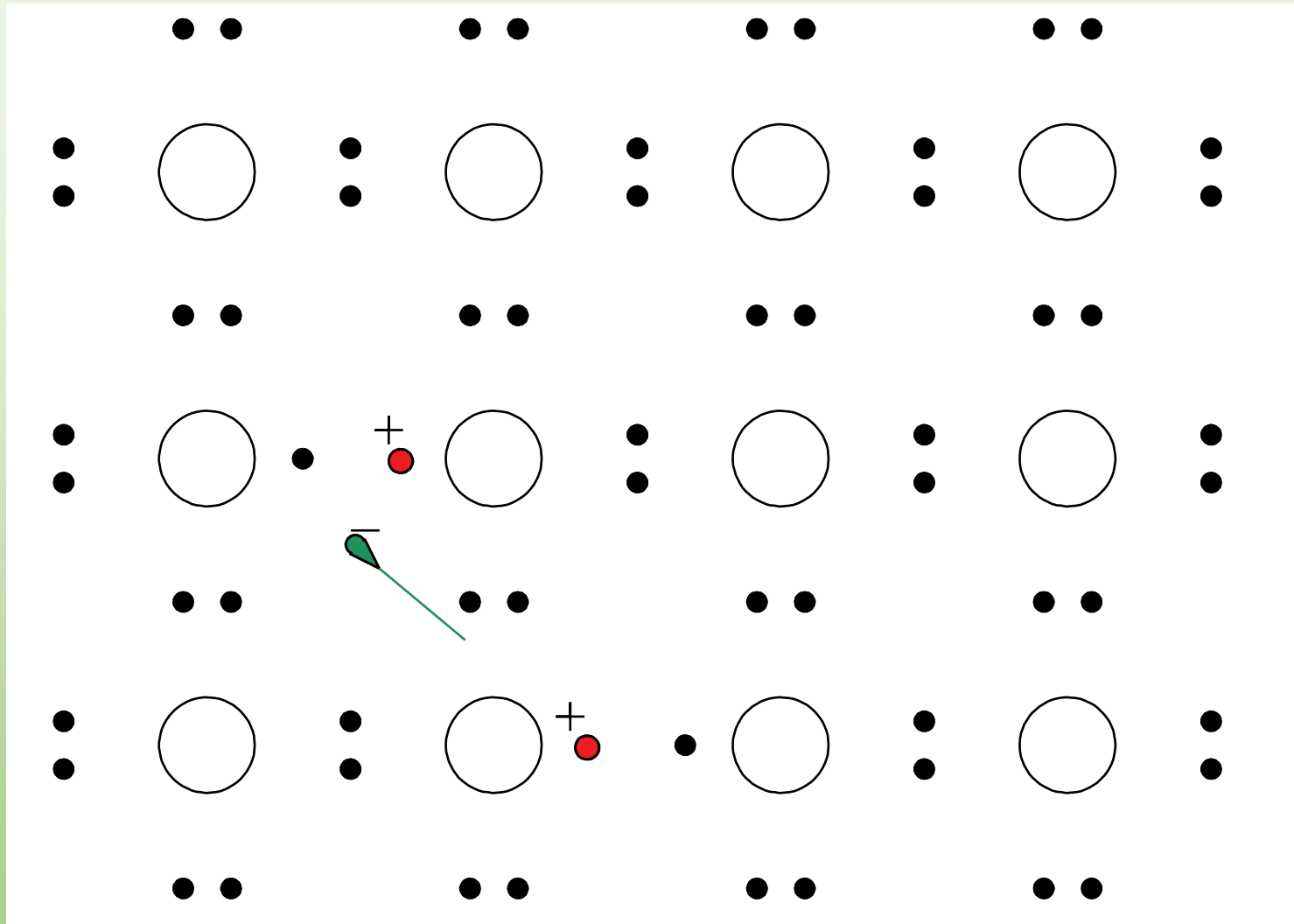
Mouvement d'un trou 1



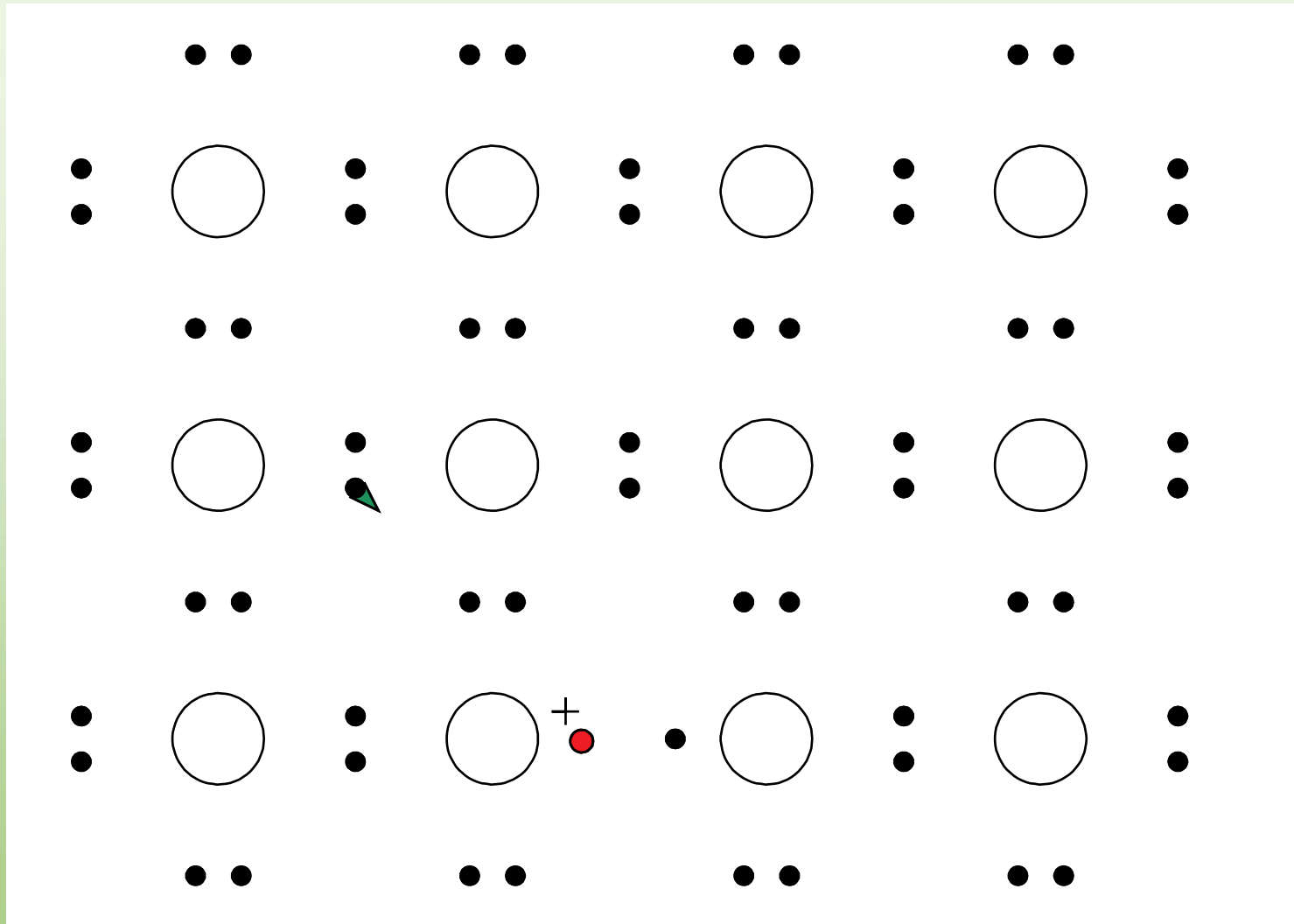
Mouvement d'un trou 2



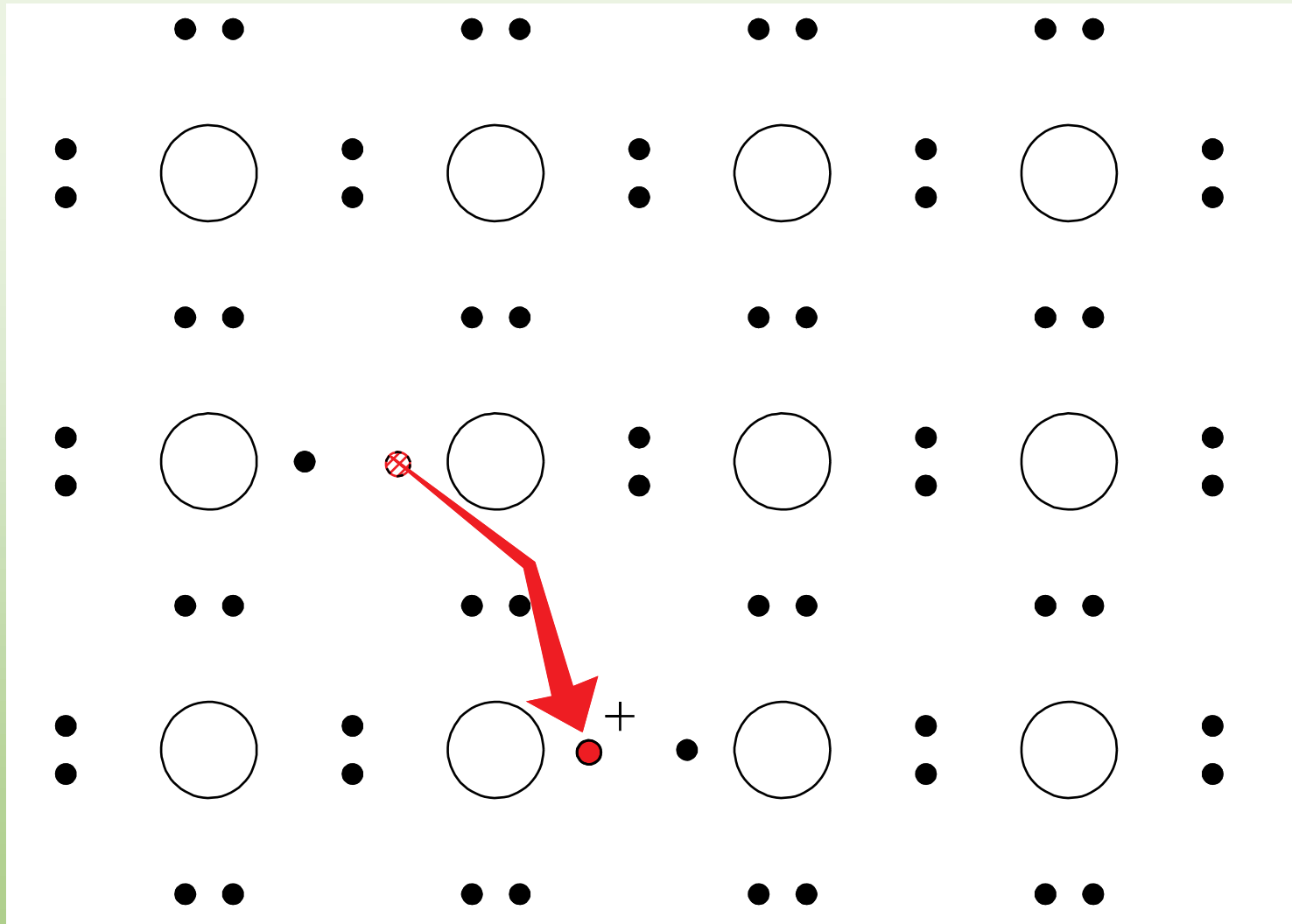
Mouvement d'un trou 3



Mouvement d'un trou 4

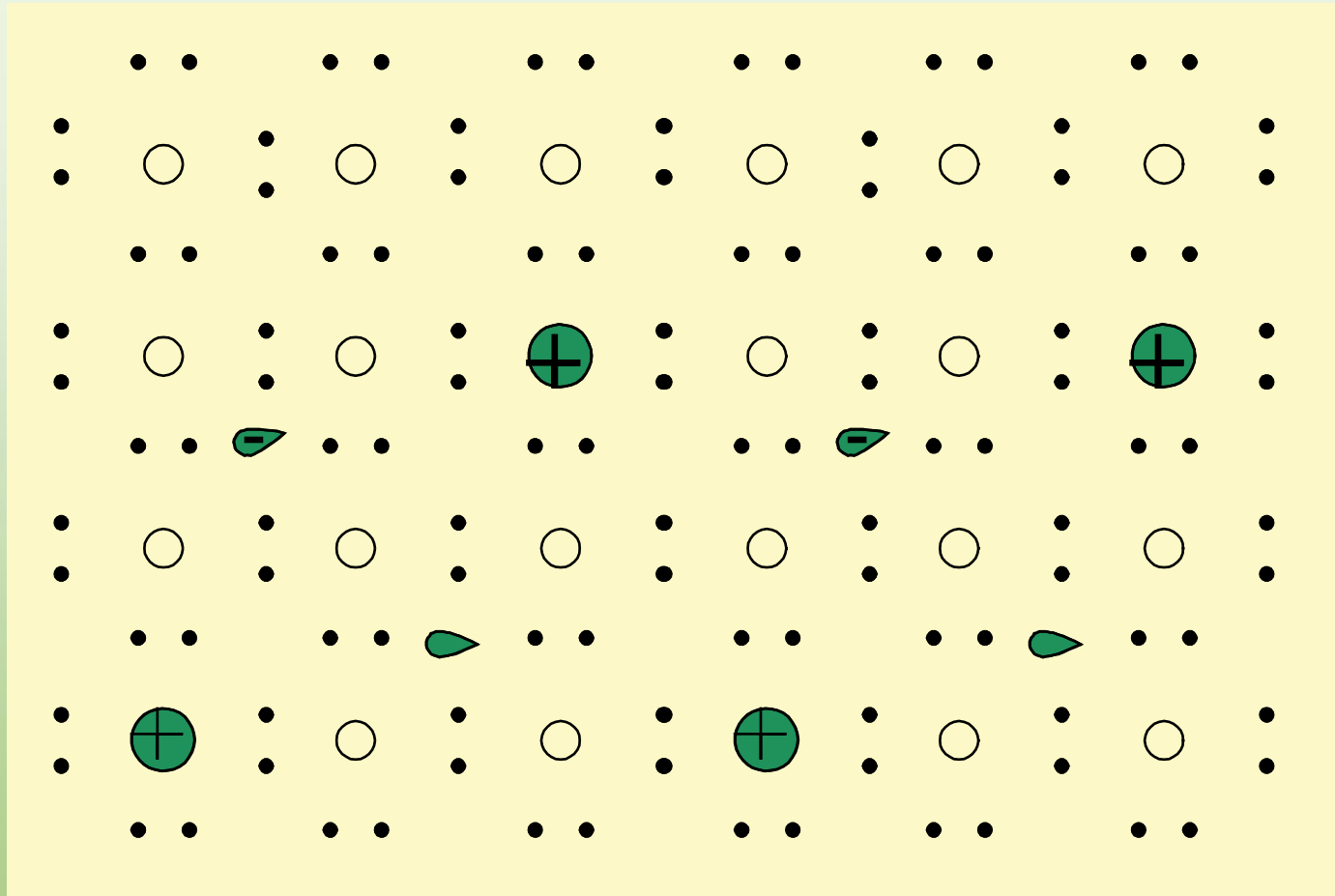


Mouvement d'un trou : bilan



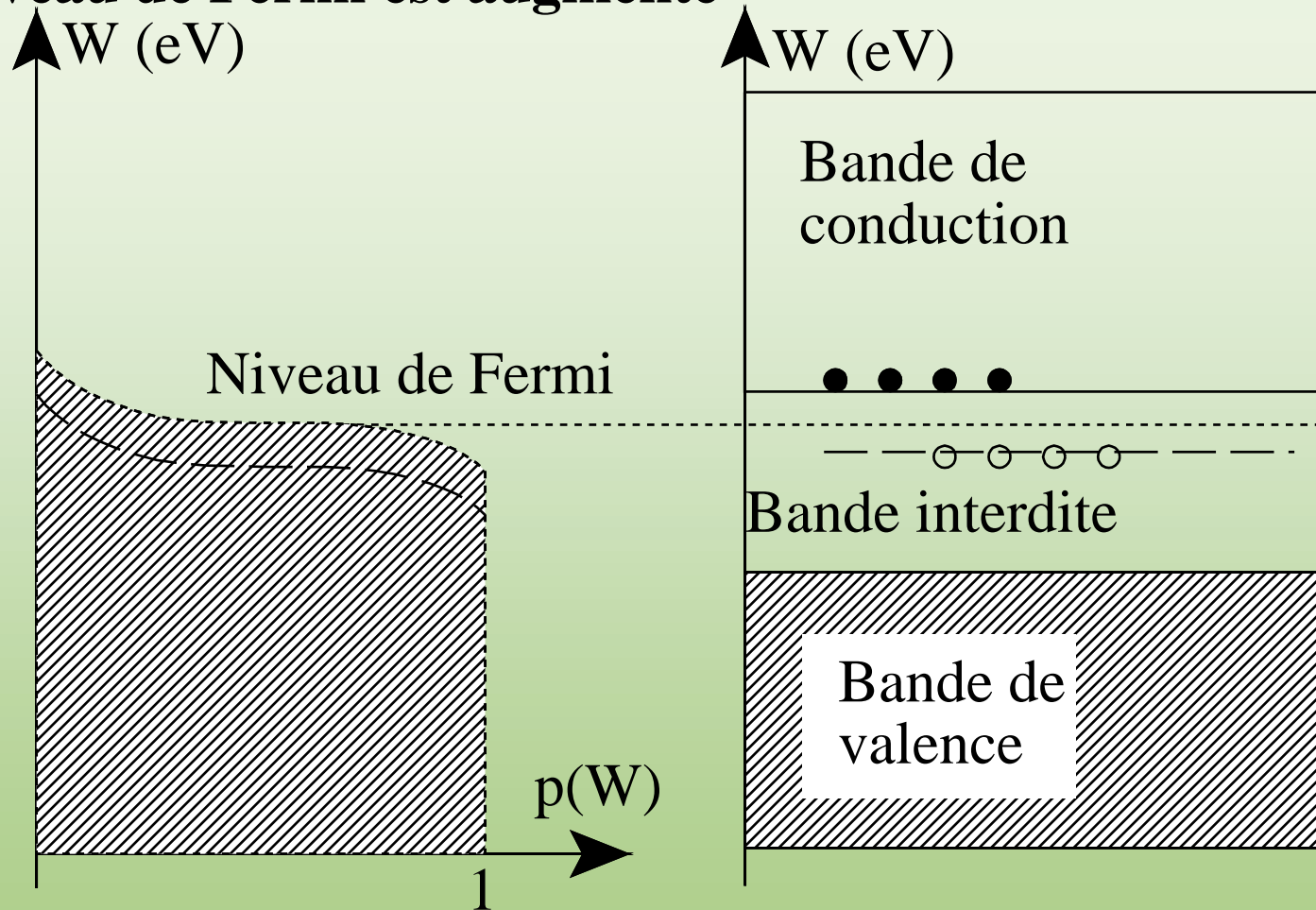
Les Semi-Conducteurs dopés N

- N_D atomes "donneurs" sont dispersés dans le cristal.



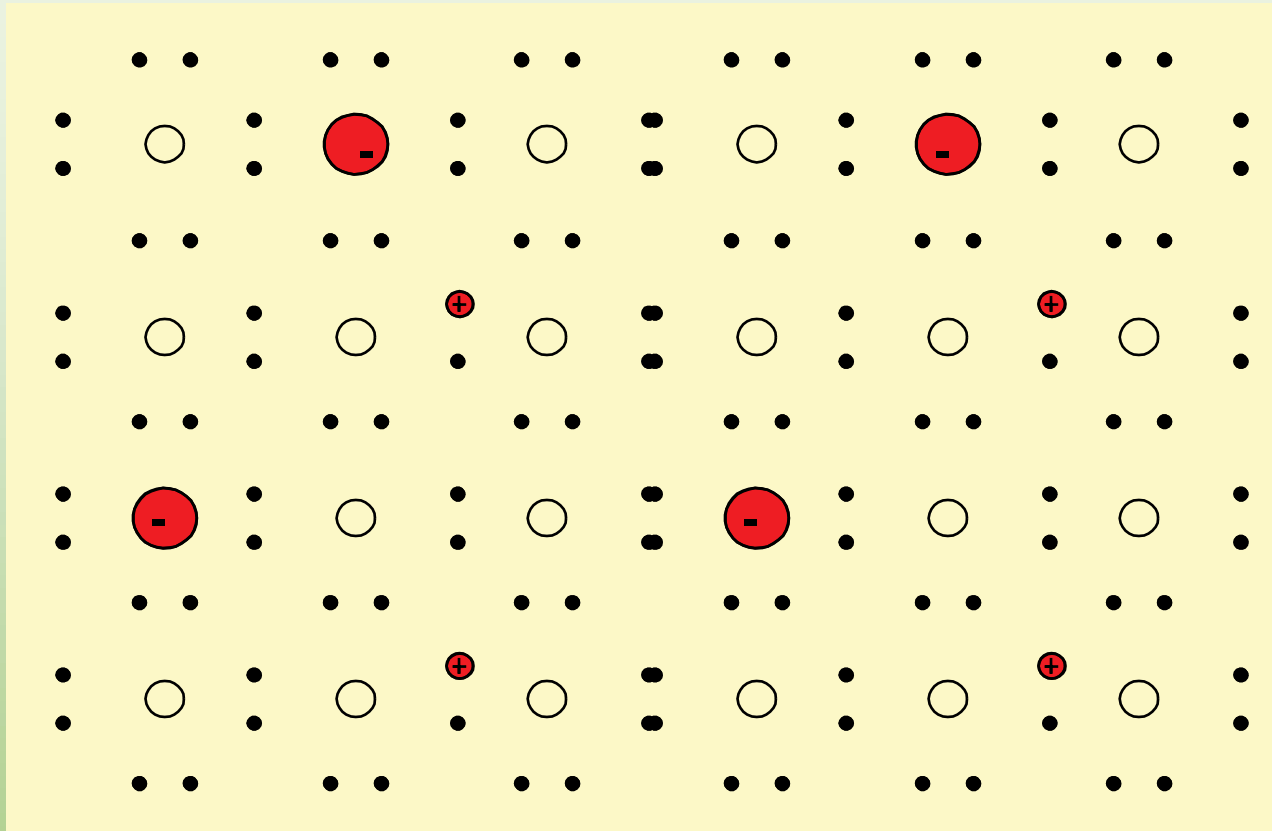
Les bandes d'énergie dans un type N

- Le niveau de Fermi est augmenté



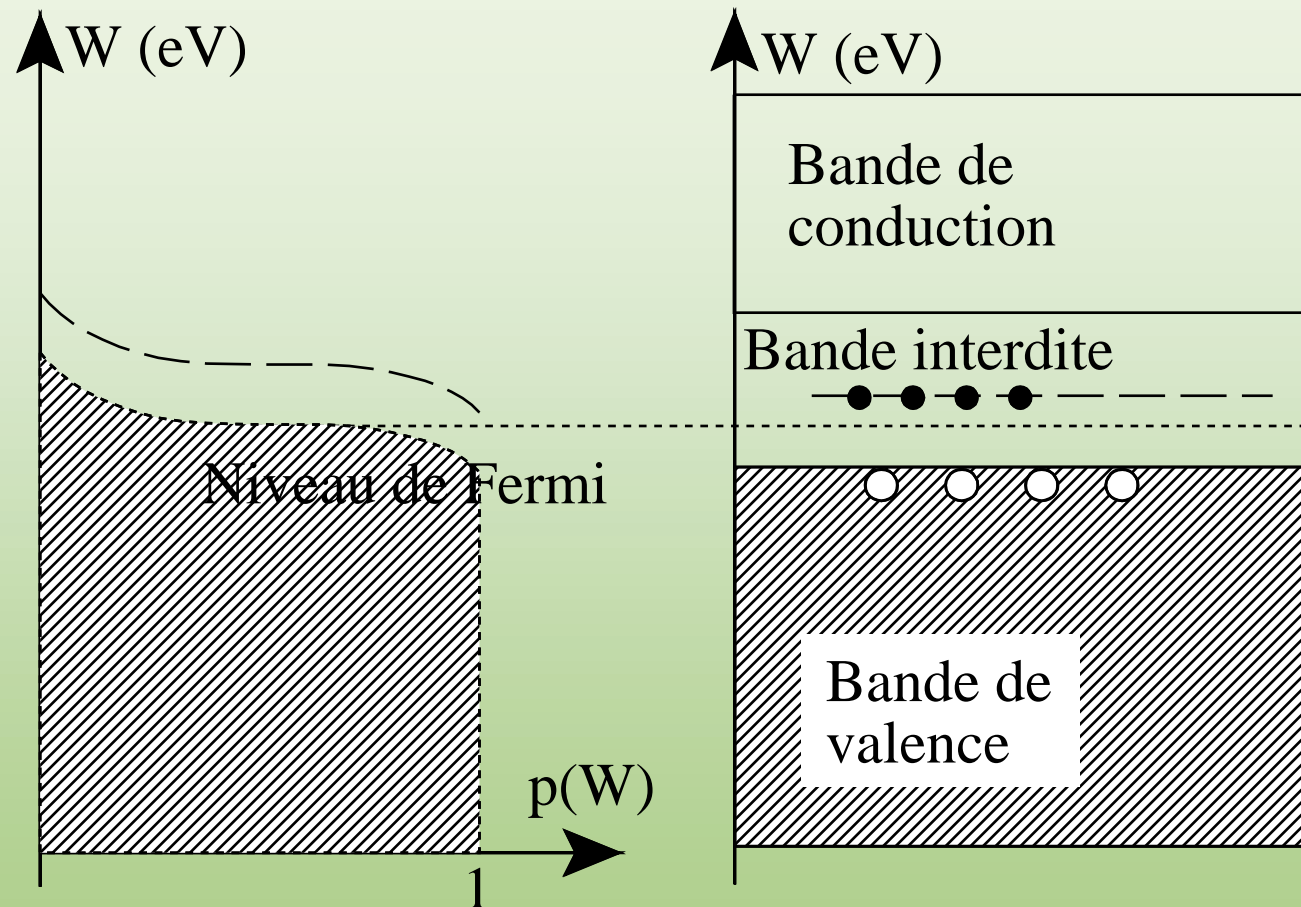
Les Semi-Conducteurs dopés P

- NA atomes "accepteurs" sont dispersés dans le cristal



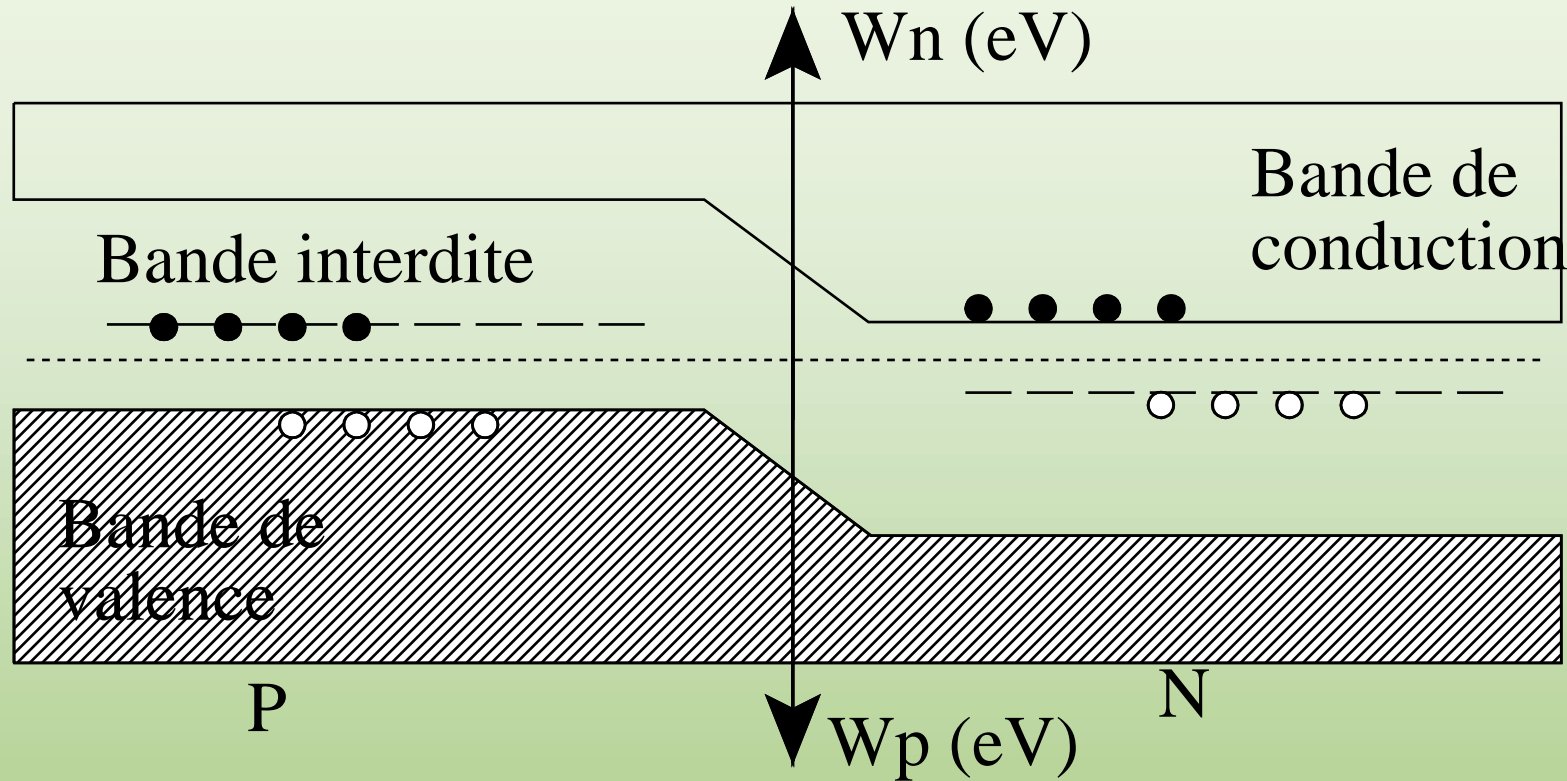
Les bandes d'énergie dans un type **P**

- Le niveau de Fermi est diminué



La jonction P-N

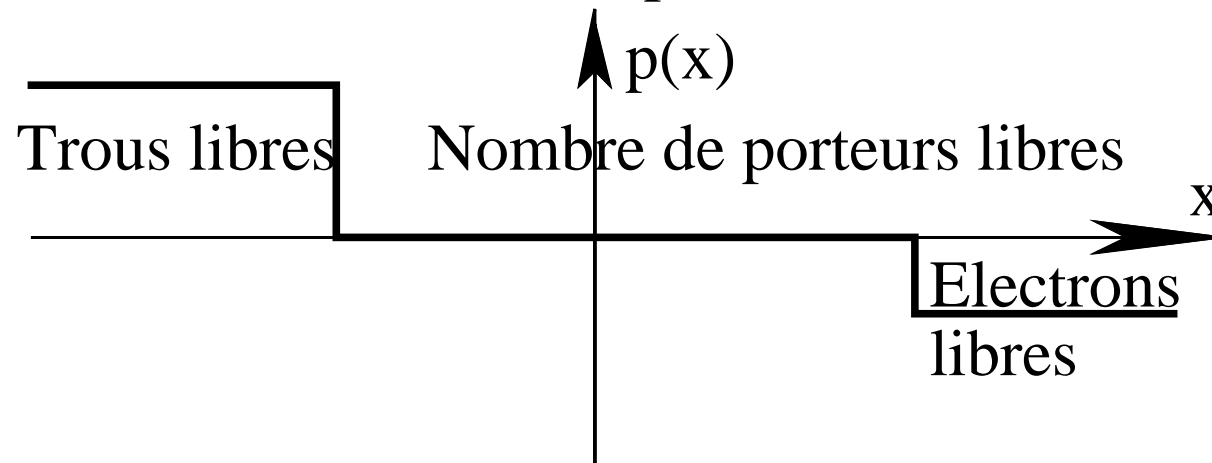
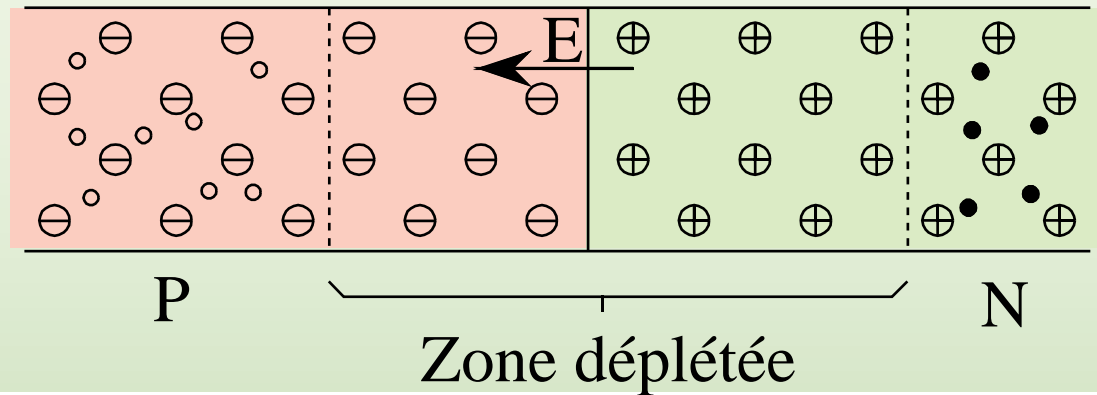
- Zone frontière entre une zone dopée P et une zone dopée N



Le niveau de Fermi est le même de part et d'autre de la jonction

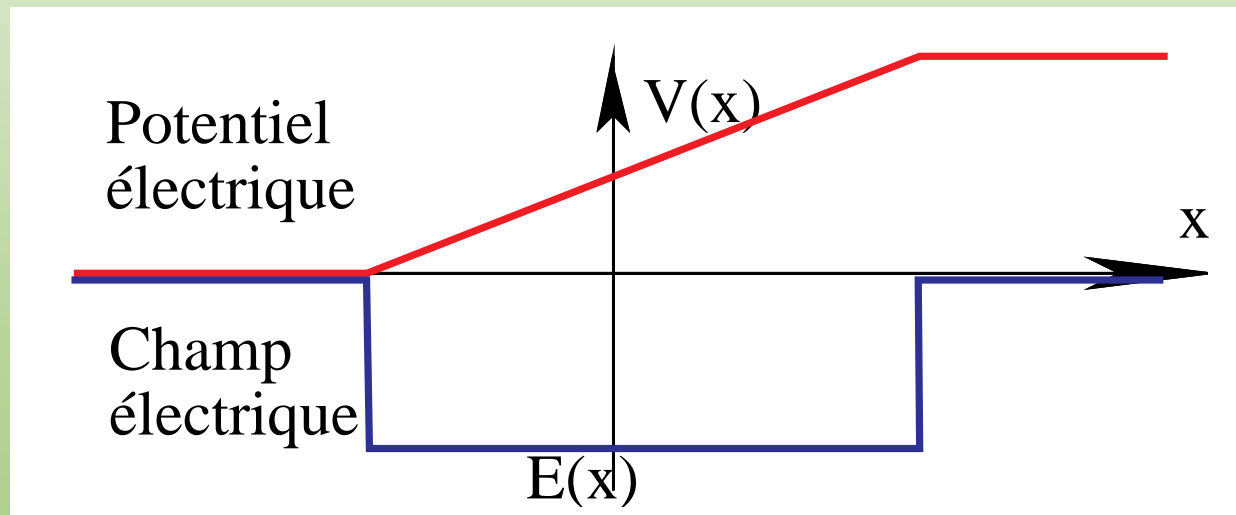
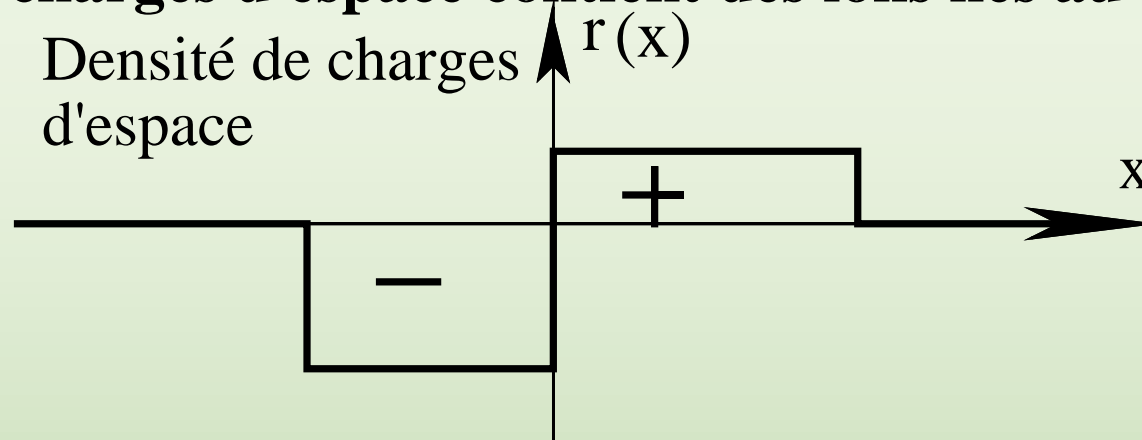
Propriétés d'une jonction 1

- La zone de déplétion est dépourvue de porteurs libres



Propriétés d'une jonction 2

- La zone de charges d'espace contient des ions liés au cristal



Propriétés d'une jonction 3

- $W_e = q_e U < 0$

