



ÉCOLE NATIONALE  
SUPÉRIEURE  
D'INGÉNIEURS  
DE LIMOGES



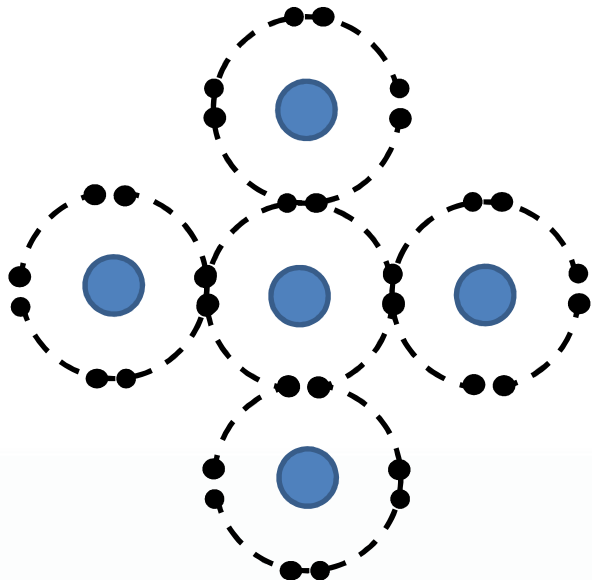
# Les semi-conducteurs - Jonction PN

# Les semi-conducteurs

- Un semi-conducteur est un élément qui présente une conductivité électrique intermédiaire entre celle des métaux et celle des isolants
  - Exemples (Silicium, germanium,...)
- Le comportement des semi-conducteurs, comme celui des métaux et des isolants est décrit via **la théorie des bandes**
- Dans la suite, nous utiliserons **des modèles simplifiés** pour prévoir et analyser le comportement des diodes et des transistors (se reporter au cours sur les semi-conducteurs pour avoir une explication physique et quantitative des phénomènes de conduction)

# Semi-conducteurs intrinsèques (purs)

- Les semi-conducteurs appartiennent à la 4<sup>ème</sup> colonne de la classification périodique des éléments
  - Par exemple les atomes de silicium qui possèdent 4 électrons sur leur dernière couche se regroupent entre eux en échangeant leurs électrons de valence (→ liaison de covalence)
  - Chaque électron est mis en commun par deux atomes voisins de manière à ce que le noyau se trouve entouré par une couche de 8 électrons – Cette structure est très stable.



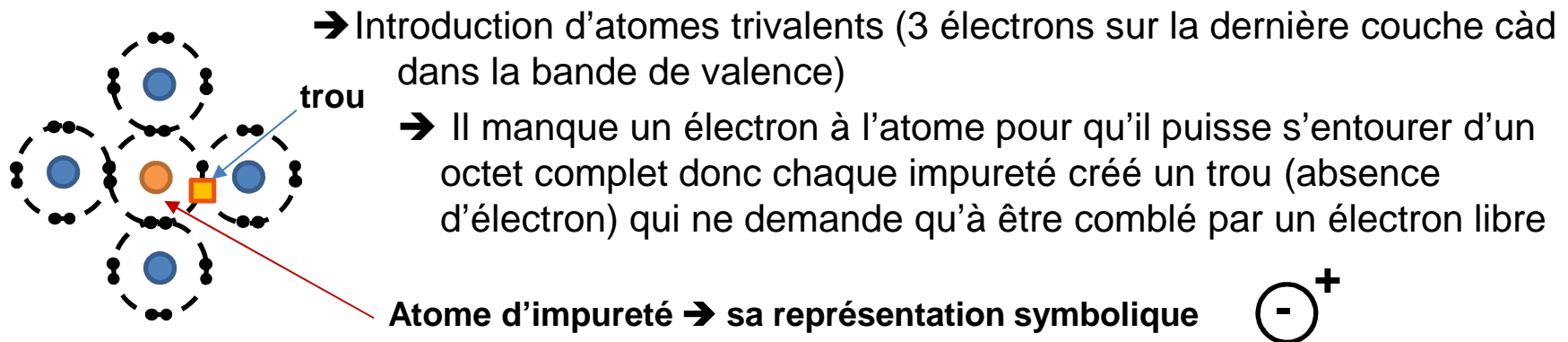
- A la température de 0K, tous les électrons de valence sont utilisés dans des liaisons de covalence – Pas d'électrons libres → aucune possibilité de conduction – le cristal est un isolant
- Quand la température augmente, l'agitation thermique donne à certains électrons un supplément d'énergie suffisant pour briser la liaison de covalence – Ces électrons libres peuvent alors se déplacer sous l'action d'un champ électrique extérieur → le cristal est devenu conducteur



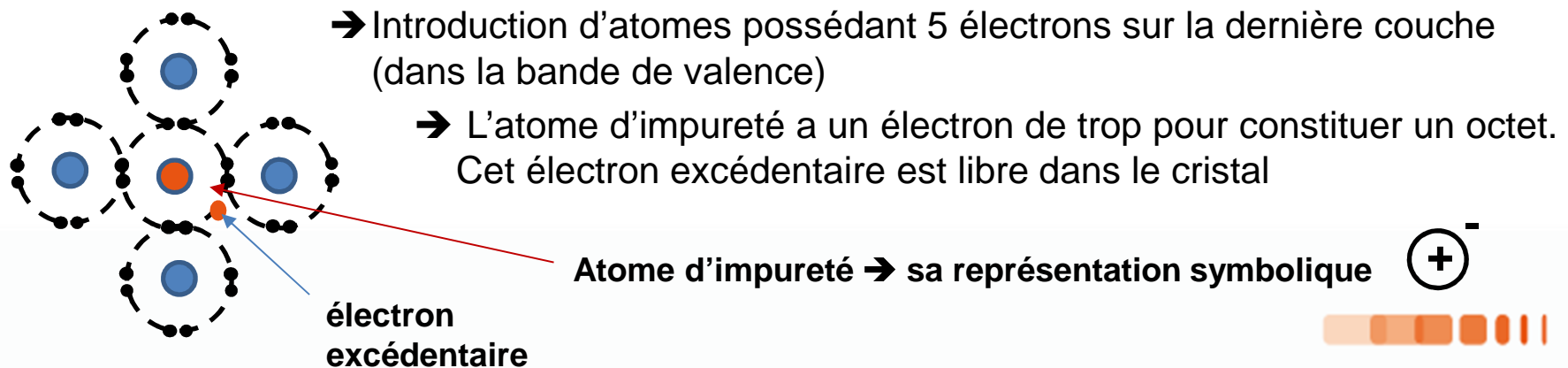
# Semi-conducteurs extrinsèques – le dopage

- Le dopage d'un cristal intrinsèque consiste à substituer des atomes de semi-conducteurs du réseau par des atomes étrangers – Deux cas peuvent se présenter :

- Des semi-conducteurs de type P**

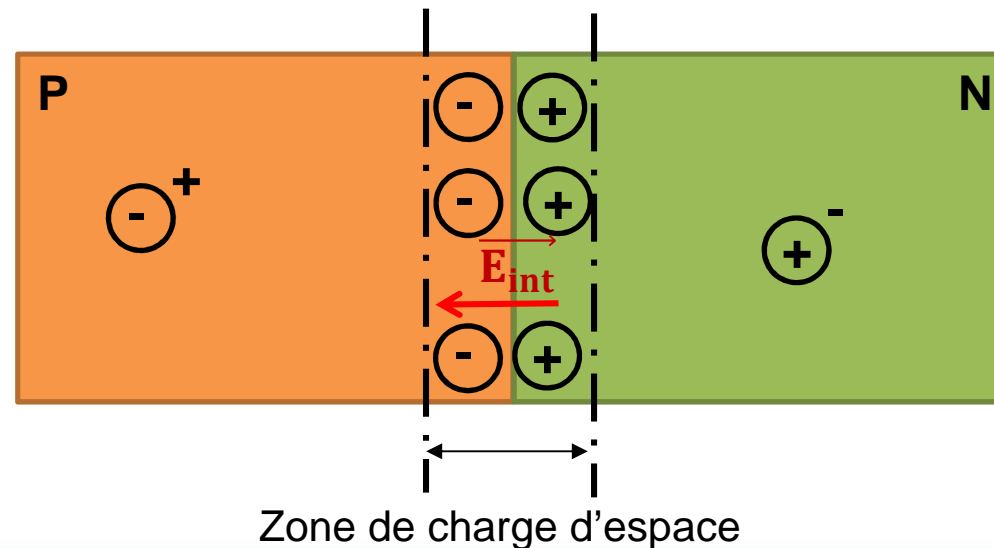


- Des semi-conducteurs de type N**



# La jonction PN

- Mise en contact d'un semi-conducteur de type P et d'un semi-conducteur de type N
  - Diffusion : les électrons de la zone N viennent combler les trous dans la zone P
  - Création d'une zone dépourvue de porteur mobile (zone de déplétion ou zone de charge d'espace) – Il existe alors une différence de potentiel et donc un champ interne  $\vec{E}_{int}$  qui s'oppose à la diffusion des électrons de la zone N vers la zone P

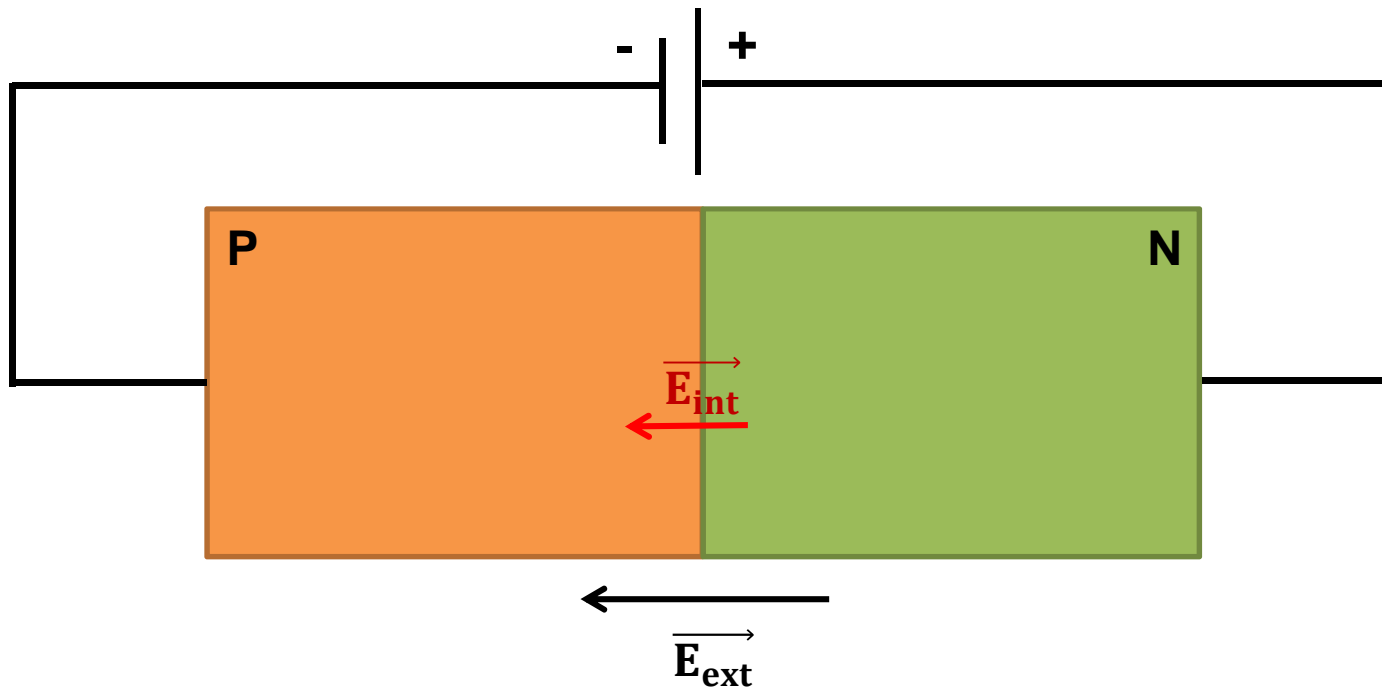


*Rappel : les électrons se déplacent dans le sens opposé du champ électrique*



# Polarisation d'une jonction par une fem extérieure

- Polarisation dans le sens inverse
  - + du générateur est relié à la zone N et le - à la zone P

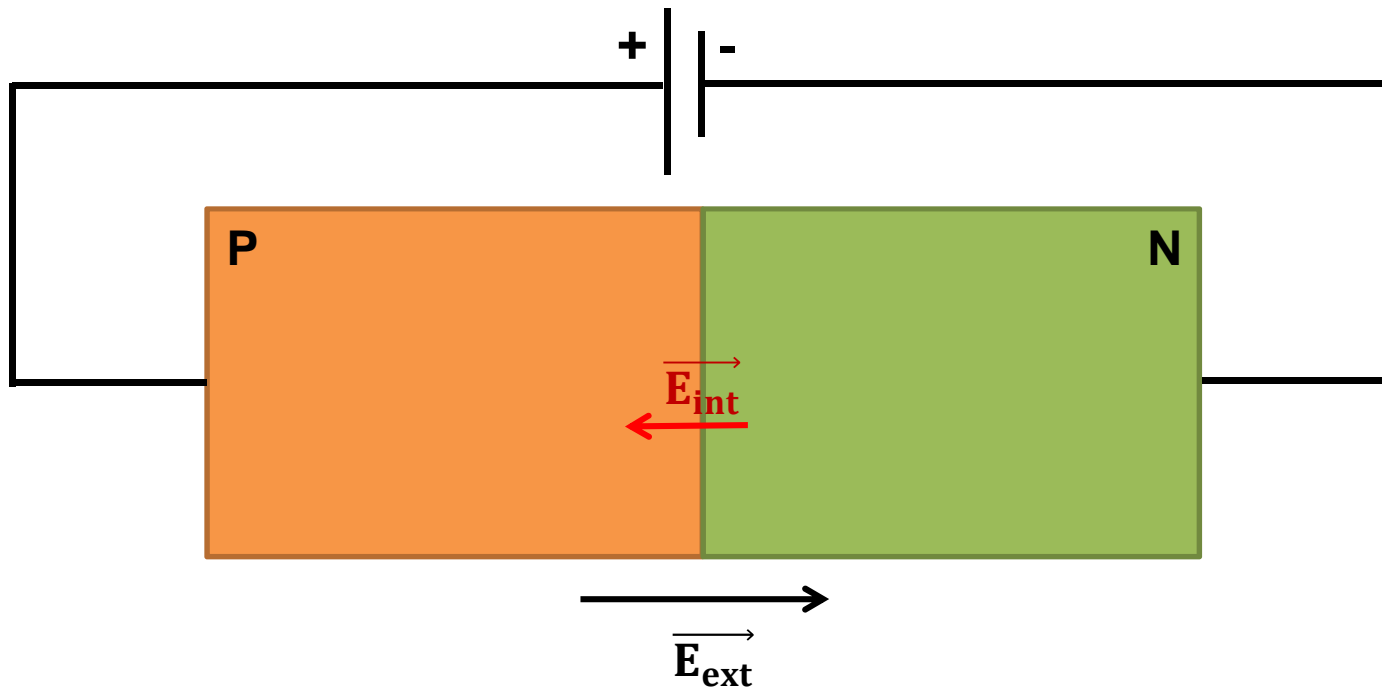


- Le champ électrique extérieur  $\vec{E}_{ext}$  appliqué par le générateur a le même sens que le champ interne de la jonction  $\vec{E}_{int}$  dont il renforce l'action → Aucun courant ne circule (en réalité un courant très faible existe de l'ordre du nano-ampère)



# Polarisation d'une jonction par une fem extérieure

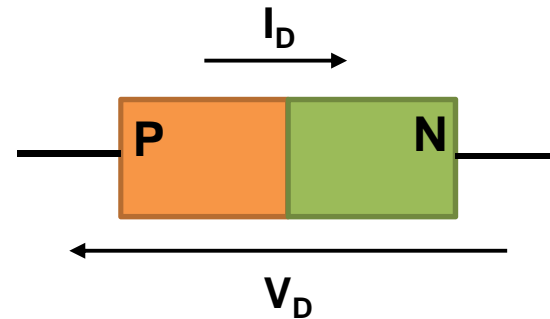
- Polarisation dans le sens direct
  - - du générateur est relié à la zone N et le + à la zone P



- Le champ électrique extérieur  $\vec{E}_{ext}$  s'oppose au champ interne  $\vec{E}_{int}$  → si  $|\vec{E}_{ext}| > |\vec{E}_{int}|$ , un courant important peut traverser la jonction.



# Polarisation d'une jonction par une fem extérieure



- La relation entre le courant  $I_D$  et la tension  $V_D$  théorique de la jonction polarisée est :

$$I_D = I_S \left( e^{\frac{qV_D}{\eta kT}} - 1 \right)$$

Avec  $I_S$  : courant inverse ou courant de saturation  
 $q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$   
 $k$  : constante de Boltzmann  $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$   
 $\eta$  : facteur d'idéalité

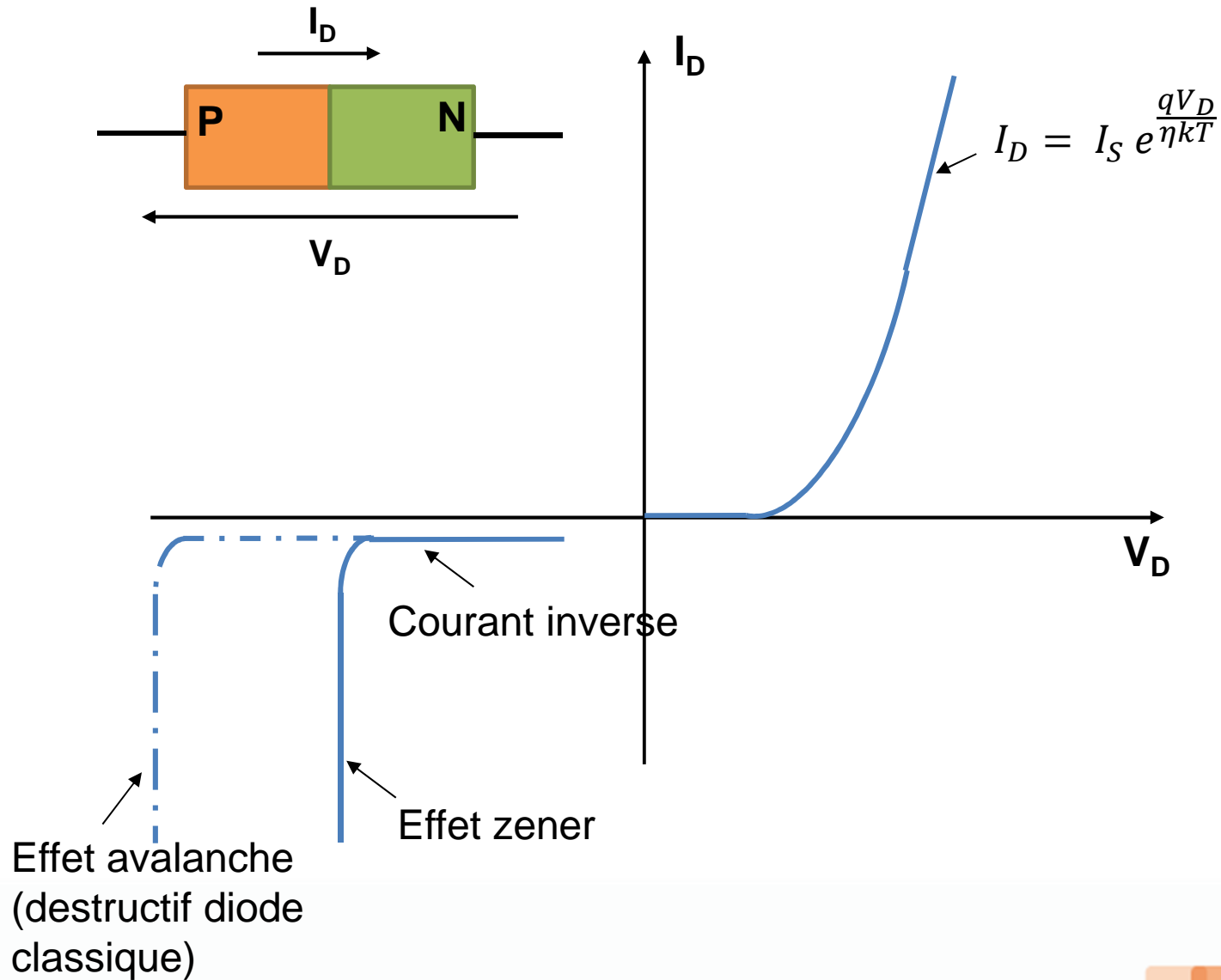
En fonctionnement direct  $\rightarrow I_D = I_S e^{\frac{qV_D}{\eta kT}}$

En fonctionnement inverse  $\rightarrow I_D = -I_S$





# Courant $I_D$ en fonction de la tension $V_D$





**Fin**