

Enseignes et afficheurs à LED

# La diode à jonction : principes physiques



Prof. Alain Tiedeu

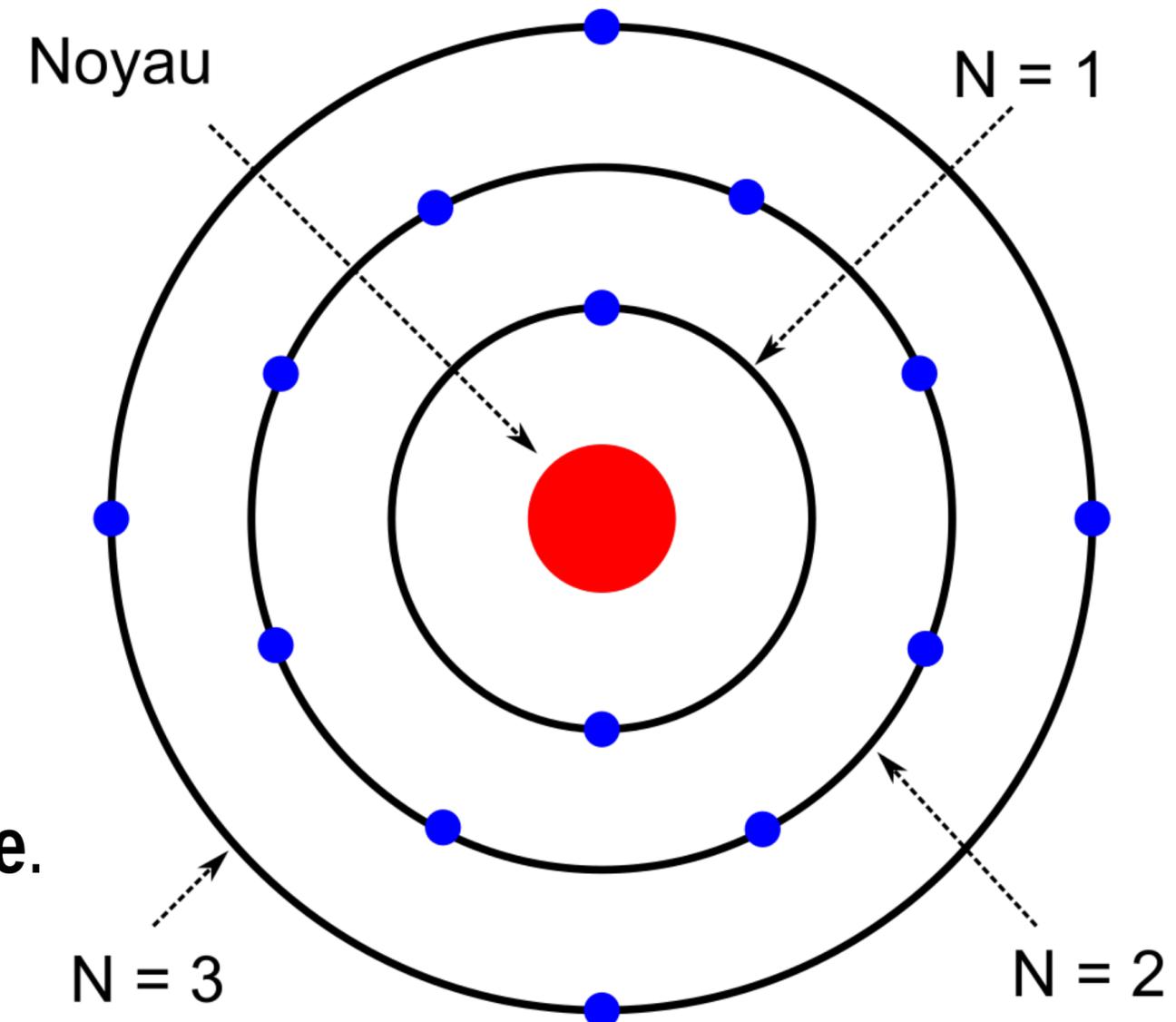
# La diode à jonction : principes physiques



- Modèle de Bohr
- Niveaux d'énergie
- Semi-conducteurs intrinsèques
- Dopage N et P
- Jonction PN
- La diode à jonction

# Modèle simplifié de l'atome : modèle de Bohr

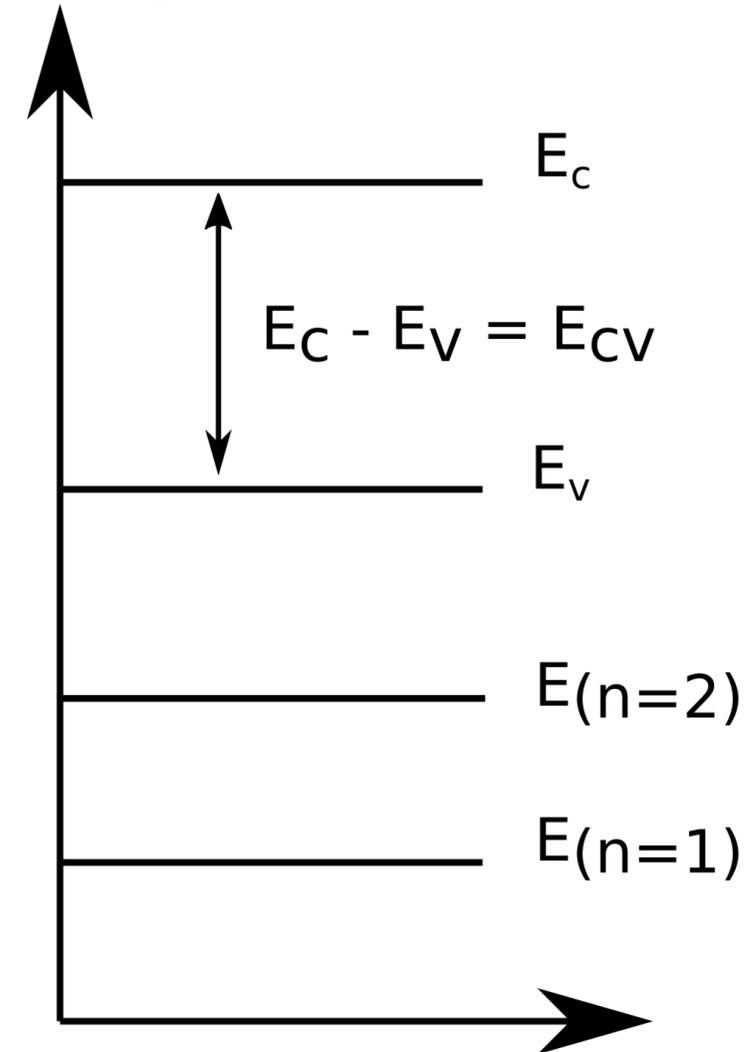
- Noyau central
- Électrons sur trajectoires circulaires formant des couches autour du noyau
- Nombre maximal d'électrons sur une couche de numéro  $n = 2n^2$
- Distribution des électrons de l'intérieur vers l'extérieur ( $n$  croissant)
- Couche la plus externe est appelée **couche de valence**. Elle contient les électrons qui participent aux liaisons
- Si électron quitte l'atome et devient **libre**, il passe dans la couche de conduction



# Modèle de Bohr : niveaux d'énergie

- Couche n correspond à un niveau d'énergie  $E_n$
- Un électron passe d'un niveau d'énergie inférieur à un niveau d'énergie supérieur en recevant de l'énergie
- Il fait l'inverse en émettant de l'énergie
- Énergie émise ou énergie reçue est égale à la différence d'énergie entre les 2 niveaux
- Énergie peut être émise par l'électron ou donnée à l'électron sous plusieurs formes

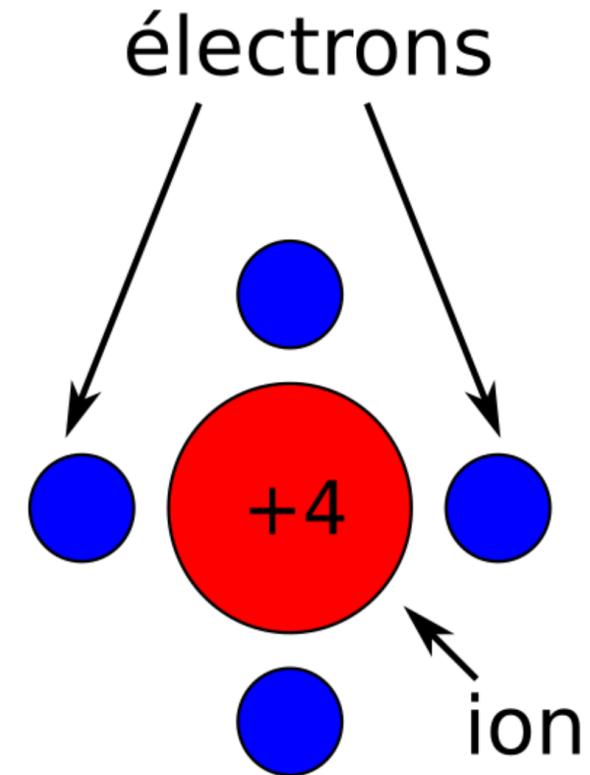
Niveaux d'énergie



$E_v$ : Energie de la couche de valence  
 $E_c$ : Energie de la couche de conduction

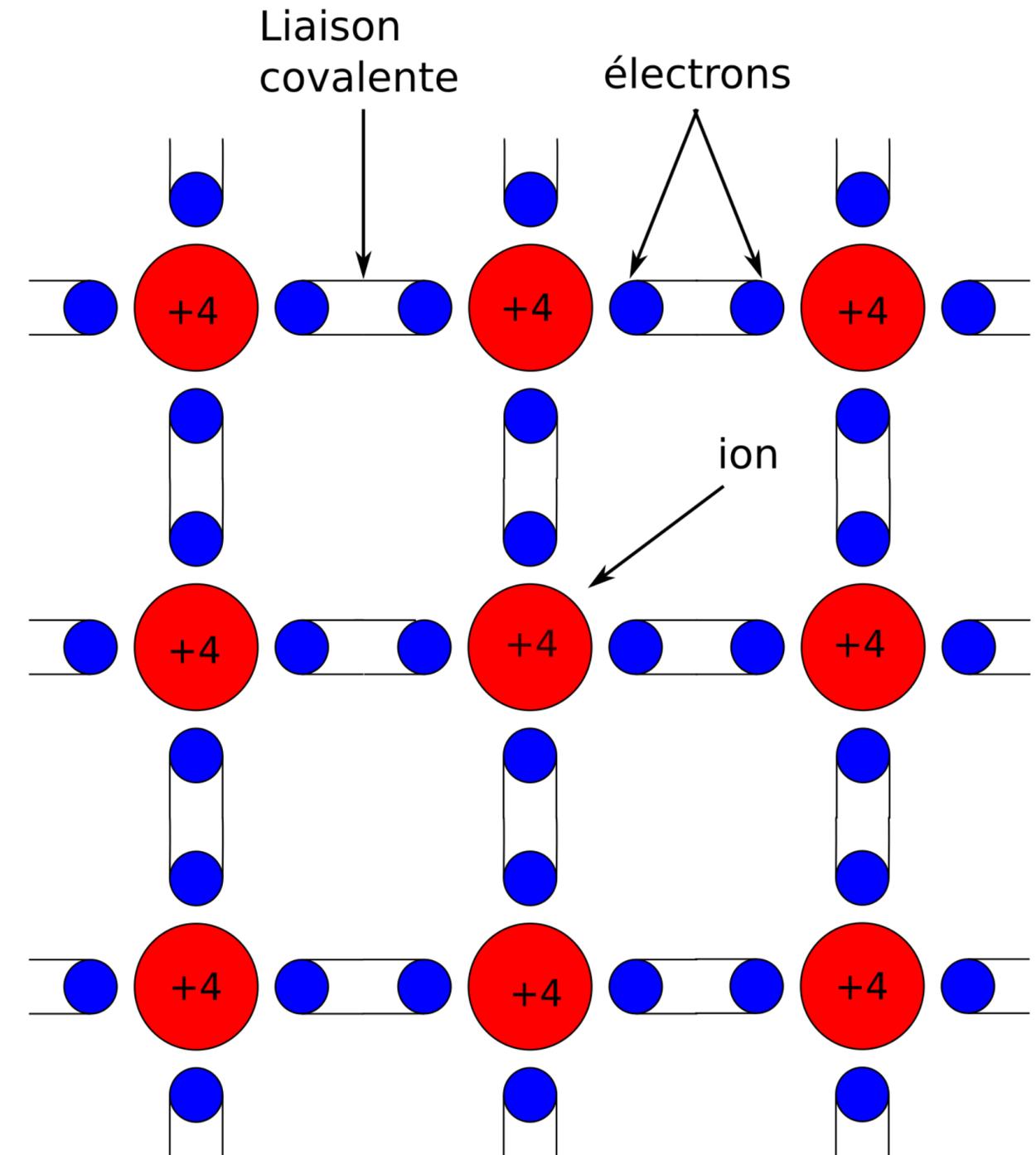
# Semi-conducteur intrinsèque

- Élément de la colonne IV du tableau de classification périodique des éléments
- Intrinsèque = à l'état « pur »
- 4 électrons de valence



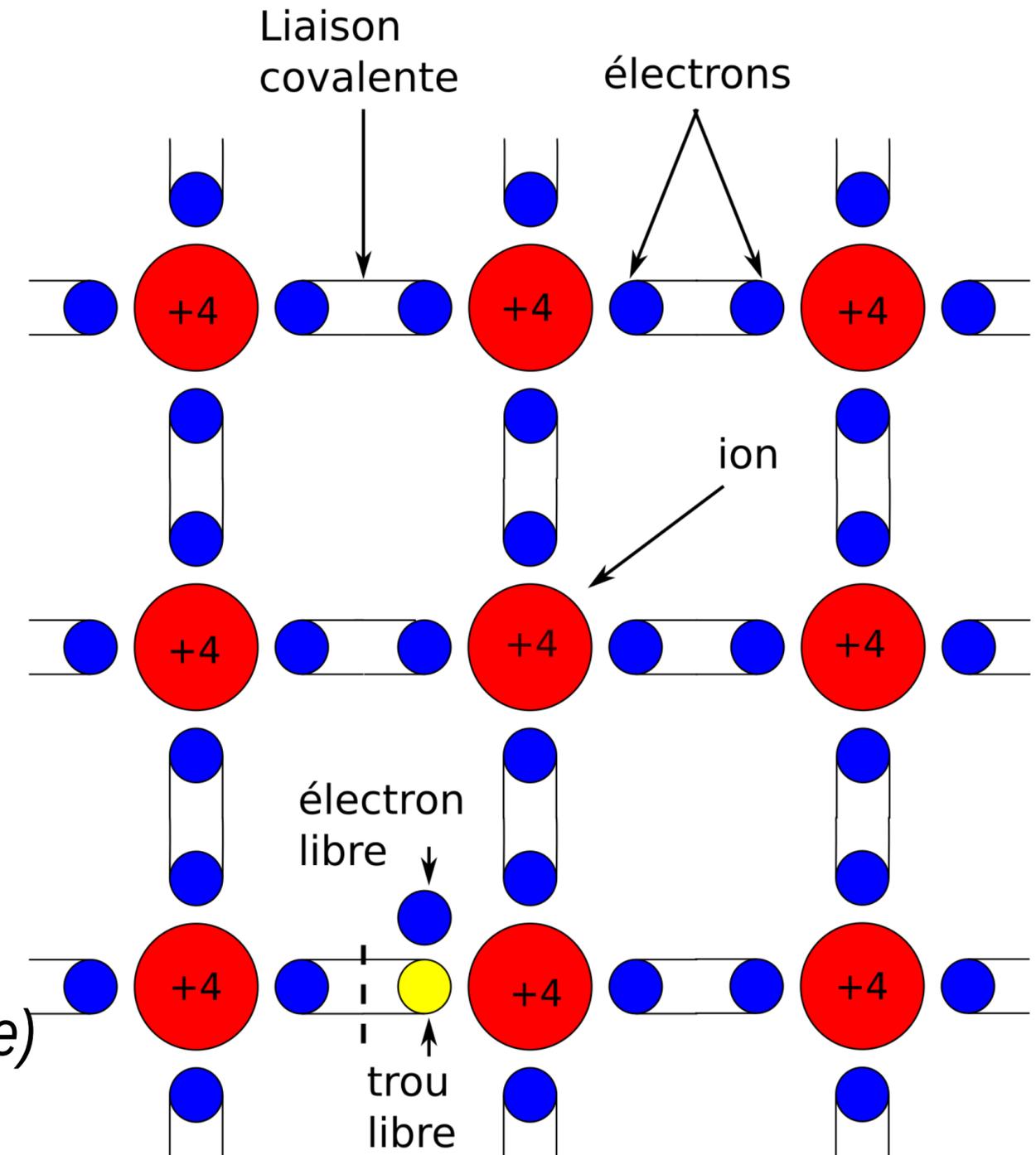
# Semi-conducteur intrinsèque

- Élément de la colonne IV du tableau de classification périodique des éléments
- Intrinsèque = à l'état « pur »
- 4 électrons de valence
- Dans le cristal, les 4 électrons sont engagés dans des liaisons covalentes avec les 4 voisins
- Il n'y a donc pas d'électron libre et par conséquent pas de courant électrique



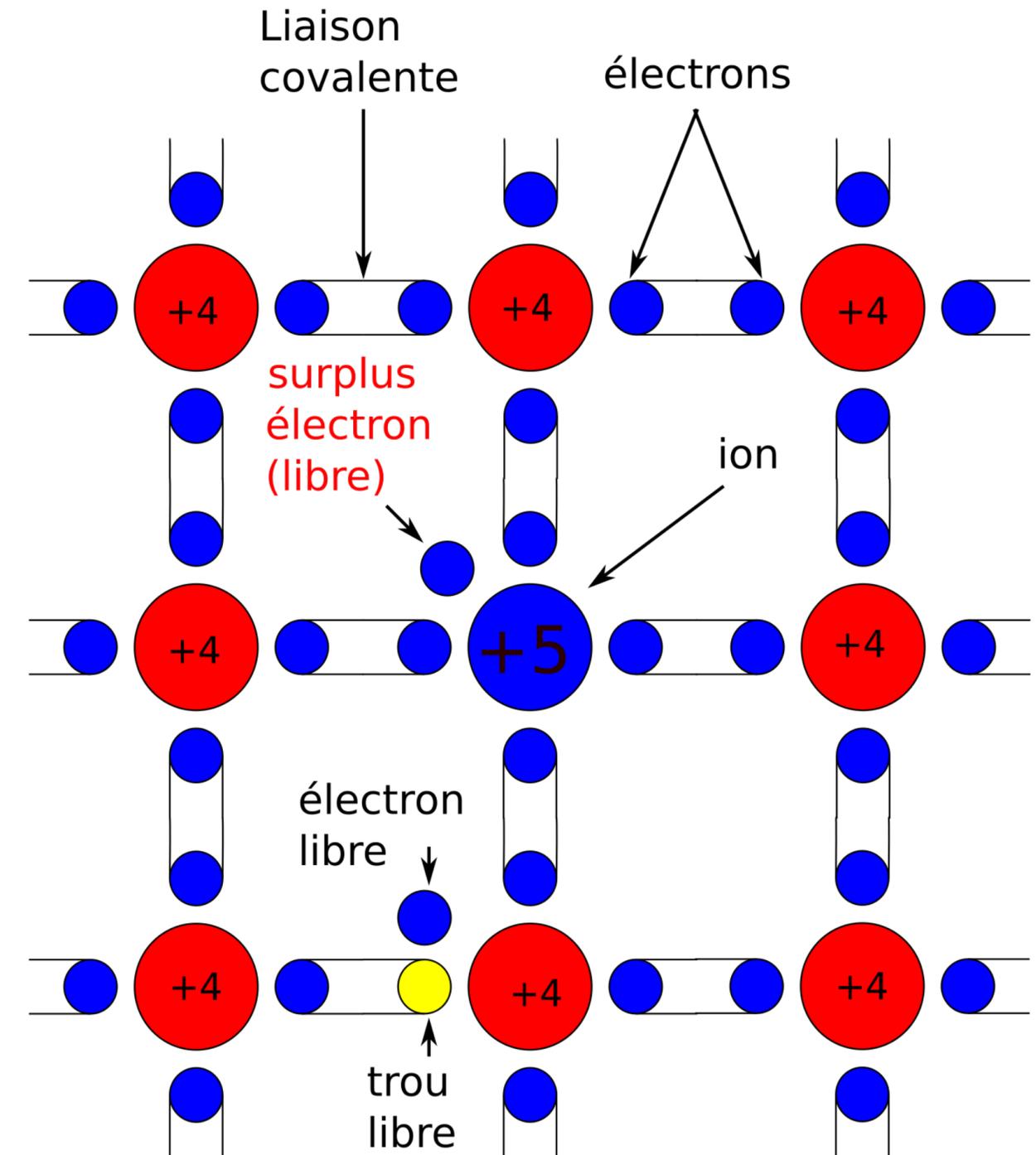
# Conduction intrinsèque

- Communiquer de l'énergie à l'atome par un moyen quelconque (lumière, élévation de la température, etc...)
- Électrons de couche de valence s'en échappent, passent dans la couche de conduction et deviennent **libres**
- Leur départ laisse une charge positive de même valeur absolue appelée **trou**
- Une **paire électron-trou libre** est née !
- Charges positives et négatives se déplacent et créent un **courant électrique** dans le cristal
- Nombre de paires électron-trou :  $10^{-13}$  par atome (*très faible*)



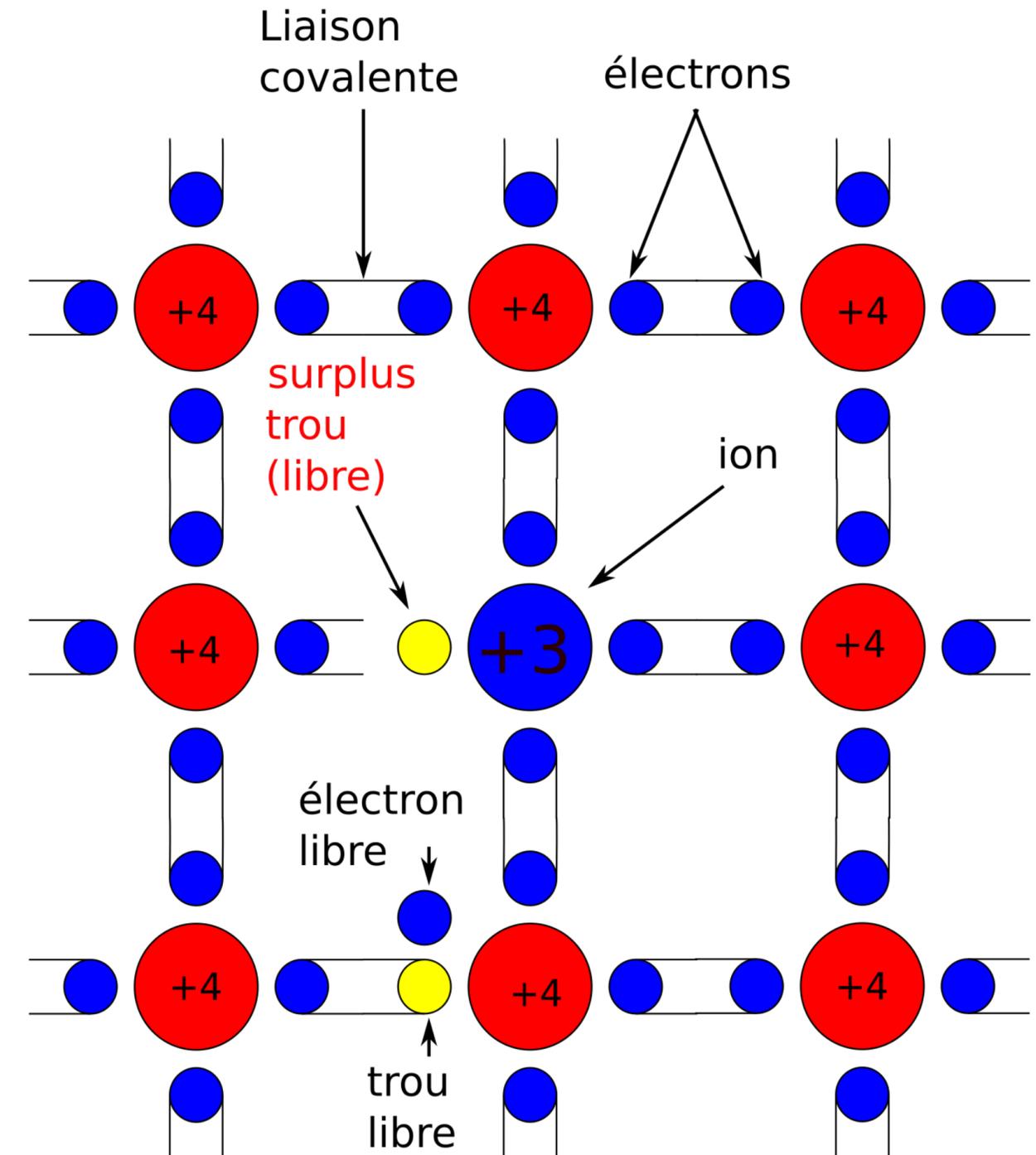
# Semi-conducteur dopé de type N

- Injecter un élément de **valence 5** en faible quantité ( $10^{-6}$  par atome)
- Le cristal est **dopé N**
- Surplus d'électrons : certains sont d'office libres ( $10^{-6}$  /atome)
- Paires électron-trou libres également présents
- Conduction dans 1 atome de cristal assurée par :
  - $10^{-13}$  trous (conduction intrinsèque)
  - $10^{-13}$  électrons (conduction intrinsèque)
  - $10^{-6}$  électrons (conduction **extrinsèque**)
- Conduction extrinsèque **largement dominante !**



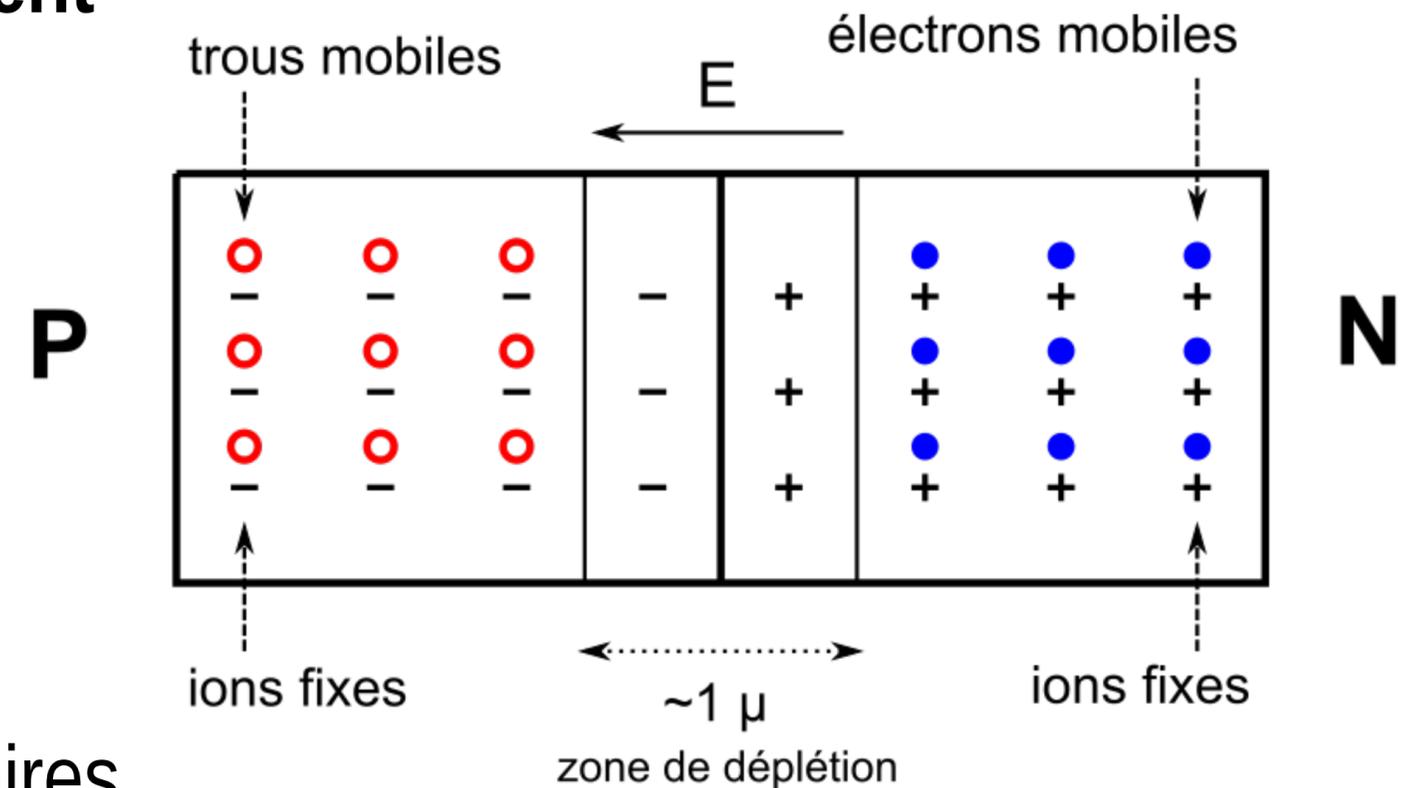
# Semi-conducteur dopé de type P

- Injecter un élément de **valence 3** en faible quantité ( $10^{-6}$  par atome)
- Le cristal est **dopé P**
- Surplus de trous : certains sont d'office libres ( $10^{-6}$  /atome)
- Paires électron-trou libres également présents
- Conduction dans 1 atome de cristal assurée par :
  - $10^{-13}$  trous (conduction intrinsèque)
  - $10^{-13}$  électrons (conduction intrinsèque)
  - $10^{-6}$  trous (conduction **extrinsèque**)
- Conduction extrinsèque **largement dominante !**



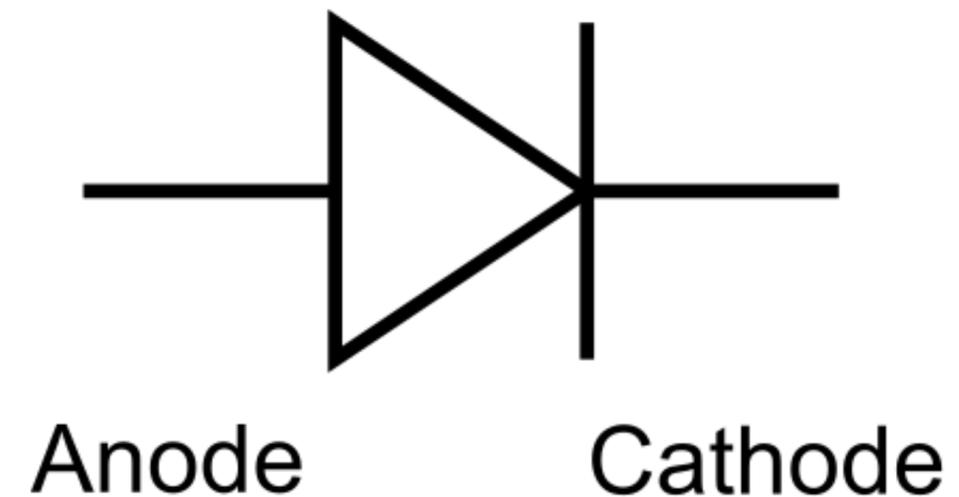
# Jonction PN

- Mise en contact de semi-conducteurs dopés P et N
- Porteurs de charges de natures différentes **s'attirent**
- **Diffusion** de porteurs de charges
- **Neutralisation** mutuelle
- Zones de **déplétion**
- **Champ électrique** (barrière de potentiel)
- Champ **opposé** au passage des porteurs majoritaires
- MAIS : **favorise** le passage des porteurs minoritaires



# La diode à jonction

- Lorsqu'on soumet la jonction PN à une différence de potentiel, on réalise une **diode à jonction**
- Caractéristique de la diode



# Caractéristique de la diode à jonction

- Caractéristique c'est la relation entre le courant  $I = f(V)$  qui traverse la diode et la tension à ses bornes

- Par application à la jonction de :

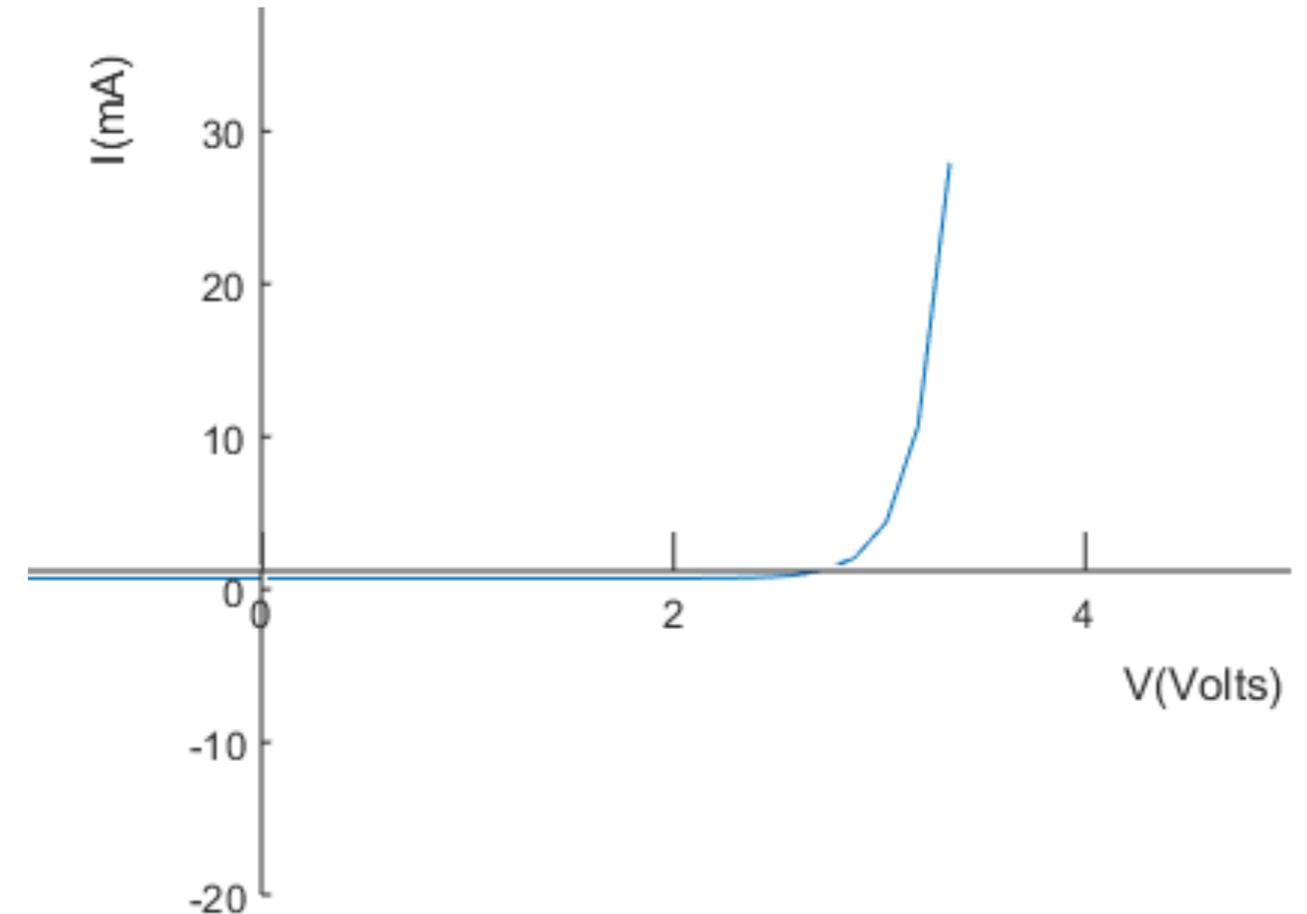
L'équation fondamentale de la dynamique

La loi de conservation de l'énergie

La relation  $E = - \overline{grad}(V)$

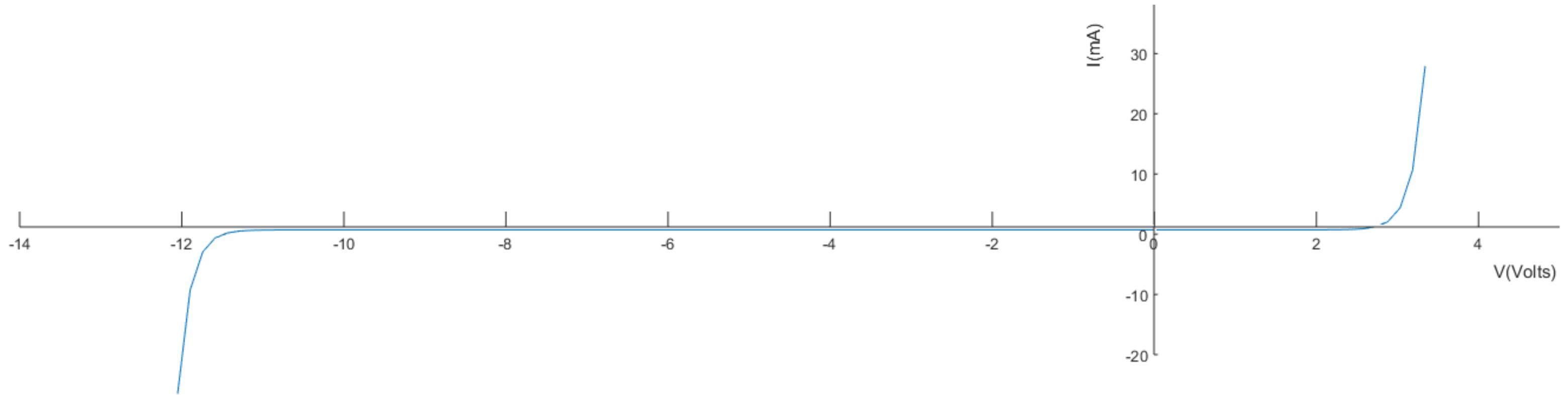
- On obtient l'équation différentielle qui régit le courant

- La résolution de l'équation donne :  $I = I_s (e^{\frac{eV}{\eta kT}} - 1)$



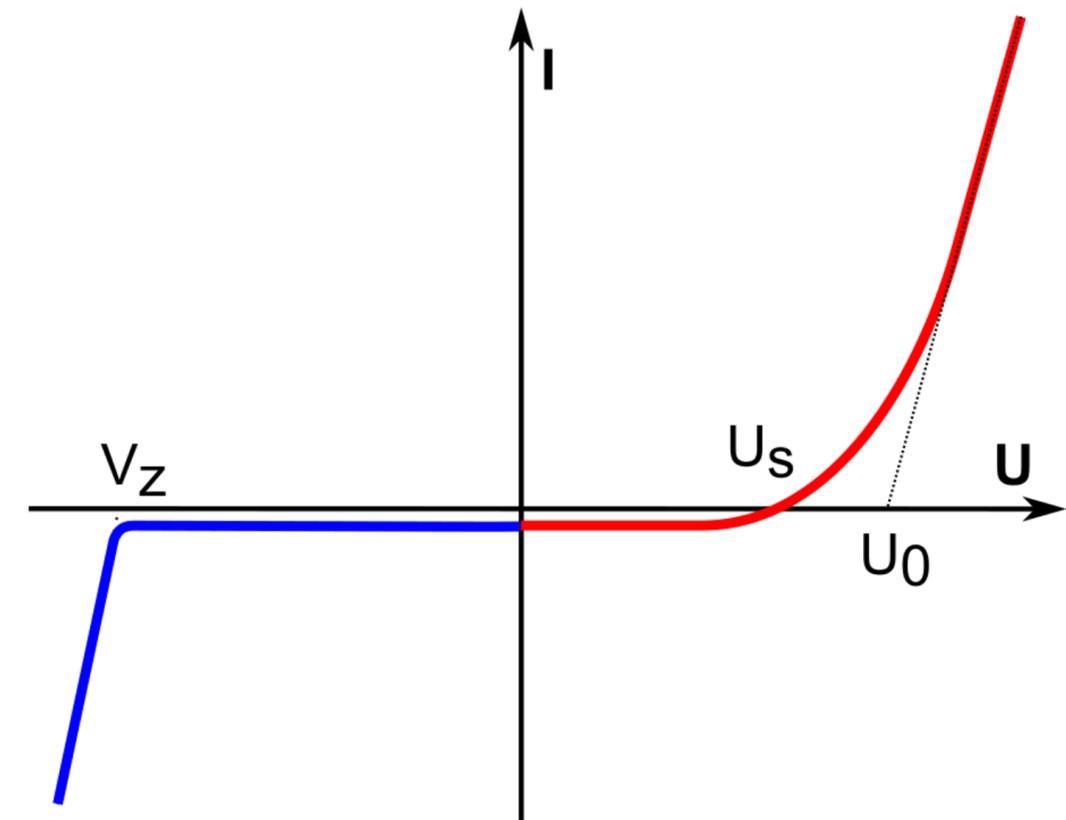
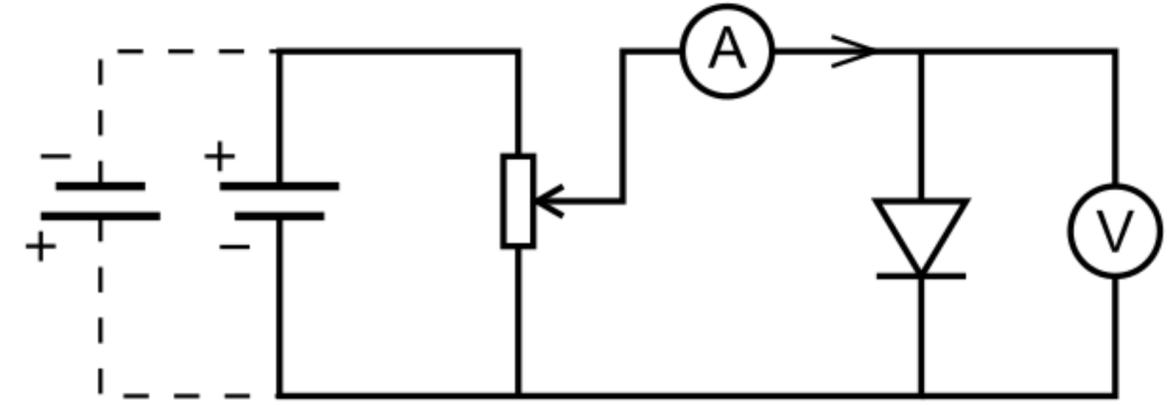
# Caractéristique de la diode à jonction

- Avec la partie négative :



# Caractéristique de la diode à jonction

- Réaliser le circuit ci-contre :
- Relever dans un tableau la valeur de  $I$  pour chaque valeur de  $U$
- Tracer
- *Commentaires* :
  - Allure semblable à celle de la courbe théorique
  - Points particuliers:  $V_z$ ,  $U_s$ ,  $U_0$
  - Notions de **Passante** et **Non passante**



# La diode à jonction : principes physiques



- Modèle de Bohr
- Niveaux d'énergie
- Semi-conducteurs intrinsèques
- Dopage N et P
- Jonction PN
- La diode à jonction