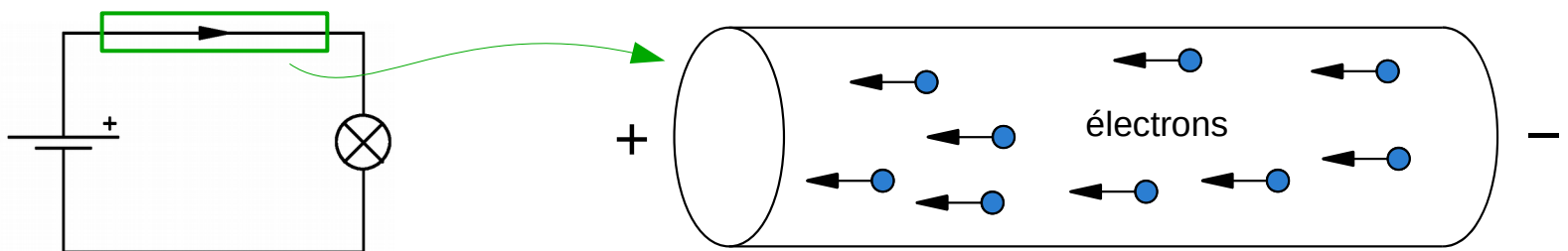


Conducteurs électriques

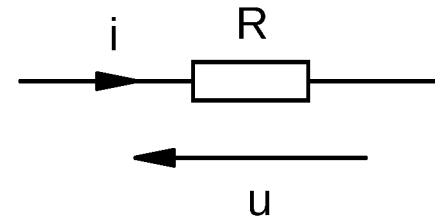
- Dans les matériaux conducteurs, les liens entre certains électrons et atomes sont faibles, ainsi ces électrons peuvent se déplacer
- Si on applique un champ électrique, alors les **électrons libres** seront **accélérés par la force de Lorentz**
 - ♦ Notez que le champ électrique est caractérisé par le potentiel électrique, alors le champ peut être induit par l'application d'une **tension** entre les bornes du conducteur
- Pourtant, ils seront en même temps **décélérés par les atomes** qui se trouveront sur leur chemin et gêneront leur mouvement
- **Une vitesse moyenne s'établira** menant à un nombre particulier d'électrons traversant le conducteur dans un temps donné
 - ♦ C'est bien un **courant**



Loi d'Ohm et résistance

- La tension aux bornes d'une résistance et le courant qui la traverse sont proportionnels, la **résistance** étant le **coefficient de proportionnalité**

$$u = R \cdot i$$



- ♦ Symbole : R ; Unité : ohm [Ω]
- La résistance définie comme ci-dessus est toujours positive
- Valeurs type
 - ♦ bon conducteur : ordre de $m\Omega$
 - ♦ bon isolateur : ordre de $M\Omega$
- Les flèches du courant et de la tension doivent s'opposer
 - ♦ Cela résulte des conventions concernant i , u et E ainsi que de la valeur négative de la charge d'un électron
- L'inverse de la résistance, c'est la **conductance**
$$i = G \cdot u \quad G = R^{-1}$$
 - ♦ Symbole : G ; Unité : siemens [S]

Conduction au niveau microscopique

- Intensité et **densité** du courant

$$i = \frac{q}{t} \quad j = \frac{i}{S} \quad [j] = 1 \frac{\text{A}}{\text{m}^2}$$

- **Concentration** (densité volumique) des électrons libres

$$q = N_e V e = N_e S \ell e$$

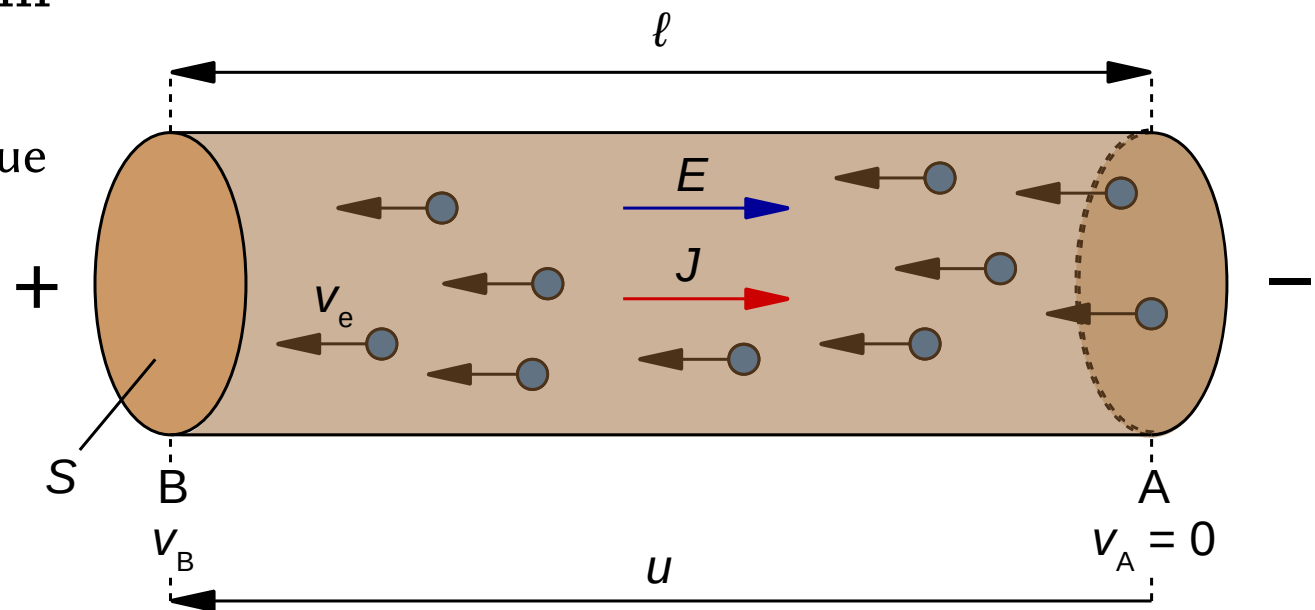
$$[N] = \frac{1}{\text{m}^3} = 1 \text{ m}^{-3}$$

- ♦ Constante pour les conducteurs : chaque atome fournit le même nombre d'électrons

- ♦ Cuivre (1 électron libre par atome) :
 $N_e = 8,49 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$
 $= 8,49 \cdot 10^{22} \text{ cm}^{-3}$

- La vitesse moyenne des électrons est proportionnelle au champ électrique, le coefficient de proportionnalité nommé **mobilité**

$$\bar{v}_e = \mu E \quad [\mu] = 1 \frac{\text{m}^2}{\text{V s}}$$



Conduction au niveau microscopique

- Définition stricte du potentiel

- ♦ matériel et champ uniformes

$$V_B = \int_A^B E \, d\ell = E \ell$$

$$u = V_B - V_A = E \ell - 0 = E \ell$$

$$E = \frac{u}{\ell}$$

- **Loi d'Ohm microscopique**

$$j = \sigma E \quad E = \rho j$$

- **Conductivité et résistivité**

$$\sigma = e\mu N = \rho^{-1}$$

- Niveau macroscopique

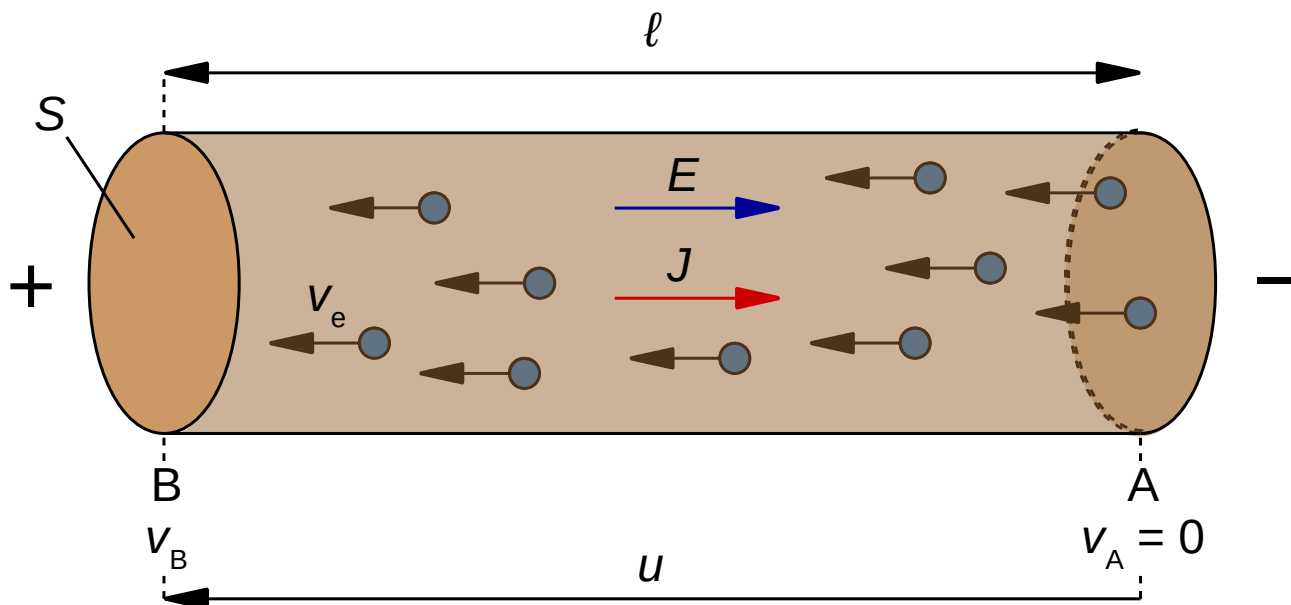
$$\frac{u}{\ell} = \rho \frac{i}{S}$$

$$u = i \frac{\rho \ell}{S} = i R$$

$$R = \frac{\rho \ell}{S}$$

$$[\rho] = 1 \, \Omega \cdot \text{m}$$

$$[\sigma] = 1 \, \frac{\text{S}}{\text{m}}$$



Conductivité et résistivité des métaux

- La plupart de bons conducteurs ($\sigma \sim 10^7$ S/m) sont des métaux
 - ♦ Le plus populaire est le **cuiivre** grâce à sa conductivité électrique σ et thermique κ , son coût bas, son élasticité E ; pourtant, il est facilement oxydé
 - ♦ **Aluminium** : κ et E pires ; utilisé en grandes quantités grâce aux coût et poids bas, et avec refroidissement efficace (câbles de transmission)
 - ♦ Argent : le meilleur conducteur (σ et κ) mais cher et sensible à la corrosion
 - ♦ **Or** : avantageux mais cher ; utilisé en petites quantités (couches minces sur des connecteurs, fils de connexion à l'intérieur des circuits intégrés)
 - ♦ Platine : très stable mais σ et κ basses ; couches en courants faibles

	$\sigma(20\text{ °C})$ [S/m]	$\rho(20\text{ °C})$ [$\Omega\cdot\text{m}$]	κ [W/(m·K)]	E [GPa]	sensibilité à corrosion	coût	D [g/cm ³]
Ag	$6,30\cdot 10^7$	$1,59\cdot 10^{-8}$	406	72	haute	haut	
Cu	$5,96\cdot 10^7$	$1,68\cdot 10^{-8}$	385	117	très haute	bas	8,96
Au	$4,10\cdot 10^7$	$2,44\cdot 10^{-8}$	314	74	très basse	très haut	
Al	$3,50\cdot 10^7$	$2,65\cdot 10^{-8}$	205	69	modérée	très bas	2,70
Pt	$0,94\cdot 10^7$	$10,6\cdot 10^{-8}$	73	148	très basse	très haut	

Effet de la température

- Les **atomes vibrent** plus la température est élevée
- Ainsi, ils gênent plus fortement le mouvement des électrons
- Cela se traduit par une vitesse moyenne des électrons moins élevée
- Mobilité plus basse
- **Conductivité diminue** avec la température
Résistivité augmente avec la température

$$\sigma(T) = \frac{\sigma(T_0)}{1 + \alpha \cdot (T - T_0)}$$

$$\rho(T) = \rho(T_0) \cdot [1 + \alpha \cdot (T - T_0)]$$

	α [K ⁻¹]
Ag	0,0038
Cu	0,0039
Au	0,0034
Al	0,0043
Pt	0,0039

Exercices

- 2.3.1. Calculer la résistance d'un fil en cuivre d'une longueur de 3 m et d'une section de $1,6 \text{ mm}^2$, à la température de $20 \text{ }^\circ\text{C}$ et $60 \text{ }^\circ\text{C}$.
- 2.3.2. Quelle tension se produira entre les extrémités de ce fil à $60 \text{ }^\circ\text{C}$, s'il est traversé d'un courant dont l'intensité est de $3,6 \text{ A}$? Que devient cette tension si on utilise un fil de $4,0 \text{ mm}^2$?
- 2.3.3. Une piste en cuivre d'une épaisseur $d = 35 \text{ }\mu\text{m}$ et d'une longueur $\ell = 8 \text{ cm}$, est traversée par un courant de $4,5 \text{ A}$. Quelle doit être sa largeur W pour que la chute de tension entre ses extrémités ne dépasse pas 50 mV à $60 \text{ }^\circ\text{C}$?
- 2.3.4. Quelle doit être la résistance du résistor pour obtenir l'intensité du courant de la diode de 5 mA ?

