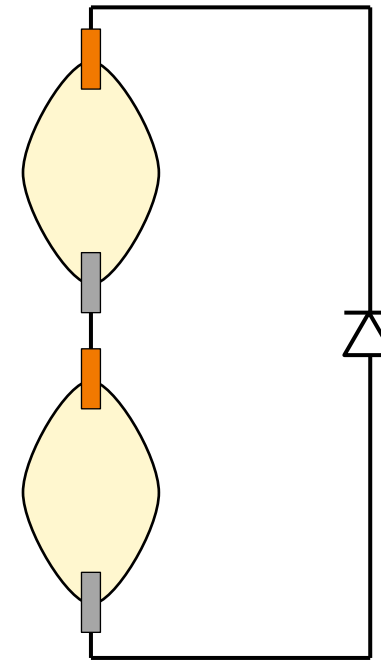
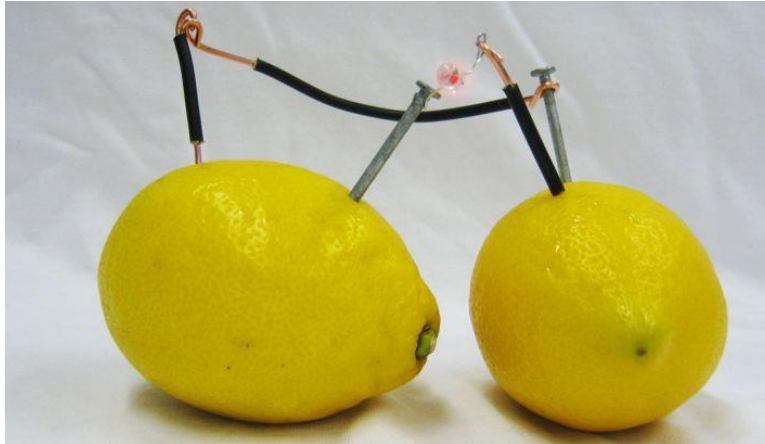


# Electricité en continu





## L'électricité, comment ça marche ?

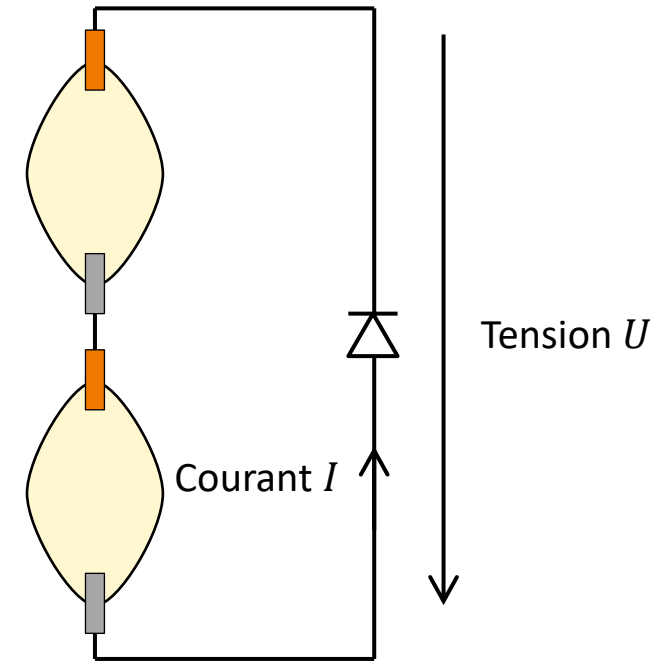
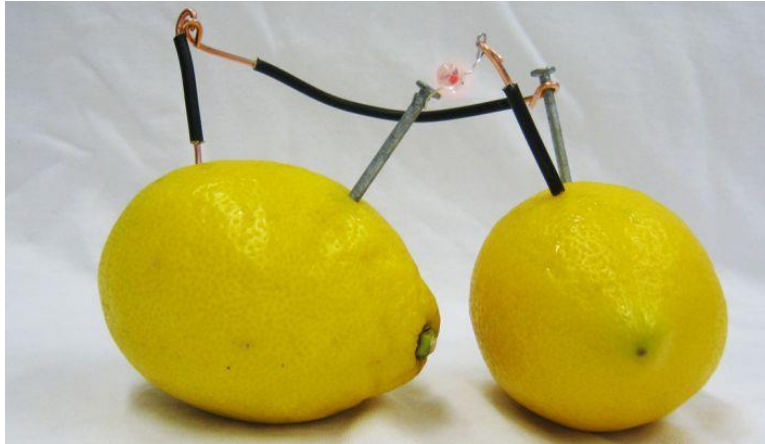


« Lumière » !?

- Pourquoi la diode s'allume ?
- L'énergie vient-elle des citrons ?
- Pourquoi planter du cuivre et du zinc dans les citrons ?

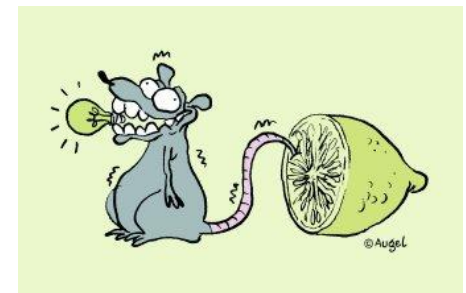


## L'électricité, comment ça marche ?



- Apparition d'une tension  $U$  aux bornes des citrons
- Circulation d'un courant  $I$

**=> Transfert d'énergie du système citron-cuivre-zinc vers la diode lumineuse**



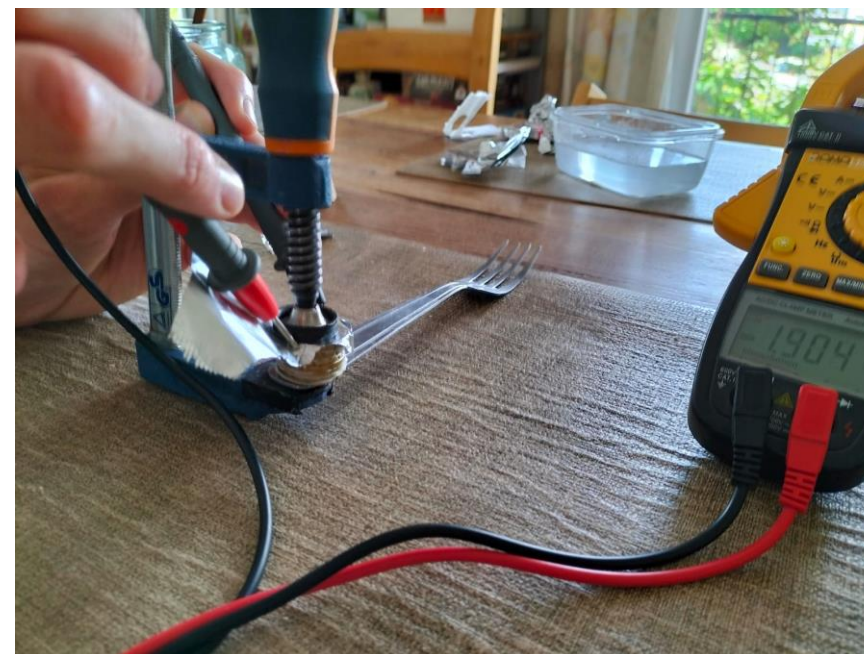


## J'ai vérifié, ça marche...

- Alternances de :
  - aluminium (de cuisine)
  - cuivre (pièces de monnaie en alliage nordique : 89% de cuivre, 5% alu, 5% zinc et 1% étain)
  - essuie-tout mouillé (eau salé)
- Deux connexions en métal (fourchette, alu, autre...)



Ampoule 2,2 V





- **Définitions des grandeurs électriques**
  - Charge électrique
  - Courant
  - Potentiel électrique
  - Tension
  - Puissance
- **Éléments des circuits**
  - Nœuds, maille, lois de Kirchhoff
  - Résistance : loi d'Ohm, effet Joule
- **Associations en série, en parallèle, mixte (*ex : pack batterie*)**



# Définition des grandeurs électriques

Nicolas DAMAY  
Maître de conférences  
Département IM

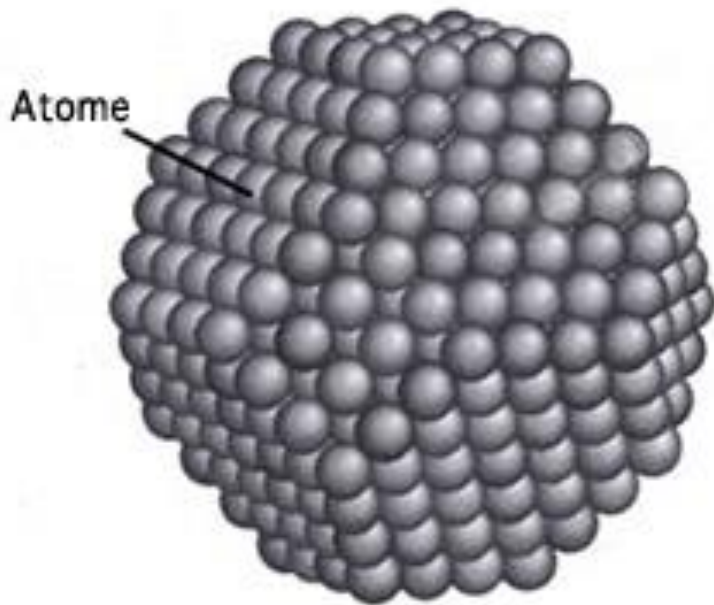
[www.utc.fr](http://www.utc.fr)  
[nicolas.damay@utc.fr](mailto:nicolas.damay@utc.fr)

*Cours SY03 : Electricité en continu*

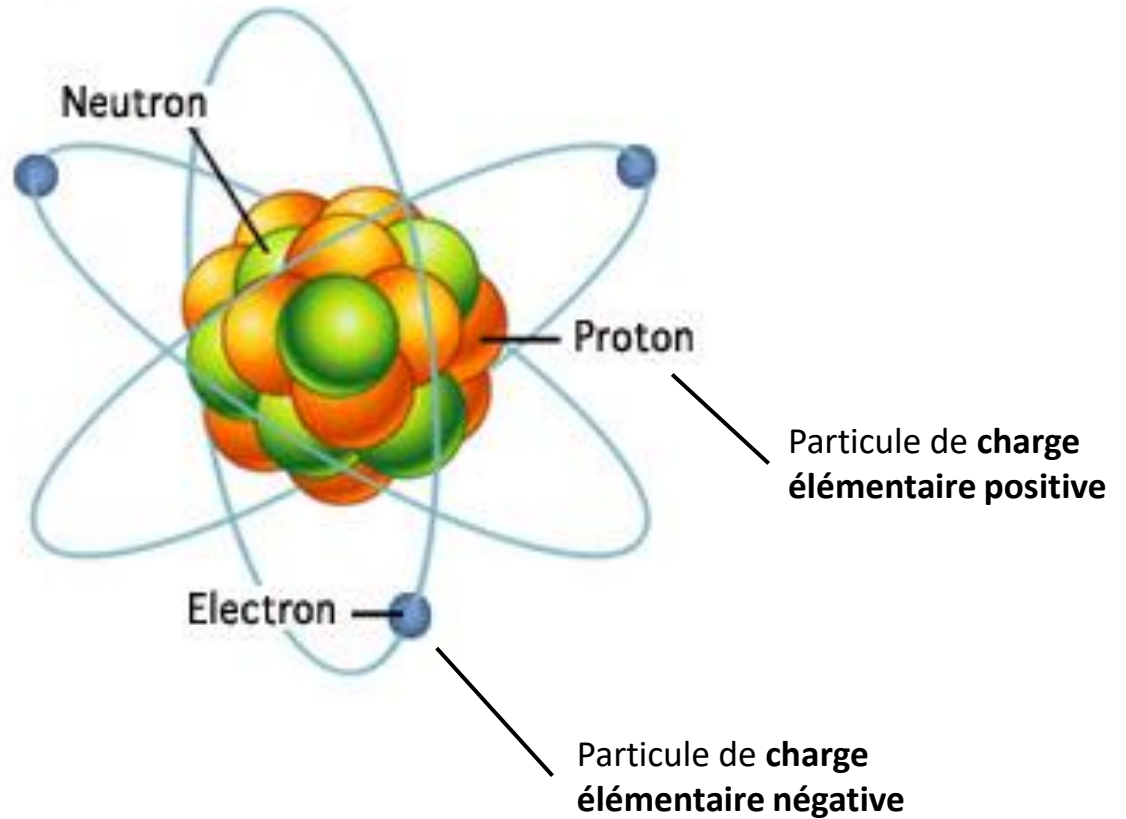


## Porteurs de charge

### MATIERE



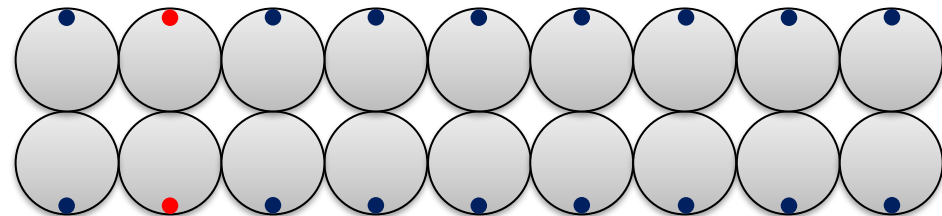
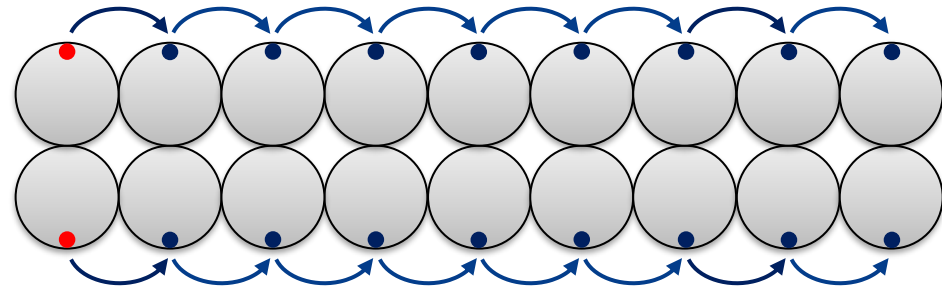
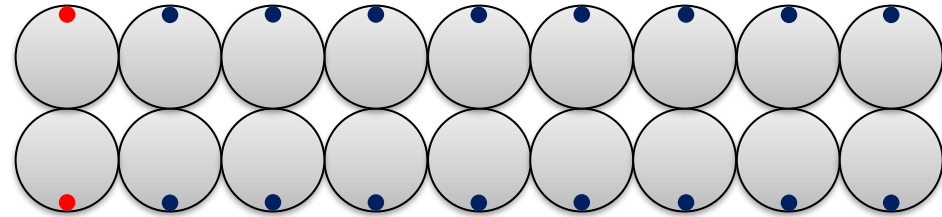
### ATOME





## Déplacement des électrons

- Electrons = porteurs de charge
- « sautent » d'un atome à l'autre
- Déplacement des électrons
  - Environ 60 cm/h





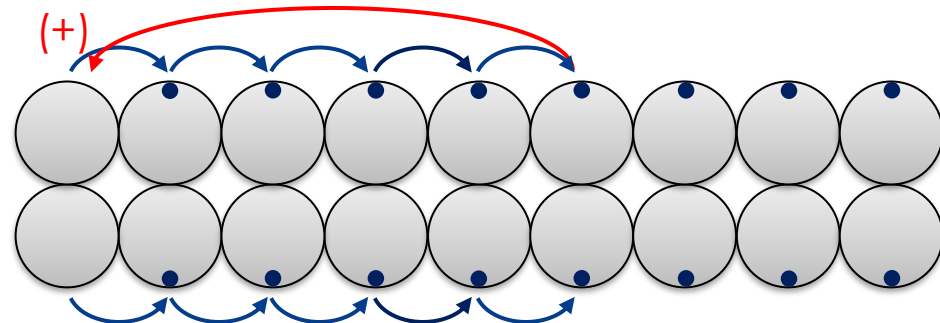
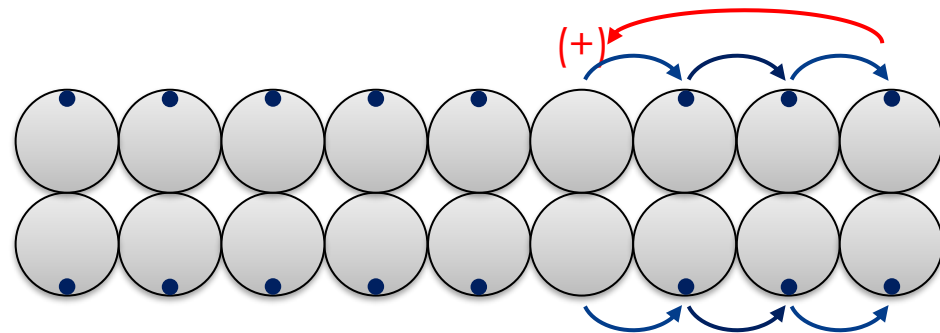
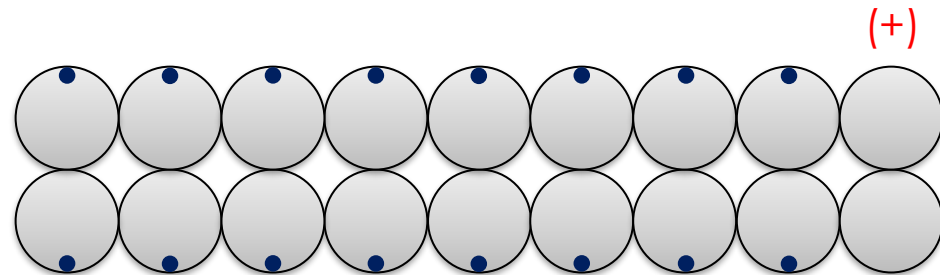


## Sens du courant

- Ici, les électrons vont vers la droite
- Les « trous » (porteurs de charges positives) vont vers la gauche
- **Courant = flux de charges positives**

$$I = \frac{dq}{dt}$$

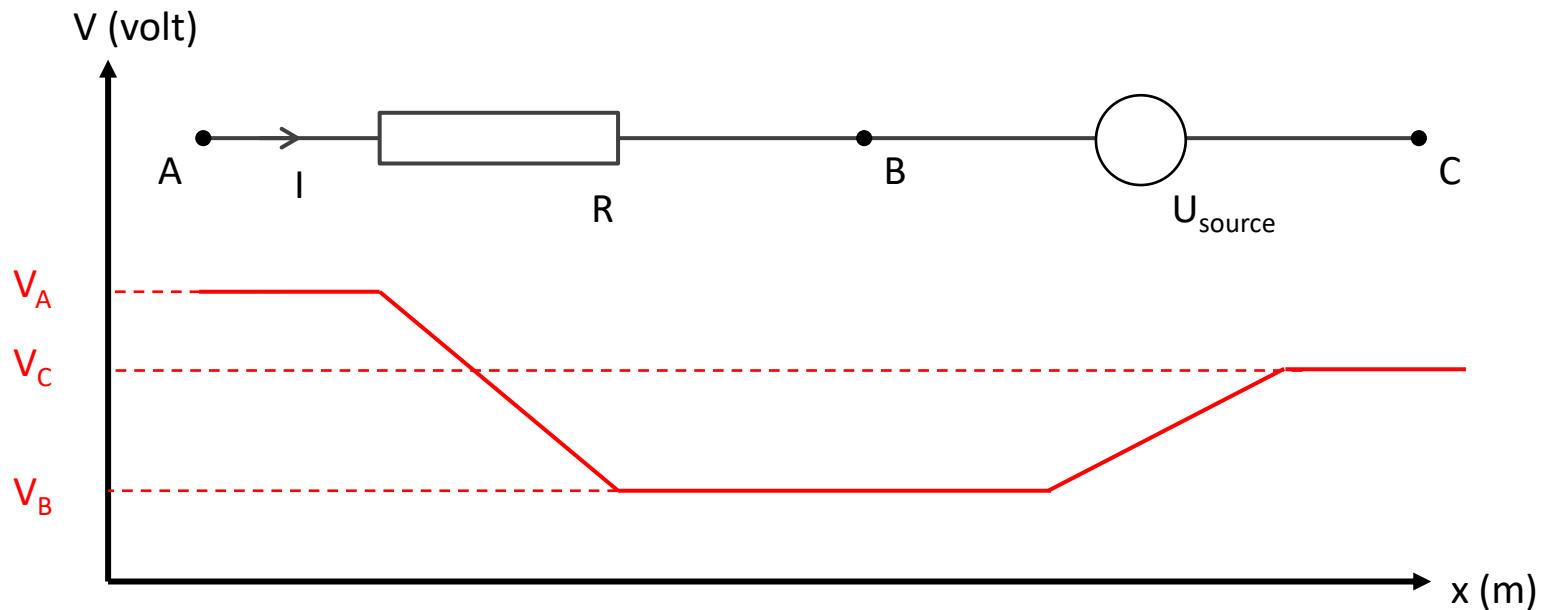
- Sens du courant : vers la gauche
- « Propagation » rapide de la charge
  - Environ 300 000 km/s





## Potentiel électrique

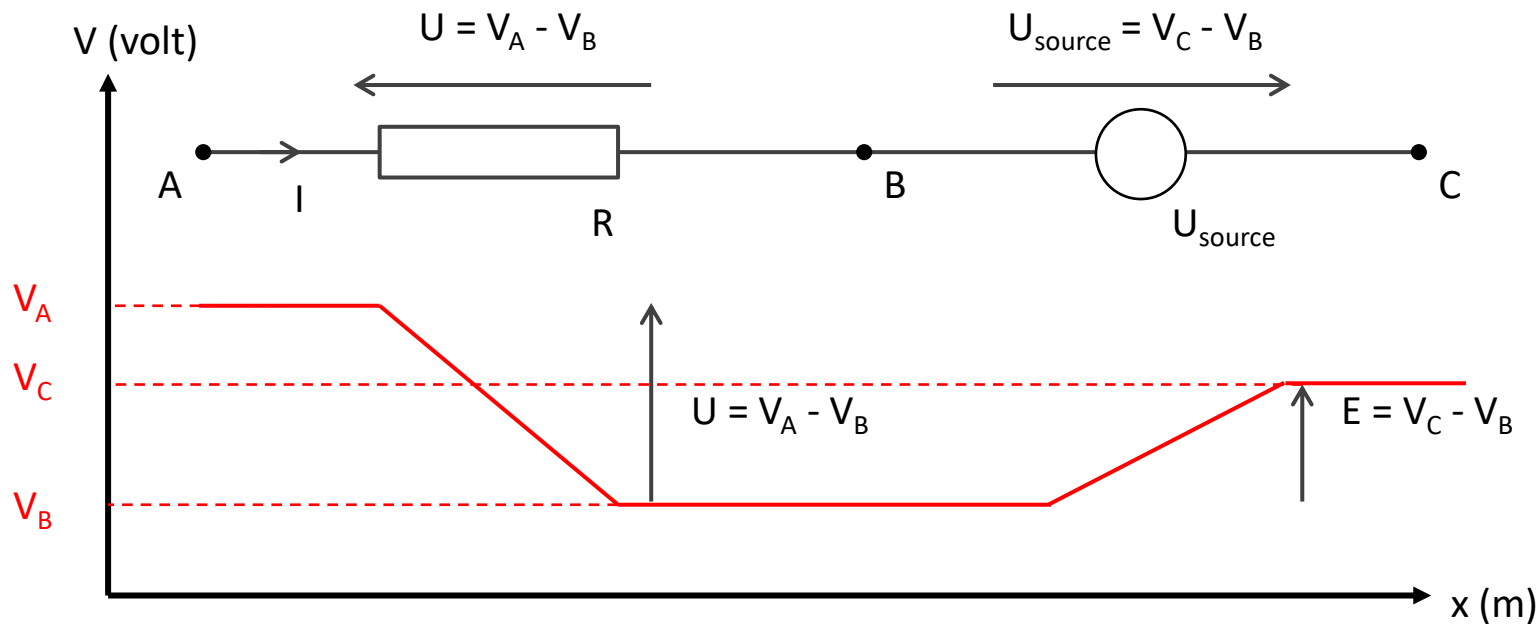
- Etat physique en un point de l'espace
  - Analogie : température, pression
- Un gradient de potentiel correspond à un champ électrique (cf. EL01)
- Un gradient de potentiel agit sur les charges et peut affecter leur mouvement
- Dans une résistance  $R$ , le potentiel diminue d'une borne à l'autre (pertes d'énergie)
- Dans une source, le potentiel augmente d'une borne à l'autre (apport d'énergie)





## Tension

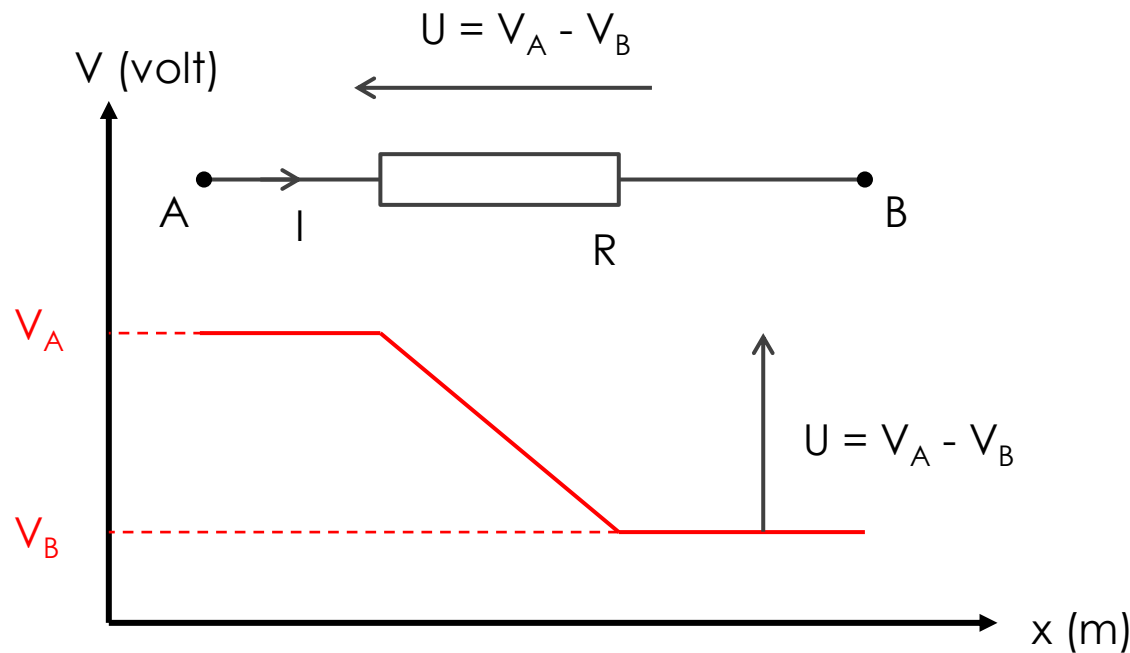
- Entre deux points A et B, on peut définir une **différence de potentiel  $U = V_A - V_B$**  ← = Tension
- En passant d'un potentiel A à un potentiel B dans un composant, une quantité de charge Q fournit une énergie  $E = Q \times (V_A - V_B) = Q \times U$
- Résistance : relation entre tension et courant dans la résistance =>  **$U = R \times I$**
- Dans la source, la charge Q reçoit une énergie  $E_{source} = Q \times (V_C - V_B) = Q \times U_{source}$





## Puissance

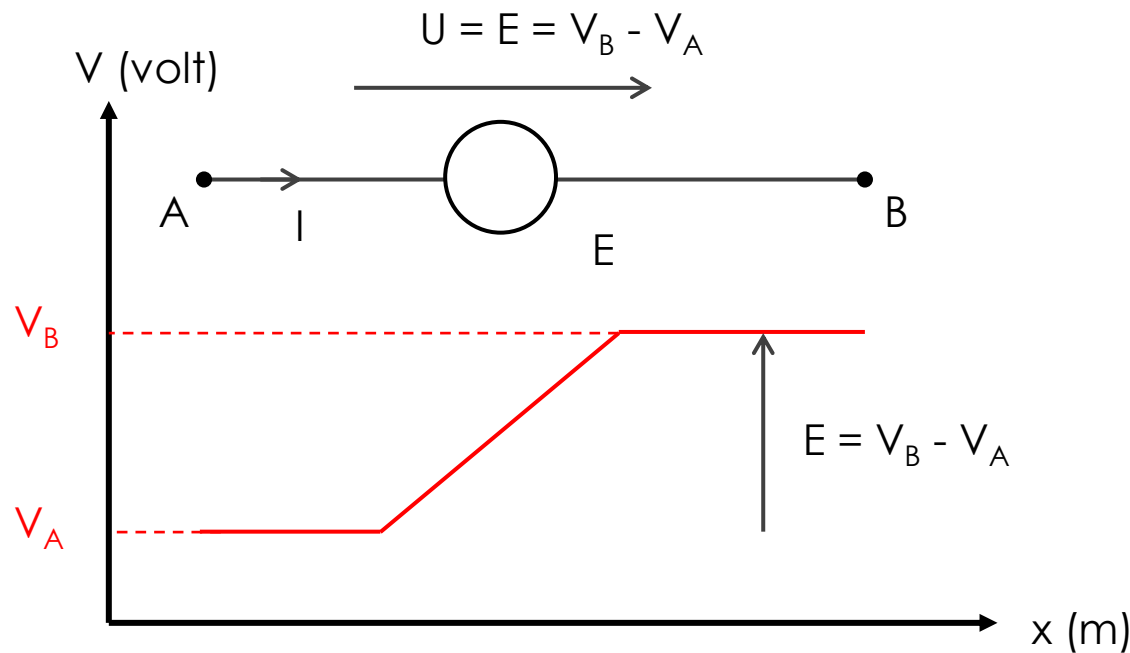
- En fonction du temps,  $dE/dt = P = dQ/dt \times U = I \times U$
- Pertes Joule :  $P = R \times I \times I = R \times I^2$  (*transformation en chaleur*)
  - Courant et tensions opposés : convention récepteur





## Puissance

- En fonction du temps,  $dE/dt = P = dQ/dt \times U = I \times U$
- Source de tension idéale :  $P = U \times I = E \times I$  (*apport de puissance*)
  - Courant et tensions dans le même sens : convention générateur
  - Si l'on conserve une convention récepteur, la puissance est alors négative





## Action d'une différence de potentiel sur les charges



- Elles influencent et sont influencés par le potentiel électrique autour d'eux
- Les électrons, ici en surplus, se repoussent les uns les autres



# Éléments des circuits

Nicolas DAMAY  
Maître de conférences  
Département IM

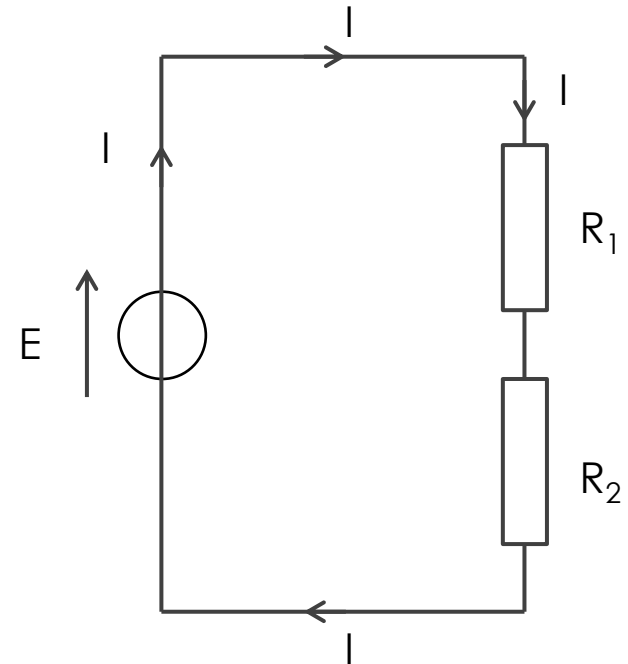
[www.utc.fr](http://www.utc.fr)  
[nicolas.damay@utc.fr](mailto:nicolas.damay@utc.fr)

*Cours SY03 : Electricité en continu*



## Éléments des circuits

- Charges guidées par les conducteurs (fils de cuivre)
  - Courant identique dans toutes les branches du circuit
  - **Aucune fuite possible, sauf « incident »**
- Source de tension  $E$  : apporte de l'énergie aux charges
  - Convention générateur : tension et courant dans le même sens
  - Apport de puissance :  $P_E = E \times I$
- Résistances  $R_1$  et  $R_2$  : consomment de l'énergie (*chaleur*)
  - Convention récepteur : tension et courant opposés
  - Consommation de puissance :  $P_{R1} = R_1 \times I^2$  ;  $P_{R2} = R_2 \times I^2$
- Bilan de puissance :  $P_E + P_{R1} + P_{R2} = 0$  ?

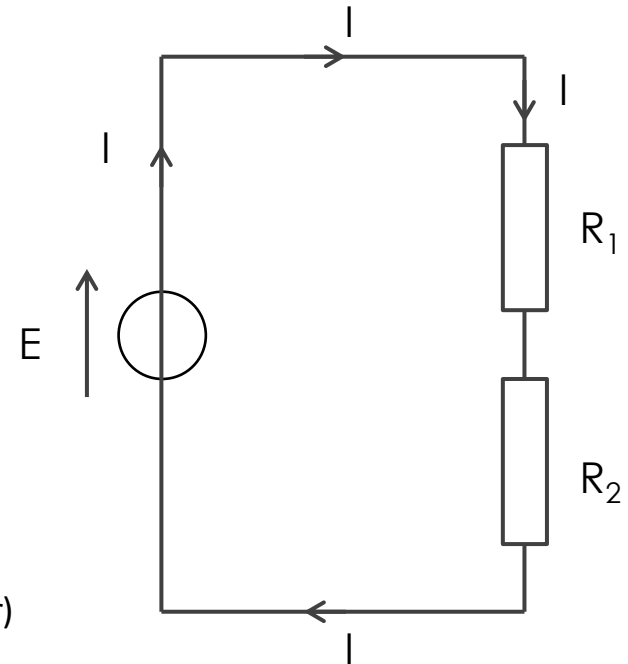






## Eléments des circuits

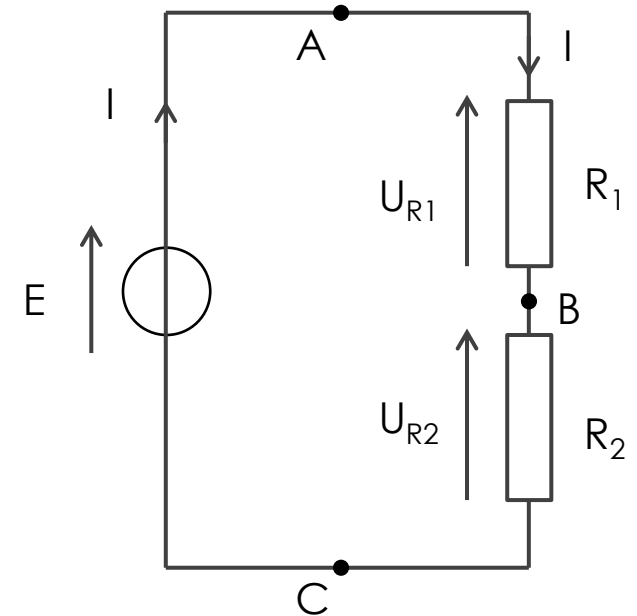
- Bilan de puissance :  $P_E + P_{R1} + P_{R2} = 0$ 
  - $P_E = E \times I$  ;  $P_{R1} = R_1 \times I^2$  ;  $P_{R2} = R_2 \times I^2$
- Incohérence car toutes les puissances ont été définies positives
- Convention récepteur :  $P > 0$  si reçue et  $P < 0$  si elle est fournie
- On considère que  $P_E < 0$  (*puissance fournie, convention récepteur*)
- OU
- On considère que  $P_{R1}$  et  $P_{R2} < 0$  (*puissance reçue, convention générateur*)





## Nœuds, branche, maille, loi des mailles

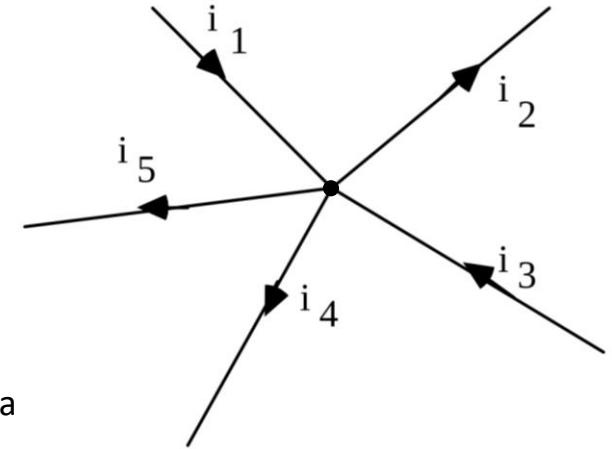
- Nœuds (A, B, C) : points où l'on calcule le potentiel électrique
- Branche : tronçon de circuit compris entre deux nœuds
- Maille : ensemble de branches formant une boucle fermée en ne passant qu'une fois par chaque nœud
- **Loi des mailles** : en partant d'un nœud, on parcourt une maille en additionnant toutes les tensions rencontrées. Leur somme vaut zéro.
  - Depuis C :  $E - U_{R1} - U_{R2} = 0$  (*attention aux signes*)
  - Or :  $E = V_A - V_C$  ;  $U_{R1} = V_A - V_B$  ;  $U_{R2} = V_B - V_C$
  - Démo :  $(V_A - V_C) - (V_A - V_B) - (V_B - V_C) = 0$
- Lien avec le bilan de puissance  $I \times (E - U_{R1} - U_{R2}) = 0$





## Loi des nœuds

- Conservation de la charge
  - Toutes les charges entrant dans un nœud doivent en ressortir
  
- Par conséquent : la somme des courants entrant dans un nœud est égale à la somme des courants qui en sortent



$$\underbrace{i_1 + i_3}_{\text{Courants entrants}} = \underbrace{i_2 + i_4 + i_5}_{\text{Courants sortants}}$$



# Associations série-parallèle

Nicolas DAMAY  
Maître de conférences  
Département IM

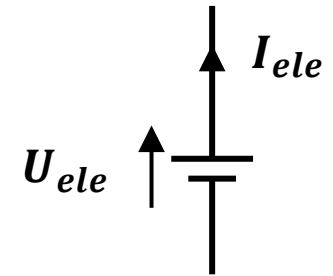
[www.utc.fr](http://www.utc.fr)  
[nicolas.damay@utc.fr](mailto:nicolas.damay@utc.fr)

*Cours SY03 : Electricité en continu*



## Exemple d'association en série et en parallèle

- Cellule électrochimique (accumulateur)
- Source de tension nominale  $U_{ele}$  (*assez faible pour un élément seul*)
- Cette source peut délivrer un courant  $I_{ele}$
- Elle peut « contenir » une quantité de charge  $Q_{ele}$ , appelée capacité (en  $Ah$ )



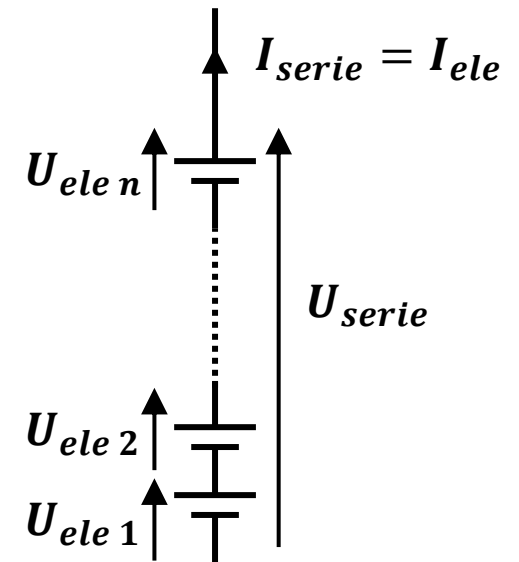


## Augmentation de la tension - Association en série

- Tension nominale  $U_{nom}$  assez faible pour un élément seul
- Association de  $n$  éléments en série pour augmenter la tension

$$U_{serie} = n \times U_{ele}$$

- Tous les éléments sont traversés par le même courant
- $I_{nom,serie} = I_{nom,ele}$  et  $I_{max,serie} = I_{max,ele}$
- La capacité ne change pas :
- $Q_{serie} = Q_{ele}$
- La puissance max vaut  $P_{serie,max} \approx (n \times U_{ele}) \times I_{max,ele}$
- L'énergie stockée vaut :  $E_{serie} \approx (n \times U_{ele}) \times Q_{ele}$





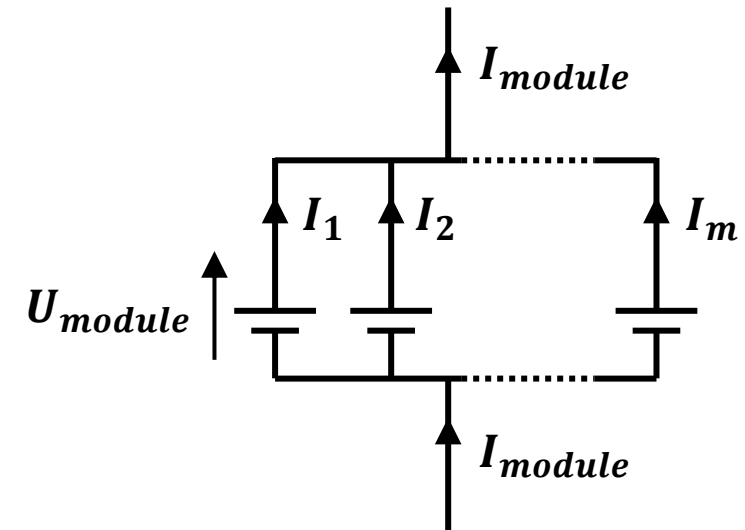
## Augmentation de courant/capacité - Association en parallèle

- Courant  $I_{ele}$  ou capacité  $Q$  (Ah) parfois trop faibles pour un élément seul
- Association de  $m$  éléments en parallèle pour augmenter courant/capacité

$$I_{module} = m \times I_{ele}$$

$$Q_{module} = m \times Q_{ele}$$

- L'ensemble est appelé « module »
- Tous les éléments ont la **même tension**
- $U_{module} = U_{ele}$
- La capacité augmente :  $Q_{module} = m \times Q_{ele}$
- La puissance max vaut  $p_{module,max} \approx U_{ele} \times (m \times I_{max,ele})$
- L'énergie stockée vaut :  $E_{module} \approx U_{ele} \times (m \times Q_{ele})$





## Association mixte : assemblage en série et en parallèle

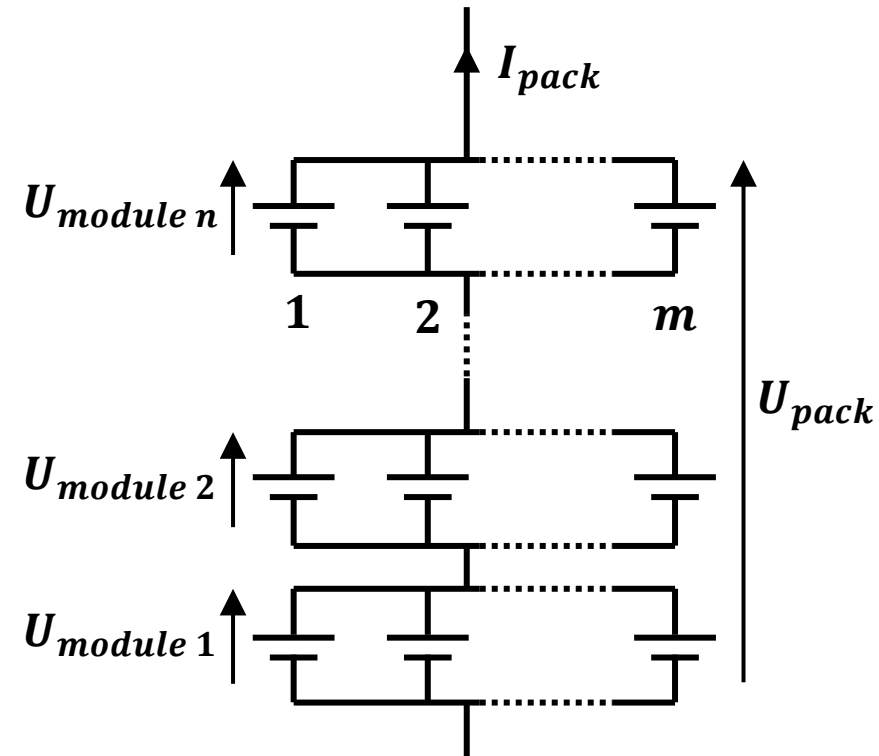
- L'ensemble est appelé « pack batterie »
- Il permet d'atteindre les performances voulues

- Tension :  $U_{pack} = n \times U_{ele}$
- Courant :  $I_{pack} = m \times I_{ele}$
- Capacité :  $Q_{pack} = m \times Q_{ele}$

- Puissance max :

$$P_{pack,max} \approx (n \times U_{ele}) \times (m \times I_{max,ele})$$

- Energie :  $E_{pack} \approx (n \times U_{ele}) \times (m \times Q_{ele})$







## Source non idéale

- Résistance interne (pertes internes)
- $U_{ch} = U_{ele} - U_r$  (*chute de tension interne*)
- Puissance fournie à la charge :  $P_{ch} = U_{ch} \times I$
- Puissance « perdue » :  $P_r = U_r \times I = R_{ele} \times I^2$
- Puissance fournie « idéalement » :  $P_{ele} = U_{ele} \times I$
- Rendement :  $\eta = \frac{P_{ch}}{P_{ele}} = \frac{P_{ch}}{P_{ch} + P_r} = \frac{U_{ch} \times I}{U_{ch} \times I + U_r \times I} = \frac{R_{ch}}{R_{ch} + R_r}$

