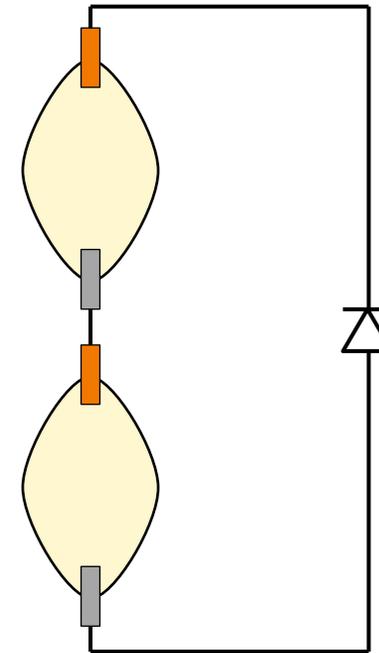
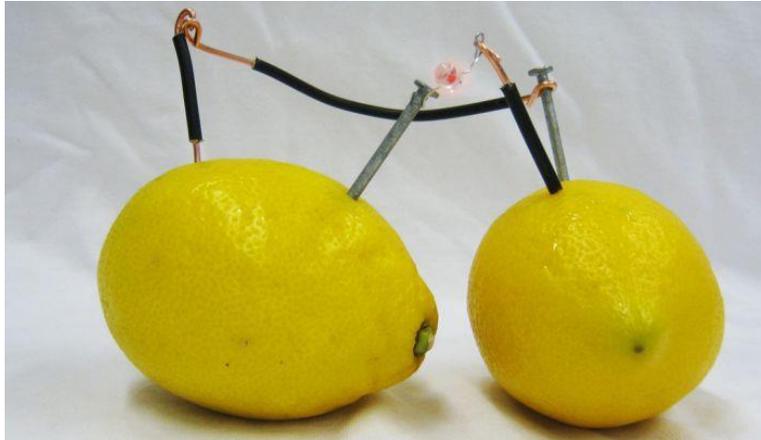


Electricité en continu



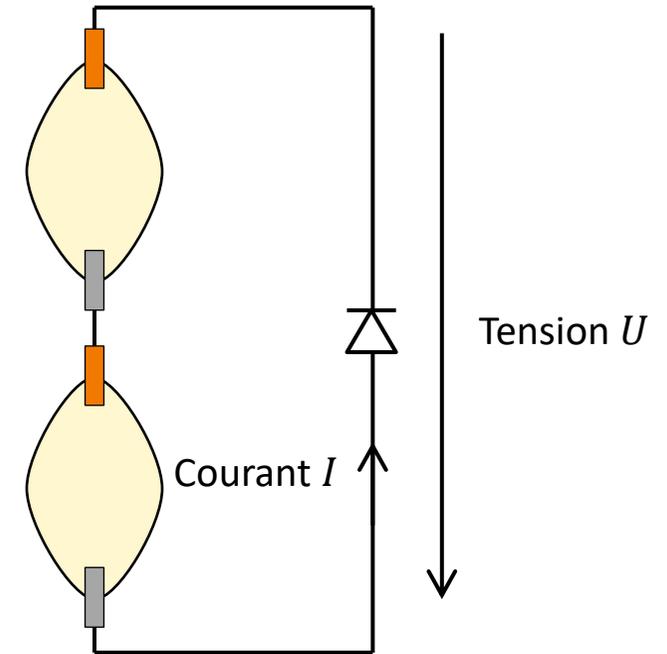
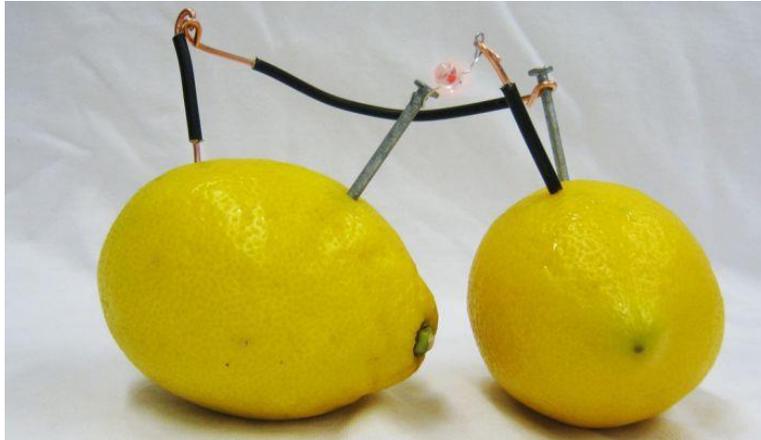
L'électricité, comment ça marche ?



« Lumière » !?

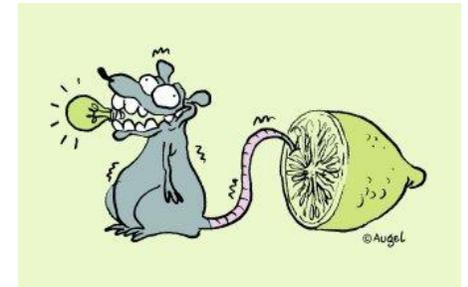
- Pourquoi la diode s'allume ?
- L'énergie vient-elle des citrons ?
- Pourquoi planter du cuivre et du zinc dans les citrons ?

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

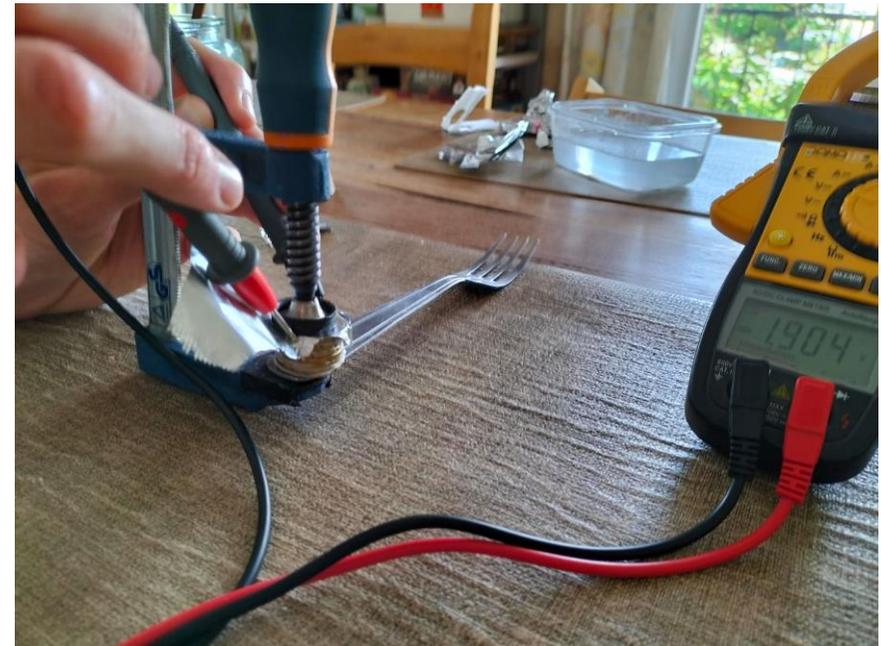


J'ai vérifié, ça marche !

- 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 : batterie*)**

Définition des grandeurs électriques

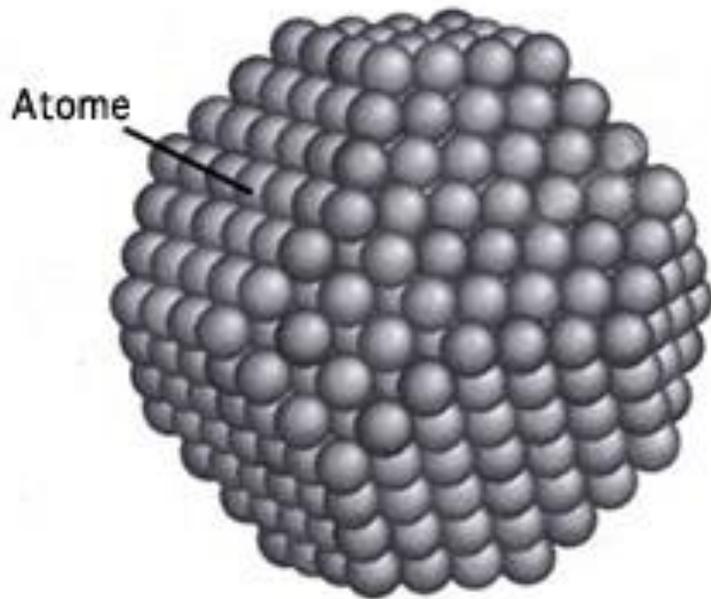
Nicolas DAMAY
Maître de conférences
Département IM

www.utc.fr
nicolas.damay@utc.fr

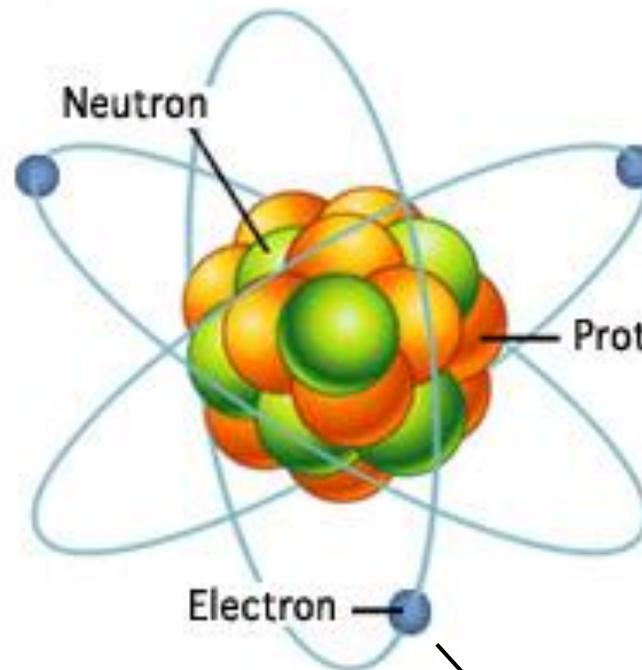
Cours SY03 : Electricité en continu

Porteurs de charge

MATIERE



ATOME

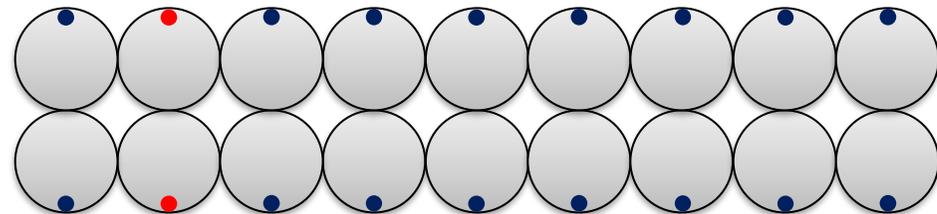
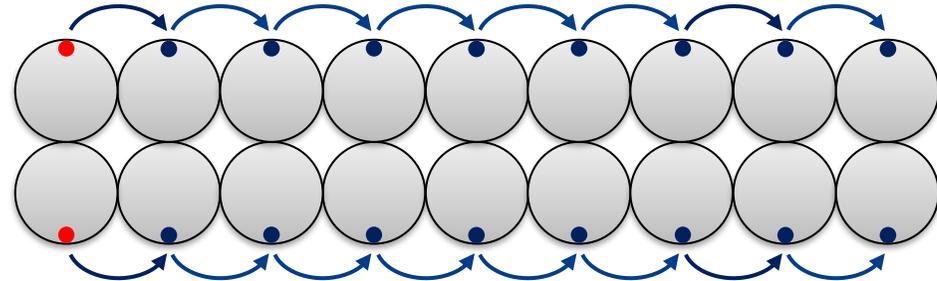
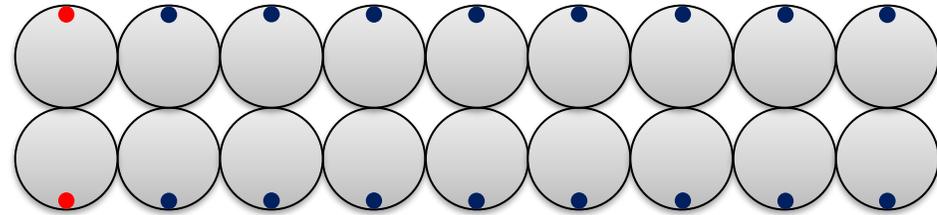


Particule de **charge élémentaire positive**

Particule de **charge élémentaire négative**

Déplacement des électrons

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

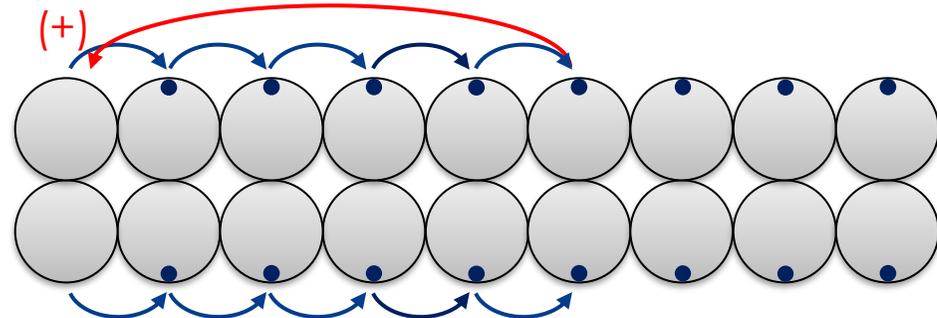
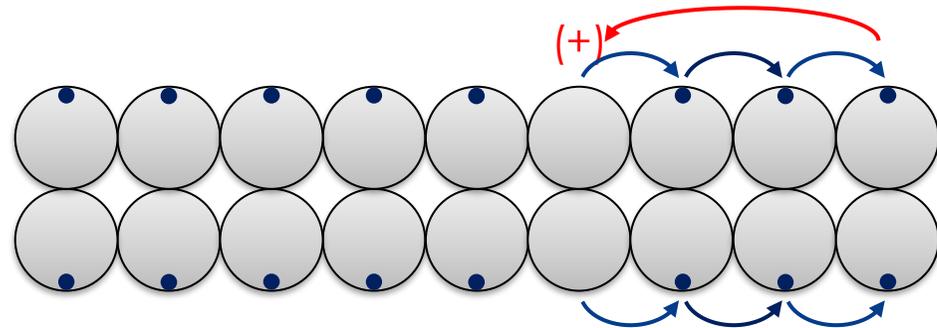
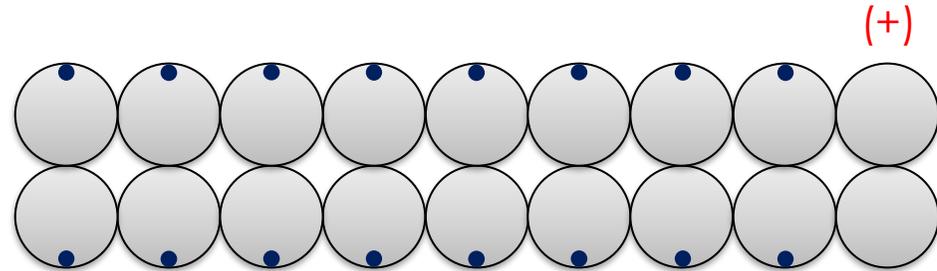


Sens du courant

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

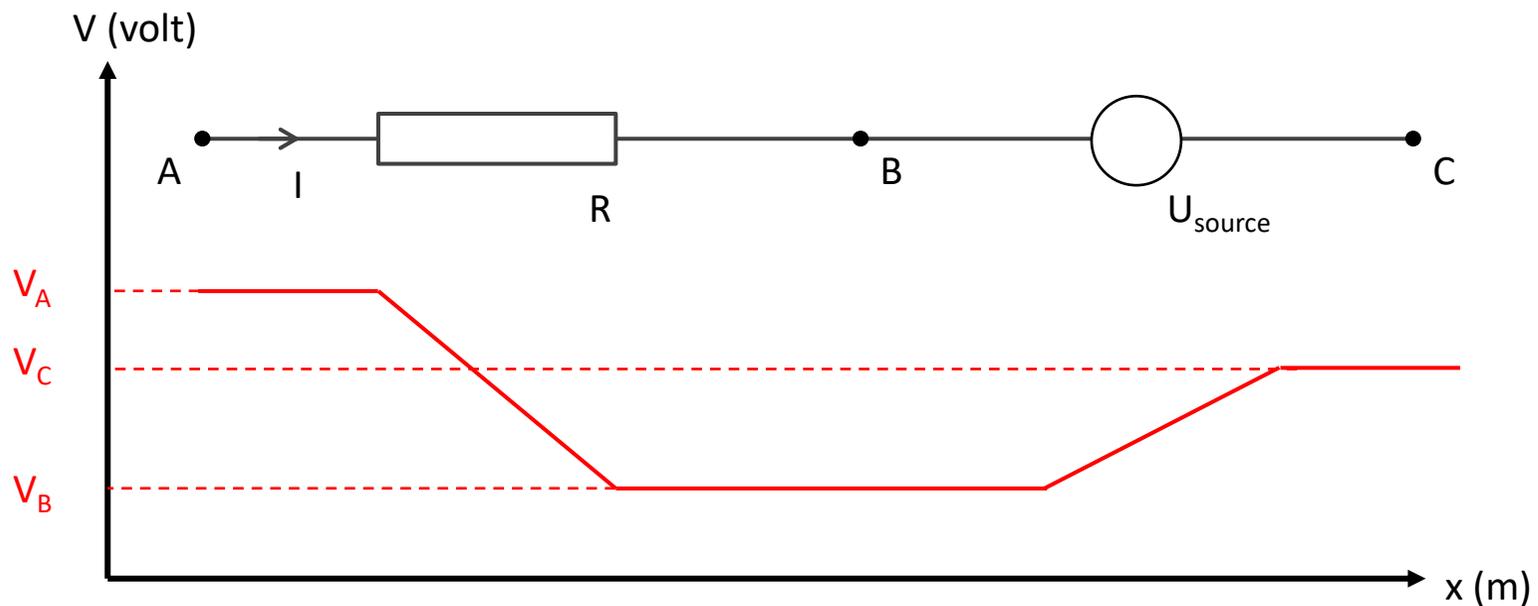
$$I = \frac{dq}{dt}$$

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



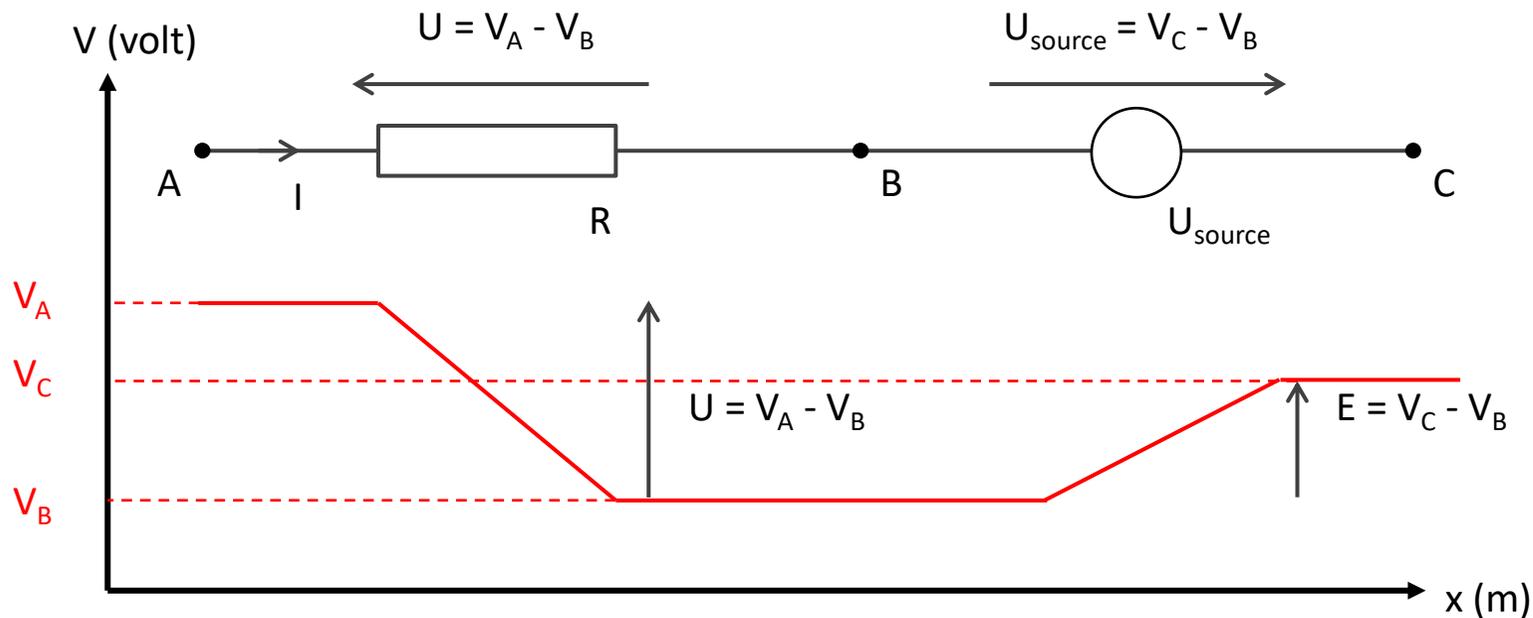
Potentiel électrique

- 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)



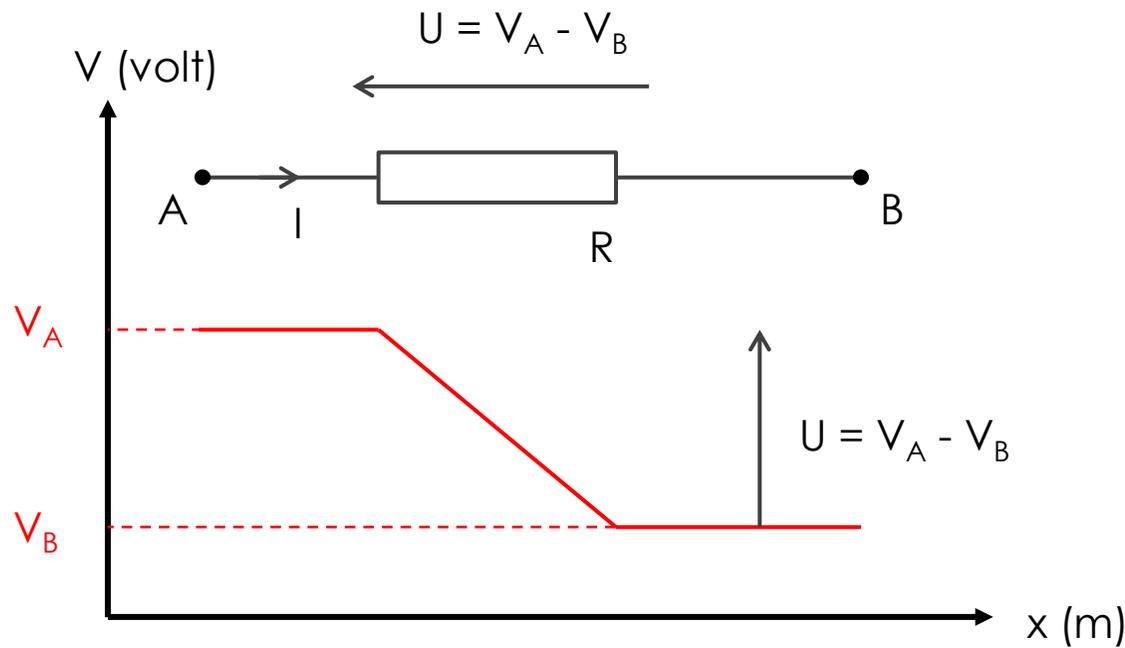
Tension

- 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 $E_{source} = Q \times (V_C - V_B) = Q \times U_{source}$



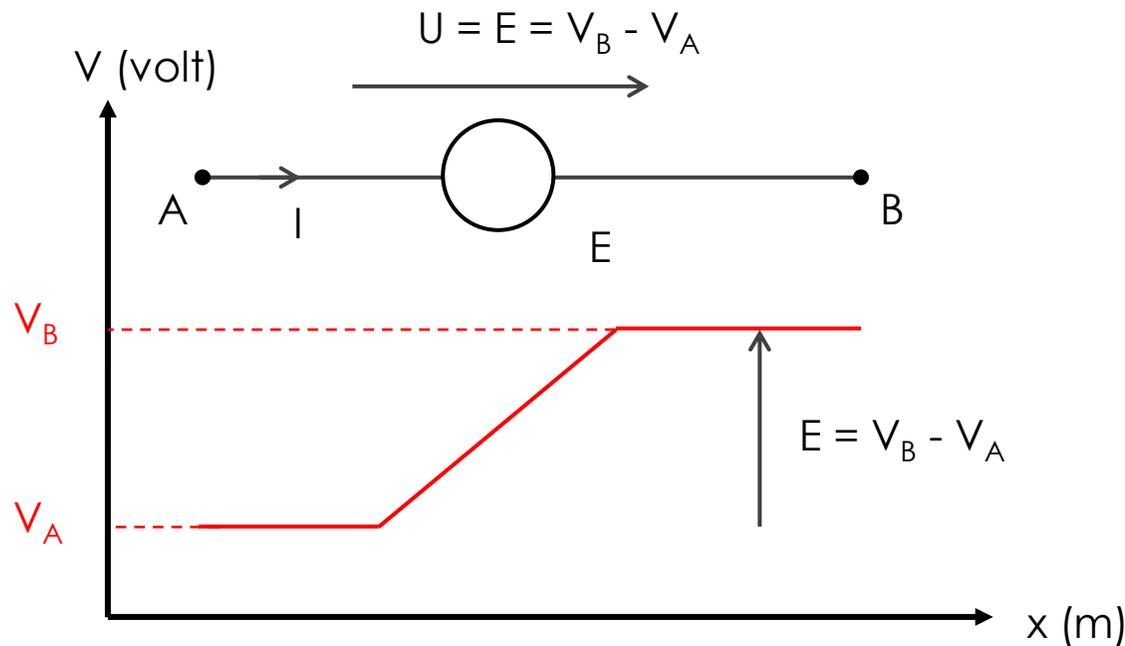
Puissance

- 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

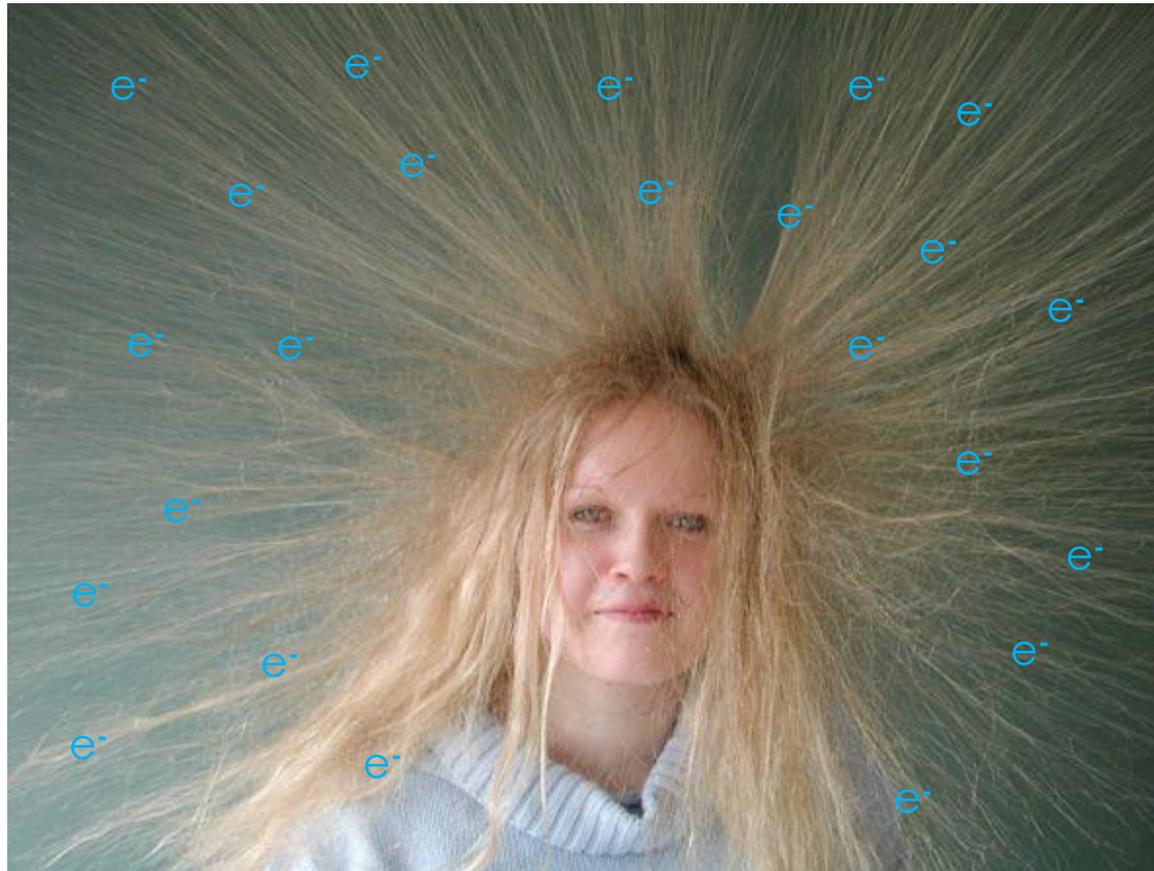


Puissance

- 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

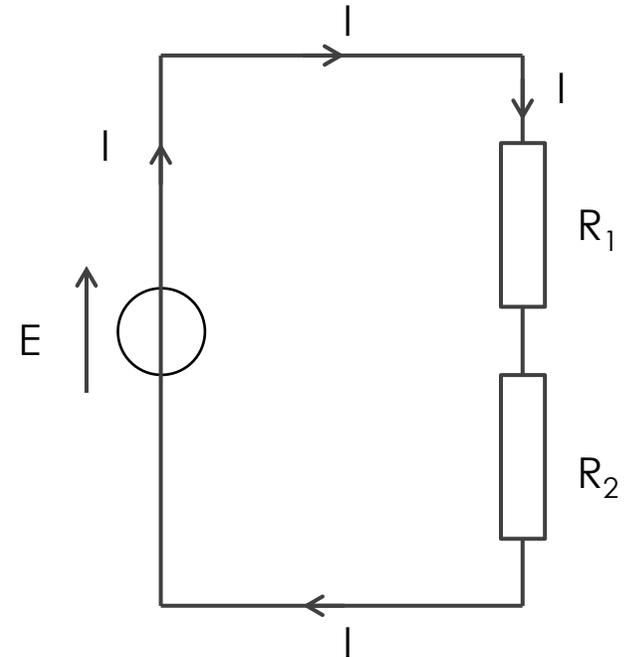
Nicolas DAMAY
Maître de conférences
Département IM

www.utc.fr
nicolas.damay@utc.fr

Cours SY03 : Electricité en continu

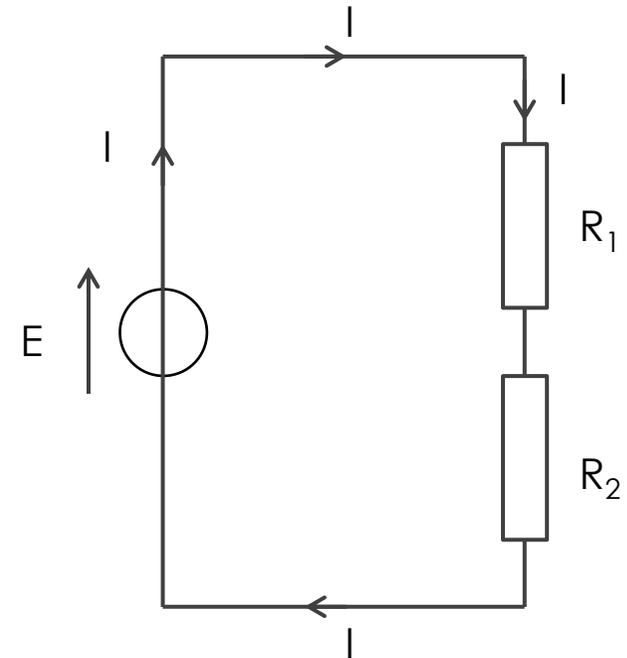
Eléments des circuits

- 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 : $P_E + P_{R1} + P_{R2} = 0$?



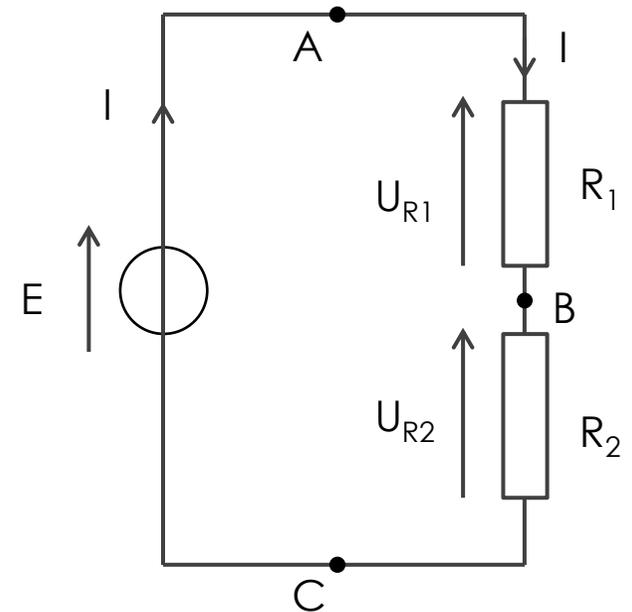
Éléments des circuits

- 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*)



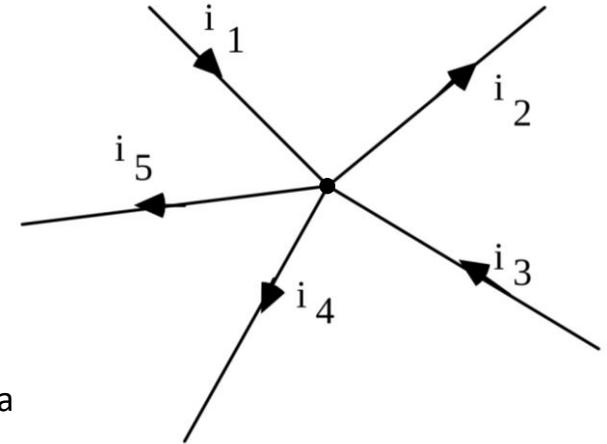
Nœuds, branche, maille, loi des mailles

- 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

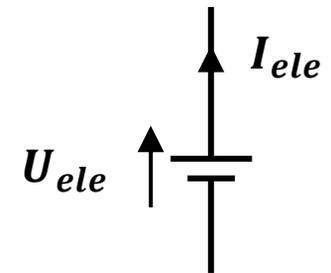
Nicolas DAMAY
Maître de conférences
Département IM

www.utc.fr
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*)

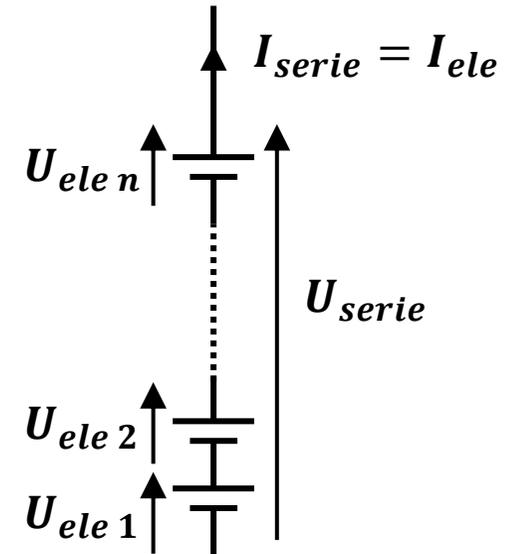


Augmentation de la tension - Association en série

- 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 : $E_{serie} \approx (n \times U_{ele}) \times Q_{ele}$



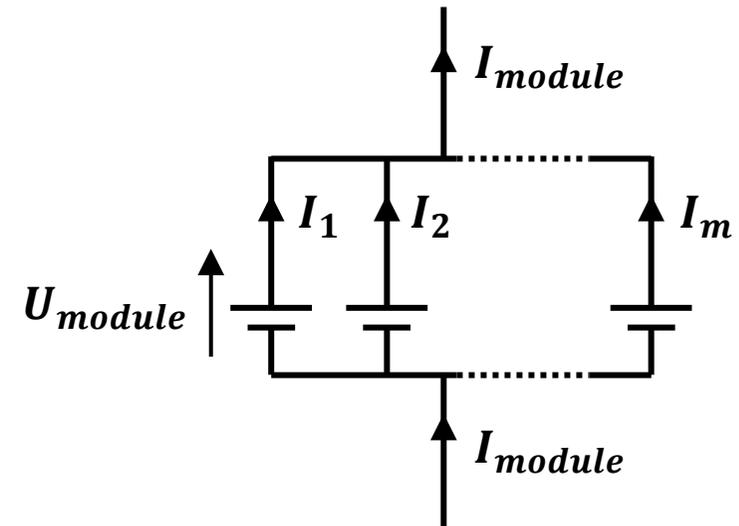
Augmentation de courant/capacité - Association en parallèle

- 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

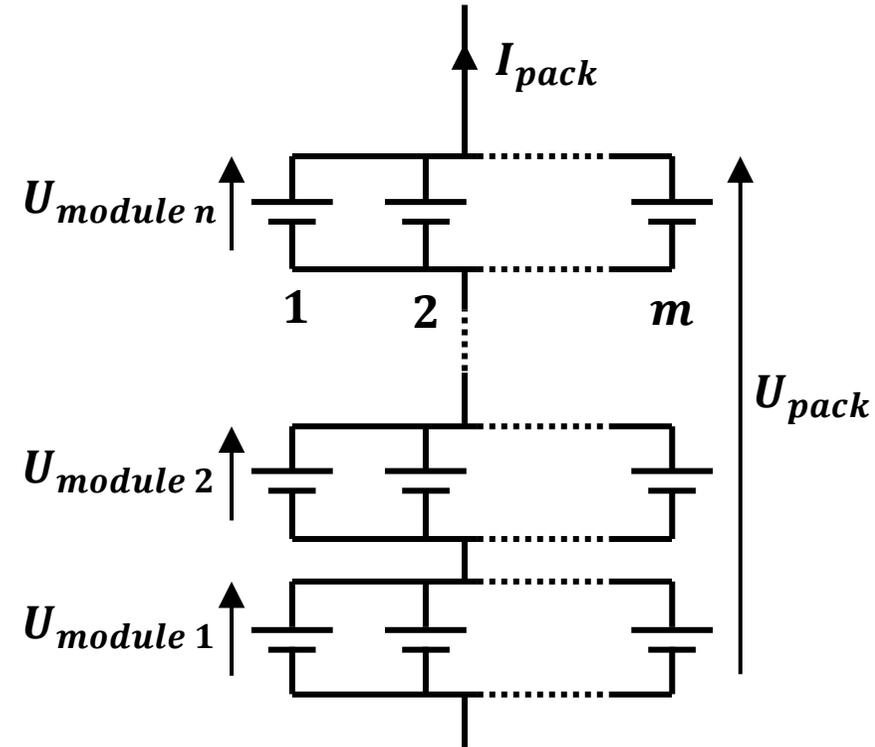
- L'ensemble est appelé « pack batterie »
- Il permet d'atteindre les performances voulues

- 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 : $\eta = \frac{P_{ch}}{P_{ele}} = \frac{P_{ch}}{P_{ch} + P_r} = \frac{U_{ch} \times I}{U_{ch} \times I + U_r \times I} = \frac{R_{ch}}{R_{ch} + R_r}$

