

- Signaux électriques en régime stationnaire -

Notions et contenus	Capacités exigibles
Grandeurs électriques - Charge électrique, intensité du courant électrique. Régime variable et régime stationnaire. Potentiel électrique, référence de potentiel, tension électrique. Mise à la terre.	- Relier l'intensité d'un courant électrique au débit de charges électriques. - Utiliser la loi des nœuds et la loi des mailles. - Algébriser les grandeurs électriques et utiliser les conventions récepteur et générateur. - Citer les ordres de grandeur d'intensité et de tension électriques dans différents domaines d'application, et en particulier en lien avec la prévention du risque électrique.
Circuits en régime continu - Source de tension.	- Modéliser une source de tension en utilisant la représentation de Thévenin.
- Dipôle résistif, résistance, loi d'Ohm. - Associations de deux résistances. - Pont diviseur de tension.	- Remplacer une association série ou parallèle de deux résistances par une résistance équivalente. - Exploiter des ponts diviseurs de tension. - (TP) Mettre en œuvre un capteur résistif.
Aspect énergétique - Puissance et énergie électriques. Effet Joule.	- Établir un bilan de puissance dans un circuit électrique.

I- Les deux principales grandeurs électriques

1) L'intensité du courant électrique

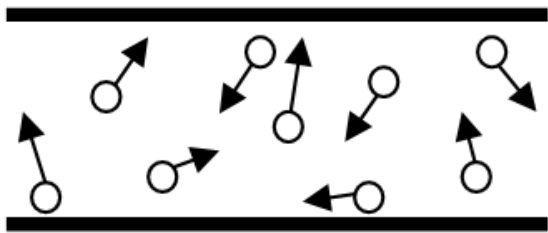
☛ **Le COURANT ELECTRIQUE** : Le courant électrique est un **déplacement d'ensemble** de **charges électriques**

I- Les deux principales grandeurs électriques

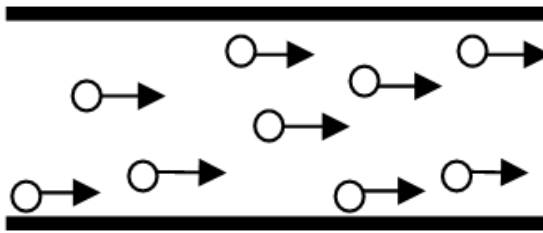
1) L'intensité du courant électrique

☛ Le COURANT ELECTRIQUE : Le courant électrique est un **déplacement d'ensemble** de charges électriques (électrons dans un métal, ions en solution ...)

Mouvement des électrons dans un métal

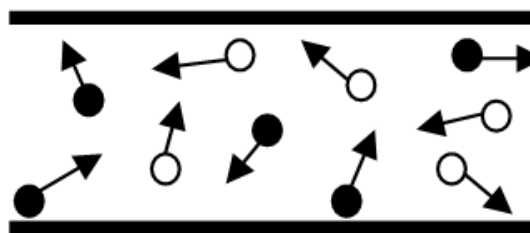


Pas de courant

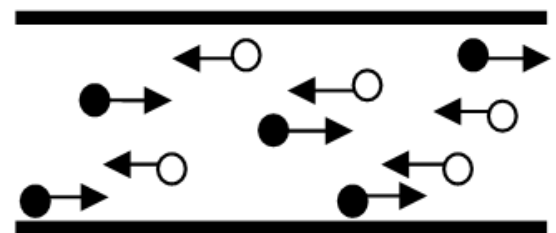


Courant non nul

Mouvement des cations ● et des anions ○ en solution



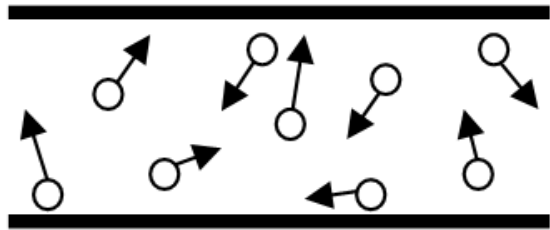
Pas de courant



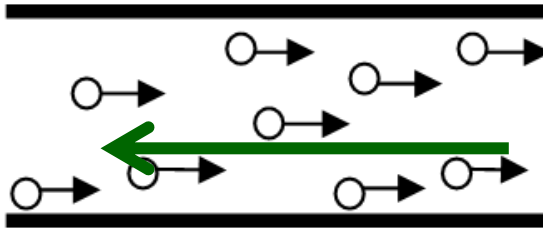
Courant non nul

☛ **Le COURANT ELECTRIQUE :** Le courant électrique est un **déplacement d'ensemble** de **charges électriques** (électrons dans un métal, ions en solution ...)

Mouvement des électrons dans un métal



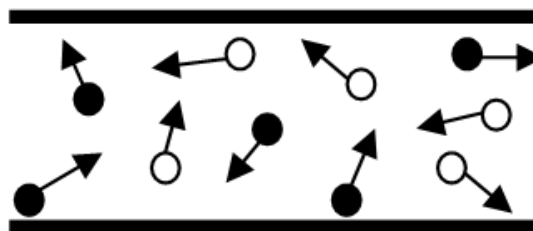
Pas de courant



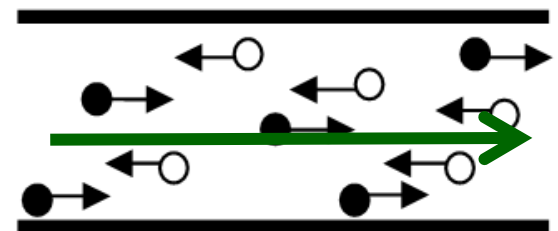
Courant non nul

✂ - **App 1 :** Indiquer en vert le sens conventionnel du courant sur les schémas ci-dessus.

Mouvement des cations ● et des anions ○ en solution



Pas de courant



Courant non nul

☛ **SENS CONVENTIONNEL du courant électrique :** C'est le **sens dans lequel se déplace(raie)nt les charges positives**. Les charges négatives se déplacent en sens contraire.

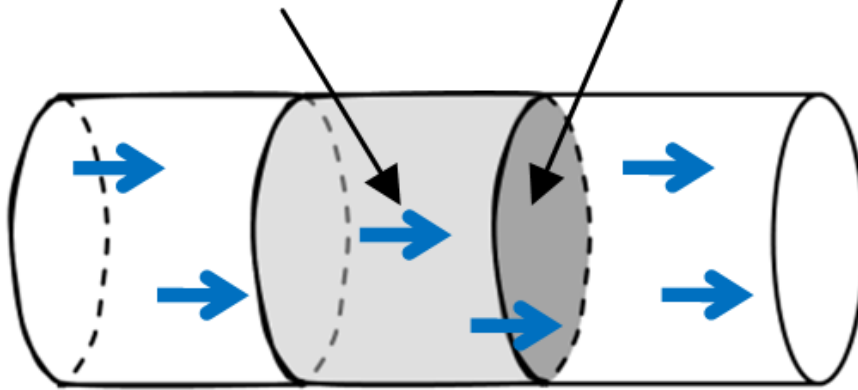
☛ **SENS CONVENTIONNEL du courant électrique :** C'est le **sens dans lequel se déplace(raie)nt les charges positives**. Les charges négatives se déplacent en sens contraire.

☛ **L'INTENSITE du courant électrique :**

Analogie avec le débit de l'eau **D** (en $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$) circulant dans un tuyau

*Volume d'eau **V** qui traverse **S** pendant Δt*

*Section **S** du tuyau*



➔ *Mouvement des molécules d'eau*

$$D = \frac{V}{\Delta t}$$

De même, on peut considérer **que l'intensité I d'un courant électrique est un débit de charges** donné par la relation :

$$I = \frac{q}{\Delta t}$$

où **q** est la charge électrique (en **Coulomb, C**) qui traverse la section **S** d'un fil conducteur pendant une durée Δt (en **secondes, s**).

De même, on peut considérer **que l'intensité I d'un courant électrique est un débit de charges** donné par la relation :

$$I = \frac{q}{\Delta t}$$

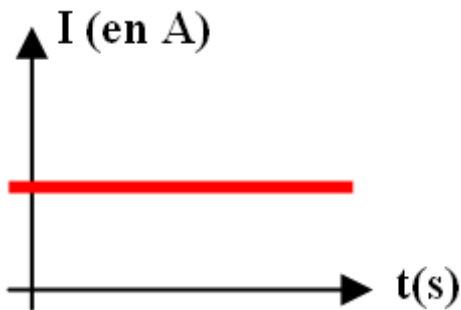
où **q** est la charge électrique (en **Coulomb, C**) qui traverse la section **S** d'un fil conducteur pendant une durée Δt (en **secondes, s**).

☛ UNITE de l'intensité du courant électrique : L'Ampère (A) ; **1 A = 1 C.s⁻¹**

☛ NOTATION de l'intensité du courant électrique : I ou i ?

Régime STATIONNAIRE

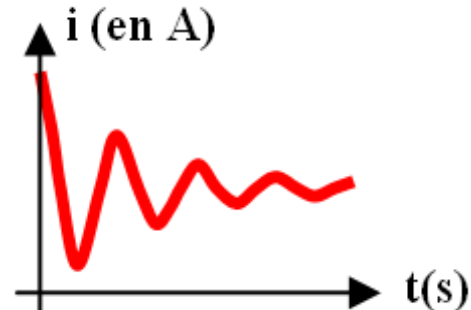
L'intensité du courant électrique a une *valeur constante*.



Lettre majuscule

Régime VARIABLE

L'intensité du courant électrique a une *valeur qui change au cours du temps*.



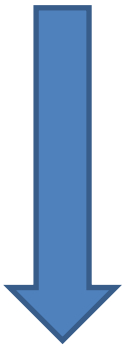
Lettre minuscule

Dans ce cas, l'intensité instantanée s'écrit :
où **dq** est la charge électrique qui traverse la section **S**
d'un fil conducteur pendant une durée infiniment petite **dt**.

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

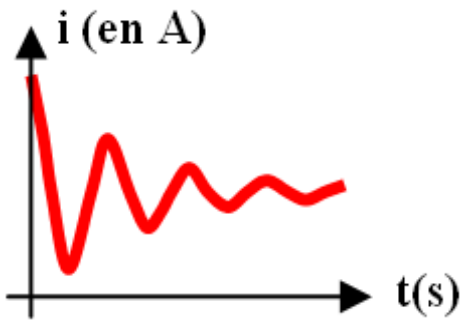
☛ NOTATION de l'intensité du courant électrique : I ou i ?

Régime VARIABLE



L'intensité du courant électrique a une valeur qui change au cours du temps

Lettre **minuscule**



Dans ce cas, l'intensité instantanée s'écrit :
où **dq** est la charge électrique qui traverse la section **S**
d'un fil conducteur pendant une durée infiniment petite **dt**.

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

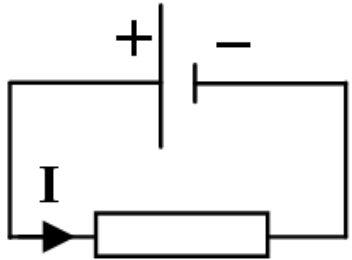
☛ REPRESENTATION du courant électrique :

On choisit arbitrairement un sens pour le courant électrique dans chaque fil :

- si le courant circule réellement dans le sens indiqué, l'intensité du courant électrique est **positive** ;
- sinon elle est **négative**.

✂ - App 2 : Quel est le signe de l'intensité du courant électrique représentée sur les circuits ci-contre ?

A l'extérieur d'un générateur, le courant électrique circule **réellement** de la borne **+** vers la borne **-**.

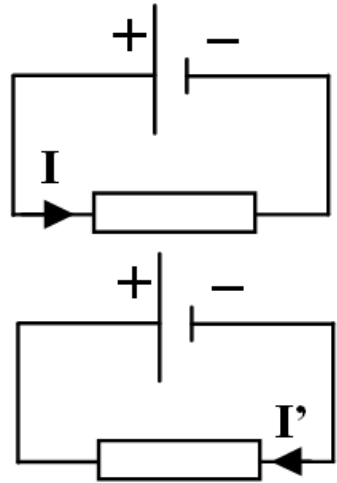


✎ - L'intensité du courant électrique représentée sur les circuits ci-contre est-elle positive ou négative ?

A l'extérieur d'un générateur, le courant électrique circule **réellement** de la borne **+** vers la borne **-**.

I est donc positive alors que I' est négative

On a la relation $I' = - I$

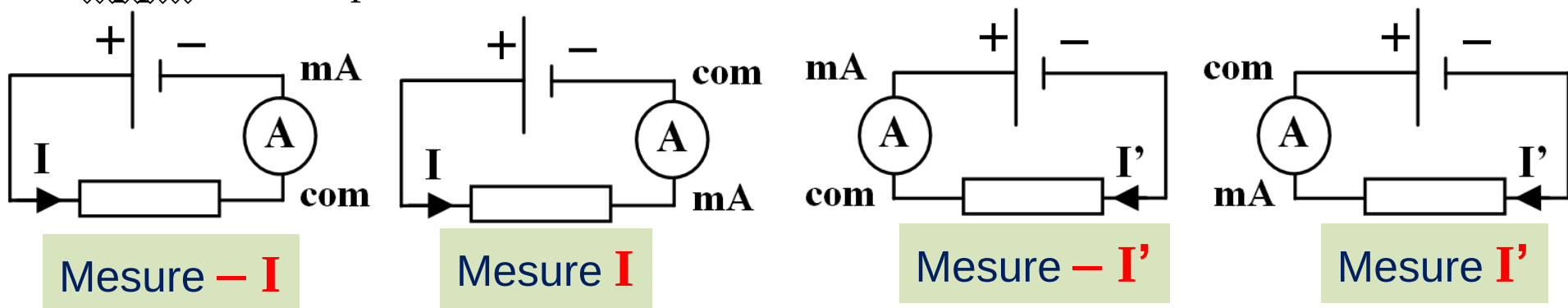


🔑 MESURE de l'intensité du courant électrique :

Ampèremètre placé en **SERIE**

Mesure l'intensité du courant électrique qui rentre par la borne A/mA

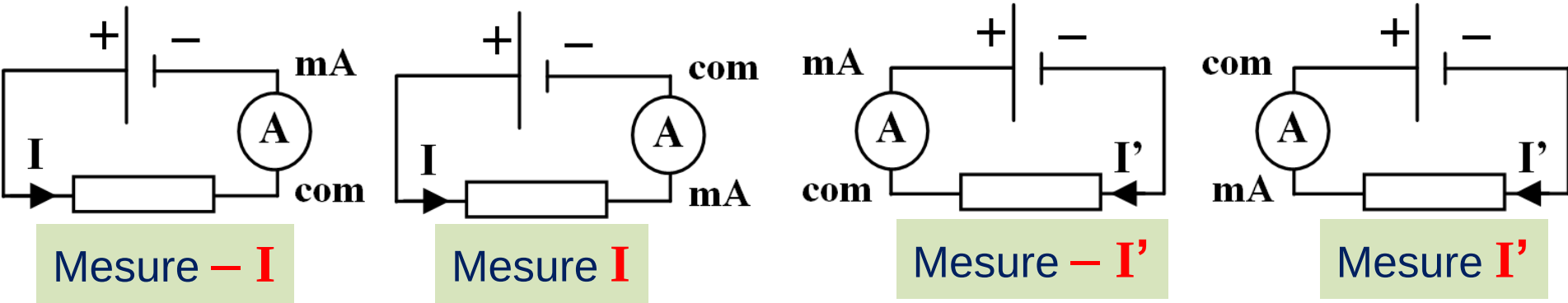
✎ - App 3 : Les ampèremètres ci-dessous mesurent-ils I ? $- I$? I' ? $- I'$?



🔑 Quelques ORDRES DE GRANDEURS de l'intensité du courant électrique :

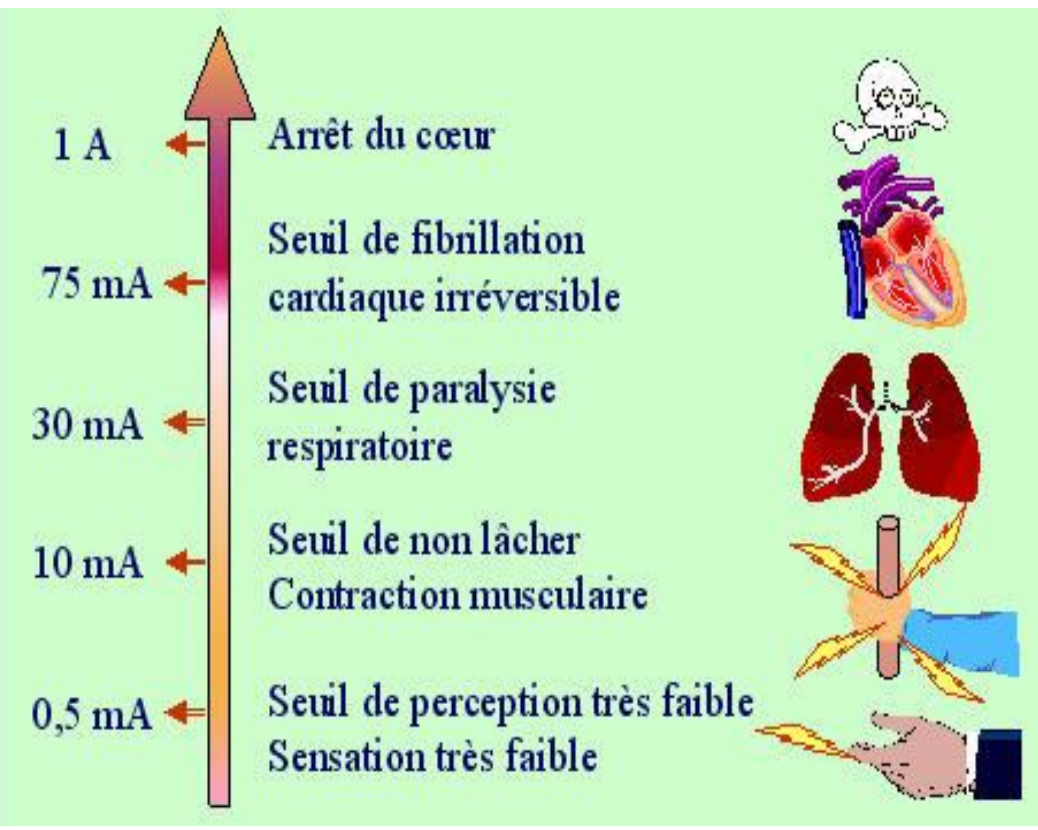
Domaine	Neurones	TP, ordinateur, téléphone portable	Electroménager
Ordre de grandeur	μA	mA	10 A

🔌 - Les ampèremètres ci-dessous mesurent-ils I ? – I ? I' ? – I' ?



👉 Quelques ORDRES DE GRANDEURS de l'intensité du courant électrique :

Domaine	Ordre de grandeur
Neurones	μA
TP, ordinateur, téléphone portable	mA
Electroménager	$10 A$
Moteurs d'usine	$100 A$
TGV	kA
Orages	$10-100 kA$



- Quelques ordres de grandeurs de l'intensité du courant électrique :

Domaine	Neurones	TP, ordinateur, téléphone portable	Electroménager
Ordre de grandeur	μA	mA	$10 A$

Domaine	Moteurs d'usine	TGV	Orages
Ordre de grandeur	$100 A$	kA	$10-100 kA$

2) La tension électrique

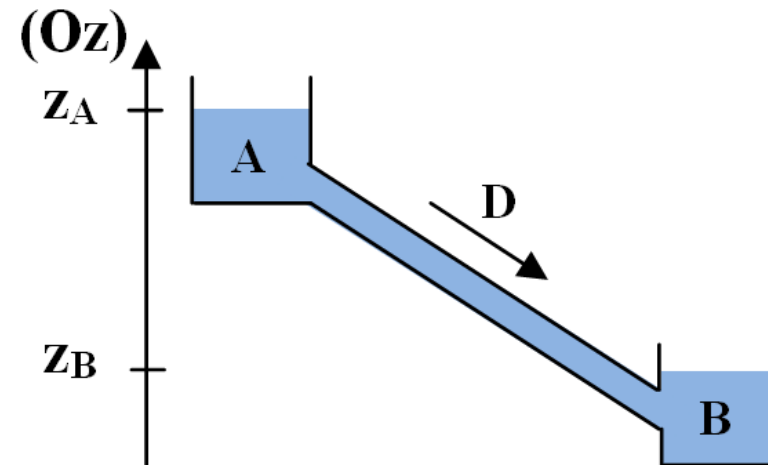
a/ Définitions et caractéristiques

Analogie avec le débit d'eau

Débit d'eau possible
seulement **si différence**
d'altitude « z » entre A et B



Courant électrique possible
seulement **si différence de**
potentiel « V » entre A et B



La tension électrique U_{AB} entre deux points **A** et **B** d'un circuit électrique est égale à la **différence de potentiel (ddp)** entre ces deux points :

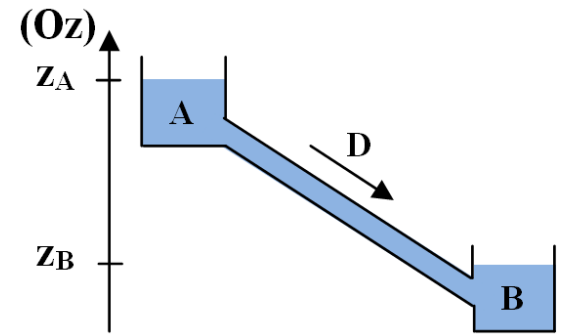
$$U_{AB} = V_A - V_B$$

Analogie avec le débit d'eau

Débit d'eau possible
seulement **si différence**
d'altitude « z » entre A et B



Courant électrique possible
seulement **si différence de**
potentiel « V » entre A et B



La tension électrique U_{AB} entre deux points A et B d'un circuit électrique est égale à la **différence de potentiel (ddp)** entre ces deux points :

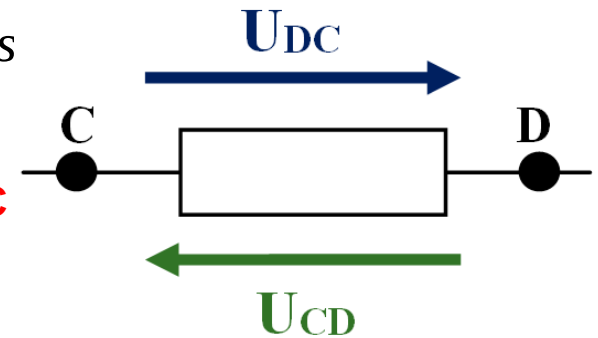
$$U_{AB} = V_A - V_B$$

- ✦ UNITE de la tension électrique U_{AB} et des potentiels V_A et V_B : Le Volt (V)
- ✦ NOTATION de la tension électrique : U_{AB} ou u_{AB} ? Même remarque que pour l'intensité électrique
- ✦ REPRESENTATION de la tension électrique U_{AB} : Flèche orientée **de B vers A**.

✦ - App 4 : Sur le schéma ci-contre, représenter U_{CD} puis U_{DC} et indiquer la relation qui existe entre ces 2 tensions.

$$U_{CD} = V_C - V_D ; U_{DC} = V_D - V_C \quad \text{Donc } \mathbf{U_{CD} = -U_{DC}}$$

La tension électrique est une grandeur algébrique
(elle peut être positive comme négative)

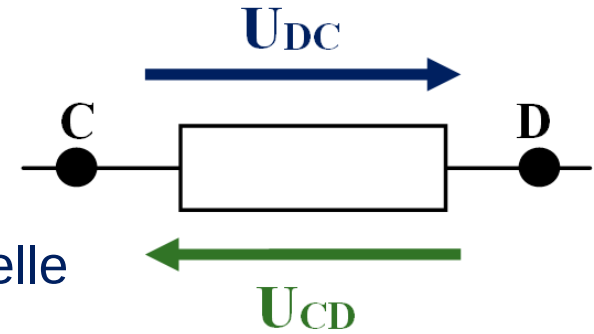


☛ REPRESENTATION de la tension électrique U_{AB} : Flèche orientée **de B vers A**.

✂ - App 4 : Sur le schéma ci-contre, représenter U_{CD} puis U_{DC} et indiquer la relation qui existe entre ces 2 tensions.

$U_{CD} = V_C - V_D$; $U_{DC} = V_D - V_C$ Donc **$U_{CD} = -U_{DC}$**

La tension électrique est une grandeur algébrique (elle peut être positive comme négative)

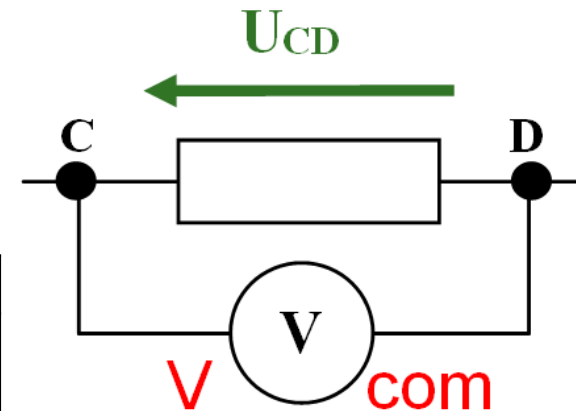


☛ MESURE d'une tension électrique :

Voltmètre placé en PARALLELE

Mesure U_{AB} si la **borne V est reliée au point A**

✂ - App 5 : Sur le schéma ci-contre, rajouter un voltmètre qui mesure la tension U_{CD} .

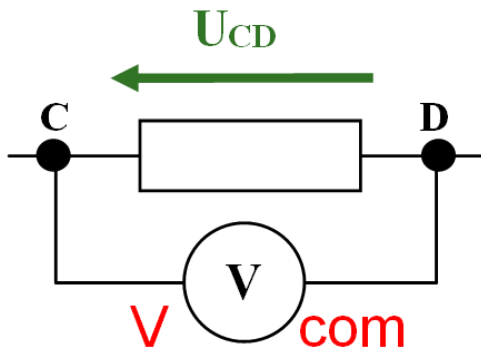


Domaine	Neurones	Téléphone portable	EDF
Ordre de grandeur	mV	mV – 0,1 V	230 V

Domaine	Clôture électrique	TGV	Orages
Ordre de grandeur	1 kV	10 kV	1 GV

 - App 5 : Sur le schéma ci-contre, rajouter un voltmètre qui mesure la tension U_{CD} .

Domaine	Neurones	Téléphone portable	EDF
Ordre de grandeur	mV	mV – 0,1 V	230 V



Domaine	Clôture électrique	TGV	Orages
Ordre de grandeur	1 kV	10 kV	1 GV

b/ Quelques points particuliers d'un circuit

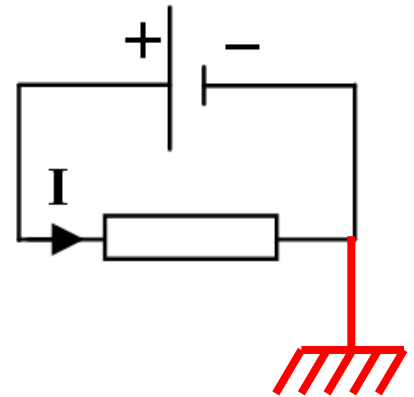
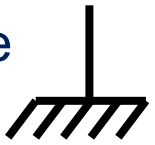


Analogie avec le débit d'eau

- Choix d'une **référence** pour l'**altitude zéro**.
- Choix qui n'a aucune influence sur la valeur du dénivelé.

De même, la masse d'un circuit est un **point particulier du circuit** où on suppose arbitrairement que **le potentiel V est nul**.

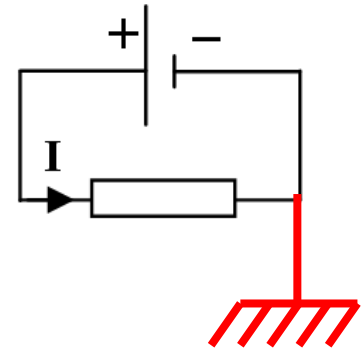
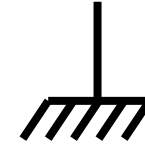
On représente la masse d'un circuit par le symbole :



La MASSE

De même, la masse d'un circuit est un **point particulier du circuit** où on suppose arbitrairement que **le potentiel V est nul**.

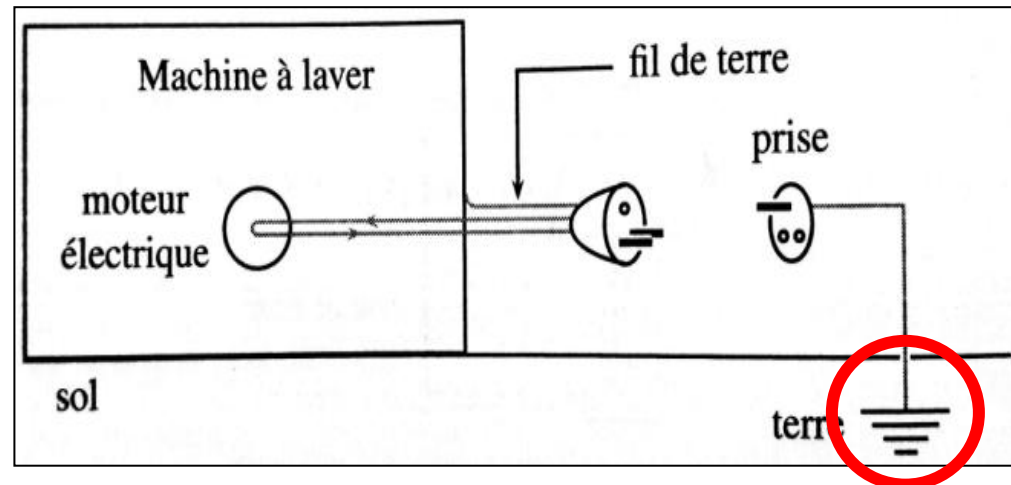
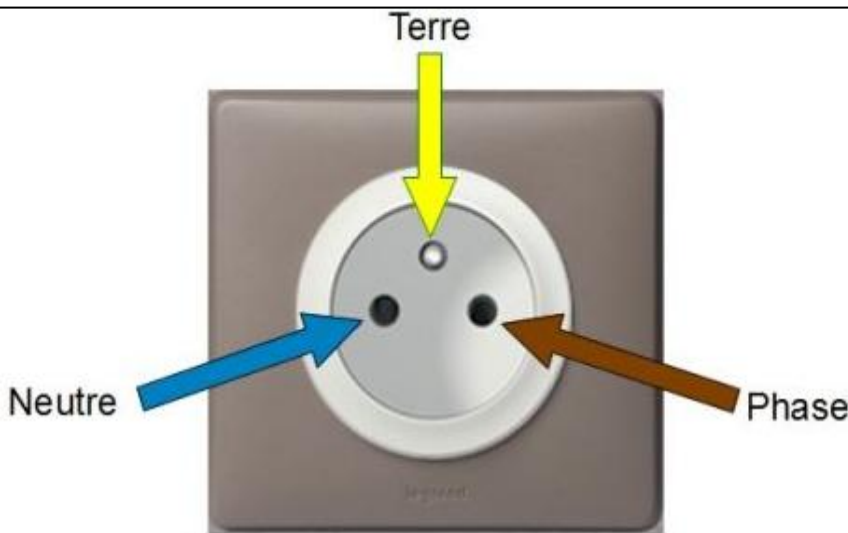
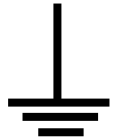
On représente la masse d'un circuit par le symbole :



La TERRE

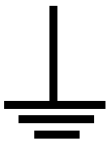
→ Raison de **SECURITE**

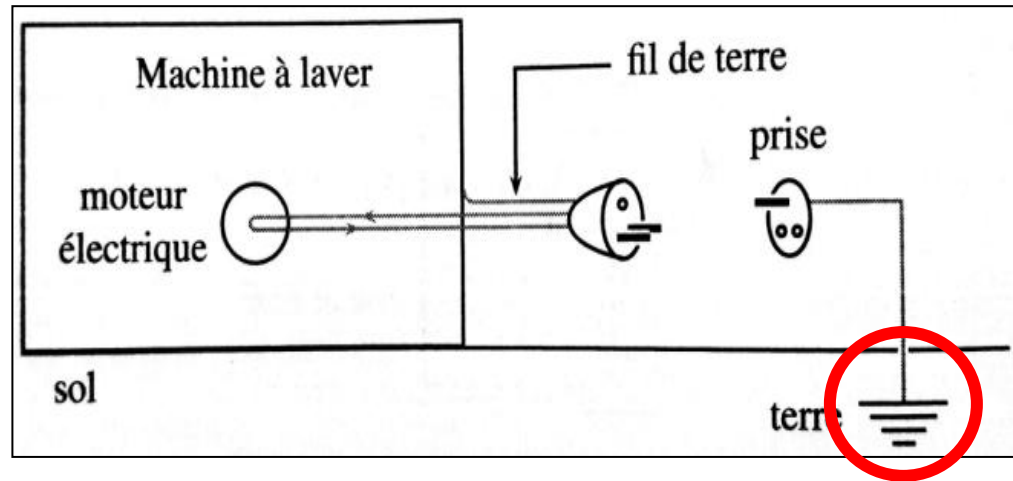
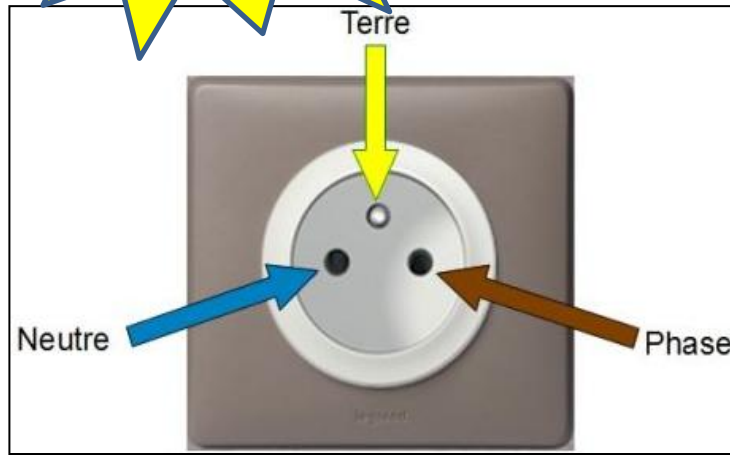
→ Symbole de la TERRE sur un schéma :



La TERRE

→ Raison de **SECURITE**

→ Symbole de la TERRE sur un schéma : 



II- Les lois dans les circuits

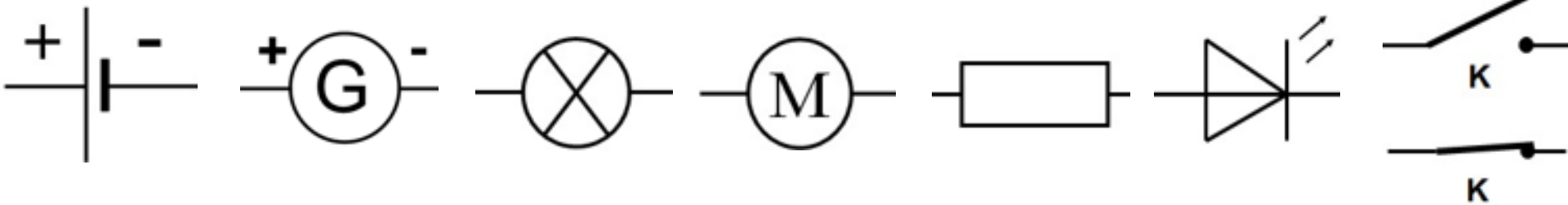
1) Vocabulaire et Conventions

DIPÔLE

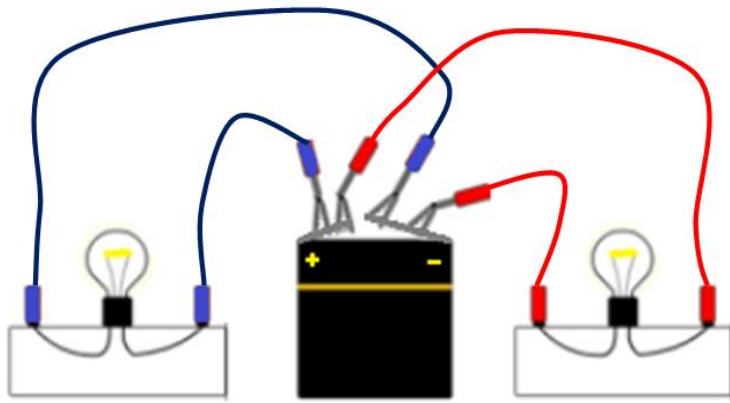
NOEUD

BRANCHE

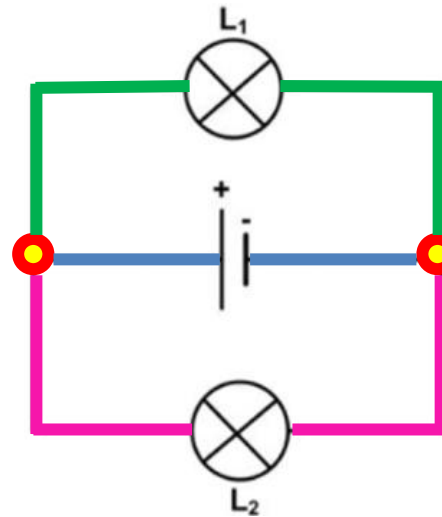
MAILLE



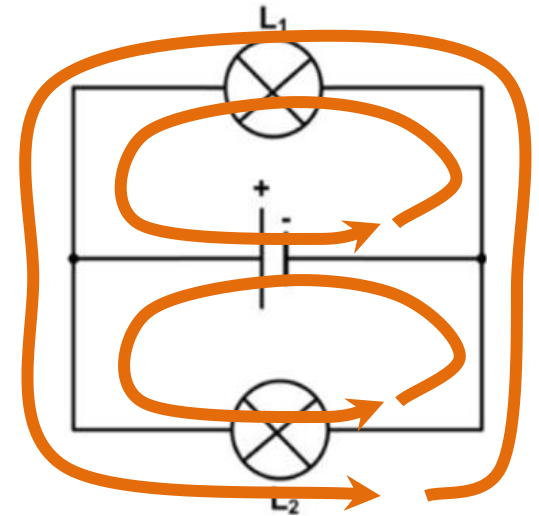
✂ - **App 6** : Sur le circuit électrique ci-dessous (accompagné de sa représentation schématique), indiquer le nombre de *nœuds*, de branches et de mailles.



2 nœuds



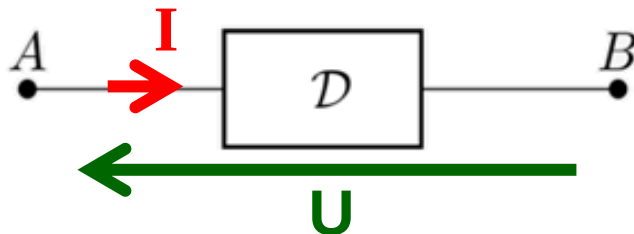
3 branches



3 mailles

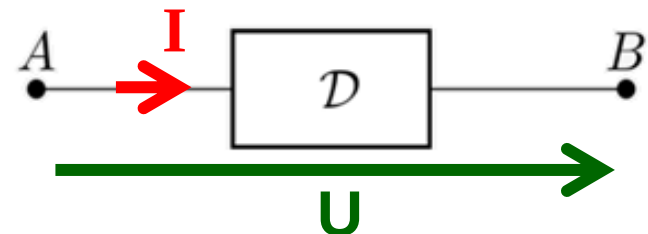
Deux conventions d'orientation pour les dipôles :

Convention RECEPTEUR



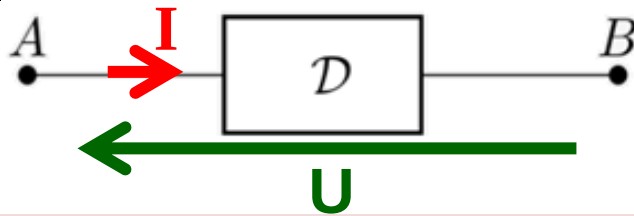
Flèches **U** et **I** de **sens opposés**

Convention GENERATEUR



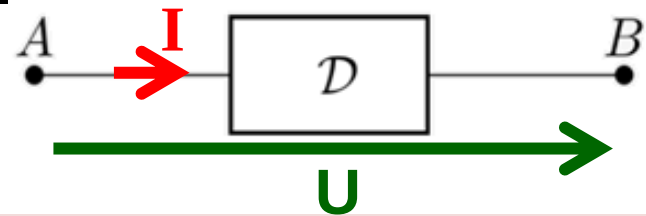
Flèches **U** et **I** de **même sens**

Convention RECEPTEUR



Flèches **U** et **I** de **sens opposés**

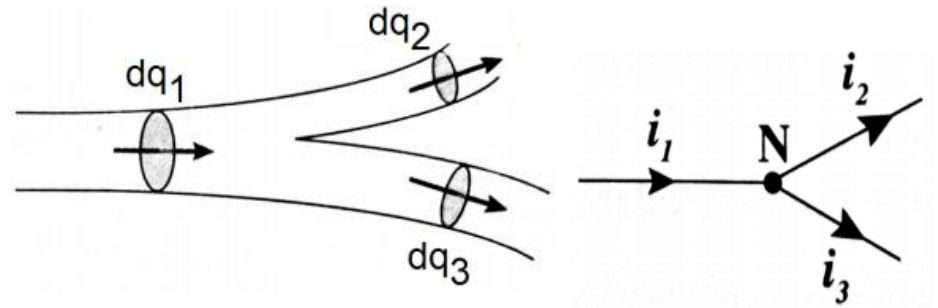
Convention GENERATEUR



Flèches **U** et **I** de **même sens**

2) Loi concernant les intensités des courants électriques

Charge électrique =
grandeur conservative qui
ne peut s'accumuler en
aucun point du circuit



App 7 : Quelle relation existe-t-il entre dq_1 , dq_2 et dq_3 ? Entre i_1 , i_2 et i_3 ?

$$dq_1 = dq_2 + dq_3 \quad \Leftrightarrow$$

(Conservation de la charge
électrique)

$$\frac{dq_1}{dt} = \frac{dq_2}{dt} + \frac{dq_3}{dt} \quad \Leftrightarrow$$

$$\underline{i_1 = i_2 + i_3}$$

Généralisation (LOI DES NŒUDS) :

La somme des intensités des courants **arrivant à un nœud** est égale à la somme des intensités des courants **qui en repartent**.

🔗 - App 7 : Quelle relation existe-t-il entre dq_1 , dq_2 et dq_3 ? Entre i_1 , i_2 et i_3 ?

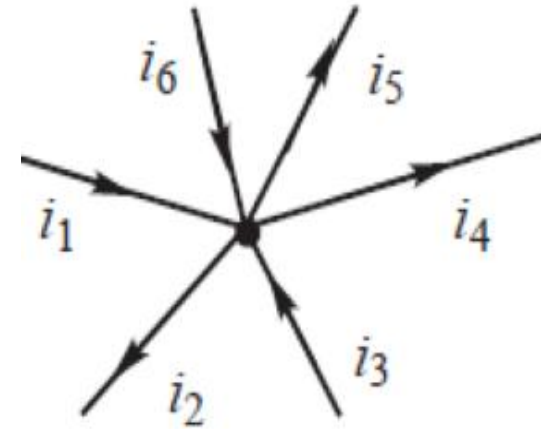
$$\underline{i_1 = i_2 + i_3}$$

Généralisation (LOI DES NŒUDS) :

La somme des intensités des courants *arrivant à un nœud* est égale à la somme des intensités des courants *qui en repartent*.

🔗 - App 8 : Quelle relation existe-t-il entre i_1 , i_2 , i_3 , i_4 , i_5 et i_6 pour le nœud représenté ci-contre ?

$$i_1 + i_3 + i_6 = i_2 + i_4 + i_5$$



🔗 - App 9 : $I_0 = 4\text{ A}$, $I_1 = 1\text{ A}$, $I_4 = 2\text{ A}$.
Déterminer les valeurs des intensités I_2 , I_3 et I_5 .

Nœud A : $I_0 = I_1 + I_2$

Nœud B : $I_1 = I_3 + I_5$

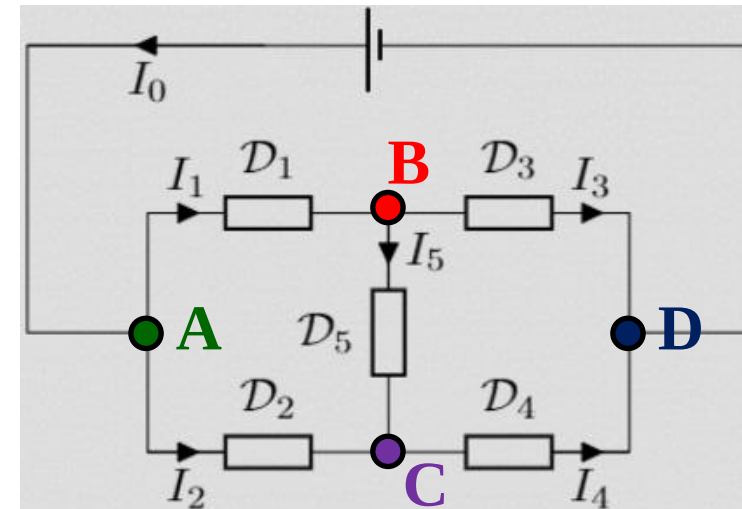
Nœud C : $I_2 + I_5 = I_4$

Nœud D : $I_3 + I_4 = I_0$

➔ $I_2 = 3\text{ A}$

➔ $I_5 = -1\text{ A}$

➔ $I_3 = 2\text{ A}$



Nœud A : $I_0 = I_1 + I_2$

Nœud B : $I_1 = I_3 + I_5$

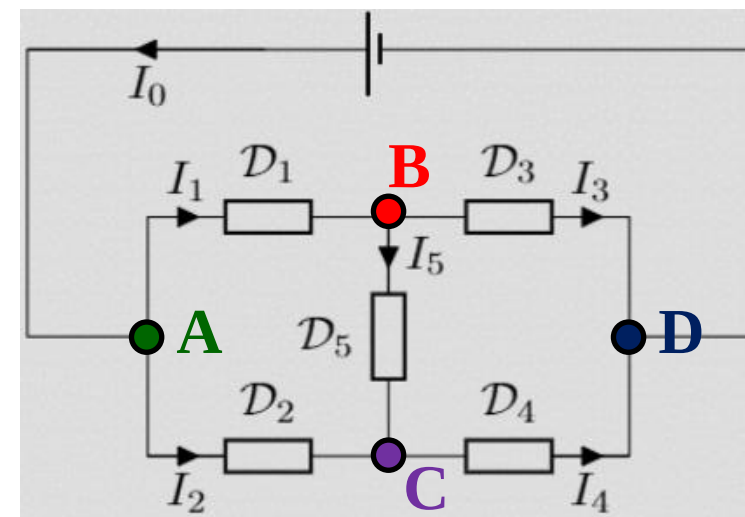
Nœud C : $I_2 + I_5 = I_4$

Nœud D : $I_3 + I_4 = I_0$

$\Rightarrow I_2 = 3 \text{ A}$

$\Rightarrow I_5 = -1 \text{ A}$

$\Rightarrow I_3 = 2 \text{ A}$



3) Loi concernant les tensions électriques

a/ Loi d'additivité des tensions

- App 10 : Exprimer U , U_1 et U_2 en fonction des potentiels V_A , V_B et V_C . En déduire la relation entre les tensions électriques U , U_1 et U_2 .

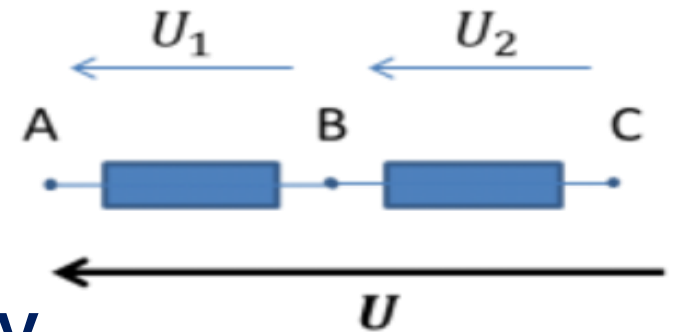
$U_1 = U_{AB} = V_A - V_B$

$U_2 = U_{BC} = V_B - V_C$

$U = U_{AC} = V_A - V_C$

On a donc $U = V_A - V_B + V_B - V_C$

Soit $U = U_1 + U_2$



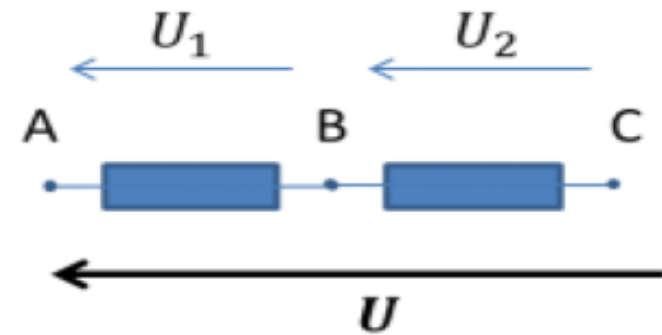
Généralisation (LOI D'ADDITIVITE DES TENSIONS) :

$U_{AC} = U_{AB} + U_{BC}$

(relation analogue à la relation de Chasles)

a/ Loi d'additivité des tensions

✂- App 10 : Exprimer U , U_1 et U_2 en fonction des potentiels V_A , V_B et V_C . En déduire la relation entre les tensions électriques U , U_1 et U_2 .



$$U_1 = U_{AB} = V_A - V_B \quad U_2 = U_{BC} = V_B - V_C$$

$$U = U_{AC} = V_A - V_C \quad \text{On a donc } U = V_A - V_B + V_B - V_C$$

Soit $U = U_1 + U_2$

Généralisation (LOI D'ADDITIVITE DES TENSIONS) :

$$U_{AC} = U_{AB} + U_{BC}$$

(relation analogue à la relation de Chasles)

b/ Loi des mailles (2^{ème} Loi de Kirchhoff)

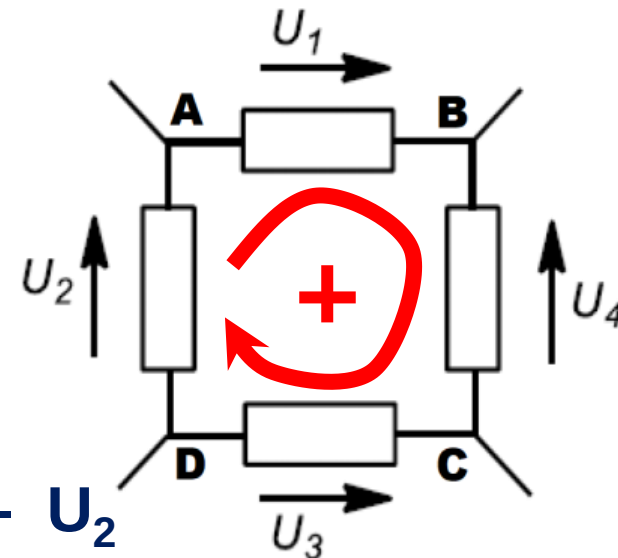
✂- App 11 : D'après la loi d'additivité des tensions, quelle relation existe-t-il entre les tensions électriques U_1 , U_2 , U_3 et U_4 ?

$$U_1 = U_{BA} \quad U_2 = U_{AD} \quad U_3 = U_{CD} \quad U_4 = U_{BC}$$

D'après la loi d'additivité des tensions,

$$U_{BA} = U_{BC} + U_{CD} + U_{DA} \Leftrightarrow U_1 = U_4 + U_3 - U_2$$

$$\Leftrightarrow U_1 + U_2 - U_3 - U_4 = 0$$



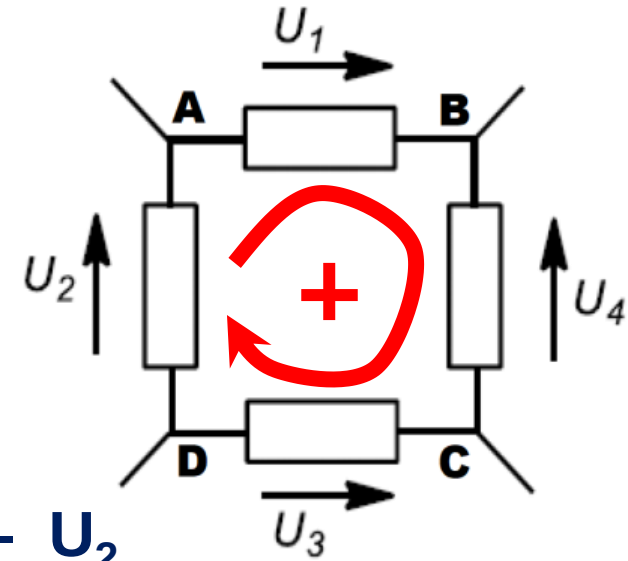
b/ Loi des mailles (2^{ème} Loi de Kirchhoff)

✎- App 11 : D'après la loi d'additivité des tensions, quelle relation existe-t-il entre les tensions électriques U_1 , U_2 , U_3 et U_4 ?

$$U_1 = U_{BA} \quad U_2 = U_{AD} \quad U_3 = U_{CD} \quad U_4 = U_{BC}$$

D'après la loi d'additivité des tensions,

$$U_{BA} = U_{BC} + U_{CD} + U_{DA} \Leftrightarrow U_1 = U_4 + U_3 - U_2$$
$$\Leftrightarrow \boxed{U_1} + \boxed{U_2} - \boxed{U_3} - \boxed{U_4} = 0$$



Tensions orientées
comme le sens de
parcours de la maille

Tensions orientées dans le
sens opposé au sens de
parcours de la maille

Généralisation (**LOI DES MAILLES**) :

Dans une maille orientée, la somme algébrique des tensions est nulle.

$$\sum_k \varepsilon_k U_k = 0$$

$\varepsilon_k = +1$ si la tension U_k est *orientée dans le sens de parcours* de la maille ;

$\varepsilon_k = -1$ si la tension U_k est *orientée dans le sens opposé* ;

$$\Leftrightarrow \boxed{U_1} + \boxed{U_2} - \boxed{U_3} - \boxed{U_4} = 0$$

Tensions orientées
comme le sens de
parcours de la maille

Tensions orientées dans le
sens opposé au sens de
parcours de la maille

Généralisation (LOI DES MAILLES) :

Dans une maille orientée, la somme algébrique des tensions est nulle.

$\varepsilon_k = +1$ si la tension U_k est *orientée dans le sens de parcours* de la maille ;

$\varepsilon_k = -1$ si la tension U_k est *orientée dans le sens opposé* ;

$$\sum_k \varepsilon_k U_k = 0$$

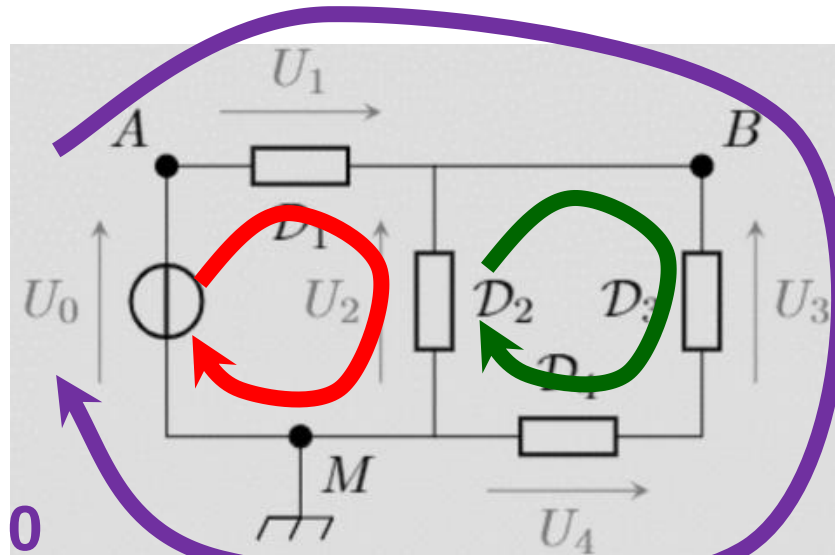
✂ - App 12 : $U_0 = 5 \text{ V}$, $U_2 = 1 \text{ V}$ et $U_3 = 3 \text{ V}$.
Déterminer les valeurs des tensions U_1 et U_4 .

Maille rouge : $U_0 + U_1 - U_2 = 0$

Maille verte : $U_2 - U_3 - U_4 = 0$

Maille violette : $U_0 + U_1 - U_3 - U_4 = 0$

$$\Rightarrow U_1 = U_2 - U_0 = \underline{\underline{-4 \text{ V}}}$$



$$\Rightarrow U_4 = U_2 - U_3 = \underline{\underline{-2 \text{ V}}}$$

☞ - App 12 : Dans ce circuit, des voltmètres non représentés mesurent $U_0 = 5 \text{ V}$, $U_2 = 1 \text{ V}$ et $U_3 = 3 \text{ V}$. Les dipôles D sont inconnus. Déterminer les valeurs des tensions U_1 et U_4 .

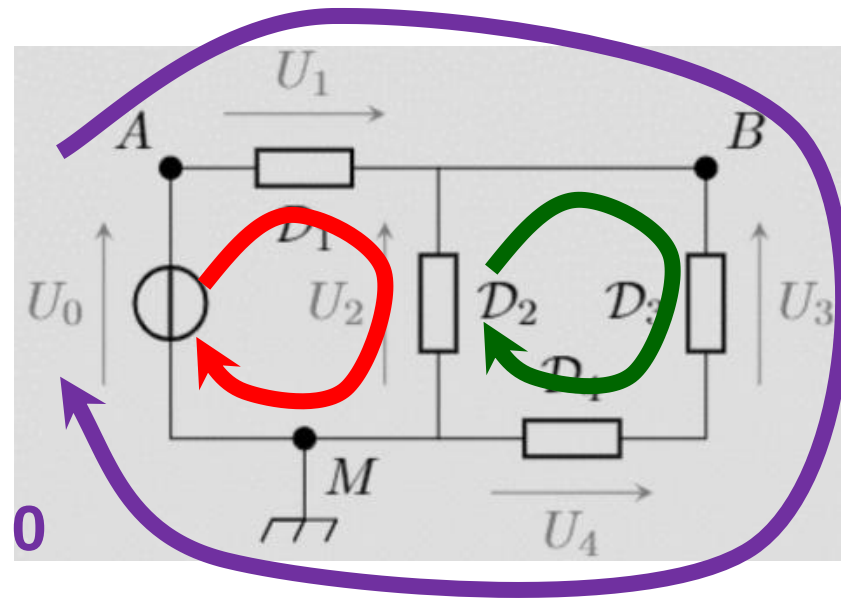
Maille rouge : $U_0 + U_1 - U_2 = 0$

Maille verte : $U_2 - U_3 - U_4 = 0$

Maille violette : $U_0 + U_1 - U_3 - U_4 = 0$

$$\Rightarrow U_1 = U_2 - U_0 = \underline{\underline{-4 \text{ V}}}$$

$$\Rightarrow U_4 = U_2 - U_3 = \underline{\underline{-2 \text{ V}}}$$



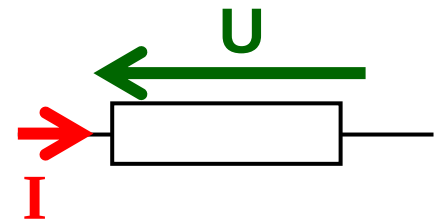
III- Exemples de dipôles présents dans les circuits

1) Le conducteur ohmique

a/ La Loi d'OHM

Un conducteur ohmique est un dipôle aux bornes duquel la tension U est proportionnelle à l'intensité I du courant qui le traverse :

$$U = R \times I$$

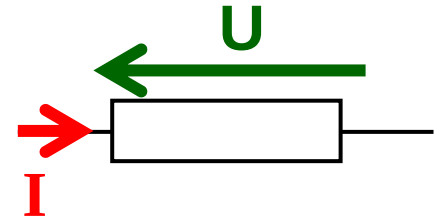


avec U en **Volt**, I en **Ampère** et R la résistance en **Ohm** ($1 \Omega = 1 \text{ V.A}^{-1}$)

a/ La Loi d'OHM

Un conducteur ohmique est un dipôle aux bornes duquel la tension U est proportionnelle à l'intensité I du courant qui le traverse :

$$U = R \times I$$



avec U en **Volt**, I en **Ampère** et R la résistance en **Ohm** ($1 \Omega = 1 \text{ V.A}^{-1}$)



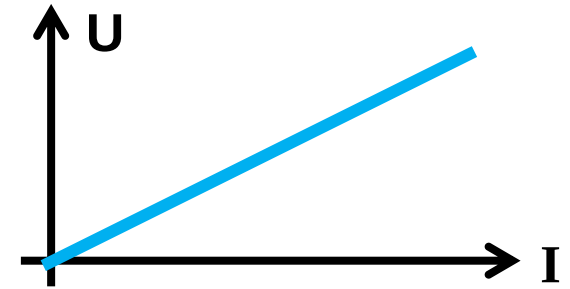
Attention, cette loi n'est valable qu'en **CONVENTION RECEPTEUR**, c'est-à-dire en orientant les flèches du courant et de la tension dans des sens opposés. Sinon, la loi devient $U = -R \times I$.

App 13 :

• Quelle est l'allure de la caractéristique $U = f(I)$ pour un conducteur ohmique ?

On obtient une droite passant par l'origine.

• Comment en déduire la valeur de sa résistance R ?



La **loi d'Ohm en convention récepteur** s'écrit $U = R \times I$.

Donc R s'identifie au **coefficient directeur** de la caractéristique $U = f(I)$

b/ Applications aux fils électriques et aux interrupteurs

Fils électriques & Interrupteurs fermés ➔ **RESISTANCE NULLE**

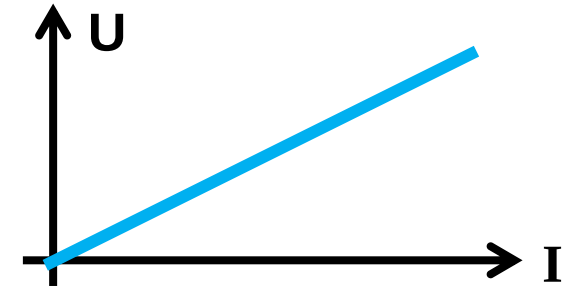
Interrupteurs ouverts ➔ **RESISTANCE INFINIE**

✎ - App 13 :

• Quelle est l'allure de la caractéristique $U = f(I)$ pour un conducteur ohmique ?

On obtient une droite passant par l'origine.

• Comment en déduire la valeur de sa résistance R ?



La **loi d'Ohm en convention récepteur** s'écrit $U = R \times I$.

Donc R s'identifie au coefficient directeur de la caractéristique $U = f(I)$

b/ Applications aux fils électriques et aux interrupteurs

Fils électriques & Interrupteurs fermés ➡ RESISTANCE NULLE

Interrupteurs ouverts ➡ RESISTANCE INFINIE

✎ - App 14 : Laquelle de ces descriptions correspond à un interrupteur ouvert ? À un interrupteur fermé ?

a) $u_{AB} = 0$ quelle que soit la valeur de i_{AB}

Fil électrique / Interrupteur fermé
car $R = 0$, donc $U = R \times I = 0$

b) $i_{AB} = 0$ quelle que soit la valeur de u_{AB}

Interrupteur ouvert
car R est infini, donc $I = U / R = 0$

b/ Applications aux fils électriques et aux interrupteurs

Fils électriques & Interrupteurs fermés ➡ **RESISTANCE NULLE**

Interrupteurs ouverts ➡ **RESISTANCE INFINIE**

✂ - App 14 : Laquelle de ces descriptions correspond à un interrupteur ouvert ? À un interrupteur fermé ? a) $u_{AB} = 0$ quelle que soit la valeur de i_{AB}

Fil électrique / Interrupteur fermé car $R = 0$, donc $U = R \times I = 0$

b) $i_{AB} = 0$ quelle que soit la valeur de u_{AB}

Interrupteur ouvert car R est infini, donc $I = U / R = 0$

2) La source de tension

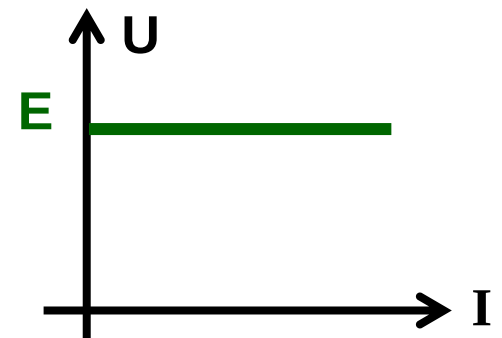
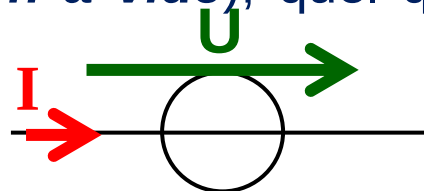
Source de tension = dispositif qui crée une différence de potentiel entre ses bornes et force ainsi les électrons à se déplacer

a/ La source de tension IDEALE

Une source idéale de tension impose à ses bornes une **tension E constante** appelée **force électromotrice fem** (ou **tension à vide**), quel que soit le courant qui la traverse.

$$U = E$$

avec U et E en Volt

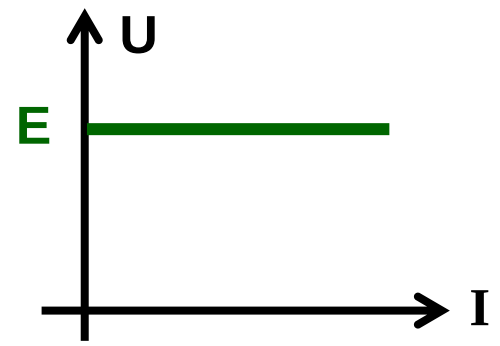
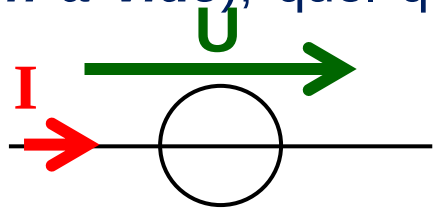


a/ La source de tension IDEALE

Une source idéale de tension impose à ses bornes une **tension E constante** appelée **force électromotrice fem** (ou **tension à vide**), quel que soit le courant qui la traverse.

$$U = E$$

avec U et E en Volt

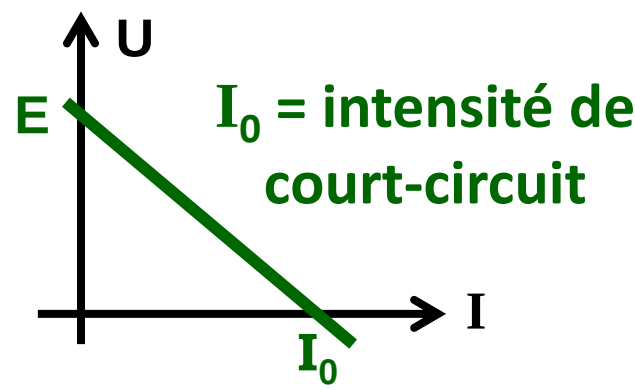


Attention, cette loi n'est valable qu'en CONVENTION GENERATEUR, c'est-à-dire en orientant les flèches du courant et de la tension dans le même sens.

b/ La source de tension REELLE

Pile	Générateur

Caractéristique
 $U = f(I)$
différente



• Tension aux bornes de la source réelle de tension : $U = E - R \times I$

- Avec :
- E la **force électromotrice** du générateur (en V)
 - R la **résistance interne** du générateur (en Ω)

b/ La source de tension REELLE

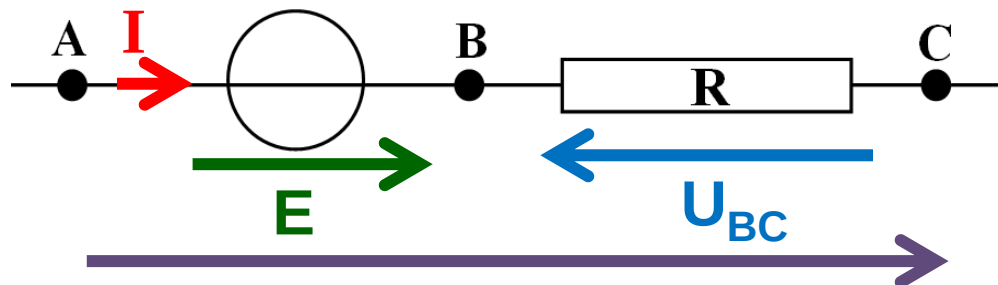
- Tension aux bornes de la source réelle de tension : $U = E - R \times I$

Avec :

- E la **force électromotrice** du générateur (en V)
- R la **résistance interne** du générateur (en Ω)

- Modélisation de THEVENIN d'une source réelle de tension :

Association en série d'une source idéale de tension E et d'une résistance R



$$U_{CA} = U_{CB} + U_{BA}$$

$$U_{CA} = -U_{BC} + U_{BA}$$

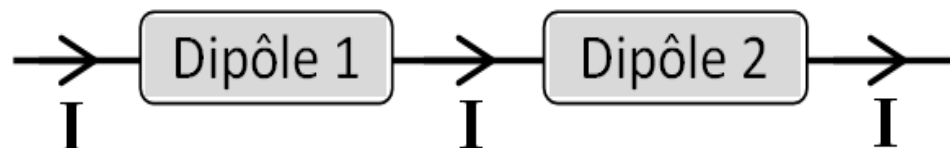
$$U_{CA} = -R \times I + E$$

Tension U_{CA} aux bornes de la source réelle (convention générateur)

IV- Outils de simplification : association de dipôles

1) Association **SERIE** de conducteurs ohmiques

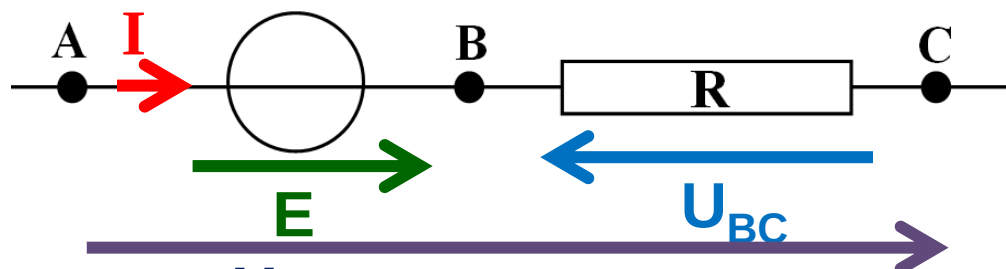
➡ Dipôles *placés dans une même branche*



Conséquence : dipôles parcourus par le **même courant électrique**.

- Modélisation de THEVENIN d'une source réelle de tension :

Association en série d'une source idéale de tension E et d'une résistance R



$$U_{CA} = U_{CB} + U_{BA}$$

$$U_{CA} = -U_{BC} + U_{BA}$$

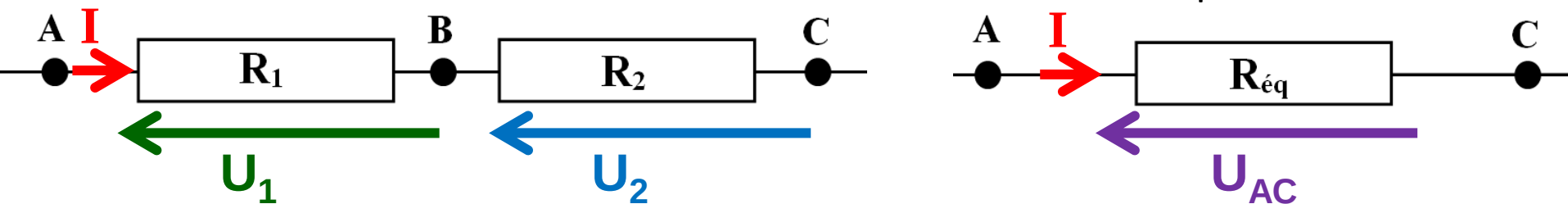
$$U_{CA} = \underline{-R \times I + E}$$

Tension U_{CA} aux bornes de la source réelle (convention générateur)

IV- Outils de simplification : association de dipôles

1) Association SERIE de conducteurs ohmiques

a/ Résistance équivalente



✂ - App 15 : En appliquant la loi d'Ohm aux différents dipôles, donner l'expression de R_{eq} en fonction de R_1 et de R_2 . En convention récepteur :

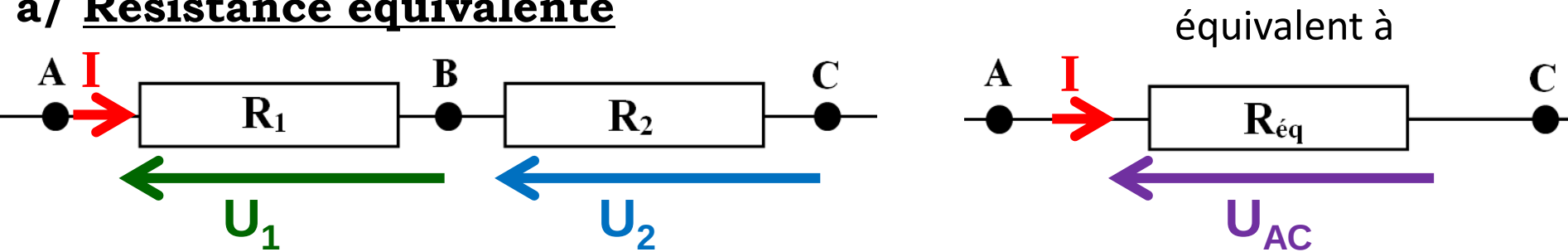
$$U_1 = U_{AB} = R_1 \times I \quad ; \quad U_2 = U_{BC} = R_2 \times I \quad ; \quad U_{AC} = R_{\text{eq}} \times I$$

(même courant I dans les deux résistances R_1 et R_2 car elles sont en série)

$$\text{Or, } U_{AC} = U_{AB} + U_{BC} \Leftrightarrow R_{\text{eq}} \times I = R_1 \times I + R_2 \times I \Leftrightarrow \boxed{R_{\text{eq}} = R_1 + R_2}$$

1) Association SERIE de conducteurs ohmiques

a/ Résistance équivalente



✂ - App 15 : En appliquant la loi d'Ohm aux différents dipôles, donner l'expression de R_{eq} en fonction de R_1 et de R_2 . En convention récepteur :

$$U_1 = U_{AB} = R_1 \times I \quad ; \quad U_2 = U_{BC} = R_2 \times I \quad ; \quad U_{AC} = R_{eq} \times I$$

(même courant I dans les deux résistances R_1 et R_2 car elles sont en série)

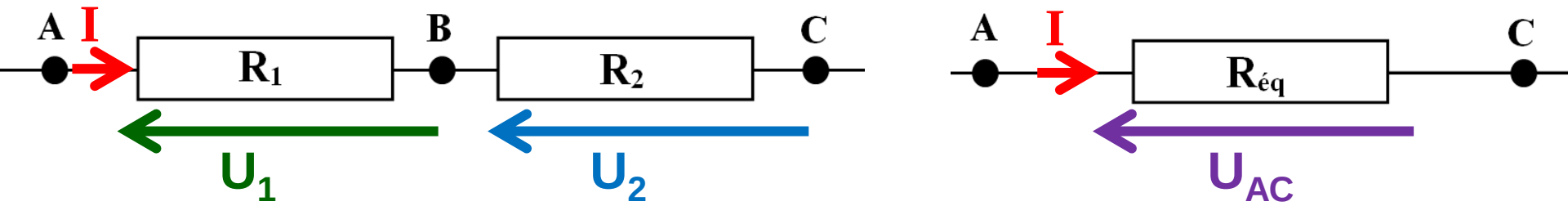
$$\text{Or, } U_{AC} = U_{AB} + U_{BC} \Leftrightarrow R_{eq} \times I = R_1 \times I + R_2 \times I \Leftrightarrow \boxed{R_{eq} = R_1 + R_2}$$

Généralisation : L'association en série de n conducteurs ohmiques de résistance R_k est **équivalente à un unique conducteur ohmique** de résistance R_{eq} égale à la somme des résistances R_k .

$$\boxed{R_{eq} = \sum_k R_k}$$

b/ Pont diviseur de tension

✂ - App 16 : Dans l'App 15, exprimer U_1 et U_2 en fonction de R_1 , R_2 et U_{AC} .



✂ - App 15 : En appliquant la loi d'Ohm aux différents dipôles, donner l'expression de R_{eq} en fonction de R_1 et de R_2 .

$$U_1 = U_{AB} = R_1 \times I \quad ; \quad U_2 = U_{BC} = R_2 \times I \quad ; \quad U_{AC} = R_{\text{eq}} \times I$$

$$\text{Or, } U_{AC} = U_{AB} + U_{BC} \Leftrightarrow R_{\text{eq}} \times I = R_1 \times I + R_2 \times I \Leftrightarrow \boxed{R_{\text{eq}} = R_1 + R_2}$$

Généralisation : L'association en série de n conducteurs ohmiques de résistance R_k est **équivalente à un unique conducteur ohmique** de résistance R_{eq} égale à la somme des résistances R_k .

$$R_{\text{eq}} = \sum_k R_k$$

b/ Pont diviseur de tension

✂ - App 16 : Dans l'App 15, exprimer U_1 et U_2 en fonction de R_1 , R_2 et U_{AC} .

$$\blacklozenge \quad U_1 = R_1 \times I \quad \text{Or, } I = \frac{U_{AC}}{R_{\text{eq}}} \Leftrightarrow I = \frac{U_{AC}}{R_1 + R_2} \Leftrightarrow \boxed{U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \times U_{AC}}$$

$(U_1 < U_{AC})$

b/ Pont diviseur de tension

✂ - App 16 : Dans l'App 15, exprimer U_1 et U_2 en fonction de R_1 , R_2 et U_{AC} .

$$\blacklozenge U_1 = R_1 \times I \quad \text{Or, } I = \frac{U_{AC}}{R_{\text{eq}}} \Leftrightarrow I = \frac{U_{AC}}{R_1 + R_2} \Leftrightarrow U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \times U_{AC}$$

$(U_1 < U_{AC})$

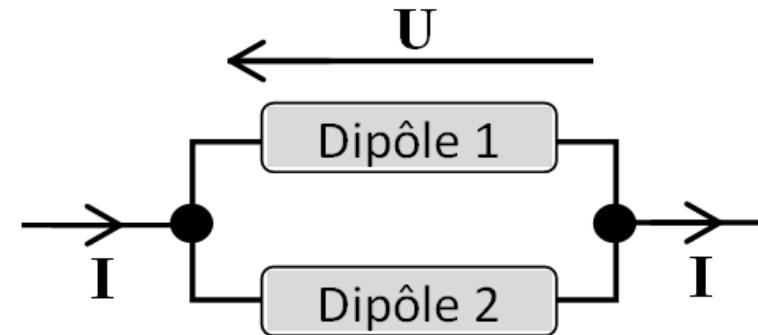
$$\blacklozenge \text{ De même, } U_2 = R_2 \times I \Leftrightarrow U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times U_{AC}$$

$(U_2 < U_{AC})$

2) Association **PARALLELE** de conducteurs ohmiques

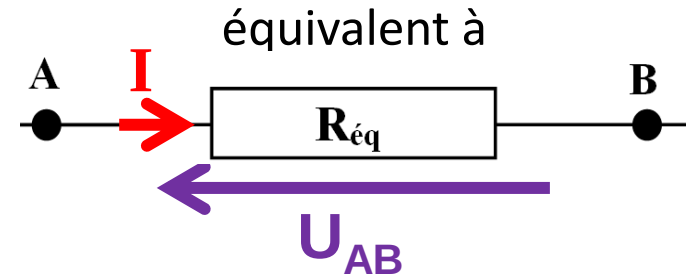
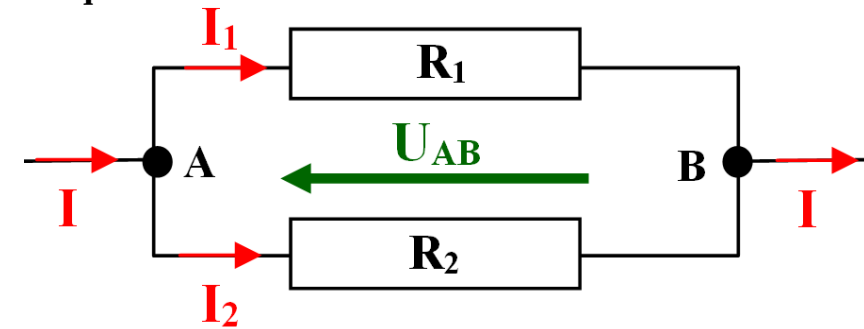
➡ Dipôles *reliés à 2 mêmes noeuds*

Conséquence : même tension électrique
aux bornes des 2 dipôles



2) Association **PARALLELE** de conducteurs ohmiques

✂ - App 17 : En appliquant la loi d'Ohm aux différents dipôles, donner l'expression de R_{eq} en fonction de R_1 et de R_2 .



En convention récepteur $U_{AB} = R_1 \times I_1$; $U_{AB} = R_2 \times I_2$; $U_{AB} = R_{\text{eq}} \times I$

De plus, au nœud A (et au nœud B), $I = I_1 + I_2$

Donc
$$\frac{U_{AB}}{R_{\text{eq}}} = \frac{U_{AB}}{R_1} + \frac{U_{AB}}{R_2}$$

Soit :

$$\frac{1}{R_{\text{eq}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Généralisation : L'association en parallèle de n conducteurs ohmiques de résistance R_k est **équivalente à un unique conducteur ohmique** dont l'inverse de la résistance R_{eq} est égale à la **somme des inverses des résistances R_k** .

$$\frac{1}{R_{\text{eq}}} = \sum_k \frac{1}{R_k}$$

Donc

$$\frac{U_{AB}}{R_{\text{eq}}} = \frac{U_{AB}}{R_1} + \frac{U_{AB}}{R_2}$$

Soit :

$$\frac{1}{R_{\text{eq}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Généralisation : L'association en parallèle de n conducteurs ohmiques de résistance R_k est **équivalente à un unique conducteur ohmique** dont l'inverse de la résistance R_{eq} est égale à la **somme des inverses des résistances R_k** .

$$\frac{1}{R_{\text{eq}}} = \sum_k \frac{1}{R_k}$$

V- Aspect énergétique

1) Puissance et énergie électrique échangée par un dipôle

a/ Puissance électrique

Définition : La **puissance électrique P** échangée par un dipôle est égale au produit de la **tension U** à ses bornes par l'**intensité I du courant électrique** qui la traverse.

en **Volt** en **Ampère**

$$P = U \times I$$

en **Watt** (**1 W = 1 V.A**)



Comment interpréter le signe d'une puissance électrique ?

Définition : La **puissance électrique P** échangée par un dipôle est égale au produit de la **tension U** à ses bornes par l'**intensité I du courant électrique** qui la traverse.

en **Volt** en **Ampère**

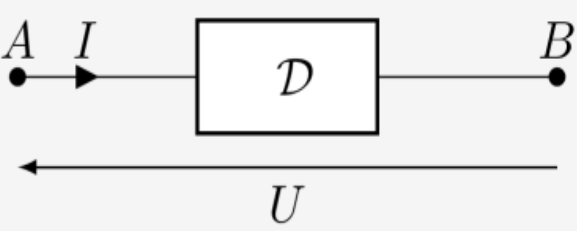
$$P = U \times I$$

en **Watt** (**1 W = 1 V.A**)

Convention RECEPTEUR

Flèches U et I de sens opposés

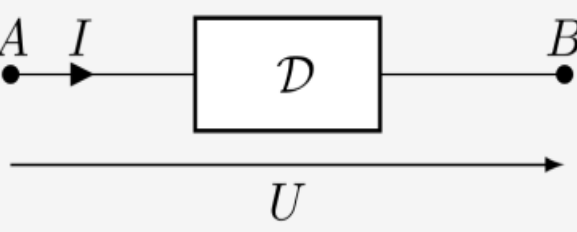
	Puissance POSITIVE	Puissance NEGATIVE
Interprétation du signe	Puissance reçue par D	Puissance fournie au circuit
Comportement réel du dipôle	RECEPTEUR	GENERATEUR



Convention GENERATEUR

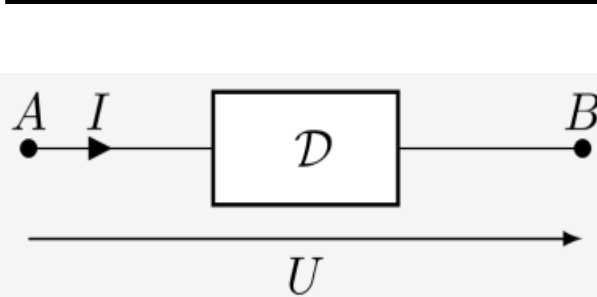
Flèches U et I de même sens

	Puissance POSITIVE	Puissance NEGATIVE
Interprétation du signe	Puissance fournie au circuit	Puissance reçue par D
Comportement réel du dipôle	GENERATEUR	RECEPTEUR



Convention GENERATEUR

Flèches U et I de même sens



	Puissance POSITIVE	Puissance NEGATIVE
Interprétation du signe	Puissance fournie au circuit	Puissance reçue par D
Comportement réel du dipôle	GENERATEUR	RECEPTEUR



Il existe bien des dipôles qui se comportent comme des générateurs à un instant et qui se comportent comme des récepteurs à un autre instant (exemples : les condensateurs, les batteries ...).

b/ Energie électrique

Définition : L'**énergie électrique** E_{el} échangée par un dipôle est égale au produit de la **puissance électrique** P qu'il échange par la **durée** Δt de son fonctionnement

en **Watt** en **Seconde**

$$E_{el} = P \times \Delta t$$

en **Joule** (**1 J = 1 W.s**)



Il existe une autre unité d'énergie : **le wattheure (Wh)** qui correspond à la quantité d'énergie transférée avec une puissance de **1 W** pendant **1 h**, soit : **1 Wh = 3600 J**.

b/ Energie électrique

Définition : L'énergie électrique $E_{\text{él}}$ échangée par un dipôle est égale au produit de la **puissance électrique** P qu'il échange par la **durée** Δt de son fonctionnement

en **Watt** en **Seconde**

$$E_{\text{él}} = P \times \Delta t$$

en **Joule** ($1 \text{ J} = 1 \text{ W.s}$)



Il existe une autre unité d'énergie : **le wattheure (Wh)** qui correspond à la quantité d'énergie transférée avec une puissance de **1 W** pendant **1 h**, soit : **$1 \text{ Wh} = 3600 \text{ J}$** .

2) Comportement de certains dipôles

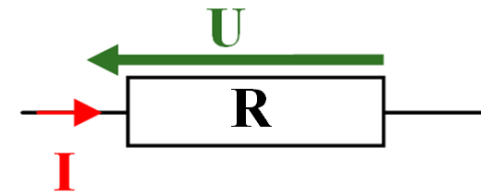
a/ Le conducteur ohmique

- Expression de la puissance échangée par un conducteur ohmique :

$$P = U \times I \Leftrightarrow P = (R \times I) \times I \Leftrightarrow$$

(en convention récepteur)

$$P = R \times I^2$$



(Convention Récepteur)

- Interprétation du signe :

$$R \times I^2 > 0$$

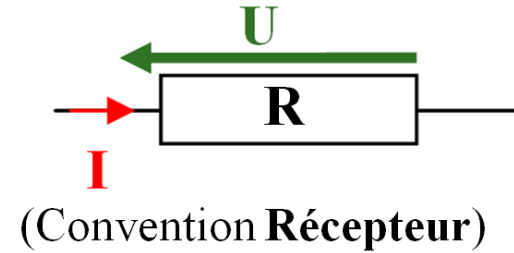
Donc, en convention récepteur, cela signifie que **le conducteur ohmique reçoit réellement cette puissance électrique** : il se comporte donc réellement comme un récepteur.

a/ Le conducteur ohmique

- Expression de la puissance échangée par un conducteur ohmique :

$$P = U \times I \Leftrightarrow P = (R \times I) \times I \Leftrightarrow \boxed{P = R \times I^2}$$

(en convention récepteur)



- Interprétation du signe :

$R \times I^2 > 0$ Donc, en convention récepteur, cela signifie que **le conducteur ohmique reçoit réellement cette puissance électrique** : il se comporte donc réellement comme un récepteur.

- En quoi cette puissance est-elle ensuite transformée ?

Cette puissance dite « **par effet JOULE** » est ensuite **dissipée sous forme de transfert thermique** au milieu extérieur.



- Citer des applications de la vie courante où ce phénomène a lieu :

Grille-pain / Bouilloire / Radiateurs électriques / Plaques de cuisson électriques
(échauffement de n'importe quel appareil électrique)

- En quoi cette puissance est-elle transformée ?

Cette puissance dite « **par effet JOULE** » est ensuite **dissipée sous forme de transfert thermique** au milieu extérieur.



- Citer des applications de la vie courante où ce phénomène a lieu :

Grille-pain / Bouilloire / Radiateurs électriques / Plaques de cuisson électriques
(échauffement de n'importe quel appareil électrique)

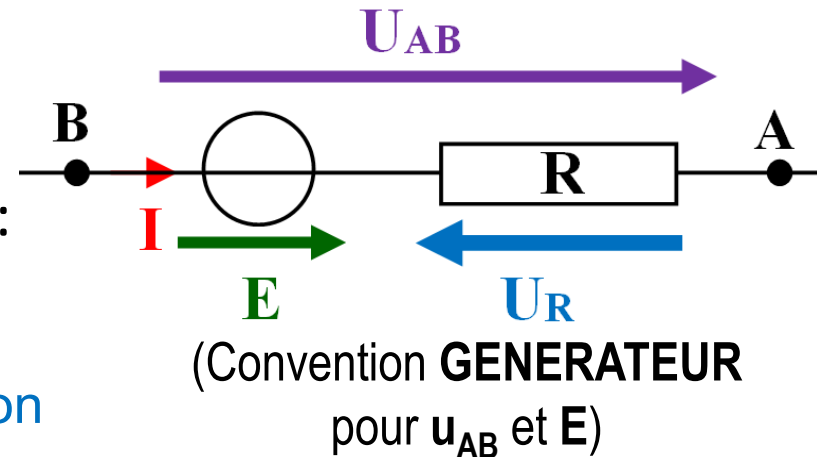
b/ La source de tension réelle

~~✍~~ - App 18 :

- Rappeler la relation entre U_{AB} , E , R et I :

$$U_{AB} = E - U_R$$

$$U_{AB} = E - R \times I \quad (\text{loi d'Ohm en convention récepteur})$$



- Exprimer la **puissance fournie par le générateur réel** en fonction de deux autres puissances : On **multiplie** la relation précédente par I

$$U_{AB} \times I = E \times I - R \times I^2$$

- Citer des applications de la vie courante où ce phénomène a lieu :
Grille-pain / Bouilloire / Radiateurs électriques / Plaques de cuisson électriques
(échauffement de n'importe quel appareil électrique)

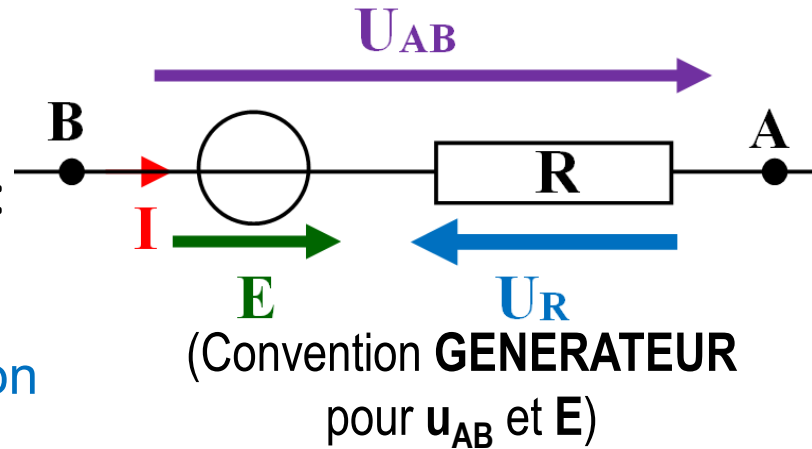
b/ La source de tension réelle

✍ - App 18 :

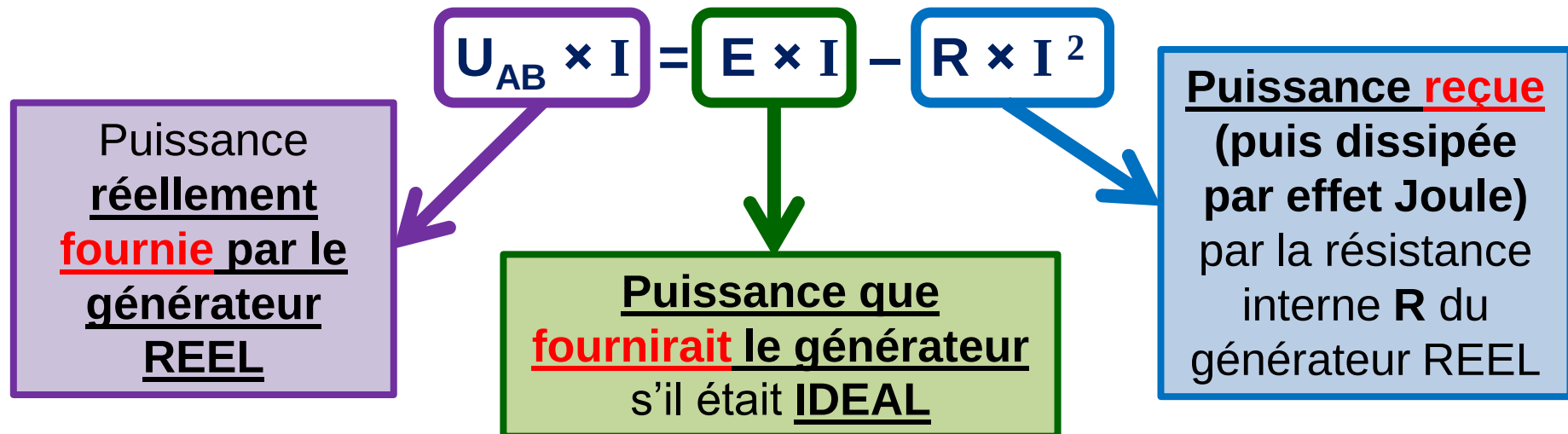
- Rappeler la relation entre U_{AB} , E , R et I :

$$U_{AB} = E - U_R$$

$$U_{AB} = E - R \times I \quad (\text{loi d'Ohm en convention récepteur})$$



- Exprimer la *puissance fournie par le générateur réel* en fonction de deux autres puissances : On **multiplie** la relation précédente par I



On **multiplie** la relation précédente par **I**

$$U_{AB} \times I = E \times I - R \times I^2$$

Puissance réellement
fournie par le
générateur
REEL

Puissance que
fournirait le générateur
s'il était IDEAL

Puissance **reçue**
(puis dissipée
par effet Joule)
par la résistance
interne **R** du
générateur REEL

3) Bilan de puissance dans un circuit électrique

✂ - App 19 : Un générateur réel, de f.e.m. **E** et de résistance interne **r**, alimente un conducteur ohmique de résistance **R**.

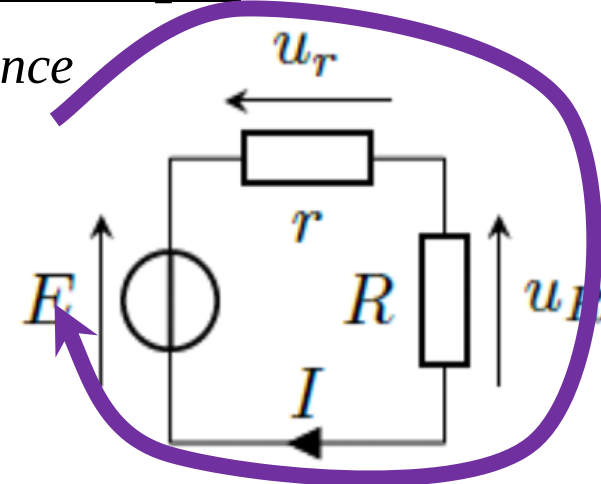
- Donner la relation existant entre **E**, **r**, **R** et **I** :

Loi des mailles : $E - u_r - u_R = 0$

$\Leftrightarrow E - r \times I - R \times I = 0$ (Lois d'Ohm en convention récepteur)

- Exprimer la puissance fournie par le générateur idéal en fonction de deux autres puissances :

On **multiplie** tout par **I** : $E \times I - r \times I^2 - R \times I^2 = 0$



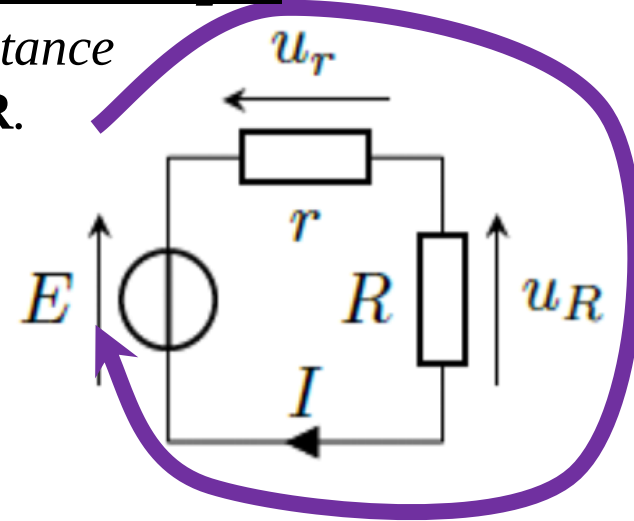
3) Bilan de puissance dans un circuit électrique

✎ - App 19 : Un générateur réel, de f.e.m. E et de résistance interne r , alimente un conducteur ohmique de résistance R .

- Donner la relation existant entre E , r , R et I :

Loi des mailles : $E - u_r - u_R = 0$

$\Leftrightarrow E - r \times I - R \times I = 0$ (Lois d'Ohm en convention récepteur)



- Exprimer la **puissance fournie par le générateur idéal** en fonction de deux autres puissances :

On **multiplie** tout par I : $E \times I - r \times I^2 - R \times I^2 = 0$

Puissance **fournie** par le générateur de tension idéal

$$E \times I = r \times I^2 + R \times I^2$$

Puissance **reçue** (puis dissipée par effet Joule) par la résistance interne r du générateur réel

Puissance **reçue** (puis dissipée par effet Joule) par le conducteur ohmique de résistance R

Généralisation :

$$\sum \text{Puissances fournies} = \sum \text{Puissance reçues}$$