Cours Physique 03 **BCPST 1C**

- 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.*

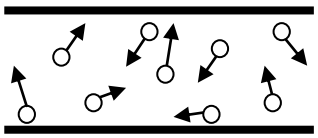
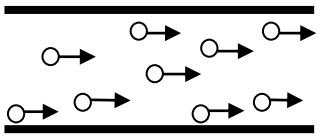
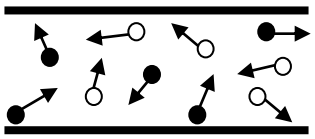
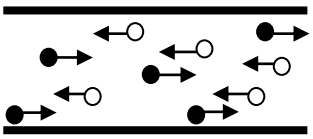
De l'éclair traversant un ciel d'été, aux appareils électriques de notre quotidien, en passant par la plupart des dispositifs industriels, ***l'électricité*** est au cœur de notre quotidien. Pourtant, sa théorisation et sa compréhension sont relativement récentes, le mot électricité (issu du mot grec « *elektron* » signifiant « ambre », en référence aux propriétés d'attraction que possède ce matériau sur les petits objets une fois frotté) n'ayant été employé pour la première fois qu'en 1646. C'est véritablement entre les 17ème et 19ème siècles que les scientifiques se sont penchés sur cette branche de la physique et plus particulièrement sur ***l'électrocinétique***, qui étudie le mouvement de particules chargées dans la matière.

Le but de ce chapitre est d'introduire les principales grandeurs associées à l'électricité, les composants usuellement rencontrés et leur modélisation, ainsi que les lois fondamentales qui gouvernent les circuits électriques.

I- Les deux principales grandeurs électriques

1) L'intensité du courant électrique

☛ ***Le COURANT ELECTRIQUE :***

Mouvement des électrons dans un métal		Mouvement des cations ● et des anions ○ en solution	
			

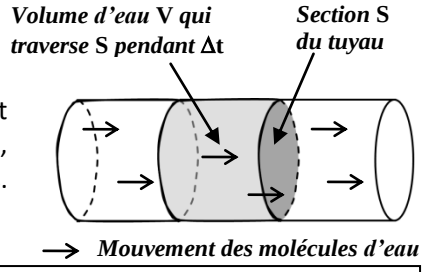
☛ ***SENS CONVENTIONNEL du courant électrique :***

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

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

On peut développer une analogie entre le débit de l'eau circulant dans un tuyau et l'intensité du courant électrique circulant dans un fil. Le débit d'eau **D**, exprimé en $m^3.s^{-1}$, représente le volume d'eau **V** qui traverse la section **S** du tuyau pendant une durée **Δt = 1 s**.

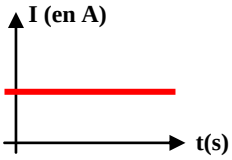
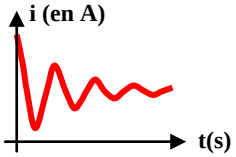
On a alors la relation : $\mathbf{D} = \dfrac{V}{\Delta t}$.



☛ ***UNITE de l'intensité du courant électrique*** :

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

Tout dépendra de la manière dont évolue l'intensité du courant électrique au cours du temps :

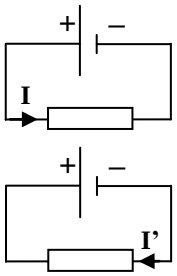
Régime STATIONNAIRE	**Régime VARIABLE**
L'intensité du courant électrique a une ***valeur constante***.  *(Définition valable pour n'importe quelle grandeur électrique)*	L'intensité du courant électrique a une ***valeur qui change au cours du temps***  *(Définition valable pour n'importe quelle grandeur électrique)*
L'intensité du courant électrique se note avec une **lettre majuscule**	L'intensité du courant électrique se note avec une **lettre minuscule**

☛ ***REPRESENTATION du courant électrique*** :

Dans un fil électrique, les charges peuvent se déplacer dans les deux sens. Or, quand on commence l'étude d'un circuit, le sens réel de circulation du courant dans les fils n'est pas toujours connu.

On choisit donc 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**.

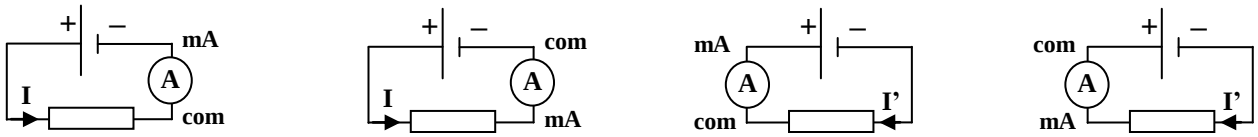
✍- **Application 2** : *Quel est le signe de l'intensité du courant électrique représentée sur les circuits ci-contre ?*



☛ ***MESURE de l'intensité du courant électrique*** :

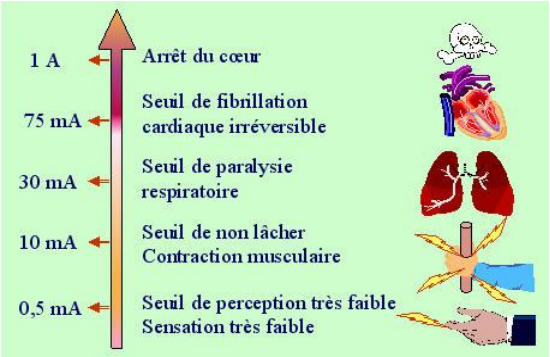
On la mesure avec un ***ampèremètre placé en série*** dans la branche étudiée. L'ampèremètre est symbolisé dans les circuits électriques par un A entouré et il ***mesure l'intensité du courant électrique qui rentre par la borne A/mA***.

✍- **Application 3** : *Les ampèremètres ci-dessous mesurent-ils* **I** ? – **I** ? **I'** ? – **I'** ?



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

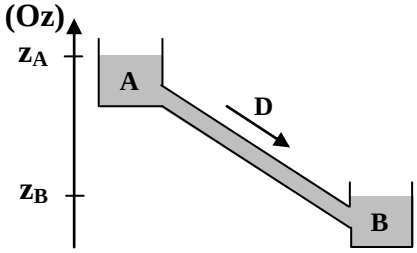
Domaine	Ordre de grandeur
Neurones	
TP, ordinateur, téléphone portable	
Electroménager	
Moteurs d'usine	
TGV	
Orages	



2) La tension électrique

a/ Définitions et caractéristiques

Comme précisé au **I.1)**, le courant électrique dans un fil est analogue à un courant d'eau dans un tuyau. Mais ce courant d'eau entre deux récipients n'est possible spontanément que s'il existe une différence d'altitude entre la surface du niveau de départ A et la surface du niveau d'arrivée B. Par exemple, dans la figure ci-contre, A se vide spontanément dans B car $z_A > z_B$: on observe alors un débit d'eau D dans le tuyau qui les relie.



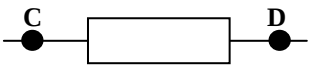
De même qu'à chaque point M de cette situation on associe une altitude z_M, on associe un **potentiel V_M** à chaque point d'un circuit électrique. Le courant électrique circulera spontanément du point A au point B si $V_A > V_B$. La tension électrique est alors l'équivalent de la différence d'altitude « $z_A - z_B$ » (ou dénivelé) entre les points A et B.

☛ ***UNITE de la tension électrique U_{AB} et des potentiels V_A et V_B*** :

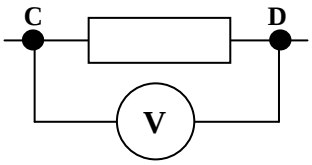
☛ ***NOTATION de la tension électrique*** : U_{AB} ou u_{AB} ?

☛ ***REPRESENTATION de la tension électrique U_{AB}*** :

✍- **Application 4** : *Sur le schéma ci-contre, représenter U_{CD} puis U_{DC} et indiquer la relation qui existe entre ces deux tensions.*



☛ ***MESURE d'une tension électrique*** : on la mesure avec un ***voltmètre***. Celui-ci mesurant la différence de potentiel entre deux points A et B, il doit être relié à ces deux points : on dit qu'on le place ***en dérivation (en parallèle)***. Le voltmètre est symbolisé dans les circuits par un V entouré et ***il mesure la tension U_{AB} si sa borne V est reliée au point A***.



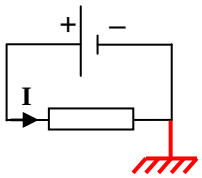
✍- **Application 5** : *Sur le schéma ci-contre, rajouter un voltmètre qui mesure la tension U_{CD}.*

☛ ***Quelques ORDRES DE GRANDEURS de la tension électrique*** :

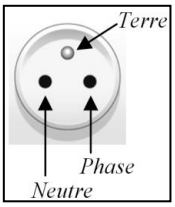
Domaine	Neurones	Téléphone portable	Tension domestique EDF	Clôture électrique	TGV	Orages
Ordre de grandeur						

b/ Points particuliers d'un circuit

☛ **La MASSE** : Dans l'analogie hydraulique, on définit une référence pour l'altitude zéro ; par exemple, on dit que z = 0 pour le niveau de la mer ou celui du sol. Le choix de cette altitude de référence n'a aucune influence sur la valeur du dénivelé.

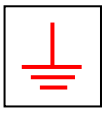


☛ **La TERRE** : Les prises électriques présentent toutes 2 trous, appelés fiches :
- L'une d'elles est appelée la ***PHASE*** : elle sert à conduire le courant électrique vers le récepteur et elle est au potentiel de 230 V ;
- L'autre est appelée le ***NEUTRE*** : elle sert à ramener le courant électrique et elle est au potentiel nul (c'est donc aussi la ***MASSE)***.



Imaginons qu'un équipement avec carcasse métallique (par exemple une machine à laver) présente un défaut dans son circuit électrique comme un fil dénudé. Si un tel équipement est branché à une prise électrique constituée uniquement des deux fiches précédentes, il y a alors un risque que l'enveloppe de l'appareil soit portée au potentiel de phase ; quelqu'un qui toucherait l'appareil aurait donc ses mains au potentiel de phase (230 V) et ses pieds au potentiel du sol, qui a la particularité d'avoir un potentiel électrique nul (0 V) : cette différence de potentiel entre les mains et les pieds engendre alors la circulation d'un courant électrique (courant de fuite) au travers de la personne, ce qui pourrait lui être fatal !

Pour remédier à ce problème, il est obligatoire de brancher les équipements avec carcasse métallique sur une prise munie d'une troisième fiche, se présentant sous la forme d'une tige métallique apparente, nommée ***TERRE*** : on l'appelle ainsi car elle est directement reliée à un conducteur métallique planté dans le sol. Brancher un appareil sur cette prise revient à relier la carcasse métallique au sol, et donc, à lui fixer un potentiel électrique égal à celui du sol en permanence, soit 0 V : ainsi, même en cas de défaut électrique de l'appareil, quelqu'un qui toucherait l'appareil n'aurait pas de risque d'électrocution car il n'existera plus de différence de potentiel entre ses mains et ses pieds …



II- Lois dans les circuits

1) Vocabulaire et conventions

• Un **DIPÔLE ELECTRIQUE** est un composant électrique connecté au reste du circuit par deux bornes : un fil électrique, une pile, un interrupteur, un générateur … (voir la représentation schématique des principaux dipôles rencontrés en pratique).

• Un **NŒUD** est un point du circuit où sont raccordés au moins trois dipôles.

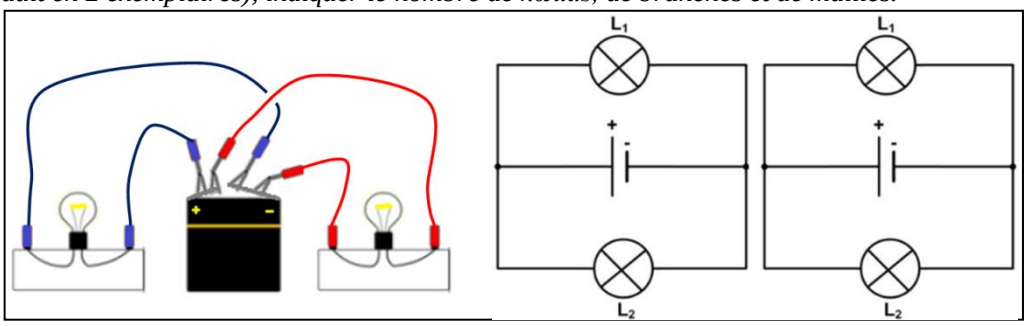
• Une **BRANCHE** est une portion de circuit entre deux nœuds consécutifs ;

• Une **MAILLE** est un ensemble de branches constituant un parcours fermé.

Schématisation de quelques dipôles courants

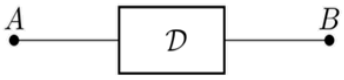
Dipôle	Symbole
Pile	+ -
Générateur	+ G -
Lampe	
Moteur	M
Conducteur ohmique	
D.E.L.	
Interrupteur ouvert	K
Interrupteur fermé	K

✍- **Application 6** : *Sur le circuit électrique ci-dessous (accompagné de son schéma reproduit en 2 exemplaires), indiquer le nombre de nœuds, de branches et de mailles.*



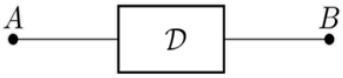
Pour définir l'intensité dans un dipôle et la tension à ses bornes, il faut orienter ces deux grandeurs algébriques. ***Deux conventions d'orientation*** existent :

Convention RECEPTEUR



(généralement utilisée pour les conducteurs ohmiques, lampes, condensateurs, moteurs, bobines, diodes …)

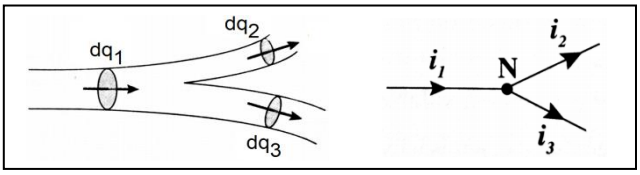
Convention GENERATEUR



(généralement utilisée pour les piles, batteries électriques, panneaux photovoltaïques, générateurs …)

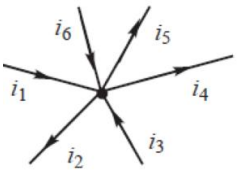
2) Loi concernant les intensités des courants électriques

La charge électrique est une grandeur conservative ; cela signifie qu'elle ne peut s'accumuler en aucun point du circuit. Par conséquent, **la quantité de charge électrique « dq » qui arrive en un nœud pendant une durée élémentaire « dt » est égale à celle qui en repart pendant la même durée**.



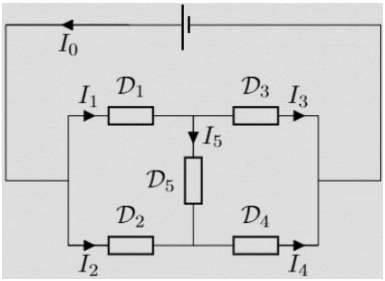
✍- **Application 7** : *Sur le schéma ci-contre, quelle relation existe-t-il entre* $\mathbf{dq_1}$, $\mathbf{dq_2}$ *et* $\mathbf{dq_3}$ *? Entre* $\mathbf{i_1}$, $\mathbf{i_2}$ *et* $\mathbf{i_3}$ *?*

Généralisation* (Loi des NŒUDS) *:

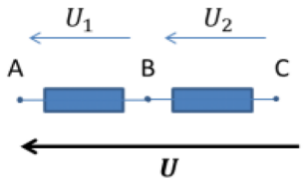


✍- **Application 8** : *Quelle relation existe-t-il entre* $\mathbf{i_1}$, $\mathbf{i_2}$, $\mathbf{i_3}$, $\mathbf{i_4}$, $\mathbf{i_5}$ *et* $\mathbf{i_6}$ *pour le nœud représenté ci-contre ?*

✍- **Application 9** : *Dans le circuit ci-contre,* $\mathbf{I_0 = 4\ A}$, $\mathbf{I_1 = 1\ A}$ *et* $\mathbf{I_4 = 2\ A}$. *Déterminer la valeur des intensités* $\mathbf{I_2}$, $\mathbf{I_3}$ *et* $\mathbf{I_5}$ *(la connaissance des dipôles D n'est pas utile).*



3) Lois concernant les tensions électriques



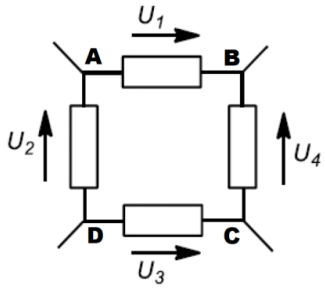
a/ Loi d'additivité des tensions

✍- **Application 10** : *Exprimer* **U**, $\mathbf{U_1}$ *et* $\mathbf{U_2}$ *en fonction des potentiels* $\mathbf{V_A}$, $\mathbf{V_B}$ *et* $\mathbf{V_C}$. *En déduire la relation qui existe entre les tensions électriques* **U**, $\mathbf{U_1}$ *et* $\mathbf{U_2}$.

Généralisation **(Loi d'additivité des TENSIONS) *:***

b/ Loi des mailles (2ème Loi de Kirchoff)

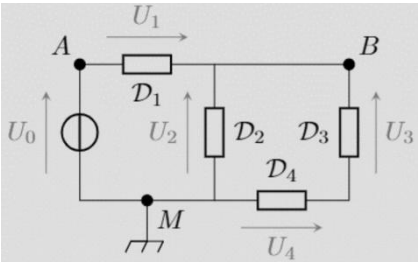
✍- **Application 11** : *D'après la loi d'additivité des tensions, exprimer* $\mathbf{U_1}$ *en fonction de* $\mathbf{U_2}$, $\mathbf{U_3}$ *et* $\mathbf{U_4}$.



Généralisation **(Loi des MAILLES) *:***

avec : # $\mathbf{U_p}$ les tensions ***orientées dans le sens de parcours*** de la maille ;
$\mathbf{U_n}$ les tensions ***orientées dans le sens opposé au sens de parcours*** de la maille ;

✍- **Application 12** : *Dans le circuit ci-contre,* $\mathbf{U_0 = 5\ V}$, $\mathbf{U_2 = 1\ V}$ *et* $\mathbf{U_3 = 3\ V}$. *Déterminer la valeur des tensions* $\mathbf{U_1}$ *et* $\mathbf{U_4}$ *(la connaissance des dipôles D n'est pas utile).*

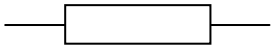


III- Exemples de dipôles présents dans les circuits

1) Le conducteur ohmique

a/ La loi d'OHM

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



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 x I**.

✍- **Application 13** :

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

- *Comment en déduire la valeur de sa résistance* **R** *?*

b/ Application aux fils électriques et aux interrupteurs

Les ***fils électriques*** utilisés en séances de travaux pratiques peuvent être considérés comme ayant une **RESISTANCE NULLE**, tout comme les ***interrupteurs fermés***. Les ***interrupteurs ouverts*** peuvent quant à eux être considérés comme des dipôles de **RESISTANCE INFINIE**.

✍- **Application 14** : *A laquelle des descriptions ci-dessous correspond un interrupteur ouvert ? un interrupteur fermé ?*

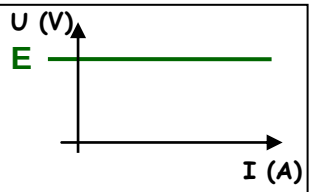
a) $u_{AB} = 0$ *quelle que soit la valeur de* i_{AB} **b)** $i_{AB} = 0$ *quelle que soit la valeur de* u_{AB}

2) La source de tension

Une ***source de tension*** est un dispositif qui crée une différence de potentiel entre ses bornes, forçant ainsi les électrons à se déplacer d'une borne à l'autre au travers du circuit électrique.

a/ La source de tension IDEALE

Une **source idéale de tension** impose à ses bornes une ..... appelée ..... , quel que soit le courant qui la traverse.

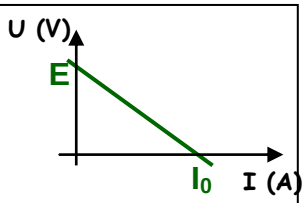


Attention, cette loi n'est valable qu'en **CONVENTION GENERATEUR**, *c'est-à-dire en orientant les flèches du courant et de la tension dans le même sens.*

b/ La source de tension REELLE

En réalité, les sources de tension qu'on utilise au laboratoire (pile, générateur réel) ne peuvent pas toujours être modélisées par une source de tension idéale. La meilleure preuve s'obtient quand on relève la caractéristique U = f(I) d'une source réelle de tension (voir ci-contre).

- ***Tension aux bornes de la source réelle de tension :***



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

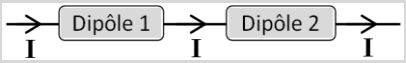
IV- Outils de simplification d'un circuit : association de dipôles

Lors de la réalisation pratique d'un circuit électrique, il est souvent possible de diminuer le nombre de dipôles présents grâce aux lois d'associations suivantes.

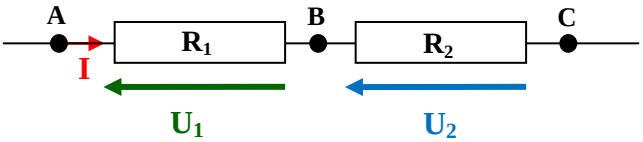
1) Association SERIE de conducteurs ohmiques

➡ Des dipôles sont associés **en SERIE** s'ils sont ***placés dans une même branche***.

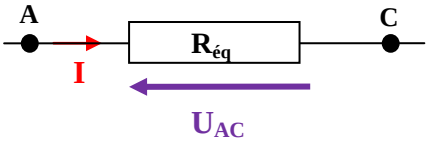
Conséquence : ces dipôles sont parcourus par le ***même courant électrique***.



a/ Résistance équivalente



équivalent à



✍- **Application 15** : *En appliquant la loi d'Ohm aux différents dipôles, trouver l'expression de* $R_{éq}$ *en fonction de* R_1 *et* R_2.

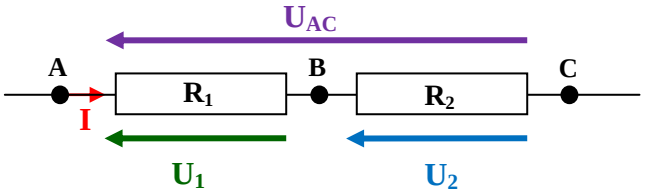
Généralisation :

L'association en série de **n conducteurs ohmiques** de résistance $\mathbf{R_k}$ est **équivalente à un <u>unique conducteur ohmique</u>** de résistance $\mathbf{R_{éq}}$ égale à la ……
……

b/ Pont diviseur de tension

L'***association en série de conducteurs ohmiques*** est appelée ***PONT DIVISEUR DE TENSION*** : en effet, la démonstration précédente montre que dans une telle association, **<u>la tension électrique aux bornes de chacun des conducteurs ohmiques est inférieure à la tension électrique aux bornes de l'ensemble</u>** (comme si elle avait été divisée …). Mais comment retrouver simplement la valeur de la tension électrique aux bornes d'un de ces conducteurs ohmiques en fonction des différentes résistances associées en série et de la tension électrique aux bornes de l'ensemble ?

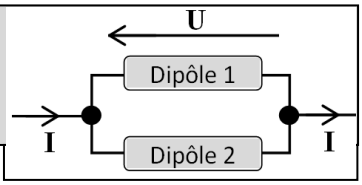
✍- **<u>Application 16</u>** : *Exprimer* $\mathbf{U_1}$ *puis* $\mathbf{U_2}$ *en fonction de* $\mathbf{R_1}$, $\mathbf{R_2}$ *et* $\mathbf{U_{AC}}$.
(les relations obtenues pourront être utilisées sans démonstration)



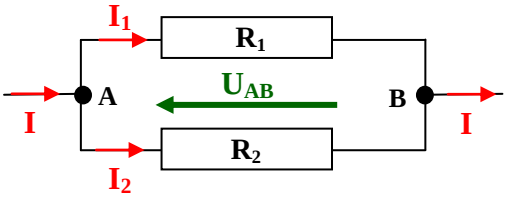
2) Association PARALLELE de conducteurs ohmiques

➡ Des dipôles sont associés **<u>en PARALLELE</u>** (ou **<u>en DERIVATION</u>**) s'ils ***sont reliés à deux mêmes nœuds***.

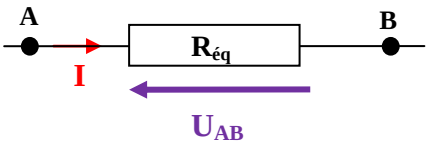
<u>Conséquence</u> : la tension électrique aux bornes de ces dipôles ***est la même***.



On cherche à remplacer l'association PARALLELE des deux conducteurs ohmiques de résistances R_1 et R_2 par un seul conducteur ohmique de résistance $R_{éq}$.



équivalent à



✍- **<u>Application 17</u>** : *En appliquant la loi d'Ohm aux différents dipôles, trouver l'expression de* $\mathbf{R_{éq}}$ *en fonction de* $\mathbf{R_1}$ *et* $\mathbf{R_2}$.

Généralisation :

L'association en série de **n conducteurs ohmiques** de résistance $\mathbf{R_k}$ est **équivalente à un <u>unique conducteur ohmique</u>** dont l'…… de la résistance $\mathbf{R_{éq}}$ est égale à la …… .

V- Aspect énergétique

La puissance figure parmi les caractéristiques notées sur la fiche descriptive d'un appareil électrique, par exemple au travers d'une lettre (de A à G) faisant référence à la classe énergétique de l'appareil et guidant ainsi la démarche citoyenne de l'acheteur. Mais que représentent concrètement la puissance et l'énergie électrique ?

1) Puissance et énergie électrique échangée par un dipôle

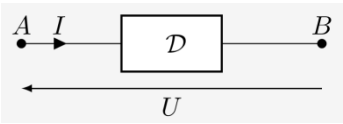
a/ Puissance électrique

☛ ***Définition*** :

La ***puissance électrique*** **P** échangée par un dipôle est égale au produit de la …… à ses bornes par l'…… qui la traverse.

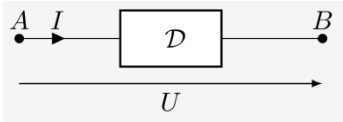
La tension électrique et l'intensité du courant électrique étant des grandeurs qui peuvent être positives ou négatives, il en sera de même pour la valeur de la puissance électrique. Le signe obtenu pour la puissance s'interprètera alors différemment selon la convention adoptée pour le dipôle étudié.

Convention RECEPTEUR (Flèches U et I en sens opposé)



	Puissance POSITIVE	Puissance NEGATIVE
Interprétation du signe		
Comportement réel du dipôle		

Convention GENERATEUR (Flèches U et I de même sens)



	Puissance POSITIVE	Puissance NEGATIVE
Interprétation du signe		
Comportement réel du dipôle		

Le comportement changeant d'un même dipôle peut paraître étonnant, mais 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 d'automobile ou de téléphone …).

b/ Energie électrique

☛ ***Définition*** :

L'***énergie électrique*** $E_{él}$ échangée par un dipôle est égale au produit de la …… qu'il échange par la …… de fonctionnement.

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**.

2) Comportement de certains dipôles

a/ Le conducteur ohmique

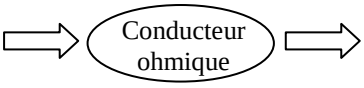
- Expression de la puissance échangée par un conducteur ohmique :

(Convention **Récepteur**)

- Interprétation du signe :

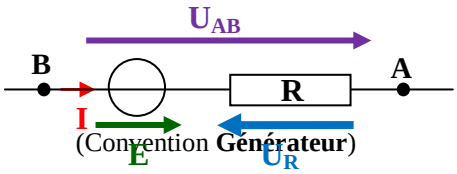
- En quoi cette puissance est-elle transformée ?

- Citer des applications de la vie courante utilisant ce phénomène.



b/ La source de tension réelle

✍- **Application 18** :



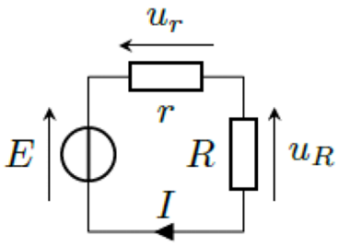
- Rappeler (ou retrouver) la relation existant entre U_{AB}, **E** et **R** et **I** :

- Modifier cette relation pour exprimer la ***puissance fournie par le générateur réel*** en fonction de 2 autres puissances :

** = Puissance que le générateur recevrait sous forme mécanique/lumineuse/chimique s'il s'agit respectivement d'un alternateur, d'une photopile ou d'une pile électrochimique*

3) Bilan de puissance dans un circuit électrique

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



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

- Modifier cette relation pour exprimer la ***puissance fournie par le générateur de tension idéal*** en fonction de 2 autres puissances :