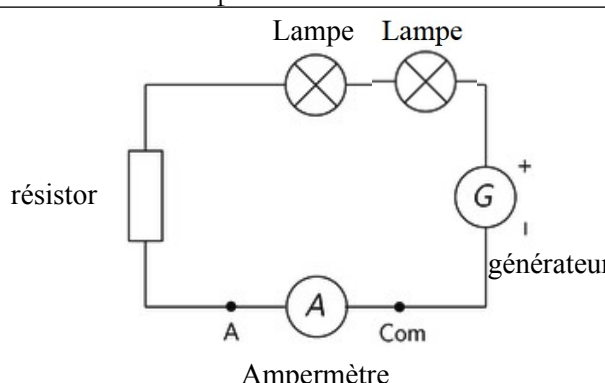
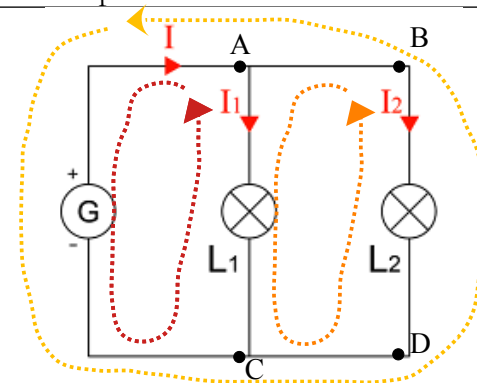


Chapitre 4 électrocinétique dans l'ARQS

I Rappels sur l'électricité

I.1) Différentes associations de dipôles

Dipôles en série	Dipôles en dérivation
 Voc : Un dipôle est un composant que l'on branche sur un circuit à deux endroits C'est toujours le cas lorsqu'ils sont dans la même branche d'une maille (comme les deux lampes)	 la lampe L₂ et <u>en dérivation</u> de la lampe L₁ car elles ont les points A et C sont des nœuds du circuit, car au moins trois dipôles sont reliés entre-eux en ces points ♥

I.2) L'intensité du courant

et

la tension électrique

L'intensité du courant exprimée en ampère (symbole **A**) est une grandeur algébrique quantifiant la quantité de charges électriques qui traversent une section du circuit par unité de temps. (c'est un débit de charge)

En régime **variable**
(**courant variable**, pas forcément sinusoïdal)

En régime **stationnaire**
(**courant continu DC**)

Indépendant du temps

Q charge (en Coulomb) transportée par les électrons pendant une durée Δt (en secondes) à travers une section du circuit

dq : charge infinitésimale traversant une section du circuit lors d'une durée infinitésimale dt

Intensité électrique

Rmq1 : L'intensité du courant est nulle dans une branche contenant un interrupteur ouvert

$I=0$



Mesure

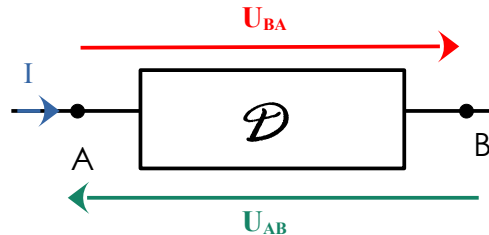
I et $i(t)$ se mesurent avec un **ampèremètre**
Son symbole normalisé est :

I et $i(t)$ **sont positives** lorsque le courant entre par la borne **A** et en sort par la borne **COM**.

La tension aux bornes d'un ampèremètre est nulle

La tension électrique est une grandeur algébrique caractérisant une différence d'état électrique (ou différence de potentiel électrique) entre deux points d'un circuit. Elle se note U (ou $u(t)$ en régime variable) et son unité est le volt (de symbole V).

$$U_{AB} = V_A - V_B = - (V_B - V_A) = - U_{BA}$$



U et I en **sens opposé** : **convention**
U et I dans le **même sens** : **convention**

Tension électrique

Rmq 1 : Le potentiel V représente l'énergie que possèdent les charges en un point donné du circuit.

Rmq 2 : La tension aux bornes d'un fil est **nulle** car il n'y a aucune différence de potentiel entre deux points d'un fil
Si on néglige sa résistance

Mesure

La tension se mesure avec un **voltmètre** qui se branche en.....

Son symbole normalisé est :

L'intensité du courant qui traverse le voltmètre est nulle

Ordres de grandeurs(Odg) ♥

Électronique (ordinateur, téléphone) : entre mA et 10^2 mA
 Électrotechnique (moteur, usine) : entre 10 et 10^3 A
 Foudre : jusqu'à $50 \cdot 10^3$ A sur une durée très brève

Électronique : entre 1 mV et 10^3 mV
 Tension aux bornes d'une pile : 1,5 V
 Tension domestique du réseau EDF: 230 V efficace

I.3 Les lois électriques (de Kirchhoff)**a) La loi des nœuds ♥**

$$\sum_{k=0}^n \epsilon_k I_k = 0 \quad \text{avec} \begin{cases} \epsilon_k = 1 \text{ si } I_k \text{ arrive sur le nœud} \\ \epsilon_k = -1 \text{ si } I_k \text{ part du nœud} \end{cases}$$

b) La loi des mailles ♥

$$\sum_{k=0}^n \epsilon_k U_k = 0 \quad \text{avec} \begin{cases} \epsilon_k = 1 \text{ si } U_k \text{ est dans le sens trigo} \\ \epsilon_k = -1 \text{ si } U_k \text{ est dans le sens antitrigon} \end{cases}$$

Q1 $U_{BA} = 10$ V Que vaut U_{CG} ?

Si on applique la loi des mailles dans la maille bleue on a :

Q2 Que vaut I_3 ?

Si on applique la loi des nœuds au nœud

Q3 Sachant que $U_{EF} = 4$ V que vaut U_{DE} ?

On applique la loi des mailles dans la maille :

Remarques vocabulaire.

L'intensité I un dipôle ou est par un générateur.

La tension est d'un générateur ou d'un dipôle.

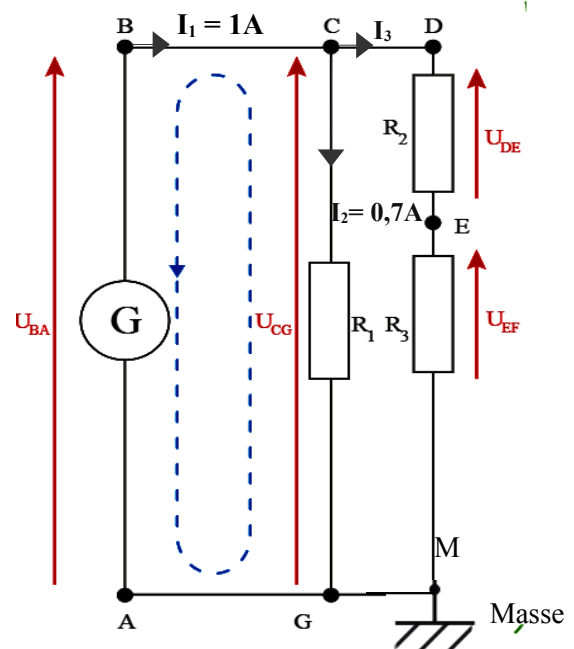
I.4 Masse d'un circuit (ou référence de potentiel)

La tension est définie à une constante près.

a) Def :

b) Conséquence sur la représentation d'un circuit.

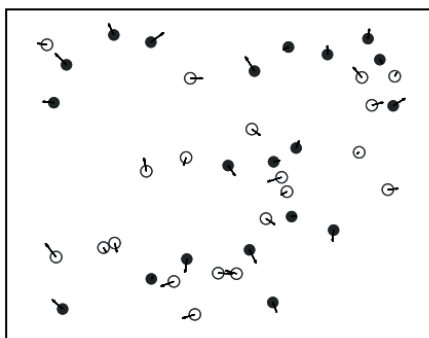
Les points A et G sont directement reliés à M par un fil, Donc $V_G = V_A = V_M = 0$: on pourrait placer la masse en A ou G

**II Condition de validité des lois électriques en régime variable:****L'approximation des régimes quasi-stationnaire****II.1) Nature du courant électrique**

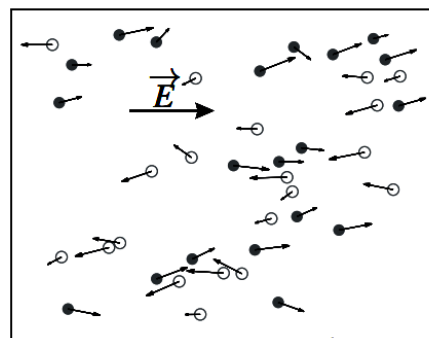
a) Def Le courant électrique est un déplacement **global** et **ordonné** de porteurs de charges électriques sous l'action d'une force électrique.

Dans un conducteur électrique, ce déplacement est causé par l'inhomogénéité au sein du milieu du **potentiel électrique** V , qui engendre un **champ électrique** $\vec{E}$ lui même à l'origine d'une force $\vec{F} = q\vec{E}$

Déplacement
désordonné
pas de
courant



pas de champ électrique



champ électrique $\vec{E}$

Déplacement
ordonné
(migration)
courant électrique
présent

b) Nature des porteurs de charge

Dans la grande majorité des applications pratiques, le courant électrique circule dans un fil métallique
les porteurs de charge sont alors les électrons, de charge $q = -e = -1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$

Remarques :

- Dans les semi-conducteurs (comme dans les diodes ou les DEL) ce sont aussi les lacunes électroniques appelées trous qui transportent les charges.
- Dans les électrolytes (voir chimie) les porteurs de charge mobile sont les anions (ex Cl^-) et les cations (ex : Na^+)

ODG : Combien d' e^- traversent chaque seconde la section d'un circuit où l'intensité du courant vaut 1A ?

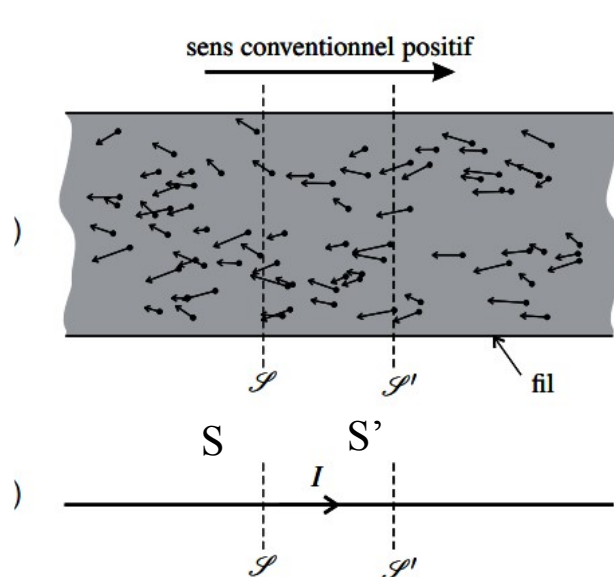
Même si la charge est quantifiée le nombre est tellement grand qu'on peut considérer que i est continue

II.2) Conservation de la charge électrique

a) Définition

Comme les électrons de conduction ne peuvent pas sortir du circuit électrique, on peut dire que la charge électrique est conservée au sein du circuit :

la charge électrique totale d'un système isolé (c'est-à-dire n'ayant aucun échange de matière avec l'extérieur) ne peut varier.



b) Conséquence 1 : homogénéité du courant au sein d'un fil en régime stationnaire

Comme la charge se conserve, tous les électrons qui entrent par S' sortent par S.

Si on suppose que les charges Q et Q' traversant respectivement S et S' sont différentes à un instant donné, il en résulte forcément une accumulation de charges entre les deux sections. Or celle-ci ne peut pas exister car le régime est stationnaire.

c) Démonstration de la loi des nœuds en régime stationnaire (À savoir refaire)

On considère une zone fermée du circuit électrique délimitée par trois sections S_1 , S_2 et S_3 autour d'un nœud N .

la charge Q_1 qui **rentre** par S_1 pendant une durée Δt est relié à l'intensité du courant I_1 par la relation

De même les charges Q_2 et Q_3 qui **sortent** pendant Δt sont reliées à I_2 et I_3 par les relations :

Rmq : si on oriente I_2 dans le sens opposé la charge $Q_2 = I_2 \Delta t$ rentre dans la zone et on a $Q_1 + Q_2 = Q_3$: on retrouve aussi la loi des Nœuds

d) validité de la loi des nœuds en régime variable

Le caractère variable peut avoir plusieurs origines possibles pouvant se combiner :

- **Modification des conditions extérieures** faisant passer d'un régime continu à un autre :
on parlera alors de **régime transitoire de temps caractéristique τ** .

- **Conditions extérieures variables** par exemple un générateur de tensions sinusoïdales ou créneaux :
on parlera alors de **régime forcé**.

Dans ce cas la durée caractéristique des variations est l'inverse de la fréquence du signal $T = \frac{1}{f}$

- **Phénomène de propagation** : Le champ électrique à l'origine du mouvement des électrons ne se propage pas instantanément. un peu comme une file de voiture lorsque le feu est vert, tout le monde ne commence pas à se déplacer en même temps.

La durée de propagation dans un fil conducteur de ces grandeurs électriques **dans un circuit de longueur L** peut s'estimer par

Rmq : En régime variable dans le cas général, on autorise les charges à s'accumuler dans l'espace. En autorisant cela, il peut très bien y avoir un courant non nul à l'entrée d'une section et un courant nul en sortie, la loi des nœuds n'est alors plus vérifiée....

e) Approximation des régimes quasi-stationnaires (Important)

Lorsqu'on qu'on néglige la durée de propagation des signaux électriques devant le temps caractéristique de variation des sources on dit que l'on travaille dans **l'Approximation des régimes quasi-stationnaire (en abrégé ARQS)**

Condition de validité de l'ARQS :

Remarque : Pour des sources de signaux sinusoïdaux $T = \frac{1}{f}$ donc (1)→

f) Conditions d'application de l'ARQS en pratique.**Cas de validité :**

Lors de l'étude en TP d'un circuit en régime sinusoïdal travaille-t-on dans le cadre de l'ARQS ?

Ordre de la taille du circuit : $L = 1\text{m}$

Temps de propagation :

Temps caractéristique de variation :

Cas de non validité :

Pour une antenne FM, de longueur $L = 1\text{ m}$, alimentée par un courant de fréquence $f = 100\text{ MHz}$

III études des dipôles en régime continu

III.1 Caractéristique d'un dipôle

a) Def

En régime stationnaire, Chaque dipôle est défini par sa caractéristique qui décrit son fonctionnement.

Rmq(voc)

Tracer la caractéristique du dipôle consiste à déterminer la représentation graphique de la relation $U = f(I)$ ou $I = f(U)$

III.2 Les générateurs de tension et de courant

a) Générateur de courant idéal

Symbole électrique du générateur idéal de courant

L'intensité du courant débité par un générateur idéal de courant est constante et indépendante de la tension aux bornes du générateur

$$I = I_0 \text{ constante indépendante de } U$$

b) Générateur de tension idéal

Un générateur de tension idéal impose entre ses bornes une tension qui a la même valeur quel que soit le courant qui le traverse :

Caractéristique
courant-tension :
droite verticale

Caractéristique
tension-courant :
droite horizontale

Le symbole électrique du générateur de tension idéal en convention générateur est le suivant :

Rmq : Une flèche indique le sens de la différence de potentiel E . Ce sens est généralement (mais pas toujours) choisi de telle manière que E soit positif et en convention générateur ;

c) Modèle de Thévenin d'une source réelle de tension

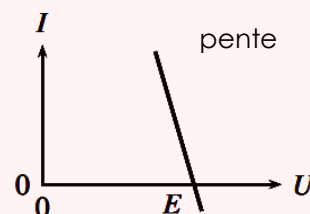
Le générateur de tension idéal ne représente pas de manière satisfaisante une source de tension réelle.

Le générateur de Thévenin est un modèle plus réaliste

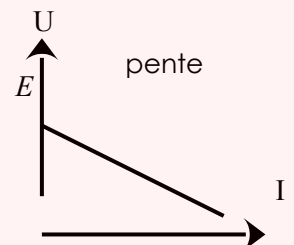
Sa caractéristique $I = f(U)$ a pour équation :

Sa caractéristique $U = f(I)$ a pour équation :

Caractéristique I-U
du générateur de Thévenin



Caractéristique U-I
du générateur de Thévenin



Quand $U = E$, $I = 0 \text{ A}$

ce dipôle est obtenu en associant en

Série un générateur idéal de tension de force électromotrice E et un résistor de résistance R_g en convention générateur (d'où le $-R_g I$)

Schéma électrique du générateur de Thévenin

- E est la tension à vide (pour $I=0$)
- R_g est la résistance interne

III.3) Le résistor

a) Définition

Il s'agit du dipôle qui vérifie la loi d'Ohm. En convention récepteur :

$$(1)$$

R est appelée résistance, elle est positive et s'exprime en ohms, de symbole Ω .

On peut également définir la **conductance G** comme l'inverse de la résistance : **Symbole électrique du résistor**

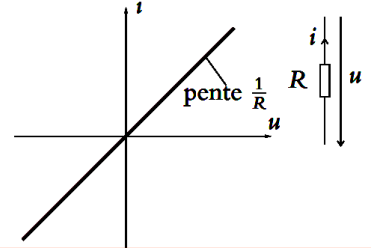
$$G = \frac{1}{R} \quad G \text{ s'exprime en } \Omega^{-1} \text{ ou en siemens, de symbole S.}$$

En convention récepteur, la loi d'Ohm s'écrit donc aussi :

$$i = G u \quad (1 \text{ bis})$$

Remarque : en convention générateur la loi d'ohm devient

Caractéristique courant-tension d'un résistor : **droite de pente positive (en convention récepteur)**



b) cas limites importants :

- Un interrupteur ouvert est assimilable à un résistor

- Un interrupteur fermé (c'est-à-dire laissant passer le courant et fermant le circuit) est équivalent à un

$R=0$

Rmq : En TP nous manipulerons des résistances allant de la centaine d'ohm au mégaohm. Les fils ont une résistance de l'ordre de $0,1 \Omega$, on peut faire l'approximation $R_{\text{fils}} \approx 0 \Omega$

c) Association en série de résistors

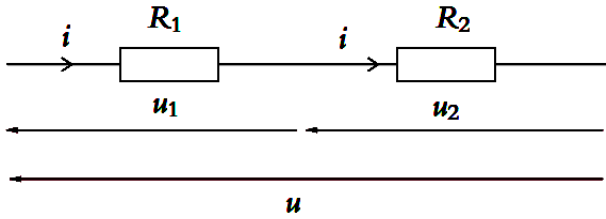
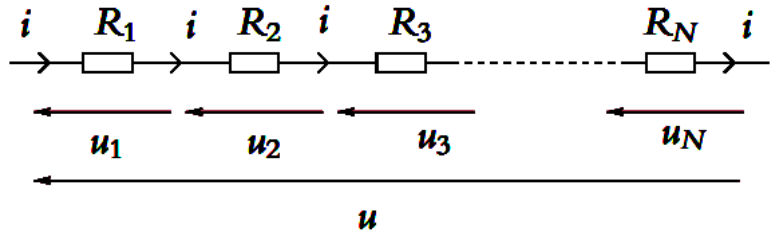
Cette association consiste à placer les dipôles de telle sorte que **la même intensité traverse les dipôles** :



à retenir et à savoir redémontrer

L'association en série de résistors de N résistance $R_1, R_2, \dots, R_N$ est donc un résistor de résistance équivalente

ou de conductance G_{eq} telle que :

Démonstration (à savoir refaire)Cas de deux résistorsGénéralisation à N résistors

Additivité des tensions: La tension aux bornes de l'ensemble des dipôles **en série** est la somme des tensions aux bornes de chaque dipôle :

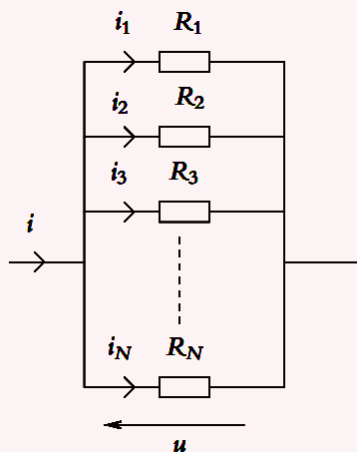
pour deux dipôles :

pour N dipôles :

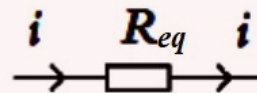
d) Association en parallèle de résistorsÀ retenir et à savoir redémontrer

L'association en parallèle de résistors de conductance $G_1, G_2, \dots, G_N$ est un résistor de conductance équivalente :

ou en terme de résistance



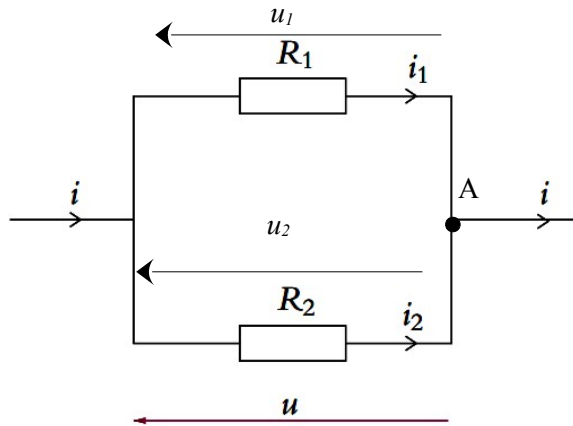
=



Rmq : pour deux résistances en parallèle on a

Démonstration (à savoir refaire)

Les dipôles sont montés en parallèle selon le schéma suivant :



Les 2 dipôles sont en parallèle, la tension à leurs bornes est la même ♥:

$$u_1 = u_2 = u \quad (2\text{bis})$$

En écrivant la loi des nœuds en A on a la relation :

$$i = i_1 + i_2 \quad (3\text{bis})$$

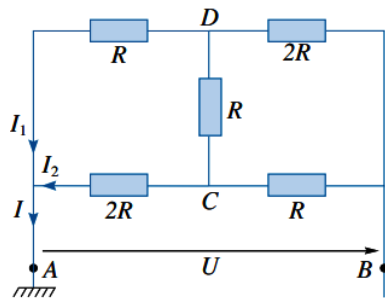
Dans le cas où les dipôles sont des résistors de conductance G_1, G_2 on peut utiliser la loi d'ohm sous la forme (1 bis) :

$$i_1 = G_1 u_1 = G_1 u \quad \text{et} \quad i_2 = G_2 u_2 = G_2 u$$

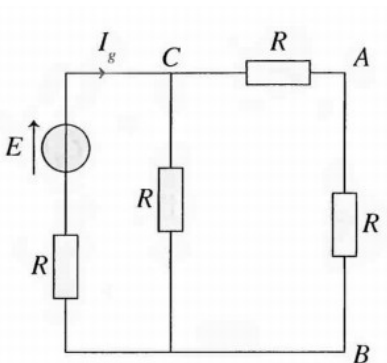
ainsi on peut écrire : $i = G_1 u + G_2 u = (G_1 + G_2) u = G_{eq} u$

donc au final $u = \frac{1}{G_1 + G_2} i = R_{eq} i$ on a bien $R_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$

e) entraînement : Trouver la résistance équivalente d'une association de résistors



Peut-on calculer la résistance équivalente entre A et B au moyen d'associations série et parallèle ?

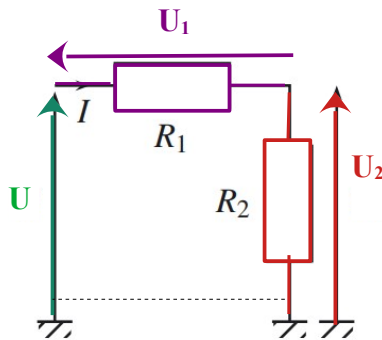


III.4) Utilisation des résistors : Ponts diviseurs de tension

a) Définition

La loi du diviseur de tension donne **la tension aux bornes d'une résistance** (U_2 dans le schéma ci-dessous) **branchée en série avec d'autres résistances** en fonction de **la tension aux bornes de l'ensemble des résistances** (U dans le schéma ci-dessous)

Considérons le cas de deux résistances montées en série :



À retenir absolument par cœur et à savoir redémontrer

Quand des résistances $R_1, R_2, \dots, R_N$ sont **montées en série** (donc parcourues par **la même intensité**), la tension U_k aux bornes de la résistance R_k est reliée à la tension U **aux bornes de l'ensemble des N résistances** par la relation :

RMQ :

U et U_k doivent être orientée **en sens opposé** dans la maille (ou la branche)

Sinon on rajoute un signe -



b) Démonstration pour deux résistances (à savoir faire)

On isole I dans la loi des mailles

Loi des mailles

Loi d'Ohm pour R_1

Loi d'Ohm pour R_2

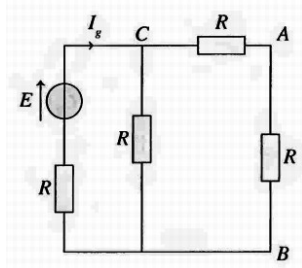
Si on remplace R_2 ou R_1 par $N-1$ résistances en série, on retrouve la formule générale car des résistances en série s'ajoutent

ATTENTION

Pour appliquer cette relation il faut bien vérifier que les résistances sont montées en série !

Souvent on peut simplifier une partie du circuit avec des résistances équivalentes pour se ramener au cas traité plus haut à deux résistances en série. On peut aussi faire des ponts diviseurs successifs.

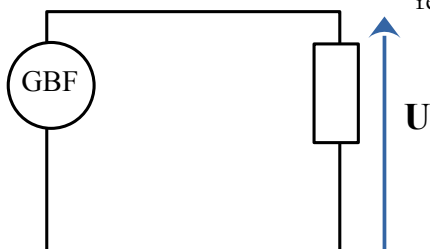
Ex : déterminer U_{AB} en utilisant deux fois la formule du diviseur de tension



c) Utilisation en pratique

Un générateur de basses fréquences GBF peut être modélisé par un générateur de Thévenin. Pour déterminer sa résistance interne on peut brancher un résistor de résistance connue à ses bornes et mesurer la tension U aux bornes du résistor

Q1 Représenter le circuit en remplaçant le GBF par un générateur de Thévenin de fem E et résistance interne R_g . Rajouter aussi l'appareil qui permet de mesurer U

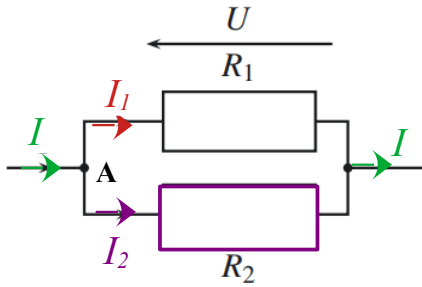


Q2 La résistance du résistor vaut $R = 100 \, \Omega$ et la tension mesurée est $U = 6,7 \, V$. Déterminer R_g sachant que $E = 10 \, V$

III.5) Utilisation des résistors : Pont diviseur de courant

a) Définition

La loi du diviseur de courant donne **l'intensité du courant** dans une résistance **branchée en parallèle** avec d'autres résistances **en fonction** de **l'intensité du courant traversant l'ensemble des résistances**



Pont diviseur de courant généralisé :

Ce résultat est généralisable à plus de deux résistors en parallèle : pour N résistors en parallèle soumis à l'intensité totale I , l'intensité I_k dans le résistor de conductance G_k est :



RMQ :

I doit arriver sur le nœud et I_k doit partir du nœud (ou l'inverse)

Sinon on rajoute un signe -

b) Démonstration pour 2 résistances en parallèle (à savoir faire)

Les résistors sont en parallèle ils ont donc la même tension U à leurs bornes

Loi d'ohm dans R_1 (1bis)

Loi d'ohm dans R_2 (1bis)

Loi des nœuds en A

On isole U dans la loi des nœuds

On en déduit :

Rmq : **attention aux sens des intensités !**

