

Etude des circuits électriques dans l'ARQS.**1. Milieux conducteurs. Intensité du courant.****1.1. Présence de charges libres.**

Un milieu conducteur électrique est caractérisé par sa capacité à assurer le transport de charges électriques sur des distances macroscopiques, c'est-à-dire observables à l'échelle humaine (typiquement de l'ordre du millimètre ou plus).

Propriété : Pour assurer le transport de charges électriques à grande distance, un milieu conducteur doit présenter dans sa structure microscopique une population de particules porteuses d'une charge électrique libres de se déplacer dans l'ensemble du milieu considéré.

Exemple des métaux :

Dans la structure microscopique d'un métal solide constitué au départ d'une population d'atomes neutres, on observe une ionisation spontanée qui mène à la création de deux populations de charges.

- Des cations disposés dans l'espace selon le réseau cristallin, et qui sont immobiles.
- Une population d'électrons libres de se déplacer dans l'ensemble du métal.

Par exemple dans le cuivre métallique, chaque atome est ionisé une fois en moyenne et mène donc à la création d'un cation Cu^+ immobile et d'un électron libre.

Le nombre de charges libres est donc considérable. En prenant pour masse volumique du cuivre $\rho = 8,90 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, pour masse molaire $M = 63,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, on obtient les ordres de grandeurs suivants :

- La quantité de matière d'électron libre dans un m^3 est identique à celle du cuivre puisque chaque atome libère un électron en moyenne, elle est estimée par : $C_e = \frac{\rho}{M} = 1,40 \cdot 10^5 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3}$
- ce qui donne en nombre d'électrons libres dans un m^3 : $n_e = \frac{\rho}{M} \cdot N_A = 8,4 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$
- La charge mobile disponible est alors le produit de la charge d'un électron $-e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ et du nombre d'électrons dans le volume : $n_e \cdot |e| = \frac{\rho}{M} \cdot N_A \cdot |e| = 1,4 \cdot 10^{10} \text{ C} \cdot \text{m}^{-3}$

Exemple des électrolytes liquides :

Dans un électrolyte, la population majoritaire est une molécule neutre (par exemple l'eau) dans laquelle on retrouve des ions libres de se déplacer dans l'ensemble du liquide.

Par exemple dans l'eau de mer, on trouve essentiellement des ions sodium Na^+ et des ions chlorure Cl^- qui seront les porteurs de charges libres. Les concentrations de chacun de ces ions dans l'eau de mer est d'environ $0,5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. On obtient les ordres de grandeurs suivants :

- Quantité de matière de porteurs de charge libres : $1,0 \cdot 10^3 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3}$
- Ce qui donne en nombre de porteurs de charge libres : $6,02 \cdot 10^{26} \text{ m}^{-3}$
- La charge mobile disponible est alors le produit de la charge élémentaire portée par un ion et du nombre d'ions dans le volume : $9,6 \cdot 10^7 \text{ C} \cdot \text{m}^{-3}$

Conclusion :

- Un milieu conducteur comporte des porteurs de charge libres dans sa structure microscopique. La charge de chaque particule est quantifiée, elle est un multiple de la charge élémentaire $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.
- La quantité de charge mobile disponible dans un volume macroscopique de milieu conducteur est considérable. La quantification de la charge à cette échelle est négligeable et on peut considérer que cette charge est une grandeur physique qui prend une valeur continue.

1.2. Mouvement des charges libres. Intensité du courant.**a. Définition et ordre de grandeur de l'intensité du courant.**

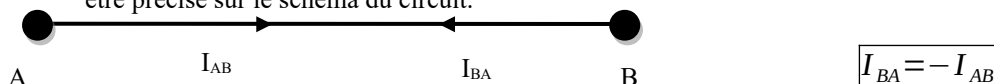
Définition : L'intensité du courant électrique mesure la quantité de charge électrique qui traverse une section du circuit par unité de temps. On dit aussi que l'intensité est le débit de charge à travers une section du circuit. Elle se mesure en Ampère (A). Un Ampère correspond à la traversée d'une charge de un coulomb sur une durée d'une seconde. $\text{A} \sim \text{C} \cdot \text{s}^{-1}$.

Ordres de grandeur d'intensités :

Activité neuronale	10^{-6} A
Electronique de signal (ordinateurs, téléphones)	10^{-3} A
Electronique de puissance (appareils électroménagers)	10 A
Electrotechnique (gros moteurs d'usine)	10^2 A
TGV	10^3 A
éclairs	$\approx 10^4 \text{ A}$

Quelques propriétés directes :

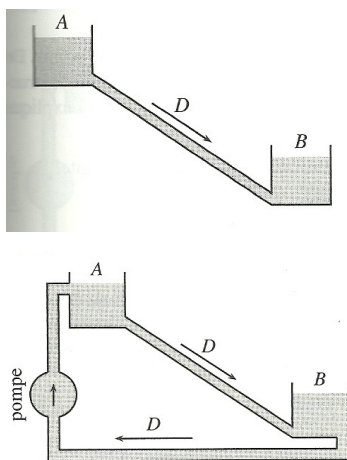
- L'intensité est une grandeur algébrique. Elle est définie pour un sens de circulation dans le fil qui doit être précisé sur le schéma du circuit.



Si on considère la charge $\delta q_{A \rightarrow B}$ traversant la section étudiée pendant la durée δt , on exprime en fait l'intensité moyenne sur l'intervalle de temps δt par $I_{AB} = \delta q_{A \rightarrow B} / \delta t$.

En faisant tendre l'intervalle de temps considéré vers zéro on peut alors définir l'intensité instantanée par la dérivée temporelle de la charge traversant la section à un instant t donnée : $I_{AB}(t) = \frac{dq_{A \rightarrow B}}{dt}$

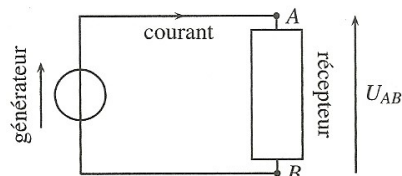
- b. Lien avec le déplacement des charges. (voir discussion au tableau)

2. Potentiel électrique. Origine du mouvement des charges.**2.1. Analogie hydraulique.**

On considère deux récipients identiques reliés par une conduite.

- Un courant hydraulique d'un certain débit de masse d'eau D va être observé du récipient A vers le récipient B.
- La gravité est la force motrice de ce mouvement. Si on veut être plus précis dans l'analogie, c'est la différence d'énergie potentielle gravitationnelle entre les deux récipients.
- Une fois le niveau d'eau établi à la même hauteur entre les deux récipients, le débit d'eau est annulé.
- Pour assurer un fonctionnement permanent de cet écoulement, il faut ajouter un composant actif à ce circuit hydraulique comme une pompe qui remonte le liquide du récipient B vers le récipient A.
- Cette pompe assure en fait le maintien de la différence de potentiel gravitationnel entre les deux récipients A et B en fermant le circuit par la mise en place d'un débit identique à celui circulant de A en B sous l'effet de la gravité.

La structure d'un circuit électrique est analogue à celle du circuit hydraulique précédent.



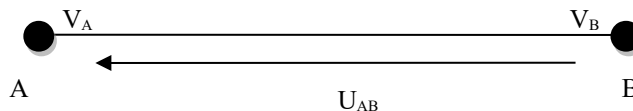
- Le générateur électrique est l'élément actif remplaçant la pompe. Il maintient la circulation des charges électriques dans l'élément récepteur, qui joue le même rôle que la conduite, en imposant une différence de potentiel entre les points A et B.
- La différence entre les deux systèmes est la nature de l'interaction mettant en mouvement le fluide, elle n'est plus gravitationnelle mais électrique. Cette interaction électrique est

strictement analogue à l'interaction gravitationnelle sauf qu'elle agit sur les charges électriques au lieu d'agir sur les masses.

2.2. Définitions.

Les interactions électromagnétiques vont générer au sein du circuit électrique une grandeur physique nommée potentiel électrique. On le note généralement avec la lettre V .

Sur le schéma suivant, on note V_A le potentiel électrique en A et V_B le potentiel électrique en B.

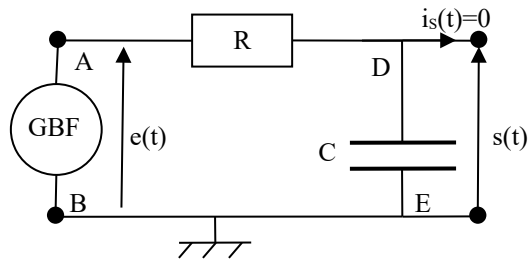


Définition : On appelle différence de potentiel entre A et B ou encore tension aux bornes de la branche AB, la différence des potentiels électriques en A et en B. On la note $U_{AB} = V_A - V_B$ et on la symbolise par une flèche allant de B vers A (par convention). Le potentiel et la tension se mesurent en Volt (V).

Ordre de grandeur de tensions :

Activité neuronale	75 mV
Electronique de signal (ordinateurs, téléphones)	0,1 V
Piles	quelques volts
Secteur (EDF)	230 V (tension efficace)
TGV	25 kV (efficace)
juste avant un éclair d'orage	10^8 V

2.3. Références de potentiel.



Dans le circuit ci-contre, on peut repérer le symbole indiquant qu'un point du circuit sert de référence de potentiel.



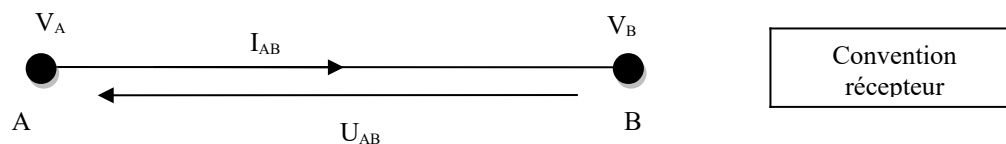
Ce point est alors désigné par le terme **masse du circuit électrique**, et par convention le potentiel électrique de ce point est fixé à zéro.

- Tous les points directement reliés par un fil au symbole de masse présentent alors un potentiel nul.
- Le potentiel des autres points s'identifie avec la tension entre ce point et la masse. Par exemple le potentiel du point A s'écrit $V_A = U_{AB} = e(t)$, le potentiel du point D s'écrit $V_D = U_{DE} = s(t)$.

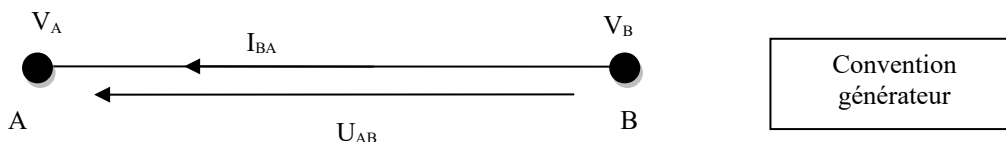
En TP et dans une installation électrique en général, le symbole donnant la position de la masse s'identifie avec la **terre** de l'installation. La gestion de cette terre doit alors être effectuée systématiquement puisque les instruments électriques branchés à la terre (par exemple les GBF et les oscilloscopes) doivent impérativement être associés dans les circuits de manière à ce que la masse-terre soit un point unique dans le circuit.

2.4. Convention récepteur, convention générateur.

Les deux conventions concernent la façon dont on fait le choix de l'orientation du courant étudié dans une branche du circuit et de l'orientation de sa tension à ses bornes.



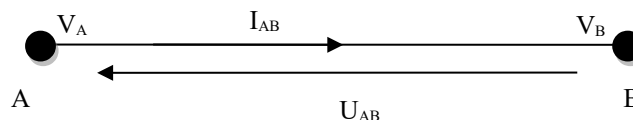
La convention récepteur consiste à choisir le sens du courant comme étant opposé au sens de la flèche de tension aux bornes de la branche.



La convention générateur consiste à choisir le sens du courant comme étant celui de la flèche de tension aux bornes de la branche.

2.5. Puissance reçue par la branche de circuit.

Définition : La puissance électrique reçue par une branche de circuit s'exprime en convention récepteur comme le produit de la tension aux bornes de la branche par l'intensité circulant dans la branche. $P_{AB} = U_{AB} I_{AB}$. La puissance s'exprime en Watt (W).



Ceci permet d'interpréter les conventions précédemment décrites.

- Si une branche de circuit se comporte effectivement comme un récepteur, elle consomme de la puissance électrique et la puissance P_{AB} reçue par le circuit est positive.
- En revanche, si une branche de circuit se comporte effectivement comme un générateur, elle produit de la puissance électrique et la puissance P_{AB} est négative. Il faut alors utiliser la convention générateur pour déterminer la puissance fournie par la branche de circuit qui s'exprime par $P_{BA} = U_{AB} I_{BA}$. (attention, on « retourne » l'indice d'une seule des deux grandeurs).

Remarque : On comprend aisément que toutes ces histoires de convention d'orientation peuvent rapidement mener à des erreurs et des confusions qu'il faut absolument éviter pour ne pas se tourner en ridicule. La seule manière d'y arriver est de réaliser systématiquement un schéma sur lequel on indiquera clairement les flèches de tension et de courant.

3. ARQS et lois régissant les circuits électriques.

3.1. Approximation des régimes quasi stationnaires.

Quand on allume un générateur de signaux dans un circuit électrique, le courant électrique ne circule pas immédiatement a priori dans tous les composants ; « L'information » « le générateur est allumé » met un certain temps à circuler. On considère généralement que l'information se propage approximativement à la vitesse des ondes électromagnétiques dans le circuit et on l'assimile en ordre de grandeur à la vitesse de la lumière. Le temps pour que l'information arrive en tout point d'un circuit de longueur L est donc : $\frac{L}{c}$.

Pour un fil de longueur égale à 1 m, on a $\frac{L}{c} = 3,3 \cdot 10^{-9}$ s. Comparé avec la période du signal délivré par EDF : $f = 50$ Hz, donc $T = 2 \cdot 10^{-2}$ s, le temps de propagation est négligeable devant la période caractéristique de l'évolution temporelle de la tension. Par contre, avec des signaux de fréquence $f = 10^8$ Hz (bande FM), on a $T = 10^{-8}$ s : Le temps de propagation n'est plus négligeable.

Définition : On appelle approximation des régimes quasi-stationnaires (ARQS), le régime de fonctionnement des circuits électriques dans lequel le temps de propagation de l'information électrique est négligeable devant le temps caractéristique de variation du signal électrique mis en œuvre.

Si L est la longueur du circuit, c la vitesse de la lumière et T le temps caractéristique de variation du signal (période), alors l'ARQS est vérifiée si $\frac{L}{c} \ll T$.

3.2. Conservation de la charge.

Définition : Un circuit est dit en régime stationnaire, si l'ensemble des grandeurs physiques dans ce circuit sont indépendantes du temps.

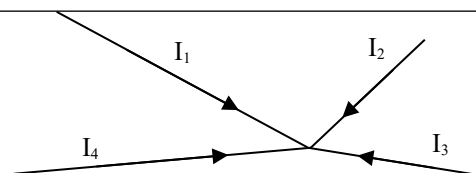
Propriété : En régime stationnaire, la charge contenue dans une portion du circuit électrique est donc une constante.

Propriété : En régime stationnaire et dans l'ARQS, on considère que l'intensité du courant électrique est la même en tout point d'une branche de circuit.

3.3. Loi des nœuds.

Un nœud est un point de convergence de plusieurs branches du circuit.

Enoncé de la loi des nœuds : La somme des intensités des courants arrivant sur un nœud dans un circuit électrique est nulle.



Lois des nœuds :

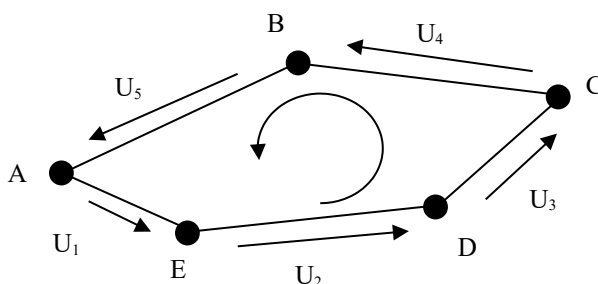
$$I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 0$$

Remarque : La loi des nœuds est la traduction de la conservation de la charge.

3.4. Loi des mailles.

Une maille est un ensemble de branches qui forment une boucle simple dans un circuit électrique. Le terme de boucle simple signifie qu'on ne passe pas deux fois par une même branche lorsqu'on parcourt une maille.

Enoncé de la loi des mailles : Lorsqu'on parcourt une maille en suivant le sens des flèches de tension, la somme des tensions impliquées est nulle.



Lois des mailles :

$$U_1 + U_2 + U_3 + U_4 + U_5 = 0$$

Remarque : Si on traduit chaque tension en terme de potentiel, on obtient ce résultat de manière évidente.

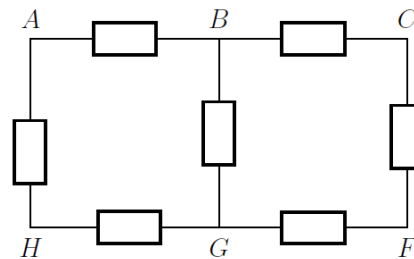
Capacités exigibles

- Savoir que la tension est une différence de potentiel et en choisir la référence (masse) de manière adaptée.
- Exprimer l'intensité du courant électrique en termes de débit de charge.
- Algébriser les grandeurs électriques.
- Utiliser avec précision le vocabulaire des circuits : branche, maille, nœud, intensité parcourant une branche, tension aux bornes d'une branche
- Exprimer la condition d'application de l'ARQS
- Utiliser la loi des mailles et la loi des nœuds
- Utiliser les conventions récepteur et générateur
- Algébriser la puissance échangée et l'exprimer en fonction de U et I

AD 1 : branches, mailles, nœuds.

Pour le circuit dont la structure est donnée ici :

1. Lister les nœuds et leurs positions à l'aide des lettres fournies.
2. Lister les mailles et les désigner à l'aide des lettres fournies.
3. Ecrire la loi des nœuds pour chacun des nœuds listés. Que constate-t-on ?
4. Ecrire la loi des mailles pour chaque maille listée. Que constate-t-on ?

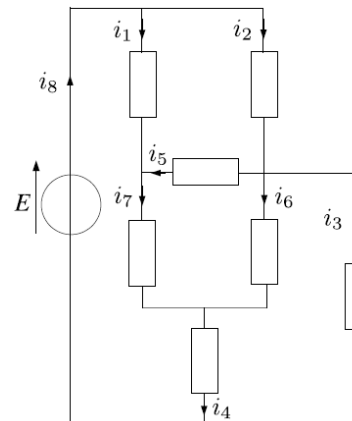


AD 2 : loi des nœuds.

On considère le circuit ci-contre.

On mesure $i_2 = 15,0$ mA, $i_3 = 8,0$ mA, $i_6 = 3,0$ mA et $i_7 = 13,0$ mA.

1. Déterminer les intensités i_5 , i_1 , i_8 et i_4 .

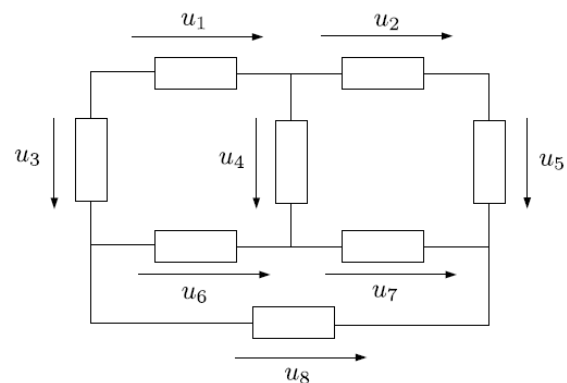


AD 3 : loi des mailles.

On considère le circuit ci-contre.

On donne $u_1 = 5,0$ V, $u_2 = 7,0$ V, $u_3 = 3,0$ V et $u_5 = 4,7$ V et $u_6 = 1,5$ V.

1. Déterminer les tensions u_4 , u_7 , et u_8 .



Dipôles modèles en électrocinétique.

Introduction.

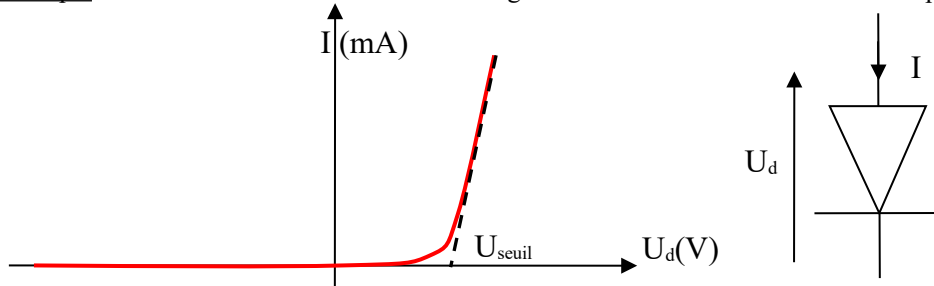
Pour étudier un dipôle, on cherche à établir le lien entre la tension aux bornes de ce dipôle et l'intensité du courant qui le traverse. Cette caractéristique dépend de la nature du dipôle étudié mais également du régime de fonctionnement du dipôle.

Caractéristique statique d'un dipôle.

Définition : La caractéristique statique d'un dipôle est définie comme la donnée de la fonction liant la tension aux bornes du dipôle et l'intensité du courant qui le traverse en régime stationnaire.

$$I_{AB} = F(U_{AB}) \text{ (en convention récepteur)} \quad I_{BA} = F(U_{AB}) \text{ (en convention générateur)}$$

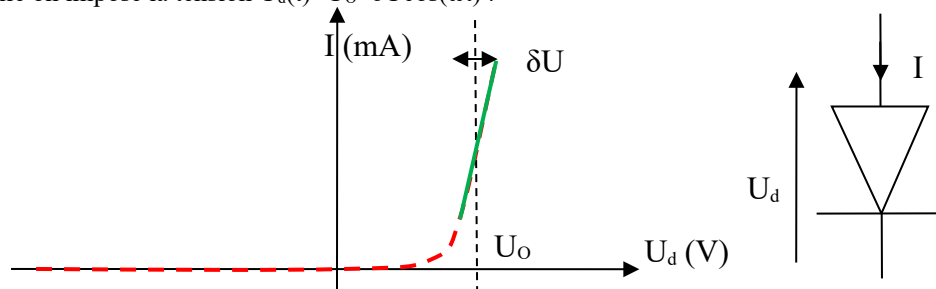
Exemple : On considère une diode étudiée en régime stationnaire et en convention récepteur.



Caractéristique dynamique d'un dipôle.

Définition : La caractéristique dynamique d'un dipôle est définie comme la trajectoire du point de coordonnées $(U_{AB}(t), I_{AB}(t))$ dans le plan Tension-Courant.

Exemple : On considère une diode étudiée en convention récepteur fonctionnant en régime sinusoïdal pour laquelle on impose la tension $U_d(t) = U_0 + \delta U \cos(\omega t)$.



1. Les conducteurs ohmiques.

1.1. Caractéristiques d'un conducteur ohmique.

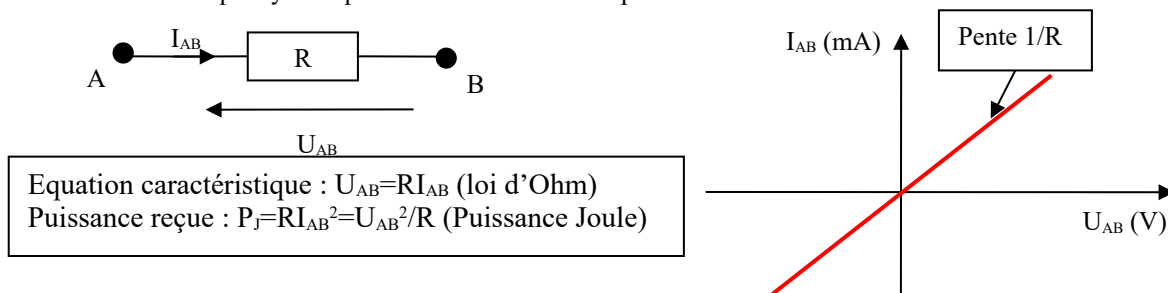
Définition : Un conducteur ohmique est un dipôle qui vérifie **la loi d'Ohm** : $U_{AB} = RI_{AB}$ (convention récepteur) où R désigne la résistance. L'unité de la résistance est le Ohm (Ω).

- Expression de la puissance Joule reçue par la résistance :

On utilise la définition en convention récepteur : $P_J = U_{AB} \cdot I_{AB} = RI_{AB}^2 = \frac{U_{AB}^2}{R}$

On la nomme puissance Joule, la puissance électrique consommée est intégralement convertie en puissance thermique. C'est ce qui explique qu'un composant électronique peut chauffer lors de son fonctionnement.

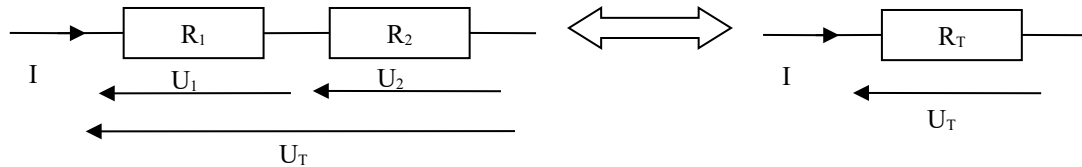
- La caractéristique statique de la résistance pure est une droite passant par l'origine et de pente $1/R$. Une caractéristique dynamique de résistance sera une portion de cette droite.



Ordres de grandeur :

Fil connecteur, Ampèremètre	Ω
Résistance de sortie d'un GBF	50Ω
Résistors utilisés en TP	10^2 à $10^4 \Omega$
Résistance d'entrée d'un oscilloscope	$10^6 \Omega$
Résistance d'un voltmètre	$10^7 \Omega$

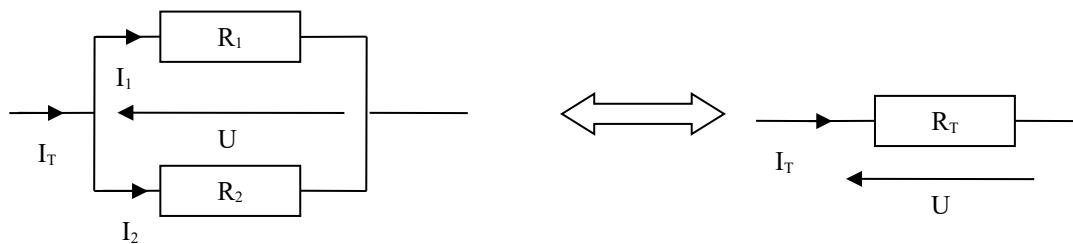
1.2. Association en série de deux résistances.



Résistance équivalente : L'association en série de deux conducteurs ohmiques de résistances R_1 et R_2 est équivalente à un conducteur ohmique de résistance totale R_T qui est la somme des deux résistances individuelles : $R_T = R_1 + R_2$

Relation du diviseur de tension : Si deux conducteurs ohmiques de résistances R_1 et R_2 sont traversés par un même courant, la tension aux bornes des conducteurs ohmiques (1) et (2) s'exprime en fonction de la tension totale aux bornes du système par : $U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U_T$; $U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_T$

1.3. Association en parallèle de deux résistances.

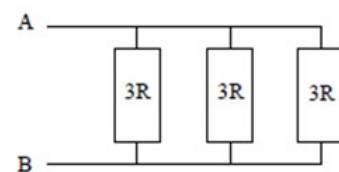
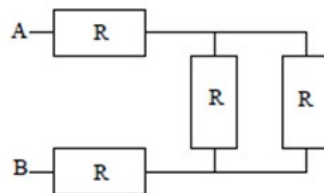
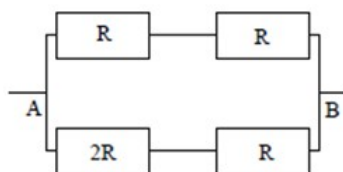


Résistance équivalente : L'association en parallèle de deux conducteurs ohmiques de résistances R_1 et R_2 est équivalente à un conducteur ohmique de résistance totale R_T vérifiant : $\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{R_T}$

Relation du diviseur de courant : Si deux conducteurs ohmiques de résistances R_1 et R_2 sont associés en parallèle, l'intensité des courants passants dans les conducteurs ohmiques (1) et (2) s'exprime en fonction de l'intensité totale par les relations suivantes : $I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I_T$; $I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I_T$

AD1 : Association de résistances.

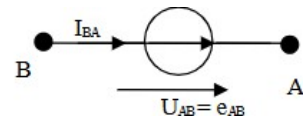
- Pour les circuits suivants, déterminer la résistance équivalente entre les point A et B.



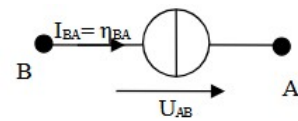
2. Modèle linéaire d'un générateur.

2.1. Les sources idéales de tension et de courant.

Source de tension idéale : Une source idéale de tension impose entre ses bornes une tension fixe égale à sa force électromotrice (f.e.m) e_{AB} et peut délivrer n'importe quelle intensité. Son symbole est donné ci contre.

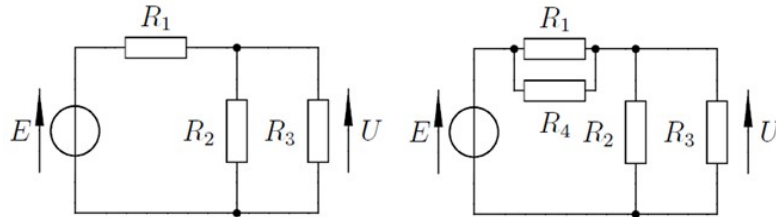


Source de courant idéale : Une source idéale de courant impose la valeur de l'intensité η_{BA} qui la traverse et peut délivrer à ses bornes n'importe quelle tension. Son symbole est donné ci contre.

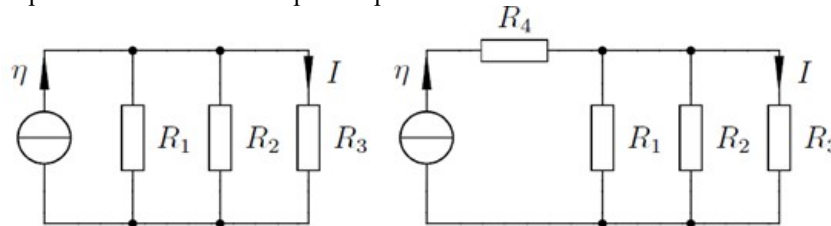


AD2 : sources idéales et conducteur ohmique.

- Utiliser le pont diviseur de tension pour exprimer la tension U dans les circuits suivants.



- Utiliser le pont diviseur de courant pour exprimer l'intensité I dans les circuits suivants.



2.2. Modèle de Thévenin pour un générateur réel.

Un générateur réel n'est évidemment pas idéal, le premier défaut dont on peut tenir compte est l'existence d'une résistance interne r . Un des modèles possibles pour tenir compte de ce défaut est le générateur de Thévenin.

Définition : Un générateur, selon le modèle de Thévenin est l'association en série d'une source de tension idéale caractérisée par sa force électromotrice e_{AB} et d'un conducteur ohmique de résistance r .

L'équation caractéristique d'un générateur de Thévenin est : $U_{AB} = e_{AB} - rI_{BA}$ (convention générateur)

2.3. Modèle de Norton pour un générateur.

Définition : Un générateur, selon le modèle de Norton est l'association en parallèle d'une source de courant idéale caractérisée par son intensité I_0 et d'un résistor de résistance r .

L'équation caractéristique d'un générateur de Norton est alors : $I_{BA} = I_0 - \frac{U_{AB}}{r}$ (convention générateur)

2.4. Association d'un générateur et d'un dipôle passif. Point de fonctionnement.

On considère un circuit constitué d'un générateur dans le modèle de Thévenin, et d'un dipôle passif en régime stationnaire. On utilise une méthode graphique pour déterminer les paramètres du système. L'état du système sera représenté sur le graphe $I=f(U)$ par le point où se croise les caractéristiques statiques du générateur et du dipôle passif.

Si il n'y a pas de point de croisement des caractéristiques, le circuit ne peut pas fonctionner en régime stationnaire.

AD3 : Point de fonctionnement

- Par une méthode graphique, déterminer le point de fonctionnement d'un circuit comprenant un générateur de Thévenin alimentant une diode réelle.

2.5. Résistance de sortie d'un générateur. Résistance d'entrée d'un circuit.

a. Illustration sur un exemple.

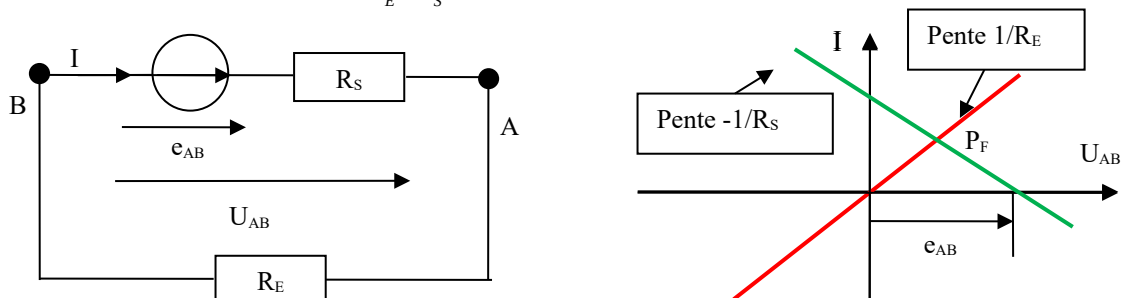
Prenons des exemples concrets pour illustrer ces deux notions.

- On peut lire sur la borne de sortie d'un GBF l'indication $50\ \Omega$. La valeur affichée est la résistance de sortie R_S de ce générateur.
- On peut lire sur la borne d'entrée d'un oscilloscope les indications $1\text{M}\Omega$ et 25pF . La première valeur affichée est la résistance d'entrée R_E de ce récepteur.

Etudions alors le comportement d'un circuit simple où on branche directement la sortie du GBF sur l'entrée de l'oscilloscope en tenant compte de ces indications :

Le GBF délivre une tension $U_{AB} = e_{AB} - R_S \cdot I$ qui est mesurée par l'oscilloscope de résistance d'entrée R_E ce qui donne la nouvelle relation $U_{AB} = R_E \cdot I$. On en déduit que la tension délivrée à la sortie du GBF et mesurée par

l'oscilloscope s'exprime $U_{AB} = e_{AB} \frac{R_E}{R_E + R_S}$



Le générateur n'impose donc pas parfaitement la tension de commande e_{AB} au circuit mais une valeur dépendant de la résistance d'entrée du circuit qu'il alimente et de sa propre résistance de sortie.

- Avec les valeurs lues sur les appareils : $\frac{e_{AB} - U_{AB}}{e_{AB}} = \frac{R_S}{R_E + R_S} \approx 0,005\%$. On est dans la situation quasiment idéale où le générateur impose sa fem entre les points A et B.
- Si on étudie maintenant le comportement d'une résistance R de valeur 100Ω , on obtiendrait une résistance équivalente à l'association en parallèle de R et R_E de l'oscilloscope soit à peu près R et le rapport précédent devient $\frac{e_{AB} - U_{AB}}{e_{AB}} = \frac{R}{R_E + R} \approx 33\%$

b. Conclusion.

En régime stationnaire :

- on pourra modéliser un générateur par le modèle de Thévenin et on appellera alors R_S résistance de sortie la résistance interne de ce générateur.
- On pourra modéliser un récepteur par un conducteur ohmique dont la résistance R_E sera appelée résistance d'entrée.
- Pour que le générateur délivre effectivement le signal tension de commande voulu, il faudra respecter l'inégalité suivante : $R_E \gg R_S$
- Dans le cas contraire, l'étude du circuit alimenté sera perturbée par un problème de non adaptation des résistances des deux éléments connectés.

3. Les condensateurs. Modèle idéal.

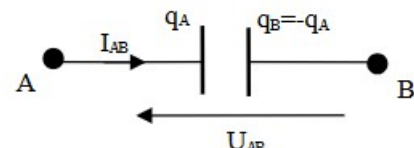
3.1. Caractéristiques du condensateur.

Présentation : Un condensateur est un dipôle qui accumule des charges q_A et q_B opposées sur ses armatures. Son symbole est donné ci contre avec toutes les conventions d'usage.

Définition : On définit alors la capacité du condensateur par la relation $q_A = -q_B = C U_{AB}$. L'unité de la capacité est le Farad (F).

Propriété : On établit alors facilement la loi de comportement du condensateur, appelée aussi équation caractéristique du condensateur lien l'intensité le traversant et la tension à

ses bornes $I_{AB} = \frac{dq_A}{dt} = C \frac{dU_{AB}}{dt}$



Ordres de grandeur :

Condensateurs utilisés en TP	10^{-12} à 10^{-6}F
Supercondensateurs	Jusqu'à 10^5F

En régime stationnaire, quel que soit la valeur de la tension aux bornes du condensateur, l'intensité qui traverse le condensateur est nulle. On dit que le **condensateur se comporte comme un coupe-circuit**. On peut alors supprimer les branches d'un circuit qui contiennent un condensateur en régime stationnaire.

3.2. Energie stockée dans un condensateur.

La puissance reçue par le condensateur s'exprime par $P_C = U_{AB} \cdot I_{AB} = U_{AB} \cdot C \cdot \frac{dU_{AB}}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} C \cdot U_{AB}^2 \right)$

La puissance reçue s'écrit donc comme la dérivée d'un terme. Ce terme est par conséquent homogène à une énergie. En prenant comme convention que l'énergie stockée dans le condensateur est nulle lorsque les charges sur les armatures sont nulles, on intègre la puissance entre les valeurs $q=0$ et la valeur q , pour obtenir l'expression de l'énergie stockée dans le condensateur $E_C = \frac{1}{2} C U_{AB}^2 = \frac{1}{2C} q_A^2$

4. Les bobines. Modèle idéal.

4.1. Caractéristiques de la bobine.

Présentation : Une bobine idéale est un enroulement de spires dans lequel le seul phénomène pris en compte est l'auto-induction.

Propriété : On établit que la bobine idéale vérifie l'équation

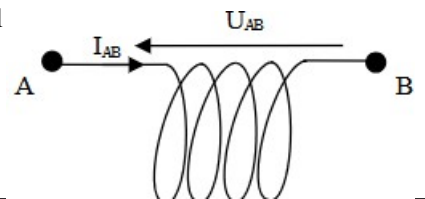
caractéristique suivante appelée aussi loi de comportement $U_{AB} = L \frac{dI_{AB}}{dt}$

où L est l'inductance propre de la bobine exprimée en Henry (H)

Remarque : on peut remarquer qu'on n'a pas donné ici de définition de l'inductance propre, celle-ci sera présentée en fin d'année lorsqu'on étudiera le phénomène d'induction.

Ordres de grandeur :

Bobines utilisées en TP	10^{-3} à 10^{-1} H
-------------------------	-------------------------



En régime stationnaire, quelle que soit la valeur de l'intensité traversant la bobine, la tension à ses bornes est nulle. On dit que la **bobine se comporte comme un fil**. On pourra remplacer la bobine par un fil dans les schémas des circuits étudiés en régime stationnaire.

4.2. Energie stockée dans une bobine.

• La puissance reçue par la bobine s'exprime par $P_L = U_{AB} \cdot I_{AB} = I_{AB} \cdot L \cdot \frac{dI_{AB}}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} L \cdot I_{AB}^2 \right)$

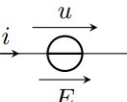
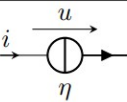
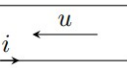
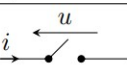
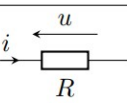
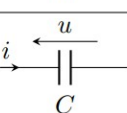
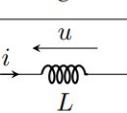
• Energie stockée dans une bobine :

La puissance reçue s'écrit donc comme la dérivée d'un terme. Ce terme est par conséquent homogène à une énergie. Si on intègre la puissance entre les valeurs $I_{AB}=0$ (pour laquelle l'énergie stockée est nulle) et la valeur I_{AB} , on peut définir l'énergie stockée dans la bobine : $E_L = \frac{1}{2} L \cdot I_{AB}^2$

Capacités exigibles

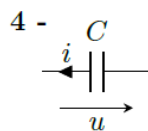
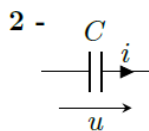
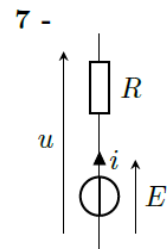
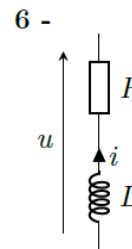
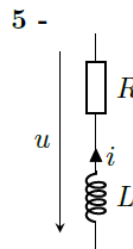
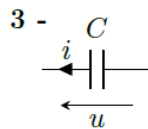
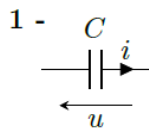
- Utiliser les lois de fonctionnement reliant l'intensité et la tension pour les dipôles modèles (résistance, condensateur, bobine, sources idéales)
- Savoir citer des ordres de grandeurs de résistance, capacité et inductance.
- Exprimer la puissance dissipée par effet Joule dans une résistance
- Exprimer l'énergie stockée dans un condensateur ou une bobine
- Remplacer une association série ou parallèle de deux résistances par une résistance équivalente
- Connaître et exploiter les relations de diviseurs de tension ou de courant
- Modéliser une source non-idéale en utilisant la représentation de Thévenin ou de Norton
- Connaître et exploiter l'équivalence entre les représentations de Thévenin et de Norton

Tableau synthétiques des différents dipôles utilisés en électrocinétique

Dipôle	Paramètre	Schéma normalisé	Loi de comportement
Source de tension	Force électromotrice E , en volt (V)		i quelconque, $u = E$
Source de courant	Courant de court-circuit η , en ampère (A)		$i = \eta$, u quelconque
Fil ou interrupteur fermé			i quelconque, $u = 0$
Interrupteur ouvert			$i = 0$, u quelconque
Résistance	Résistance R , en ohm (Ω)		$u = Ri \Leftrightarrow i = \frac{u}{R} = Gu$
Condensateur	Capacité C , en farad (F)		$i = C \frac{du}{dt}$
Bobine	Inductance L , en henry (H)		$u = L \frac{di}{dt}$

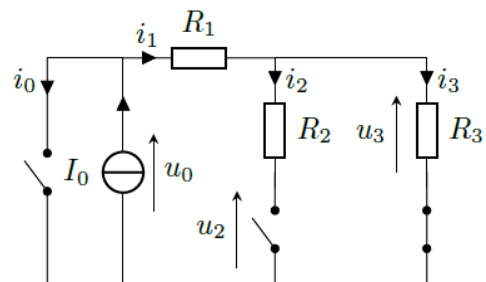
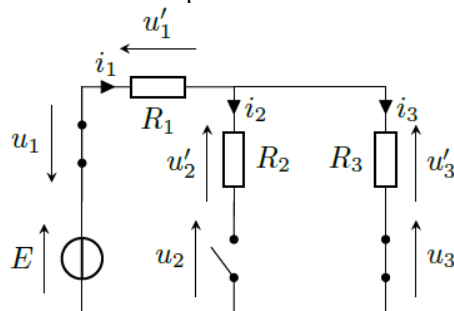
AD3 : écrire une loi de comportement

- Pour chacun des dipôles décrits ci-dessous, indiquer si il est étudié en convention récepteur ou générateur, puis écrire la loi de comportement du dipôle à partir des relations constitutives du cours.

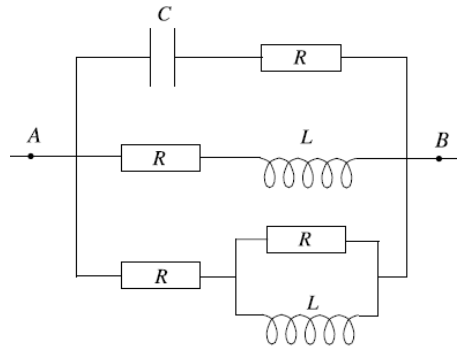


AD4 : Entraînement à l'étude de circuits.

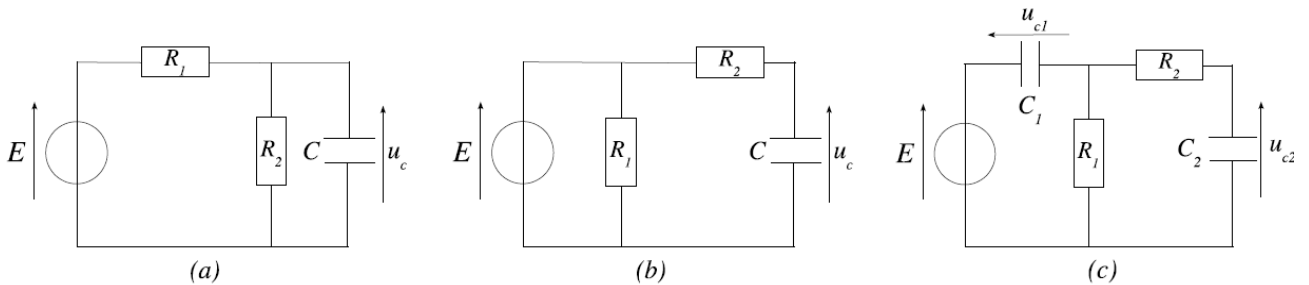
- Déterminer pour les deux circuits ci-dessous, les expressions des tensions et intensités indiquées.



2. On considère le circuit ci-dessous en régime stationnaire entre les bornes A et B. Déterminer un schéma équivalent simplifié et exprimer alors la résistance équivalente entre les bornes A et B.



3. Dans les montages ci-dessous, déterminer la tension aux bornes de chaque condensateur en régime stationnaire.



4. Dans les montages ci-dessous, déterminer l'intensité du courant traversant chaque bobine en régime stationnaire.

