

EL1 : Circuits électriques dans l'ARQS

Deux unités du Système International tirent leurs noms de scientifiques ayant fait des découvertes majeures dans le domaine de l'électricité :



- le Volt, unité de la tension électrique, en hommage au physicien italien Alessandro Volta (1745-1827) qui a mis au point la première pile.
- l'Ampère, unité du courant électrique, en hommage au physicien français André-Marie Ampère (1775-1836) qui a le premier introduit la notion de courant électrique et créé le vocabulaire de l'électricité.

Plan du cours

I Vocabulaire en électricité	2
II Le courant électrique	2
II.1 Nature du courant électrique	2
II.2 Intensité du courant électrique	3
II.3 L'ARQS	4
II.4 Loi des noeuds	5
III La tension électrique	6
III.1 Définition et mesure	6
III.2 Loi des mailles	8

IV Puissance, conventions génér. et récept.	8
V Dipôles électriques en courant continu	9
V.1 Classification des dipôles	9
V.2 Dipôles linéaires actifs	10
V.3 Dipôles linéaires passifs	11
V.4 Condensateurs	12
V.5 Bobines	14
VI Association de résistances	15
VI.1 Association de deux résistances en série	15
VI.2 Pont diviseur de tension	16
VI.3 Association de deux résistances en dérivation	17
VI.4 Pont diviseur de courant	18

À savoir par ❤

- ✓ Savoir que la charge électrique est quantifiée.
- ✓ Relier l'intensité du courant électrique en termes de débit de charge.
- ✓ Citer les ordres de grandeur d'intensités, de tensions et de puissances dans différents domaines d'application.
- ✓ Exprimer la condition d'application de l'ARQS en fonction de la taille du circuit et de la fréquence.
- ✓ Citer les ordres de grandeurs des composants R , L , C .
- ✓ Modéliser une source non idéale en utilisant la représentation de Thévenin.
- ✓ Relier la loi des noeuds à la conservation de la charge.

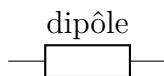
À savoir faire 💼

- ✓ Utiliser la loi des noeuds et la loi des mailles.
- ✓ Algébriser les grandeurs électriques et utiliser les conventions récepteur et générateur.
- ✓ Utiliser les relations tension-intensité des dipôles R , L , C , générateur de tension.
- ✓ Remplacer une association série ou parallèle de deux résistances par une résistance équivalente.
- ✓ Exploiter des ponts diviseurs de tension ou de courant.
- ✓ Exprimer la puissance dissipée par effet Joule dans une résistance.
- ✓ Établir l'expression de l'énergie stockée dans un condensateur ou dans une bobine.
- ✓ Exploiter l'expression fournie de la capacité d'un condensateur en fonction de ses caractéristiques.
- ✓ Mettre en évidence l'influence de la résistance d'entrée d'un voltmètre ou d'un ampèremètre sur les valeurs mesurées.

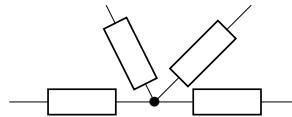
I Vocabulaire en électricité

Définitions

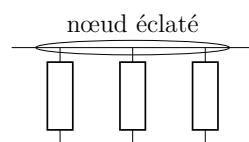
Dipôle : composant électrique connecté au reste du circuit par deux bornes.



Nœud : point du circuit où au moins 3 fils se rejoignent.



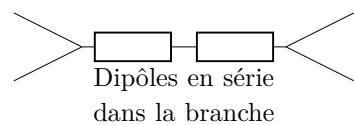
Pour rendre le schéma plus lisible, on peut « éclater » le nœud :



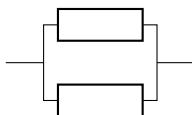
Branche : portion d'un circuit entre deux noeuds consécutifs.

Maille : parcours fermé, constitué de branches successives, qui ne passe qu'une seule fois par les nœuds rencontrés.

Dipôles en série : dipôles qui appartiennent à une même branche, ils ne sont séparés par aucun nœud.



Dipôles en parallèle (ou en dérivation) : dipôles connectés aux deux mêmes nœuds.



Régime continu (= permanent stationnaire)/régime variable : lorsque les grandeurs électriques (tension et intensité) ne varient pas dans le temps, on parle de régime continu, si elles varient on parle de régime variable.

II Le courant électrique

II.1 Nature du courant électrique

Définitions et propriétés

Charge électrique : c'est une propriété intrinsèque d'une particule qui caractérise sa propriété à attirer une autre par l'intermédiaire des forces électriques. L'unité de la charge électrique est le **coulomb**, noté C.

Propriétés de la charge électrique :

- la charge électrique peut être positive ou négative.
- La charge électrique est **quantifiée** : les charges q observées sont toujours des multiples entiers de la **charge élémentaire** $e = 1,602 \times 10^{-19}$ C :

$$q = k \times e \quad (k \text{ nombre entier positif, négatif ou nul})$$

- La charge électrique ne peut être ni créée ni détruite, mais peut être échangée.
- Dans l'ARQS, la charge ne peut s'accumuler en aucun point du circuit.

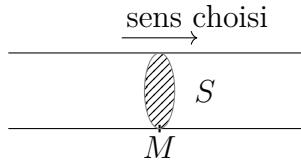
Courant électrique : c'est un déplacement d'ensemble de porteurs de charge (= particules chargées) sous l'action de forces électromagnétiques.

Remarques

- Un matériau est conducteur du courant électrique s'il possède des porteurs de charge libres, sinon c'est un isolant.
- Il existe différents types de porteurs de charge :
 - dans les métaux (constituant les fils électriques par exemple), les porteurs de charge sont les électrons de conduction.
 - dans les solutions ioniques, les porteurs de charge sont les anions et les cations.
 - dans un semi-conducteur, les porteurs de charge sont des électrons ou des « trous » (= lacunes électroniques).
- Par convention le sens du courant est celui des charges positives (donc dans un fil électrique le courant électrique a un sens opposé au déplacement des électrons).
- Au niveau microscopique, les particules chargées sont animées en permanence d'un mouvement aléatoire sous l'effet de l'agitation thermique. Cependant la moyenne temporelle de ce mouvement est nulle ce qui ne donne pas lieu à un courant électrique.
- Dans le cadre de l'électrocinétique, on se limite aux courants électriques générés par un champ électrique \vec{E} .

II.2 Intensité du courant électrique

Analogie avec le courant de la rivière :

Courant d'eau dans une rivière	Courant électrique dans un conducteur
Soit ΔV le volume d'eau passant, dans un sens choisi, en un lieu précis (par ex. sous le pont) pendant une durée Δt . On note D le débit du fleuve en M : $D = \frac{\Delta V}{\Delta t}$	Soit Δq la charge algébrique traversant, dans un sens choisi , une section S en un lieu précis (au point M) pendant une durée Δt . L'intensité du courant électrique, notée I , est le débit des charges au point M considéré.
	 <ul style="list-style-type: none"> — Si Δq ne dépend pas du temps $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$ — Si Δq dépend du temps : $i = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{dq}{dt}$

Définition et formule

Intensité i : c'est le débit de charge électrique à travers une section de conducteur (= c'est la charge électrique qui traverse la section de conducteur par unité de temps) :

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

avec :

i = intensité du courant en ampères (A)

dq = charge électrique (en (C) traversant une section du conducteur pendant la durée dt (en s))



Syntaxe : On dit : l'intensité du courant « traversant ... » (ou « à travers ... »)

Remarques

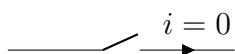
- Ne pas confondre courant électrique (phénomène = mouvement de charges) et intensité (grandeur physique qui mesure le courant).

• ODG à connaître :	téléphones portables, ordinateurs	$\approx \text{mA}$
	courants domestiques, prises électriques	qq A
	TGV, usines, lignes hautes tension	1000 A
	éclairs d'orages	10^4 A (durée très brève)

- On utilise une majuscule I pour une intensité constante (= en régime continu).

Propriété

L'intensité du courant traversant un interrupteur **ouvert** est toujours **nulle** :

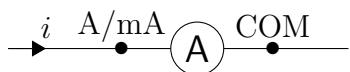


$$i = 0$$

(mais  la tension à ses bornes peut prendre n'importe quelle valeur !)

Méthode

L'intensité du courant électrique se mesure avec un **ampèremètre** branché en série avec le dipôle dont on souhaite mesurer l'intensité du courant qui le traverse.



L'ampèremètre mesure l'intensité du courant qui entre par la borne A/mA. Dans la situation ci-dessus, si i mesurée est positive, on aurait mesuré $i < 0$ avec des branchements inversés.

II.3 L'ARQS

Dans un fil électrique, les électrons sont mis en mouvement par un champ électrique. Pour que l'intensité soit la même en tous les points d'un fil, il faut que le champ électrique soit le même en tous ses points. Or le champ électrique se propage à une vitesse proche de c la vitesse de la lumière. Pour une portion de longueur ℓ du fil électrique, la durée de propagation est donc proche de $\tau = \frac{\ell}{c}$. Pour que les fluctuations du champ électrique (qui sont de l'ordre de T , la période de l'onde électromagnétique) soient perçues instantanément en tout point du fil, il faut donc $T \gg \tau$, soit $\ell \ll c \times T$. Un régime variable qui vérifie cette condition est qualifié de **quasi-stationnaire**.

Définition

L'approximation des régimes quasi-stationnaires (**ARQS**) consiste à négliger tous les effets liés à la propagation des signaux.

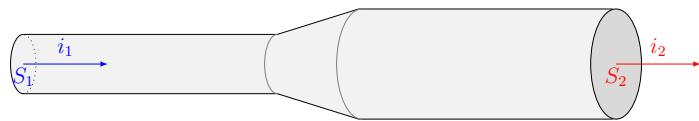
Pour un circuit de taille caractéristique ℓ en régime variable de fréquence f , la condition de cette approximation est :

$$f \ll \frac{c}{\ell}$$

Exercice de cours ①

- Q1. Peut-on considérer que l'on est dans le cadre de l'ARQS en TP d'électrocinétique, où les fréquences utilisées restent inférieures au MHz ?
- Q2. Même question pour le transport de l'électricité pour une ligne électrique de 3000 km ?

❤ Propriété



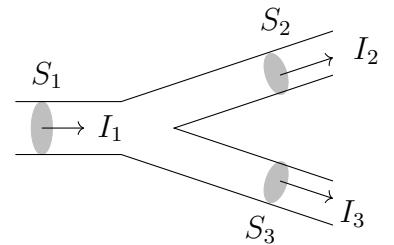
Dans l'ARQS un fil conducteur reste électriquement neutre. Par conséquent, la charge électrique sortant par la section S_2 est égale à la charge électrique entrant par la section S_1 , ce qui entraîne l'égalité des courants i_1 et i_2 .

Dans l'ARQS, l'intensité du courant électrique à un instant donné est la même en tout point d'une branche du circuit.

II.4 Loi des nœuds

Au niveau d'un nœud, la charge située entre les sections S_1 , S_2 et S_3 est constante, la charge électrique ne peut pas s'accumuler au niveau d'un nœud. La charge Q_1 entrant à travers la section S_1 est égale à la charge sortant Q_2 à travers la section S_2 plus la charge sortant Q_3 à travers la section S_3 : $Q_1 = Q_2 + Q_3$.

On a donc $\frac{Q_1}{\Delta t} = \frac{Q_2}{\Delta t} + \frac{Q_3}{\Delta t}$, soit $I_1 = I_2 + I_3$.

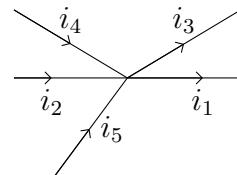


❤ Loi des nœuds

La somme algébrique des intensités des courants électriques arrivant **en un nœud** est nulle :

$$\sum \varepsilon_k i_k = 0$$

$\varepsilon_k = +1$ si la flèche du courant i_k est dirigée vers le nœud ;
 $\varepsilon_k = -1$ si la flèche du courant i_k part du nœud



★ Méthode

- Sur le schéma du circuit, placer une intensité dans chaque branche reliée au nœud étudié et les nommer (i_1 , i_2 , etc.).
- Appliquer la loi des nœuds en mettant :
 - un « + » devant les noms des intensités des courant arrivant au nœud ;
 - un « - » devant les noms des intensités des courant partant du nœud.



Remarque

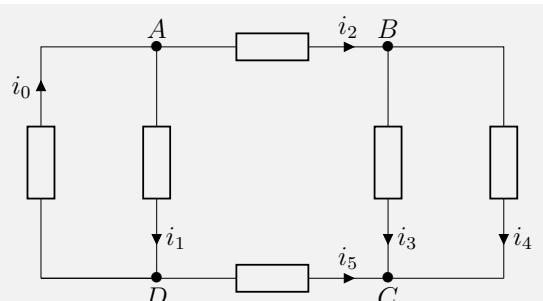
Dans un circuit avec B branches et N nœuds, il y a $B - N + 1$ courants indépendants.

Exercice de cours ⑧

On donne $i_0 = 4,0 \text{ A}$; $i_1 = 1,0 \text{ A}$ et $i_3 = 2,0 \text{ A}$.

Q1. Écrire la loi des nœuds pour chaque nœud du circuit.

Q2. En déduire la valeur des intensités des courants inconnus.



III La tension électrique

III.1 Définition et mesure



Définitions

Potentiel électrique : on admet l'existence d'une grandeur appelée **potentiel électrique** définie en tout point de l'espace. Elle est couramment notée V et s'exprime en Volt (V).

On choisit une **référence de potentiel** = un point M (appelée la **masse**) auquel on attribue le potentiel $V_M = 0\text{ V}$ et on donne les potentiels des autres points par rapport à cette référence.

Symbol :

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

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

avec V_A le potentiel au point A et V_B le potentiel au point B

L'unité de la tension et du potentiel est le **Volt**, de symbole V.

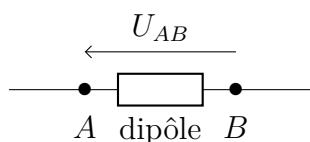


Syntaxe : On dit : tension « aux bornes de ... »



Notation

Sur un schéma électrique, la tension U_{AB} est représentée par une flèche allant de B vers A .



Remarques

- Il faut être très rigoureux avec le sens de la flèche : si la flèche pointe vers A , alors il s'agit de la tension U_{AB} , si la flèche pointe vers B , il s'agit de la tension U_{BA} ($= -U_{AB}$).
- Le choix du sens d'une tension ne présume pas du signe de sa valeur réelle.

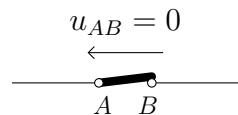
- ODG à connaître :

foudre	qq centaines de MV
lignes de transport d'électricité	150 à 1000 kV
basse tension EDF	220 à 380 V
batteries d'accumulateurs	12 V
pile électrochimique	1 à 9 V

- On utilise une majuscule U pour une tension constante (= en régime continu).

❤ Propriété

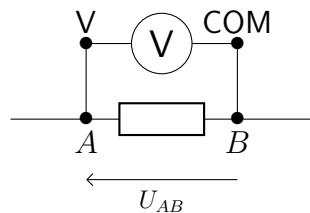
La tension aux bornes d'un interrupteur **fermé** (ou d'un fil) est toujours **nulle** :



(mais ! l'intensité qui le traverse peut prendre n'importe quelle valeur !)

★ Méthode

Une tension électrique se mesure à l'aide d'un **voltmètre** que l'on branche en dérivation (en parallèle) du dipôle dont on mesure la tension à ses bornes.



La tension mesurée à l'aide du voltmètre est la tension dont la pointe de la flèche est au niveau de la borne **V** et la « base » de la flèche au niveau de la borne **COM**.

Dans la situation ci-dessus, si U_{AB} mesurée est positive, on aurait mesuré $U_{BA} < 0$ avec des branchements inversés.

Retour sur l'analogie avec l'écoulement de la rivière :

	Écoulement de la rivière	Conduction électrique
Cause	diminution de l'altitude (z) entre la source du fleuve et son embouchure	variation du potentiel électrique (V) entre 2 points A et B du circuit
Énergie	haute altitude \leftrightarrow énergie potentielle de pesanteur élevée $E_p(M) = mgz_M$	haut potentiel électrique \leftrightarrow énergie potentielle électrique élevée $E_p(M) = qV_M$
Sens de l'écoulement	l'eau coule des zones d'énergie potentielle élevée vers les zones d'énergie potentielle plus faible.	les charges positives se déplacent des zones de potentiels élevés vers les zones de potentiels plus faibles (\rightarrow sens du courant d'intensité positive)
« Écart » entre 2 points	dénivelé = différence d'altitude : $z_A - z_B$	tension = différence de potentiel : $U_{AB} = V_A - V_B$.
Référence	on donne les altitudes par rapport au niveau de la mer, d'altitude $z_0 = 0$ m	on donne les potentiels par rapport à la masse du circuit de potentiel $V_{\text{masse}} = 0$ V

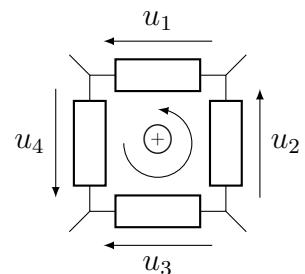
III.2 Loi des mailles

Loi des mailles

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

$$\sum \varepsilon_k u_k = 0$$

$\varepsilon_k = +1$ 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 à celui de parcours de la maille



★ Méthode

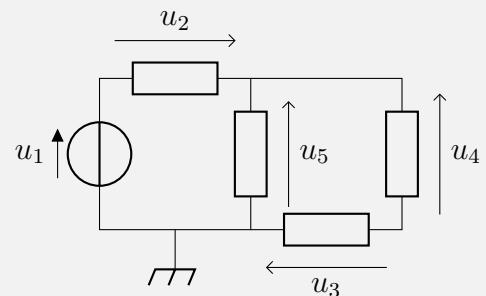
- Sur le schéma du circuit, mettre une flèche orientée aux bornes de **TOUS** les dipôles présents et nommer les tensions (u_1 , u_2 , etc.)
- Orienter la maille dans un sens positif choisi et l'indiquer sur la maille étudiée.
- Appliquer la loi des mailles en mettant :
 - un « + » devant les noms des tensions situées dans le sens positif choisi ;
 - un « - » devant les noms des tensions situées dans le sens opposé au sens positif choisi.

Exercice de cours ④

On donne $u_1 = 2,0 \text{ V}$; $u_2 = -3,0 \text{ V}$; $u_3 = -5,0 \text{ V}$

Q1. Écrire deux lois des mailles indépendantes.

Q2. Déterminer les tensions inconnues.



IV Puissance, conventions générateur et récepteur

L'état d'un dipôle électrocinétique est déterminé par 3 grandeurs :

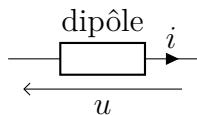
- l'intensité i du courant électrique qui le traverse
- la tension u à ses bornes
- la puissance algébrique P qu'il échange avec le reste du circuit électrique : $P = u \times i$, cette puissance est reçue ou cédée en fonction de la convention choisie, voir ci-dessous.



Conventions

Convention récepteur

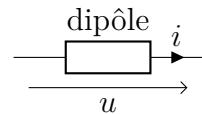
La flèche indiquant le sens de l'intensité du courant et la flèche de la tension sont **en sens opposé** :



Avec cette convention $P = u \times i$ est la puissance reçue du circuit extérieur par le dipôle.

Convention générateur

La flèche indiquant le sens de l'intensité du courant et la flèche de la tension sont **dans le même sens** :

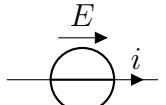
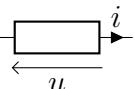


Avec cette convention $P = u \times i$ est la puissance cédée par le dipôle au circuit extérieur.



Remarques

- En général, on utilise :

- la convention générateur pour la source d'énergie électrique du circuit : 
Ainsi, la $P = u \times i$ représente la puissance réellement cédée par la source au circuit.
- la convention récepteur pour les dipôles récepteurs : 
(résistance, bobine, condensateur, etc.)
Ainsi, la $P = u \times i$ représente la puissance réellement reçue par le dipôle de la part du circuit extérieur.

- ODG à connaître :

puissance produite par un réacteur nucléaire	1 GW
puissance produite par une éolienne	1 MW
consommée par un radiateur	1 kW
smartphone	1 W

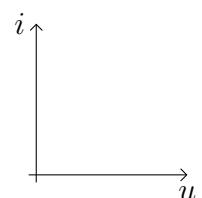
V Dipôles électriques en courant continu

V.1 Classification des dipôles

On appelle **caractéristique** d'un dipôle la courbe représentant les variations de l'intensité le traversant en fonction de la tension à ses bornes : Tout point sur cette courbe correspond à un couple (i, u) possible pour ce dipôle.

Un dipôle est dit :

- **actif** si sa caractéristique ne passe pas par l'origine, c'est un **générateur**.
- **passif** si sa caractéristique passe par l'origine, c'est un **récepteur**.
- **linéaire** si sa caractéristique est une droite, ou si la relation intensité-tension est une équation différentielle linéaire à coefficients constants.



Remarque

En traçant les caractéristiques de deux dipôles interconnectés sur le même graphique, on obtient le point de fonctionnement du circuit à leur intersection.

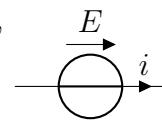
V.2 Dipôles linéaires actifs

a) Sources de tension



Définition

Une **source idéale de tension** impose à ses bornes une tension E constante, appelée **force électromotrice** quel que soit le courant qui la traverse. E étant une tension, elle s'exprime en Volt (V).



Application directe

Tracer la caractéristique d'une source idéale de tension en convention générateur :



En pratique lorsqu'on relève la caractéristique intensité-tension d'une source réelle de tension, on constate que la tension délivrée diminue lorsque l'intensité du courant débitée augmente.



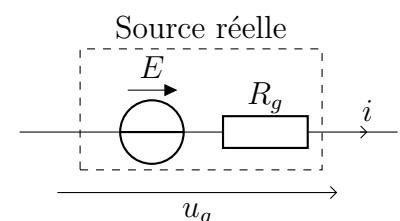
Définition

Modèle de Thévenin d'une source réelle de tension :

Une source réelle de tension est modélisée par l'association série d'un générateur idéal de force électromotrice E (ou tension à vide) et d'une résistance R_g .

Relation intensité-tension :

$$u_g = E - R_g \times i$$



Application directe

Tracer la caractéristique d'une source réelle de tension en convention générateur :



b) Sources de courant



Définition

Une **source idéale de courant** délivre un courant d'intensité I_0 , appelée intensité de court-circuit, constante quelque soit la tension à ses bornes. I_0 étant une intensité, elle s'exprime en Ampère (A).



Application directe

Tracer la caractéristique d'une source idéale de courant en convention générateur :



Remarque

Une source réelle de courant se modélise par l'association d'une source idéale de courant et d'une résistance en parallèle (\rightarrow modèle de Norton, hors programme)

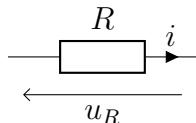
V.3 Dipôles linéaires passifs

a) Conducteurs ohmiques

Loi d'Ohm

Un **conducteur ohmique** est un dipôle qui vérifie la **loi d'Ohm**.

Loi d'Ohm en convention récepteur :



$$u_R = R \times i$$

avec R = résistance en Ohm (Ω)

On définit la **conductance** par $G = \frac{1}{R}$ qui s'exprime en Siemens (S).

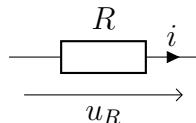
Application directe

Tracer la caractéristique d'un conducteur ohmique en convention récepteur :



Remarques

- En convention générateur :



$$u_R = -R \times i$$

- ODG à connaître :

résistance d'un voltmètre ou oscilloscope	quelques $M\Omega$
résistance électronique	1 à $10 M\Omega$
résistance d'un fer à repasser	$\approx 40 \Omega$
résistance d'un ampèremètre	quelques Ω

- La résistance est une propriété qui ne dépend pas du courant électrique traversant le conducteur ohmique ou de la tension à ses bornes. Elle dépend de la nature du matériau, de sa géométrie, de sa température, de la fréquence, etc.

Exercice de cours (D)

Pour un conducteur cylindrique homogène, la résistance est proportionnelle à la longueur du conducteur ℓ et inversement proportionnelle à sa section S : $R = \rho \times \frac{\ell}{S}$ où ρ est la résistivité, en $\Omega \cdot \text{m}$, qui est égale à l'inverse de la conductivité σ exprimée en $\text{S} \cdot \text{m}^{-1}$. Le cuivre, qui constitue les câbles électriques, est un des meilleurs conducteurs, sa résistivité vaut $\rho = 1,7 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$.

Calculer la résistance d'un fil électrique utilisé en TP de longueur environ 1 m et de diamètre 1 mm. Commenter.

Démonstration

- Q1. Exprimer la puissance reçue par un conducteur ohmique de résistance R . Commenter. (Quel est le signe de cette puissance ? La résistance reçoit-elle ou cède-t-elle réellement de la puissance au reste du circuit ? En quoi est transformée la puissance reçue ? Dans quelles applications de la vie courante utilise-t-on ce phénomène ? Dans quelles applications ce phénomène est-il néfaste ?)
- Q2. Exprimer l'énergie reçue par une résistance R , traversée par un courant I permanent pendant une durée Δt . Comment généraliser cette expression au cas où l'intensité du courant dépend du temps ?

Formule

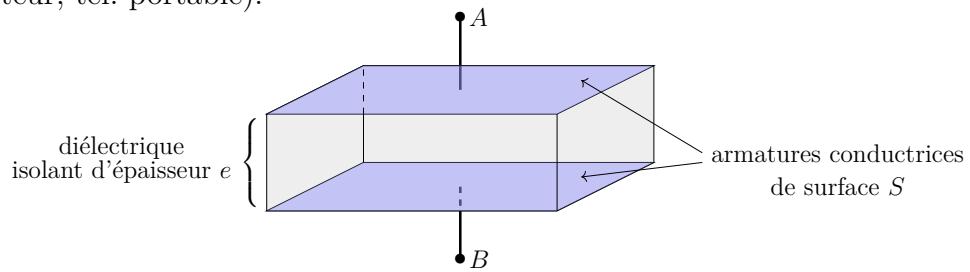
La puissance dissipée par effet Joule dans une résistance R traversée par un courant d'intensité i et dont la tension à ses bornes vaut u s'écrit :

$$P_{\text{Joule}} = R i^2 = \frac{u^2}{R}$$

Elle s'exprime en watt (W).

V.4 Condensateurs

Un condensateur est un composant constitué de deux armatures métalliques, pouvant être chargées, séparées par un isolant électrique. Ils sont présents dans presque tous les circuits électriques en régime variable (ordinateur, tél. portable).



Formule

Un condensateur est caractérisé par sa **capacité** C , exprimée en Farad (F).

L'armature située à la pointe de la flèche de la tension u porte la charge : $q = C u_C$

Loi intensité-tension du condensateur en convention récepteur :

$$\begin{array}{c} q \\ | \\ C \\ | \\ i \end{array} \quad i = C \frac{du_C}{dt}$$

Remarques

- ODG à connaître :

condensateur en électronique	1 pF à 1 μ F
condensateur en électrotechnique	1×10^{-6} à 1 F
condensateur en TP	1 nF à 1 μ F

- La capacité C d'un condensateur est proportionnelle à la surface des armatures S et inversement proportionnelle à la distance qui les sépare e : $C = \varepsilon \frac{S}{e}$, avec ε = permittivité du diélectrique, en $\text{F} \cdot \text{m}^{-1}$.



Exercice de cours

Déterminer la taille d'un condensateur plan de capacité $C = 1 \mu\text{F}$ dont les armatures sont carrées et séparées par 1 mm de plexiglas ($\varepsilon = 3,0 \times 10^{-11} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$). Commenter.

Outil mathématique

En utilisant la dérivation du carré d'une fonction, on a : $\frac{d(f(x))^2}{dx} = 2f'(x) \times f(x)$.

On peut donc mettre le produit d'une fonction par sa dérivée première, $f'(x) \times f(x)$, sous la forme de la dérivée d'une fonction : $f'(x) \times f(x) = \frac{1}{2} \frac{d(f(x))^2}{dx}$

Démonstration

- Q1. Exprimer la puissance reçue par un condensateur de capacité C .
- Q2. Mettre cette expression sous la forme d'une dérivée par rapport au temps, et en déduire l'expression de l'énergie stockée dans dans le condensateur.
- Q3. Sachant que l'énergie est une fonction continue (au sens mathématique du terme), justifier que la tension u_C aux bornes du condensateur est également une fonction continue du temps.

❤ Propriétés très importantes

- Lorsque u_C est constante, $i = C \frac{du_C}{dt} = 0$ donc en régime permanent continu, un condensateur est équivalent à un interrupteur ouvert.
- La tension u_C aux bornes du condensateur est une fonction continue du temps (au sens mathématique du terme), elle ne peut pas subir de discontinuité.

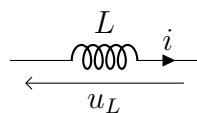
V.5 Bobines

Une bobine est un enroulement de fils conducteurs en cuivre entourés d'une gaine isolante.

❤ Formule

Une bobine **idéale** est caractérisée par son inductance L , exprimée en Henry (H).

Loi intensité-tension de la bobine idéale en convention récepteur :



$$u_L = L \frac{di}{dt}$$



Remarques

ODG à connaître :

1 m de câble TV	$\approx 1 \times 10^{-7}$ H
haut-parleur	$\approx 1 \times 10^{-3}$ H
bobines en TP	1 μ H à 1 mH

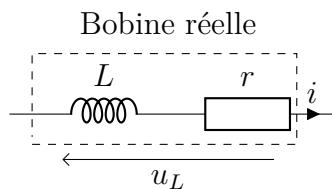
💡 Démonstration

- Q1. Exprimer la puissance reçue par une bobine idéale d'inductance L .
- Q2. Mettre cette expression sous la forme d'une dérivée par rapport au temps, et en déduire l'expression de l'énergie stockée dans la bobine.
- Q3. Sachant que l'énergie est une fonction continue (au sens mathématique du terme), justifier que le courant i traversant la bobine est également une fonction continue du temps.

❤ Propriétés très importantes

- Lorsque i est constante, $u_L = L \frac{di}{dt} = 0$ donc en régime permanent continu, une bobine idéale est équivalente à un fil.
- L'intensité du courant à travers une bobine est une fonction continue du temps (au sens mathématique du terme), elle ne peut pas subir de discontinuité.

Une bobine est constituée d'une très grande longueur de fil conducteur, dont la résistance n'est souvent pas négligeable par rapport aux autres résistances du circuit. On modélise une **bobine réelle** par l'association série d'une bobine idéale d'inductance L et d'une résistance r :



💡 Démonstration

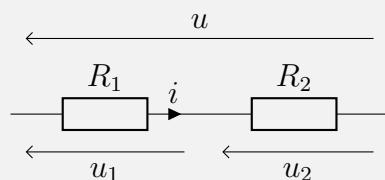
Établir la relation intensité-tension d'une bobine réelle.

VI Association de résistances

VI.1 Association de deux résistances en série

💡 Démonstration

On considère deux résistances R_1 et R_2 en série. On note u_1 la tension aux bornes de R_1 et u_2 la tension aux bornes de R_2 . La tension aux bornes de l'ensemble est notée u , et l'intensité du courant à travers les deux résistances est notée i . On se place en convention récepteur.



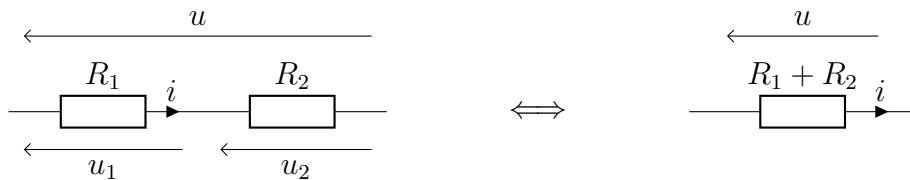
Q1. Établir la relation donnant u en fonction de i .

Q2. En déduire que l'association des deux résistances R_1 et R_2 en série est équivalente à une unique résistance $R_{\text{éq}}$ dont on donnera l'expression.

Formule

L'association en série de 2 résistances R_1 et R_2 est équivalente à une résistance $R_{\text{éq}}$ dont la valeur est égale à la somme des deux résistances :

$$R_{\text{éq}} = R_1 + R_2$$



Cette relation est généralisable à n résistances placées en série : $R_{\text{éq}} = \sum_{i=1}^n R_i$

VI.2 Pont diviseur de tension

Démonstration

On se place dans la situation précédente, dans laquelle deux résistances R_1 et R_2 placées en série. On utilise la convention récepteur.

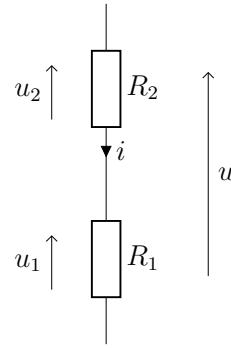
- Q1. Exprimer u_1 en fonction de i et R_1 , et u en fonction de i , R_1 et R_2 .
- Q2. En déduire l'expression de u_1 en fonction de u et des résistances.
- Q3. Donner par un raisonnement analogue u_2 en fonction de u .

❤ Formule

Formule du pont diviseur de tension :

La tension aux bornes d'une résistance en série avec une autre est liée à la tension aux bornes des deux résistances et aux résistances :

$$u_1 = u \times \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$


Généralisation :

pour n résistances montées en série, la tension u_k aux bornes de R_k est donnée par :

$$u_k = u \times \frac{R_k}{\sum_{i=1}^n R_i} \quad \left(= u \times \frac{R_k}{R_{\text{éq}}} \right)$$


Remarques

Comment utiliser correctement la formule du pont diviseur de tension ?

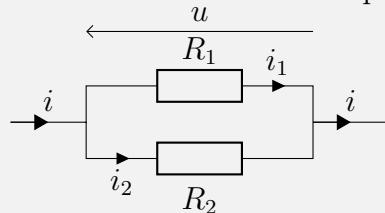
- Vérifier que les deux résistances sont bien en série (= dans la même branche).
- Représenter clairement les tensions sur le schéma en faisant attention au sens des flèches (convention récepteur).

* **Exercice de cours F** Pour chaque circuit ci-dessous, donner la tension u en fonction de e .

VI.3 Association de deux résistances en dérivation

* **Démonstration**

On considère deux résistances R_1 et R_2 en parallèle. On note i_1 l'intensité du courant à travers R_1 , i_2 celle du courant à travers R_2 et i celle qui arrive en entrée de l'association parallèle. La tension aux bornes de l'association parallèle est notée u . Tous les composants sont en convention récepteur.



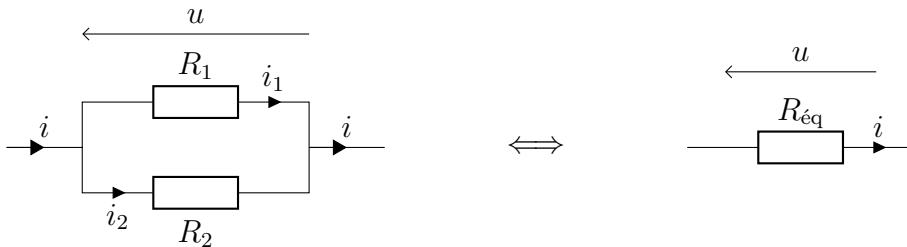
Q1. En utilisant une loi des nœuds, établir l'expression de i en fonction de u .

Q2. Mettre cette expression sous la forme $i = \frac{u}{R_{\text{éq}}}$, en précisant l'expression de $\frac{1}{R_{\text{éq}}}$ en fonction de R_1 et R_2 .

Formule

L'association parallèle de deux résistances est équivalente à une résistance $R_{\text{éq}}$ dont l'inverse est égale à la somme des inverses des deux résistances en parallèles :

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



Cette relation est généralisable à n résistances placées en parallèle : $\frac{1}{R_{\text{éq}}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$

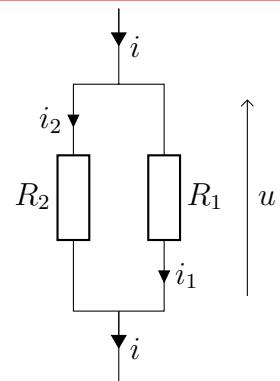
VI.4 Pont diviseur de courant

Formule

Formule du pont diviseur de courant :

L'intensité traversant une résistance en parallèle avec une autre résistance est liée à l'intensité traversant l'ensemble des deux résistances en parallèle :

$$i_1 = i \times \frac{\frac{1}{R_1}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$$



Généralisation :

pour n résistances montées en parallèle, l'intensité i_k traversant R_k est donnée par :

$$i_k = i \times \frac{\frac{1}{R_k}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}} \quad \left(= i \times \frac{\frac{1}{R_k}}{\frac{1}{R_{\text{éq}}}} \right)$$

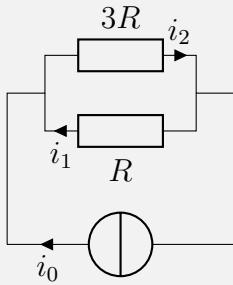
💡 Remarques

Comment utiliser correctement la formule du pont diviseur de courant ?

- Vérifier que les deux résistances sont bien en parallèle (= avec la même tension à leurs bornes).
- Représenter clairement les courants sur le schéma en faisant attention au sens des flèches (convention récepteur).

💣 Exercice de cours ⑩

Pour le circuit ci-dessous, donner les expressions des intensités i_1 et i_2 en fonction de i_0 .



(le symbole représente une source idéale de courant)