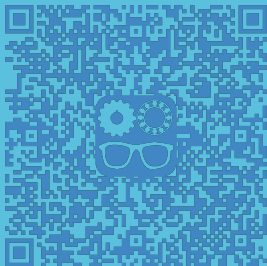




Dipôles et sources électriques



Renaud Costadoat
Lycée Dorian



Introduction

Savoir

Vous êtes capables :

- de modéliser la chaîne d'énergie d'un système,
- d'en concevoir une partie.

Problématique

Vous devez être capables :

- d'analyser et de modéliser un circuit électrique,
- de modéliser les sources électriques,
- de manipuler les lois de l'électrocinétique.

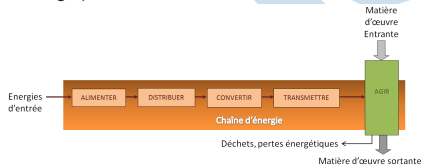
L'électronique

Les lois de l'**électronique** que nous allons étudier seront valables dans le cadre de:

- l'électronique du signal,
 - ▶ Capteur, potentiomètre,...
 - ▶ Filtre,...
 - ▶ Lampe, Haut parleur,...



- l'électronique de puissance (chaîne d'énergie).
 - ▶ Transformateur, redresseur,
 - ▶ Variateur, hacheur, onduleur,...



Électronique du signal

L'électronique du signal correspond à l'étude de l'acquisition, du traitement et de la communication d'un signal électrique de faible puissance ($\leq 1 \text{ Watt}$).



Remarque

Cette partie de l'électronique sera étudiée en Physique.

- Signal, Circuits, Filtres,...



Électronique de puissance

L'**électronique de puissance** est une branche de l'électrotechnique qui concerne les dispositifs permettant de changer la forme de l'énergie électrique (convertisseurs).

Aujourd'hui près de 15% de l'énergie électrique produite est convertie sous une forme ou une autre.

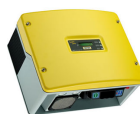
Lampe éco (onduleur)



Drone (hacheur+onduleur)



Panneau solaire et onduleur



Électronique de commutation

L'objectif de l'électronique de **commutation** est d'**adapter** et de **distribuer** une énergie électrique pour son utilisation tout en garantissant des rendements très importants.

Pour cela, elle s'appuie sur des principes de **commutation**. En effet, idéalement, un interrupteur ouvert ou fermé ne dissipe pas d'énergie. Ainsi, il est possible en théorie d'effectuer un **transfert contrôlé** d'énergie entre une **source d'entrée** et une **charge de sortie**.

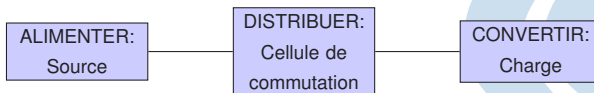


Figure – Intégration d'une cellule de commutation dans la chaîne d'énergie

- **Source: continue** (batterie, ...) ou **alternative** (réseau, ...).
- **Charge: courant continu** (moteur CC, résistance,...) ou **courant alternatif** (moteur synchrone, asynchrone,...).

L'étude des cellules de commutation fera l'objet d'un cours particulier.

Dipôles

La majorité des composants en électronique possèdent deux bornes, il sont alors appelés « dipôles ».

Definition

Un **dipôle** est un système accessible par deux **bornes** dans lequel peut circuler un **courant électrique**.

- Pour qu'un courant puisse circuler dans un dipôle, il faut brancher celui-ci sur un autre dipôle.
- Un dipôles peut être actif ou passif.

Le comportement électrique d'un dipôle est caractérisé par deux grandeurs:

- la tension (force): différence de potentiel aux bornes du dipôle (en Volt V),
- le courant (flux): intensité du courant traversant le dipôle (en Ampère A).

Types de dipôles

Dipôle passif

Si on branche ensemble deux dipôles identiques et qu'aucun courant permanent ne passe entre les deux dipôles quel que soit le sens du branchement, ces dipôles sont passifs.

- Il va circuler du courant dans un dipôle passif si on applique une différence de potentiel entre ses bornes,
- Réciproquement, si on fait circuler un courant dans ce dipôle, il va apparaître une tension à ses bornes,
- *Exemples: résistances, thermistances, condensateurs*

Dipôle actif

Si on branche un dipôle sur une résistance et qu'un courant permanent circule, alors ce dipôle est actif.

- *Exemples: pile, accumulateur, alternateur,*
- *Remarque:* Bien qu'ils ne répondent pas intrinsèquement à la définition ci-dessus, on classera également dans cette catégorie les semi-conducteurs et circuits intégrés ayant des caractéristiques de générateurs : diodes, zénors, transistors.

Principaux dipôles passifs idéaux

- Les **résistances pures**:

Relation instantanée courant/tension: $u(t) = R.i(t)$

- ▶ R constant quelles que soient les conditions d'utilisation,
- ▶ Impédance complexe en régime sinusoïdal : R .

- Les **inductances pures**:

Relation instantanée courant/tension: $u(t) = L \cdot \frac{di(t)}{dt}$

- ▶ L constant quelles que soient les conditions d'utilisation,
- ▶ Impédance complexe en régime sinusoïdal : $j.L\omega$,
- ▶ Énergie emmagasinée par la bobine : $W_L = \frac{1}{2} \cdot L.i^2$

- Les **condensateurs parfaits**:

Relation instantanée courant/tension: $i(t) = C \cdot \frac{du(t)}{dt}$

- ▶ C constant quelles que soient les conditions d'utilisation,
- ▶ Impédance complexe en régime sinusoïdal : $1/j.C\omega$,
- ▶ Énergie emmagasinée par le condensateur : $W_C = \frac{1}{2} \cdot C.u^2$



Sources (dipôle actifs) parfaites

Source de tension

Un dipôle est une source de tension s'il maintient la **même tension** entre ses bornes, et ce quel que soit le courant qu'il débite ou qu'il absorbe.

- Une source de tension est un dipôle actif,
- Elle est **continue** si la tension est fixe dans le temps,
- Elle est **alternative** si la tension varie dans le temps de façon périodique.



Sources de courant

Un dipôle est une source de courant s'il débite le **même courant**, et ce quelle que soit la tension entre ses bornes.

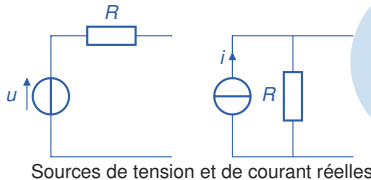
- Une source de courant est un dipôle actif,
- Elle est **continue** si le courant est fixe dans le temps,
- Elle est **alternative** si le courant varie dans le temps de façon périodique.



Sources réelles

Les modèles précédents sont des modèles théoriques, en réalité:

- Une source de tension aura une impédance série non nulle (*Modèle de Thévenin*),
- Une source de courant aura une impédance parallèle non nulle (*Modèle de Norton*).



Definition

L'impédance électrique mesure l'opposition d'un circuit électrique au passage d'un courant alternatif sinusoïdal. La définition d'impédance est une généralisation de la loi d'Ohm dans l'étude des circuits en courant alternatif.

Conventions de signe

Convention générateur

- Un dipôle est **générateur** lorsqu'il **fournit de l'énergie** (même de manière très temporaire).
- Le courant **sort par le pôle positif** du dipôle générateur (flèches dans le même sens).



Convention récepteur

- Un dipôle est un **récepteur** quand il **consomme de l'énergie**.
- Courant et tension sont orientés en sens inverse. Le pôle positif du dipôle est celui par lequel **rentre le courant**.



Remarque

- Attention à ne pas confondre **actif/générateur** et **passif/récepteur**,
- Faire très attention au **sens des flèches** qui montre la différence entre les deux.

Association de dipôles

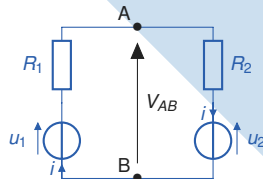
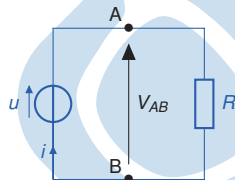
Quand on connecte deux dipôles ensemble, ils présentent la même tension à leurs bornes (!), et le courant entrant dans l'un est égal au courant sortant de l'autre.

Association passif / actif

La tension aux bornes des deux dipôles étant la même, il y en aura un avec le courant dans le même sens que la tension et l'autre avec le courant en sens inverse. L'un délivre de l'énergie que l'autre absorbe.

Association actif / actif

Le courant ainsi orienté sortira par le pôle positif du dipôle générateur. L'autre dipôle actif est utilisé en récepteur (courant entrant par le pôle positif). L'association de sources fera l'objet d'une étude plus détaillée.

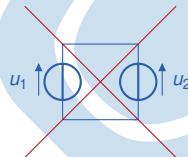


Association de sources

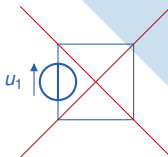
L'association de dipôles actifs peut être effectuée mais il faut être prudent car certaines configurations sont impossible à cause de la nature des sources. C'est le cas des quatre suivantes.

Sources de tension

Il ne faut jamais **disposer deux sources de tension en parallèle**. Cela reviendrait à imposer deux tensions différentes entre deux mêmes points d'un circuit.



Il ne faut jamais **court-circuiter une source de tension**. Cela entraînerai la circulation d'un courant infini.



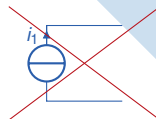
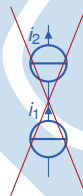
Association de sources

L'association de dipôles actifs peut être effectuée mais il faut être prudent car certaines configurations sont impossible à cause de la nature des sources. C'est le cas des quatre suivantes.

Sources de courant

Il ne faut jamais **disposer deux sources de courant en série**. Cela reviendrait à imposer deux courants différents dans la même branche.

Il ne faut jamais **court-circuiter une source de courant**. Cela entraînerai une tension infinie à ses bornes.



Les lois de l'électrocinétique

Definition

L'**électrocinétique** correspond à l'étude des circuits électriques. Celle-ci s'effectue en supposant les régimes **quasi stationnaires**.

Ainsi, en supposant les régimes quasi stationnaires l'électricité est considérée comme un fluide parfait et incompressible. L'intensité du courant qui entre à l'extrémité d'un conducteur est alors exactement identique à celle qui sort à l'autre extrémité.

Il est alors possible d'étudier :

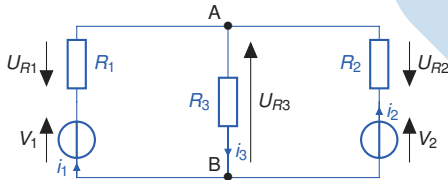
- La typologie des circuits,
- Les dipôles,
- Le comportement des circuits lorsqu'ils sont soumis à des tensions particulières.

Les lois de Kirchhoff

Les deux principales lois de l'électrocinétique sont les deux lois de Kirchhoff:

- la loi des mailles,
- la loi des nœuds.

Le circuit suivant sera utilisé à titre d'exemple.

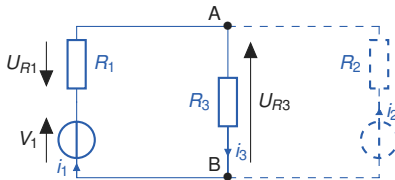


La loi des mailles

Definition

La loi des mailles définit une relation vectorielle entre les tensions. En parcourant une maille dans un sens de rotation choisi arbitrairement, toutes les tensions fléchées dans le même sens de rotation sont additionnées, les autres sont soustraites.

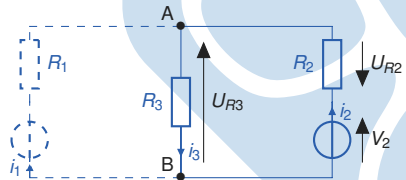
Maille 1



Ici, $V_1 - U_{R1} - U_{R3} = 0$.

La troisième maille aurait permis de trouver: $V_1 - U_{R1} + U_{R2} - V_2 = 0$

Maille 2

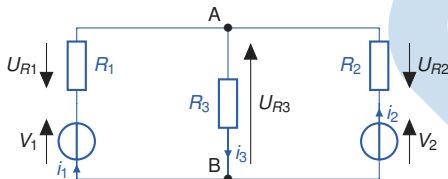


Ici, $U_{R3} + U_{R2} - V_2 = 0$.

La loi des nœuds

Definition

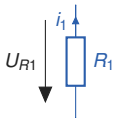
La loi des nœuds définit une relation entre les courant qui transitent par un nœud. Un nœud correspondant à la connexion d'au moins 3 branches. Il est alors possible d'écrire que la somme des courants entrants est égale à la somme des courants sortants.



$$\text{Ici, } i_1 + i_2 = i_3.$$

Cette modélisation nous permet alors de trouver les équations qui lient les courants et les tensions du circuit aux caractéristiques des dipôles.

Mise en équation



Les caractéristiques des résistances nous donnent:

$$U_{R1} = R_1 \cdot i_1, \quad U_{R2} = R_2 \cdot i_2, \quad U_{R3} = R_3 \cdot i_3.$$

Les équations de la loi des mailles deviennent alors:

$$\begin{cases} V_1 - R_1 \cdot i_1 - R_3 \cdot i_3 = 0 \\ R_3 \cdot i_3 + R_2 \cdot i_2 - V_2 = 0 \end{cases}$$

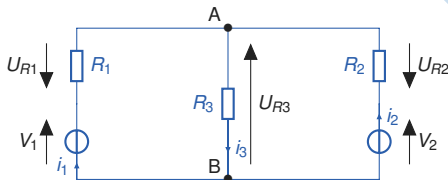
En ajoutant les résultats de la loi des

nœuds: $i_1 + i_2 = i_3$.

$$\begin{cases} V_1 - (R_1 + R_3) \cdot i_1 - R_3 \cdot i_2 = 0 \\ R_3 \cdot i_1 + (R_2 + R_3) \cdot i_2 - V_2 = 0 \end{cases}$$

Résultat

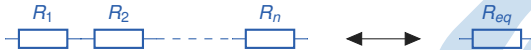
$$i_1 = \frac{(R_2 + R_3) \cdot V_1 - R_3 \cdot V_2}{R_1 \cdot R_2 + R_1 \cdot R_3 + R_2 \cdot R_3}$$



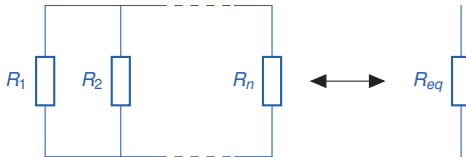
Association de résistances

Des lois précédentes découlent des propriétés qui permettent la simplification de circuits.

Résistances en série $R_{eq} = \sum R_i$



Résistances en parallèle $R_{eq} = \frac{1}{\sum \frac{1}{R_i}}$



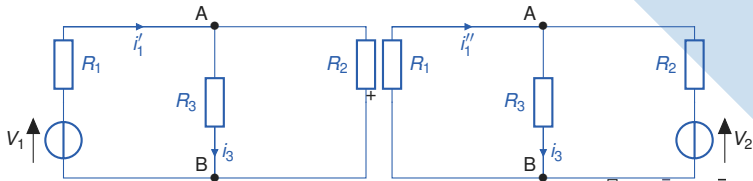
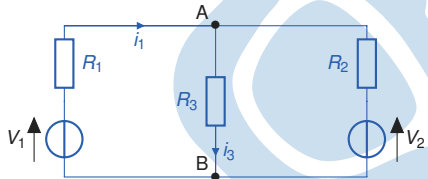
Théorème de superposition

Definition

Une tension (ou courant) est égale à la somme de ces tensions pour chaque source indépendante seule, les autres étant "passivées".

- Source de **tension** "passivée": *fil*,
- Source de **courant** "passivée": *enlevée*.

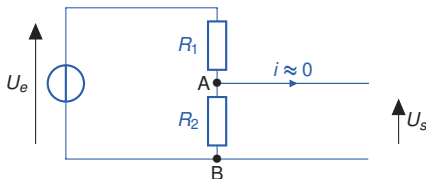
$$i_1 = i_1' + i_1''$$



Pont diviseur de tension

Definition

Le pont diviseur de tension est un montage classique qui permet de **réduire** une tension.

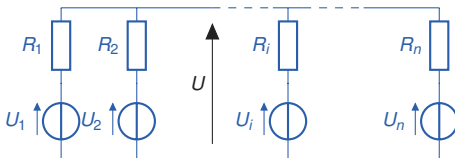


$$U_s = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot U_e$$

Théorème de Millman

Remarque

Lorsque plusieurs sources de tension réelles sont associées en parallèle, il est possible de calculer la tension globale grâce à la relation de Millman. Une source réelle étant modélisée par un modèle de Thévenin.



$$V = \frac{\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \dots + \frac{V_i}{R_i} + \dots + \frac{V_n}{R_n}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_i} + \dots + \frac{1}{R_n}}$$

$$V = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{V_i}{R_i}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}}$$

Électronique et électrocinétique

Savoir

Vous devez être capables :

- de modéliser un dipôle en fonction de ses caractéristiques,
- de manipuler des sources de tension et de courant,
- de modéliser un circuit et de déterminer ces caractéristiques grâce aux lois de l'électrocinétique.

Problématique

Il est nécessaire d'utiliser d'autres formes de représentation d'un mécanisme.

- *Problème: Comment modéliser un convertisseur statique ?*
- **Perspectives:** Déterminer une méthode de modélisation et des critères de choix afin d'intégrer un convertisseur statique dans une chaîne d'énergie.