
ÉLECTROCINÉTIQUE

PARTIE 1

CHARLES TUCHENDLER



MPSI 4 – LYCÉE SAINT-LOUIS

ANNÉE 2019/2020

Table des matières

CHAPITRE IV	CIRCUITS LINÉAIRES EN RÉGIME CONTINU	1
	Introduction	2
	I Utilisation des lois de Kirchhoff	2
	II Introduire uniquement les grandeurs utiles	4
	III Utilisation de ponts diviseurs	5
	III.1 Pont diviseur de tension	5
	III.2 Pont diviseur de courant	5
	IV Simplification d'un circuit par équivalence Thévenin-Norton - HP	6

CHAPITRE IV

CIRCUITS LINÉAIRES EN RÉGIME CONTINU

Sommaire

Introduction	2
I Utilisation des lois de Kirchhoff	2
II Introduire uniquement les grandeurs utiles	4
III Utilisation de ponts diviseurs	5
III.1 Pont diviseur de tension	5
III.2 Pont diviseur de courant	5
IV Simplification d'un circuit par équivalence Thévenin-Norton - HP	6

Introduction

Dans les chapitres précédents, nous avons vu toutes les relations nécessaires à l'étude d'un circuit électrique : les lois de Kirchhoff et les équations caractéristiques de différents dipôles usuels. Les équations obtenues suffisent théoriquement, comme nous allons le voir, pour déterminer toutes les grandeurs électriques d'un circuit.

Objectif IV.1 – Simplification de circuit

Lorsqu'un circuit électrique est complexe, il est en pratique très difficile d'exploiter directement les lois de Kirchhoff. Nous allons donc présenter quelques méthodes permettant de simplifier les calculs et d'accéder plus rapidement aux résultats recherchés.

Afin de limiter la difficulté de l'étude, *nous travaillerons dans ce chapitre en régime continu*, c'est-à-dire que *toutes les grandeurs électriques seront constantes au cours du temps*. Les condensateurs et bobines étant alors respectivement équivalents à des interrupteurs ouverts et à des fils, ils n'apparaîtront pas dans les circuits évoqués dans ce chapitre.

I Utilisation des lois de Kirchhoff

Méthode IV.1 – Application des lois de Kirchhoff à l'étude des circuits électriques

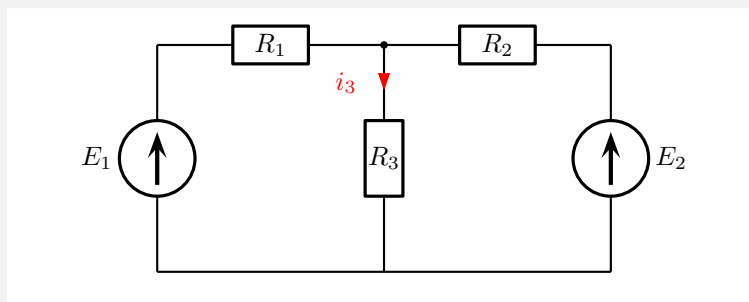
La méthode présentée ici est infallible, mais souvent inextricable ! Elle consiste à écrire le bon nombre de lois structurelles et les relations caractéristiques de tous les composants.

- ① **Orienter le circuit** en représentant les flèches des courants et des tensions ^a.
- ② Afin de connaître les propriétés électriques de l'ensemble du circuit, il faut **dénombrer les variables** présentes dans le système et **déterminer le nombre de relations structurelles indépendantes**. Si l'on souhaite déterminer les n valeurs d'intensité de courant circulant dans les n branches du circuit, il nous faudra n relations indépendantes.
- ③ Pour obtenir n équations indépendantes, **on applique les lois de Kirchhoff** au circuit. On dispose alors de n équations mêlant courants et tensions.
- ④ **On utilise ensuite les relations caractéristiques** de chacun des composants pour se ramener à un système ne faisant intervenir que les variables utiles.
- ⑤ On résout alors le système d'équations obtenues.

^a. Bien que les choix d'orientation soient arbitraires et n'empêchent pas d'obtenir le bon résultat, il est préférable d'orienter les courants et les tensions en utilisant la convention récepteur pour les composants qui vont a priori fonctionner en mode récepteur, et de choisir une convention générateur pour les composants fonctionnant a priori en mode générateur.

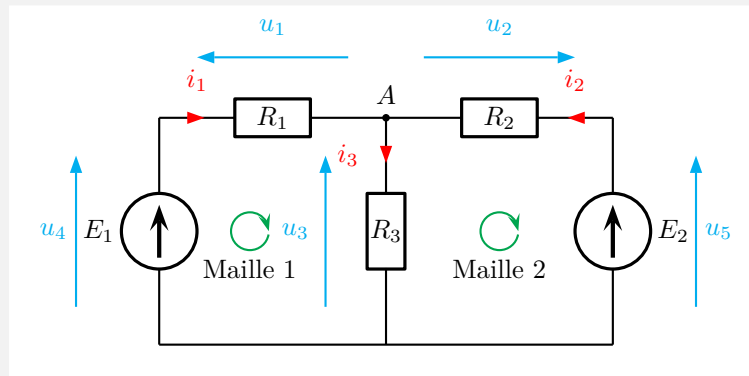
Exercice IV.1 – Application des lois de Kirchhoff à la détermination d'un courant

Considérons le circuit ci-dessous. Déterminer la valeur i_3 en fonction des E_i et R_i dont on supposera les valeurs connues.



☞ On commence par flécher courants et tensions sur les différents dipôles, on nomme les noeuds du circuit et on donne un sens arbitraire d'orientation à chaque maille identifiée.

Exercice IV.1 – Application des lois de Kirchhoff à la détermination d'un courant (suite)



À chaque noeud et pour chaque maille indépendante, on applique les lois de Kirchhoff.

★ Loi des noeuds en A : $i_1 + i_2 - i_3 = 0$.

★ Loi des mailles 1 : $u_4 - u_1 - u_3 = 0$.

★ Loi des mailles 2 : $u_3 + u_2 - u_5 = 0$.

On utilise ensuite les relations caractéristiques de chacun des composants :

★ $u_1 = R_1 i_1$,

★ $u_2 = R_2 i_2$,

★ $u_3 = R_3 i_3$,

★ $u_4 = E_1$,

★ $u_5 = E_2$.

On détermine le nombre d'inconnues indépendantes du système et on compte le nombre de relations indépendantes dont on dispose. Ici, u_4 et u_5 correspondent aux f.é.m. des sources et sont donc des paramètres connus. u_1 , u_2 , u_3 sont directement reliées à i_1 et i_2 et i_3 . Notre problème ne présente que 3 variables indépendantes. Nous disposons de 3 équations indépendantes (la LDN en A et les deux LDM). On va trouver une solution au système.

Le système à résoudre ici est alors le suivant :

$$\begin{cases} i_1 + i_2 - i_3 = 0 \\ R_1 i_1 + R_3 i_3 = E_1 \\ R_2 i_2 + R_3 i_3 = E_2 \end{cases}$$

Il se ramène à :

$$\begin{cases} i_1 + i_2 - i_3 = 0 \\ i_1 = \frac{E_1 - R_3 i_3}{R_1} \\ i_2 = \frac{E_2 - R_3 i_3}{R_2} \end{cases}$$

qui conduit à :

$$\frac{E_1 - R_3 i_3}{R_1} + \frac{E_2 - R_3 i_3}{R_2} - i_3 = 0$$

ou encore :

$$\left(1 + \frac{R_3}{R_2} + \frac{R_3}{R_1}\right) i_3 = \frac{E_2}{R_2} + \frac{E_1}{R_1}$$

La résolution du système amène finalement à :

$$i_3 = \frac{E_1 R_2 + E_2 R_1}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3} \quad (\text{IV.1})$$

Nous allons maintenant montrer qu'on peut obtenir ce résultat pratiquement sans calcul, en utilisation des simplifications de circuit.

II Introduire uniquement les grandeurs utiles

Méthode IV.2 – Appliquer la loi des noeuds directement sur le schéma électrique

Il est souvent utile et efficace d'appliquer la loi des noeuds directement sur le circuit. On évite ainsi l'introduction inutile de grandeurs physiques et on rend plus lisible le schéma et les calculs.

Exercice IV.2 – Gagner du temps avec la loi des noeuds

Reprendre l'exercice précédent en appliquant la loi des noeuds directement sur le schéma et discuter de son intérêt.

Exercice IV.3 – Dipôle équivalent

Répondre aux questions de l'exercice n°3 du TD n°2

III Utilisation de ponts diviseurs

III.1 Pont diviseur de tension

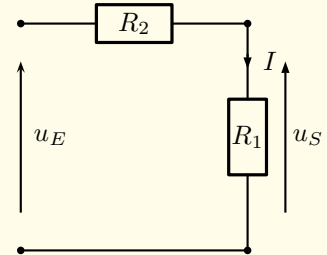
On se retrouvera très souvent confronté à un pont diviseur de tension dont la représentation est donnée dans la figure ci-dessous.

Définition IV.1 – Pont diviseur de tension

Connaissant la tension aux bornes de l'association en série de deux résistors de résistances connues, on cherche la tension aux bornes de l'un ou de l'autre des deux résistors. Il est alors utile de pouvoir donner directement la relation

reliant u_S , u_E , R_1 et R_2 (parcourues par un même courant I) :

$$u_S = \frac{R_1}{R_1 + R_2} u_E$$



Démonstration : $u_E = (R_1 + R_2)i$, $u_S = R_1 i$.

III.2 Pont diviseur de courant

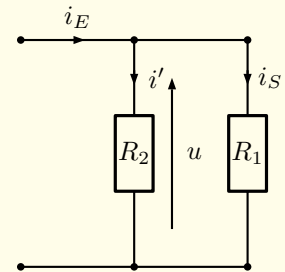
On se retrouvera aussi très souvent confronté à un pont diviseur de courant dont la représentation est donnée dans la figure ci-dessous.

Définition IV.2 – Pont diviseur de courant

Connaissant le courant circulant au travers de l'association en parallèle de deux résistors de résistances connues, on cherche le courant circulant au travers de l'un ou de l'autre des deux résistors. Il est alors utile de pouvoir donner

directement la relation reliant i_S , i_E , R_1 et R_2 (parcourues par un même courant I) :

$$i_S = \frac{G_1}{G_1 + G_2} i_E$$



Démonstration : $i_E = i' + i_S = u \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_1} \right)$. On a donc $i_E = u(G_1 + G_2)$, or $i_S = \frac{u}{R_1} = G_1 u$, donc

$$i_S = \frac{G_1}{G_1 + G_2} i_E.$$

Remarque : le courant passe donc préférentiellement dans la branche de résistance la plus faible, c'est-à-dire de conductance la plus grande.

Exercice IV.4 – Ponts diviseurs

Répondre aux questions de l'exercice n°7 du TD n°2.

IV Simplification d'un circuit par équivalence Thévenin-Norton - HP

Exercice IV.5 – Application à la simplification du circuit du I