

Chapitre G – Dipôles

I Définition

On appelle *dipôle* un composant électrique connecté au reste du circuit par deux bornes conductrices.

II Dipôles passifs

Remarque : pour cette partie, nous avons choisi d'exprimer les lois dans la convention récepteur.

II.1 Introduction

Les composants passifs linéaires fondamentaux en électronique sont : le résistor, la bobine parfaite et le condensateur parfait. Ce sont des dipôles, on peut donc définir le courant électrique i qui les traverse et la tension u à leurs bornes. Pour chacun d'entre eux, nous devons connaître la relation qui existe entre i et u .

II.2 Résistor ou conducteur ohmique

a) Relation tension-intensité (Loi d'Ohm)

À chaque instant, la tension u est proportionnelle à l'intensité i . On note R (résistance) le coefficient de proportionnalité¹. On a donc :

$$u = Ri \quad (\text{Loi d'Ohm})$$

Dans le SI, R s'exprime en ohm (Ω). Au laboratoire, les résistors typiques ont des résistances de l'ordre de quelques centaines de ohms à quelques centaines de milliers de ohms.

b) Conséquence de la loi d'Ohm

u et i auront toujours la même même allure temporelle et seront toujours en phase.

c) Puissance instantanée reçue

Le dipôle étant passif, on se place en convention récepteur. Déterminer l'expression de $p(t)$ en fonction de R et i puis en fonction de R et u .

1. On désigne parfois ces dipôles par une de leur caractéristique électrique, par exemple « résistance » pour le résistor, « capacité » pour le condensateur ou « inductance » pour la bobine. Cette métonymie est un usage répandu, mais on veillera à ne pas oublier, par exemple, qu'une bobine réelle est décrite par une inductance *et* une résistance et que son fonctionnement ne peut être réduit à celui de son inductance.

Application : On dispose de deux ampoules électriques de puissances respectives $P_1 = 100 \text{ W}$ et $P_2 = 50 \text{ W}$, connectées au réseau électrique domestique. Laquelle des deux ampoules a la résistance électrique la plus élevée ?

II.3 Bobine parfaite

a) Relation tension-intensité (Loi de Faraday)

Le phénomène d'auto-induction crée aux bornes d'une bobine une tension u à tout instant proportionnelle à la dérivée par rapport au temps de l'intensité i . Le coefficient de proportionnalité est appelé inductance L .

$$u = L \frac{di}{dt} \quad (\text{Loi de Faraday pour les bobines})$$

Dans le SI, L s'exprime en henry (H). Au laboratoire, les inductances typiques sont de l'ordre de quelques millihenrys à quelques centaines de millihenrys.

Remarques :

- si l'intensité du courant qui traverse la bobine est constante (courant continu), la tension à ses bornes est nulle ; en *régime continu*, la bobine parfaite est *équivalente à un simple fil*,
- la bobine réelle, nécessairement imparfaite, peut être modélisée par l'association d'une bobine parfaite et d'une résistance en série.

b) Énergie magnétique emmagasinée

Le dipôle étant passif, on se place en convention récepteur. Déterminer l'expression de $p(t)$ et en déduire l'expression de l'énergie magnétique emmagasinée $E_{mag}(t)$ à chaque instant dans la bobine.

c) Continuité de l'intensité du courant

La puissance d'un système physique étant toujours définie, et finie, l'énergie magnétique emmagasinée dans une bobine doit nécessairement être une fonction continue du temps (dans le cas contraire la puissance pourrait être infinie aux points de discontinuité). Étant donnée la relation entre l'énergie magnétique et l'intensité du courant traversant une bobine, cette dernière est donc aussi forcément une grandeur continue. **L'intensité du courant traversant une bobine parfaite ne subit pas de discontinuité au cours du temps.**

II.4 Condensateur idéal

a) Relation intensité-tension

Le courant i qui traverse un condensateur idéal est, à tout instant proportionnel à la dérivée de la tension u . Le coefficient de proportionnalité noté C est la capacité du condensateur.

$$i = C \frac{du}{dt}$$

Dans le SI, C s'exprime en farad (F). Au laboratoire, les capacités typiques sont de l'ordre de quelques nanofarads à quelques microfarads.

Remarques :

- si u est indépendant du temps (régime continu) alors $i = 0$. En *régime continu*, le condensateur est donc équivalent à un *interrupteur ouvert*,
- un condensateur réel imparfait peut être modélisé par une capacité et une résistance en parallèle (appelée résistance de fuite).

b) Charge d'un condensateur

Schématiquement, le condensateur est constitué de deux armatures conductrices séparées par un diélectrique (isolant). Les deux armatures portent des charges opposées $+q$ et $-q$. q est la charge du condensateur et s'exprime en coulomb (C).

On a : $q = C u$. Montrer que cette relation permet de retrouver l'équation liant u et i .

c) Énergie électrique emmagasinée

Le dipôle étant passif, on se place en convention récepteur. Déterminer l'expression de $p(t)$ et en déduire l'expression de l'énergie emmagasinée électrique $E_{elec}(t)$ à chaque instant dans le condensateur.

d) Continuité de la tension

La puissance d'un système physique étant toujours définie, et finie, l'énergie électrique emmagasinée dans un condensateur doit nécessairement être une fonction continue du temps (dans le cas contraire la puissance pourrait être infinie aux points de discontinuité). Étant donnée la relation entre l'énergie électrique et la tension aux bornes d'un condensateur, cette dernière est donc aussi forcément une grandeur continue, de même que la charge du condensateur qui lui est proportionnelle. **La charge et la tension aux bornes d'un condensateur parfait ne subissent pas de discontinuité au cours du temps.**

III Éléments dipolaires actifs : les sources**III.1 Source de tension – représentation de Thévenin**

Si elle est *parfaite*, une source de tension² maintient à ses bornes une tension constante indépendante de l'intensité i du courant qui la traverse. $\forall i, u = e$, où e est appelée force électromotrice (fem) de la source³.

². On parle aussi de générateur de tension.

³. Comme son nom ne l'indique pas, la fem est une tension !

Une source *réelle* de tension ne peut pas maintenir la tension délivrée à ses bornes indépendamment de l'intensité. Cette tension diminue quand l'intensité augmente. Pour modéliser ce défaut des sources de tension réelles, on introduit la notion de résistance interne r , qu'on place en série avec une source de tension idéal de fem e . On a alors le schéma et la représentation de $u = f(i)$ suivants :

Par application de la loi des mailles, on obtient la relation modélisée $u(i) = e - r i$. On appelle le modèle précédent *représentation de Thévenin d'une source de tension*.

III.2 Source de courant – représentation de Norton

Si elle est *parfaite*, une source de courant⁴ débite un courant d'intensité i constante et indépendante de la tension à ses bornes. $\forall u, i = \eta$, où η est appelée courant électromoteur (cem) de la source.

4. On parle aussi de générateur de courant.

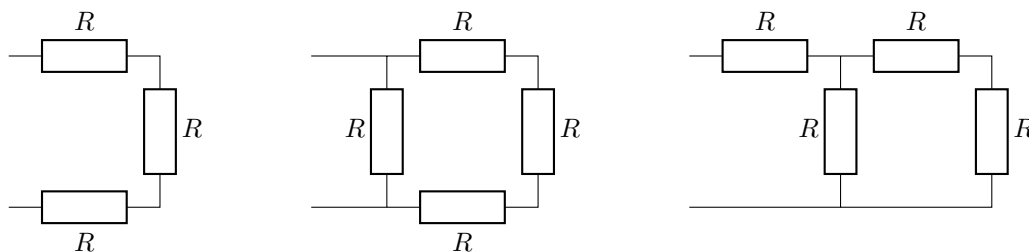
On peut modéliser les défauts d'une source *réelle* de courant par une résistance interne r , qu'on place en parallèle avec une source idéale de courant. On a alors le schéma et la représentation de $i = g(u)$ suivants :

Par application de la loi des nœuds, on obtient la relation modélisée $i = \eta - u/r$. On appelle le modèle précédent *représentation de Norton d'une source de courant*. Elle est tout à fait analogue à la représentation de Thévenin et on peut montrer que ces deux représentations sont strictement identiques en posant $\eta = \frac{e}{r}$.

IV Exercices d'application

IV.1 Association de résistances

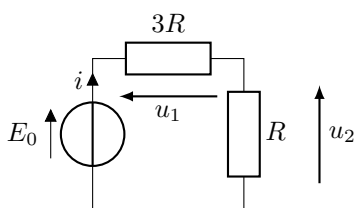
Déterminer en fonction de R les résistances équivalentes des 3 dipôles suivants (on simplifiera au maximum les expressions finales).



IV.2 Ponts diviseurs

a) Pont diviseur de tension

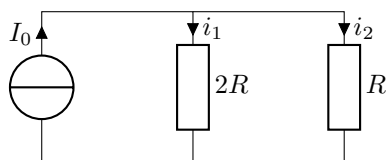
On considère le circuit suivant :



Déterminer u_2 en fonction de E_0 .

b) Pont diviseur d'intensité

On considère le circuit suivant :



Déterminer i_2 en fonction de I_0 .

IV.3 Équivalence Thévenin - Norton

Déterminer les modèles équivalents de Thévenin et Norton pour les circuits suivants :

