

IV Études expérimentales de dipôles

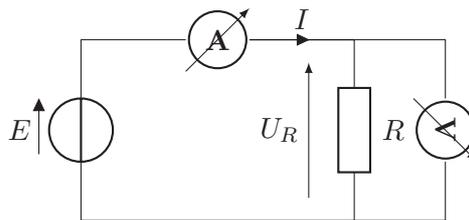
IV.1 Dipôles passif

IV.1.a) Définition

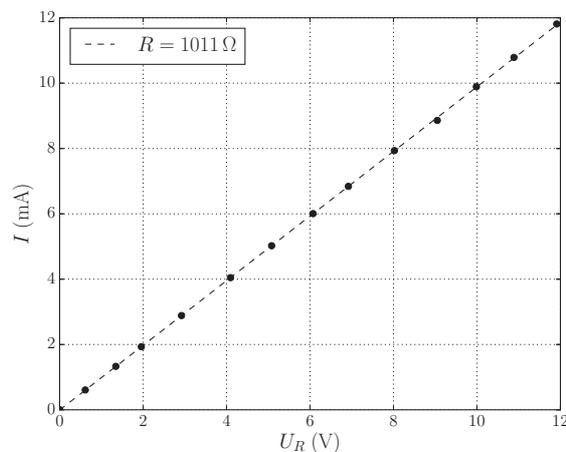
La caractéristique courant-tension passe par l'origine. C'est un dipôle récepteur et il est incapable de provoquer le passage d'un courant

IV.1.b) Un premier montage en régime continu : caractéristique d'un conducteur ohmique

Nous souhaitons obtenir un lien entre le courant traversant la résistance et la tension à ses bornes. Nous réalisons un circuit constitué d'une source de tension continue et d'un conducteur ohmique de $R = 1\text{ k}\Omega$. On mesure à l'aide d'un voltmètre et d'un ampèremètre, la tension aux bornes du résistor et le courant traversant le résistor pour différentes tension d'alimentation.



La Figure ci-dessous présente la caractéristique courant-tension de la résistance. On constate une relation de proportionnalité entre le courant traversant le résistor et la tension à ses bornes.



Caractéristiques d'un résistor

- la tension aux bornes d'une résistance en convention récepteur est donné par la loi d'Ohm : $u_R = Ri$.
- la résistance R d'un résistor s'exprime en ohm (Ω). Les résistances usuelles sont comprises entre quelques ohms et plusieurs mégaohms.
- la puissance reçue s'écrit $P = u_R i = Ri^2$ et correspond à la puissance électrique convertit en effet Joule (puissance thermique) dans la résistance.

Les relations ci-dessous ne sont valables qu'en convention récepteur. En convention générateur la relation courant-tension s'écrit $u_R = -Ri$.

Pour observer l'évolution temporelle d'un courant dans un circuit, on utilise souvent une résistance en raison de la proportionnalité du courant avec la tension à ses bornes. Un oscilloscope ou une carte d'acquisition ne mesure que des tensions.

Utilisation du montage pour un condensateur ou une bobine

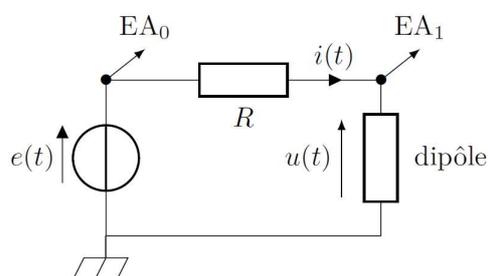
En réalisant la même expérience avec un condensateur, on constate que quelle que soit la tension appliquée à ses bornes en régime continu le courant affiché par l'ampèremètre est nul. C'est comme si le condensateur se comportait comme un interrupteur ouvert.

Avec une bobine à la place de la résistance, nous constatons cette fois ci que c'est la tension aux bornes de la bobine qui est très proche de 0 V en régime continu. Tout se passe comme si la bobine se comportait comme un fil.

Le montage précédent ne permet pas de déterminer des relations courant-tension dans ces composants. Nous décidons alors de réaliser des expériences en régime variable à l'aide d'un GBF qui délivre des tensions sinusoïdales. Nous utiliserons la résistance caractérisée précédemment pour visualiser l'image du courant à l'aide d'une carte d'acquisition.

IV.1.c) Second montage en régime sinusoïdal

On souhaite observer à l'aide d'une carte d'acquisition la tension aux bornes du dipôle à caractériser, et nous savons que le courant est le même en tout point d'un circuit série. Nous décidons donc de placer une résistance en série entre le GBF et le dipôle à caractériser selon le schéma suivant :



Ainsi le courant $i(t) = u_R/R$ avec $u_R = EA_0 - EA_1$ et $u(t) = EA_1$ puisque le GBF impose une référence de potentiel nulle (masse représentée sur le circuit).

La Figure ci-dessous présente les courbes obtenues dans le cas d'un condensateur et d'une bobine.

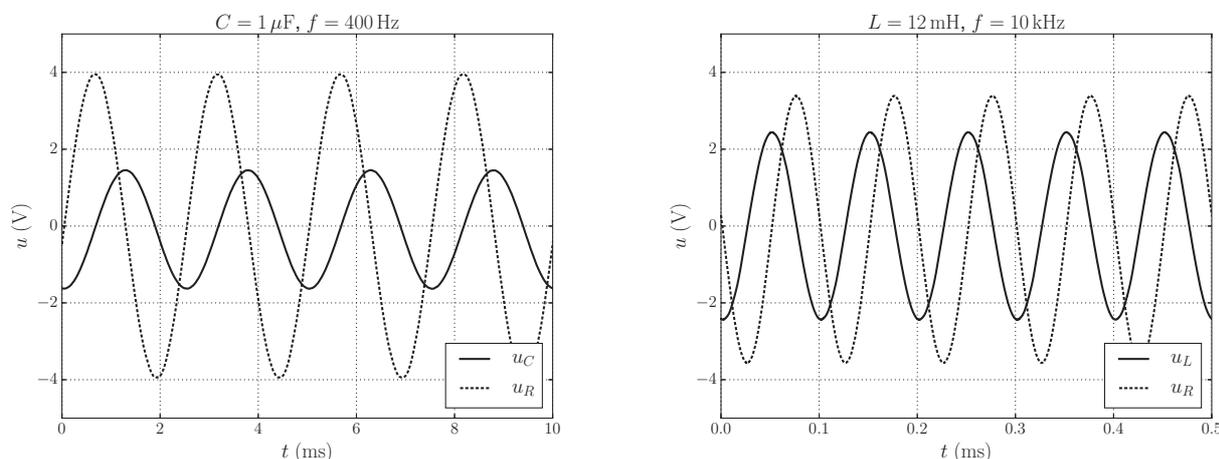


FIGURE 1 – Évolution temporelle de la tension et du courant dans un condensateur (gauche) et une bobine (droite).

Nous constatons, que la tension ou le courant est de la même forme que le signal imposé par le GBF. Quelle que soit la fréquence le courant est en avance de $\pi/2$ par rapport à la tension dans un condensateur alors que pour une bobine, le courant est en retard de $\pi/2$. Ce déphasage peut se traduire par une opération de dérivée comme nous l'avons vu au chapitre 1.

Caractéristiques d'un condensateur

- La charge d'un condensateur q s'écrit en convention récepteur : $q = Cu_C$ soit $i = C \frac{du_C}{dt}$.

- La capacité d'un condensateur C s'exprime en farad (F). Usuellement, la capacité varie de quelques pF à quelques mF.
- la puissance reçue s'écrit $P = u_C i = C u_C \frac{du_C}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} C u_C^2 \right)$, ce qui fait intervenir l'énergie stockée dans le condensateur : $E_C = \frac{1}{2} C u_C^2 = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C}$.
- L'énergie étant une grandeur continue, la tension aux bornes d'un condensateur est toujours continue.

Caractéristiques d'une bobine idéale

- La tension aux bornes d'une bobine s'écrit en convention récepteur : $u_L = L \frac{di}{dt}$.
- L'inductance d'une bobine idéale s'exprime en henry (H). Usuellement, l'inductance varie de quelques mH à quelques H.
- la puissance reçue s'écrit $P = u_L i = L i \frac{di}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} L i^2 \right)$, ce qui fait intervenir l'énergie emmagasinée dans la bobine : $E_L = \frac{1}{2} L i^2$.
- L'énergie étant une grandeur continue, l'intensité traversant une bobine est toujours continue.

En réalité une bobine réelle peut être modélisée par l'association d'une bobine idéale avec une résistance r en série. La relation courant-tension s'écrit alors : $u_L = r i + L \frac{di}{dt}$.

IV.1.d) Caractéristiques d'un composant non linéaire

On refait les expériences précédentes avec une LED. En régime continu, la caractéristique courant-tension est représentée sur la Figure 2. On constate que le courant est nul jusqu'à une tension de seuil environ égale à 1,6 V et qu'ensuite la LED s'allume et le courant augmente alors que la tension ne varie presque plus.

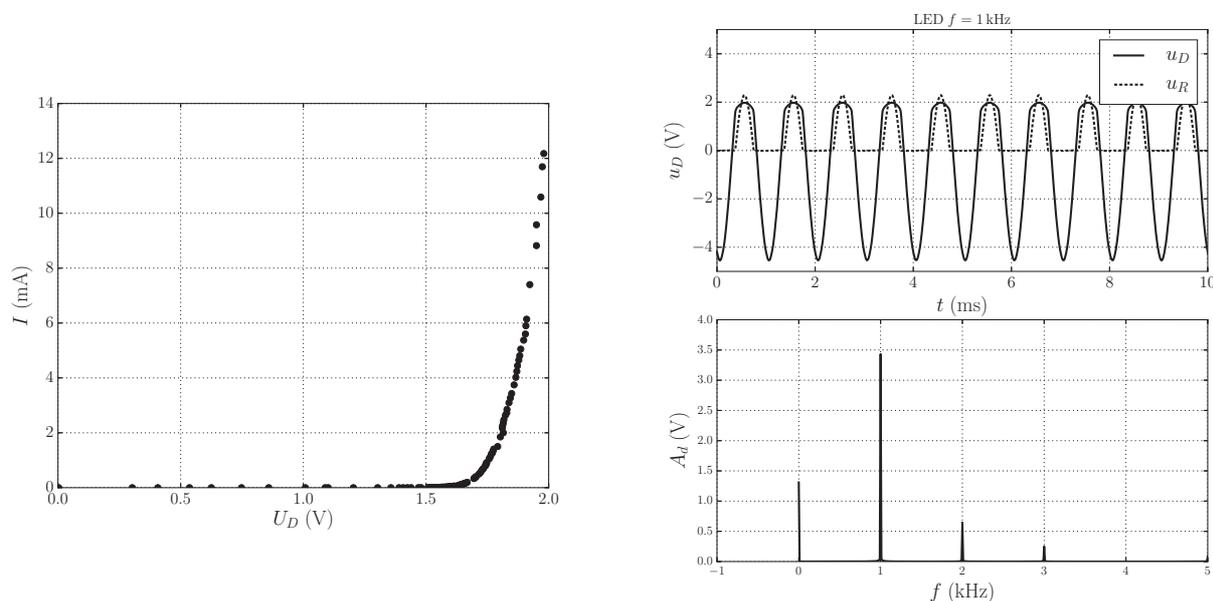


FIGURE 2 – A gauche : Caractéristique courant-tension d'une diode électroluminescente. A droite : Réponse en régime variable d'une LED et spectre associé à la tension u_D .

En régime variable, nous observons on constate l'apparition d'un signal déformé par rapport au signal sinusoïdal délivré par le GBF. Sur le spectre, on constate l'apparition de nouvelles fréquences. Cette figure nous permet de distinguer les dipôles linéaires et les dipôles non linéaires.

Définition d'un dipôle linéaire Un dipôle est linéaire s'il n'introduit pas de nouvelles fréquences. Autrement dit un dipôle est linéaire lorsqu'il existe une relation affine entre i et u ou une équation différentielle linéaire à coefficient constant reliant i à u .

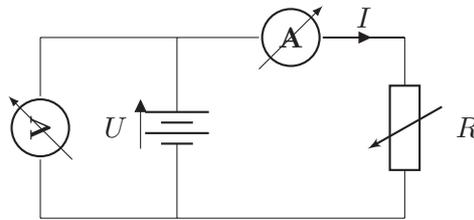
IV.2 Dipôles actifs

IV.2.a) Définition

La caractéristique courant tension ne passe pas par l'origine. Un dipôle actif est un dipôle générateur et est capable d'imposer le sens d'un courant dans un circuit.

IV.2.b) Montage expérimental et résultats

A l'aide d'un ampèremètre et d'un voltmètre, on peut également déterminer la caractéristique d'un dipôle générateur constitué de deux piles alcalines LR06. Pour cela, il suffit de faire varier la résistance d'un rhéostat (résistance variable).



On remarque que la convention choisie pour étudier la pile est une convention générateur. La caractéristique courant-tension est alors représentée sur la Figure 3.

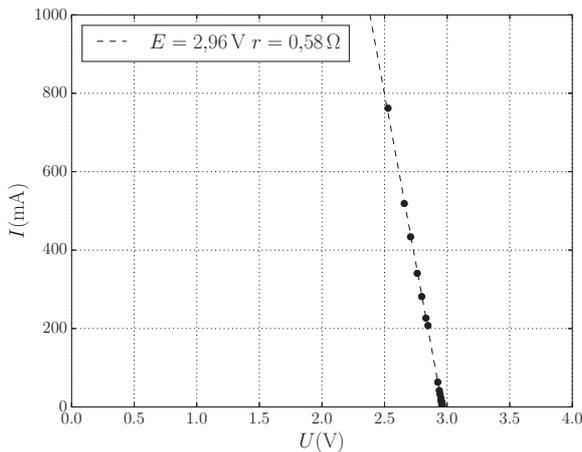
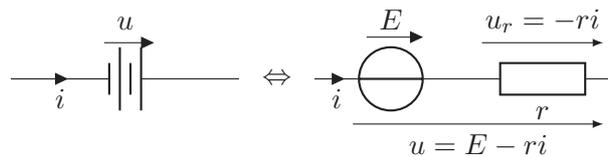


FIGURE 3 – Caractéristique courant-tension de deux piles LR06 en série.

Les points de fonctionnement obtenus sont alignés sur une droite, ce qui implique le comportement linéaire de ce dipôle. La droite ne passant pas par l'origine, ce dipôle peut imposer un courant (une tension) en l'absence de tension (courant) : on parle alors de dipôle actif. On peut également modéliser ce dipôle par l'association en série d'une source idéale de tension avec une résistance r comme le montre le schéma ci-dessous :



On retrouve alors une relation affine entre i et u puisque $i = \frac{E}{r} - \frac{u}{r}$.

IV.2.c) Modèle de Thévenin

Le modèle de Thévenin qui décrit l'association d'une source idéale de tension E avec une résistance r en série permet de décrire tous les dipôles actifs linéaires représenté par un segment de droite dans la caractéristique courant-tension.