

TP de Physique n°9 : Etude de dipôles électriques

Objectifs :

- S'initier à l'instrumentation électrique : réaliser des circuits électriques simples, mesurer des tensions et des intensités à l'aide d'un multimètre.
- Tracer la caractéristique $i = f(u)$ de dipôles simples et courants : pile, ampoule, diode. Utiliser la caractéristique de la pile pour la modéliser (modèle de Thévenin).
- Graphiquement, à l'aide des caractéristiques des différents dipôles, déterminer le « point de fonctionnement » d'un circuit.
- Mesurer la résistance interne du générateur basses fréquences, que nous utiliserons plus tard pour étudier les signaux électriques périodiques.

Document 1 : Présentation du multimètre numérique :

Le multimètre est un appareil omniprésent en instrumentation électrique puisqu'il permet de mesurer des tensions, des intensités et des résistances. Il possède en général 3 ou 4 bornes d'entrée :

- la borne COM, commune à toutes les mesures (de courant, tension ou résistance), que l'on utilise en général comme masse
- la borne V Ω permettant la mesure des tensions et des résistances
- les bornes mA et 10 A, qui servent aux mesures des intensités (la borne mA est plus précise mais ne supporte pas des courants supérieurs à 500 mA).

Suivant son utilisation, le multimètre n'est pas relié au circuit de la même manière.

Utilisation en ampèremètre : Il doit être inséré en série dans la branche dont on veut mesurer le courant. Le courant à mesurer doit entrer dans l'ampèremètre par la borne A (ou mA) et ressortir par la borne COM.

La borne mA est plus précise pour mesurer des faibles courants mais on ne doit pas l'utiliser pour mesurer des courants d'intensités supérieures à 500 mA (sous peine de faire fondre son fusible de protection : il faudra alors le remplacer par un fusible neuf, ce qui n'est pas dramatique mais un peu pénible). Si l'écran du multimètre indique « fuse » (fusible en anglais), débranchez-le immédiatement et vous sauverez peut-être le fusible en danger.

La borne 10 A tolère des intensités jusqu'à 10 A, voire même 20 A pendant une durée inférieure à 30 secondes.

Utilisation en voltmètre : En voltmètre on le branche en parallèle du dipôle aux bornes duquel on cherche à mesurer la tension. Pour mesurer la tension $U_{AB} = V_A - V_B$ (c'est à dire dont la flèche pointe de B vers A), on connecte A à la borne V et B à la borne COM

Utilisation en ohmmètre : Pour mesurer une résistance, le multimètre envoie dans le dipôle un courant de faible intensité et mesure la tension qui apparaît alors à ses bornes. Il est donc fondamental, pour que cette mesure soit correcte, de déconnecter le dipôle que l'on cherche à mesurer du reste du circuit (sinon le multimètre interprètera mal la tension qu'il mesurera à ses bornes).

I Tracé de la caractéristique d'une pile :

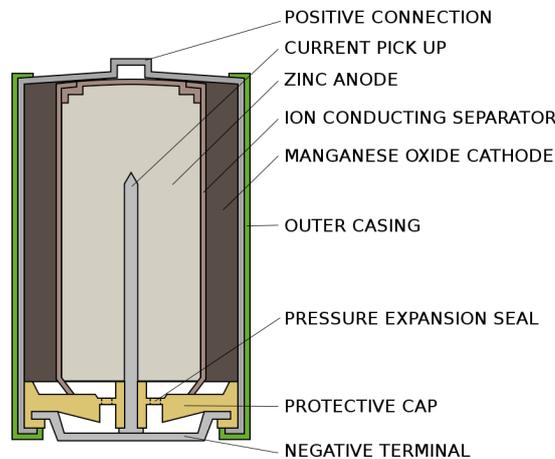
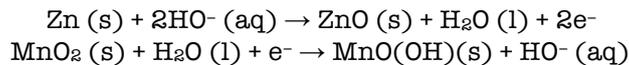
Document 2 : La pile Alcaline (d'après Wikipedia) :

Une **pile alcaline** est un type de pile fonctionnant par oxydoréduction entre le zinc (Zn) et le dioxyde de manganèse (MnO₂).

La pile alcaline tire son nom du fait que ses deux électrodes nommées pôle positif et pôle négatif sont plongées dans un électrolyte alcalin (c'est à dire « basique ») d'hydroxyde de potassium, par opposition à l'électrolyte acide de la pile zinc-carbone qui offre la même tension nominale et la même taille.

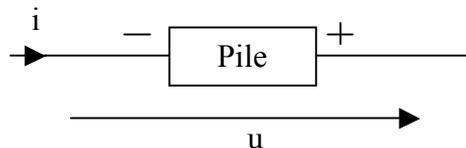
Dans une pile alcaline, l'anode (électrode négative) est constituée de poudre de zinc (offrant une surface de réaction plus grande et un flux d'électrons accru) et la cathode (électrode positive) de dioxyde de manganèse.

Les demi-équations électroniques qui ont lieu aux deux électrodes sont (pile de type "Wonder") :



A l'aide de la pile, des multimètres et de la boîte à décade de résistance (résistance variable), proposez un protocole permettant de mesurer la caractéristique (i en fonction de u) de la pile, puis mettez-le en œuvre (attention, quand la pile débite un courant important, elle s'use vite, donc on essaiera de faire les mesures rapidement dans ce domaine là).

Vous tracerez la caractéristique avec le tableur de votre choix (Excel, Régressi...), en prenant la pile en convention générateur :



A partir de votre courbe caractéristique, déduire la force électromotrice E et la résistance interne R de la pile, et représentez-la par un modèle de Thévenin. Que pensez-vous de la valeur de sa résistance interne ?

Est-il possible de mesurer directement la résistance interne de la pile en utilisant le multimètre en mode ohmmètre ? (vous pouvez faire le test). Expliquer brièvement.

II Caractéristique d'une ampoule à incandescence :

Document 3 : La lampe à incandescence (Wikipedia) :

La **lampe à incandescence classique**, inventée en 1879 par Joseph Swan et améliorée par les travaux de Thomas Edison, produit de la lumière en portant à incandescence un filament de tungstène, le métal qui a le plus haut point de fusion ($3\,422\text{ °C}$). À l'origine, un filament de carbone était utilisé, mais ce dernier en se sublimant puis en se condensant sur le verre de la lampe, opacifiait assez rapidement le verre.

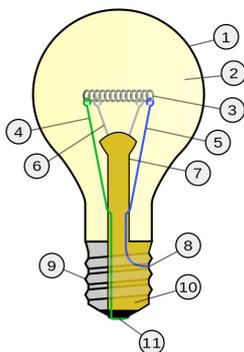
En présence de dioxygène, le filament porté à haute température brûle instantanément, c'est la raison pour laquelle, dès l'origine, ce type de lampe a été muni d'une enveloppe de verre isolant un milieu sans dioxygène, l'ampoule, qui a donné son nom populaire au dispositif, puis par extension à tout système, protégé par une enveloppe en verre, destiné à fabriquer de la lumière à partir d'électricité.

À l'intérieur de l'ampoule, on trouve soit un gaz caractéristique du type d'ampoule : gaz noble souvent du krypton ou de l'argon ; soit le vide.

Inéluctablement le filament surchauffé se vaporise et perd de la matière par sublimation, ensuite cette vapeur de métal se condense sur l'enveloppe plus froide. L'ampoule devient de plus en plus opaque et le filament devient plus fragile. Le filament finit par se rompre au bout de plusieurs centaines d'heures : 1 000 heures pour une lampe classique, jusqu'à 10 fois moins ou 8 fois plus pour certaines lampes à usage spécial.

La présence d'un gaz noble à l'intérieur de l'ampoule présente plusieurs avantages : certains atomes de tungstène devenus gazeux peuvent se déposer à nouveau sur le filament après un choc avec un atome de gaz noble, allongeant ainsi sa durée de vie. Le filament peut aussi être chauffé davantage. Enfin, cela limite le dépôt de tungstène sur la paroi de l'ampoule.

Dans les lampes actuelles, le filament de tungstène est enroulé en hélice, afin d'augmenter la longueur du filament, et donc la quantité de lumière visible produite.



- 1 Ampoule de verre, aussi appelée globe, bulbe ou enveloppe
- 2 Gaz inerte
- 3 Filament de tungstène
- 4 Fil conducteur (contact avec le plot central)
- 5 Fil conducteur (contact avec le culot)
- 6 Fil de support du filament
- 7 Monture ou support en verre
- 8 Culot (contact électrique)
- 9 Culot (pas de vis ou baïonnette, etc.)
- 10 Isolant
- 11 Plot central (contact électrique)

Document 4 : L'alimentation stabilisée :

Il s'agit d'un dipôle actif qui est susceptible de se comporter soit comme une source idéale de tension (de f.é.m E_0), soit comme une source idéale de courant (de courant électromoteur I_0) selon les conditions d'utilisation.

Pour régler E_0 , on laisse la sortie de l'alimentation ouverte (c'est à dire qu'on ne la connecte à rien) et on règle la valeur de E_0 à la valeur désirée.

Pour régler I_0 , on court-circuite la sortie de l'alimentation (c'est à dire que l'on relie ses deux bornes par un fil), ce qui la fait basculer en mode « source de courant » et nous permet de régler I_0 à la valeur voulue. En général, il est dangereux de court-circuiter les appareils électriques car on risque de les « griller » (le courant pouvant devenir très fort puisque la résistance du circuit est très faible) mais l'alimentation stabilisée a été conçue pour pouvoir être court-circuitée.

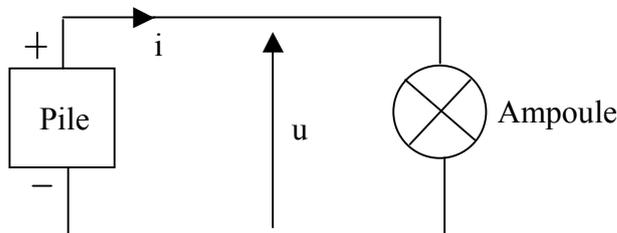
Ensuite, selon la valeur de la résistance du circuit auquel on va connecter l'alimentation, celle-ci se comportera soit comme une source de tension ($u = E_0$ et i quelconque) soit comme une source de courant ($i = I_0$ et u quelconque). En pratique, quand la résistance du circuit est suffisamment grande, on est en mode « source de tension » (et on peut alors régler E_0) mais si la résistance du circuit devient trop faible on passe en mode « source de courant » (et on peut alors régler I_0).

A l'aide de l'ampoule, de l'alimentation stabilisée, de la boîte de résistance variable et des multimètres, tracez la caractéristique $i = f(u)$ de l'ampoule à incandescence.

L'ampoule est-elle un dipôle linéaire ? Essayez d'expliquer qualitativement la forme de la courbe.

III Point de fonctionnement d'un circuit :

A l'aide des caractéristiques que l'on vient d'établir, on cherche maintenant à prédire le courant et la tension qui vont s'établir dans le circuit si on connecte directement la pile à la lampe.



La caractéristique $i = f(u)$ de la l'ampoule étant difficile à traduire mathématiquement, on va résoudre ce problème graphiquement : quand on relie directement la pile à l'ampoule (comme sur le circuit ci-dessus), u et i doivent être communs à la pile et à l'ampoule : pour les déterminer, il suffit donc de superposer leurs caractéristiques et de déterminer leur point d'intersection. Ce point s'appelle le point de fonctionnement du circuit.

A l'aide d'un tableur, superposez la caractéristique de la pile et celle de l'ampoule et en déduire le point de fonctionnement du circuit quand on les relie l'une à l'autre, et donc les valeurs de u et i correspondantes.

Rem : Sur Excel, pour superposer deux graphes, tracez-en d'abord un seul, puis cliquez droit sur la fenêtre graphique, cliquez sur « sélectionner des données » (ou quelque chose d'équivalent, selon la version d'Excel), et là vous pouvez ajouter votre deuxième série de données.

Réalisez ensuite le circuit et mesurez expérimentalement u et i . Y a-t-il accord entre les valeurs de u et i prédites à partir des caractéristiques et les valeurs expérimentales ?

IV Etude du générateur à basses fréquences (GBF) :

On va à présent étudier une autre source d'électricité, qui permet de générer des tensions périodiques : le G.B.F. Plus précisément, on cherche à savoir si le GBF se comporte comme une source idéale de tension, et, si non, quelle est la valeur de sa résistance interne.

Connectez le GBF à l'oscilloscope et réglez-le pour qu'il délivre une tension sinusoïdale de fréquence $f = 1$ kHz et d'amplitude 5V. (Remarque : l'oscilloscope n'est autre qu'un voltmètre qui permet de visualiser les variations d'une tension au cours du temps).

Reliez ensuite le GBF à une résistance $R = 70 \Omega$, tout en continuant de mesurer la tension à ses bornes à l'aide de l'oscilloscope. A partir de vos observations vous devez à présent pouvoir répondre aux questions suivantes :

- le GBF se comporte-t-il comme une source de tension idéale ? (expliquez votre raisonnement)

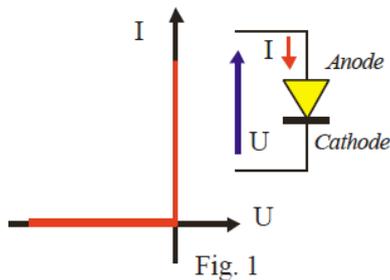
- si non, combien vaut sa résistance interne R_g ?

- si on alimente un circuit électrique avec le GBF, à quelle condition pourra-t-on négliger la résistance interne du GBF (et donc considérer qu'il se comporte comme une source de tension idéale) ?

V (S'il reste du temps) : La diode :

Document 5 : La diode (d'après Université du Mans) :

1.1 – Diode idéale



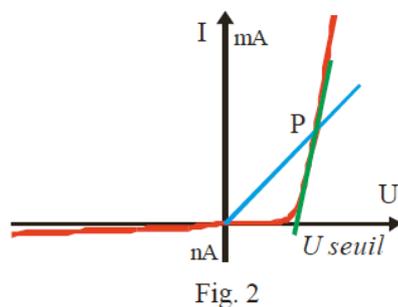
C'est un dipôle électrique unidirectionnel dont les bornes sont l'anode (A) et la cathode (K).

En **polarisation directe** c'est-à-dire si $U_A > U_K$ la résistance de la diode est nulle. Elle se comporte alors comme un interrupteur fermé.

En **polarisation inverse** ($U_A < U_K$), on a : $R = \infty$. La diode est équivalente à un interrupteur ouvert.

Une diode idéale ne dissipe donc aucune puissance.

1.2 – Diode réelle à semi-conducteur

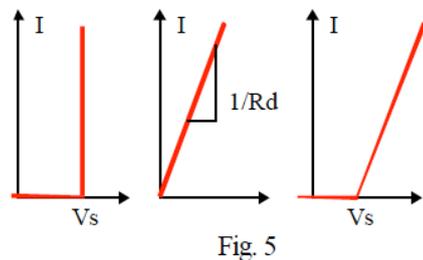


L'anode est la zone P d'une jonction P-N. La zone de type N est la cathode. En polarisation inverse, le courant inverse est très faible mais il croît rapidement avec la température de la jonction.

En polarisation directe, au-delà de la tension de seuil ($V_S \approx 0,6$ V pour le silicium), la diode est conductrice. On peut définir en chaque point P de la caractéristique une résistance statique (trait bleu) : $R_s = V/I$ et une résistance dynamique (trait vert) : $r_D = dV/dI$.

Au-delà de la tension de seuil, la résistance dynamique est sensiblement constante.

1.5 – Modélisation des diodes réelles

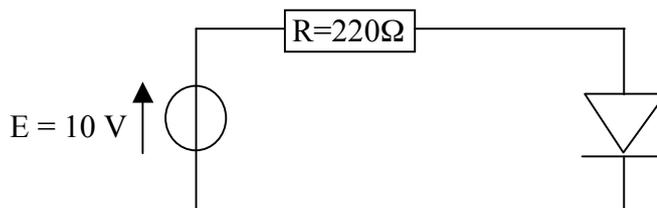


Plusieurs modèles sont utilisables pour les diodes à jonction P-N. Dans tous ces modèles on suppose la résistance dynamique de la diode constante et égale à R_D .

On peut prendre $R_D = 0$ et $V_S \neq 0$, $R_D \neq 0$ et $V_S = 0$, $R_D \neq 0$ et $V_S \neq 0$. (Voir fig. 4-b)

- Proposer et réaliser un montage permettant de tracer la caractéristique de la diode. Modéliser ce dipôle en dipôles linéaires par morceaux. En particulier, déterminer la tension de seuil V_s et la résistance interne R_D .

- Prévoir le point de fonctionnement du montage suivant :



Réaliser ce circuit et mesurer l'intensité du courant qui traverse la diode ainsi que la tension à ses bornes. Est-ce en accord avec vos prédictions ?