

Séance de TP n°1 : La diode, découverte des matériaux semi-conducteurs

Nous allons dans cette séance faire une présentation très élémentaire des propriétés électroniques des semi-conducteurs. Cette classe de matériaux, née de la physique quantique dans les années 1930, est encore à la base de la plupart des technologies modernes (photographie numérique, audio et vidéo numérique, télécommunications, micro-informatique, ...). Nous nous concentrerons sur un composant fabriqué à partir de matériaux semi-conducteurs : la diode (ou jonction pn) et qui intervient dans un grand nombre de circuits électroniques et qui a un comportement fortement non linéaire. Ce composant est à la base de composant plus complexes comme les transistors bipolaires (premiers transistors tout solide).

Symbole électrique de la diode :



Photo d'une diode type 1N4007 :



L'objectif de ce TP est de réaliser par différentes méthodes caractéristique I(V) d'une diode

La caractérisation d'un composant électronique commence toujours par une étude statique (ou point de fonctionnement). Dans le cas d'un dipôle il n'y a qu'une seule « entrée/sortie », dans ce cas il n'y a pas d'ambiguïté et seulement deux grandeurs sont pertinentes : le courant qui traverse le dipôle (I) et la tension à ses bornes (V). Caractériser un dipôle en statique, revient à étudier la relation de dépendance de l'une de ces grandeurs par rapport à l'autre. En général, on regarde la fonction dite : I(V) statique. C'est-à-dire que l'on impose une tension V continue aux bornes du dipôle, ici ce sera la diode, et l'on regarde la valeur du courant I qui le traverse, et l'on répète la mesure pour différentes valeurs de V.

I. Questions préliminaires

- Quelle est la caractéristique I(V) d'une résistance ?
- D'après cette caractéristique que représentent les différents coefficients de la fonction caractéristique ? Donnez les unités associées à ces coefficients.
- A votre avis est-ce que cette description simple est suffisante ? justifiez.

II. Caractéristique I(V) de la diode 1N4007 (diode noire) : méthode point à point (fastidieuse !)

Vous disposez du matériel suivant pour cette expérience :

- 1 diode 1N4007
- Une alimentation unipolaire 0-15V
- 2 multimètres
- 1 oscilloscope numérique Tektronik TDS 2100 ou 210
- des résistances $1\text{k}\Omega$, $10\text{k}\Omega$ et $100\text{k}\Omega$
- 1 potentiomètre linéaire 0 – 1 $\text{k}\Omega$ (avec une résistance de protection de $200\ \Omega$)

a. Proposez un montage avec ce matériel pour obtenir la caractéristique I(V) d'une diode

- Vous disposez de 30 minutes pour proposer un montage et dessiner le schéma électrique associé. Vous expliquerez votre raisonnement. Avant de réaliser le montage, présentez votre proposition à l'assistant de TP.
- vous testerez votre montage sur une diode électroluminescente à votre disposition. Vous testerez notamment en fonction du sens de la diode le comportement de cette dernière.

Comment comprenez-vous le résultat ? En déduire le sens passant des différentes diodes et leur tension de seuil (approximatives). Repérez-les. Observez et notez l'influence de la valeur du courant sur le comportement de la diode.

b. Caractéristique $I(V)$ de la diode 1N4007 à température ambiante

- Prenez ensuite la diode 1N4007. Pour suffisamment de valeurs de la tension relevées aux bornes de la diode, mesurez la valeur du courant. Tracez la caractéristique de cette diode $I_{diode} = f(U_{diode})$. On s'attachera tout particulièrement à bien reproduire la région où le courant commence à varier de manière significative. Vous utiliserez pour tracer la caractéristique, un ordinateur muni d'un tableur (logiciel Regressi).
- Relevez la tension de seuil ainsi que la pente de l'asymptote lorsque la diode conduit. Que représente cette pente ? Quelle est son unité ?
- Tracez également la caractéristique $\ln(I_{diode})$.

c. Effet de la température (si le temps le permet) sur la caractéristique de la diode

L'objectif est de refaire la même caractéristique que précédemment mais cette fois en chauffant la diode, soit avec un module Peltier, soit avec un « sèche-cheveux ».

- Tracez la caractéristique de cette diode $I_{diode} = f(U_{diode})$ puis $\ln(I_{diode})$
- Comparez avec la courbe obtenue à température ambiante. Conclure

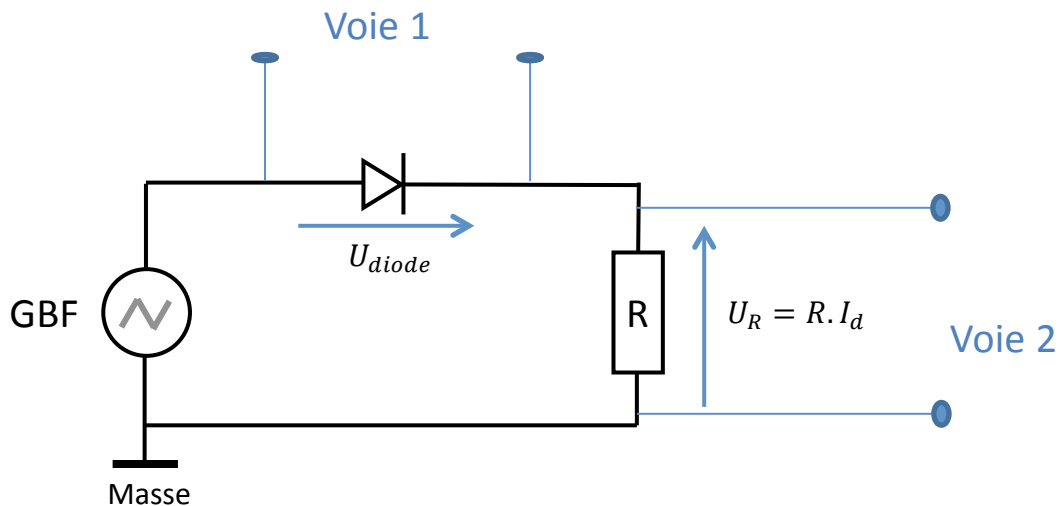
d. Mise en parallèle de deux diodes

Pour se faire vous utiliserez les diodes électroluminescentes à votre disposition.

- Mettez deux diodes en parallèles, une dans le sens passant l'autre dans le sens bloqué
- Mettez les deux diodes dans le sens passant et faites varier la tension. Essayez plusieurs couples de diodes. Interprétez le résultat

III. Utilisation de l'oscilloscope et du Générateur Basse-fréquence (GBF) : notion de masse

On se propose ici d'obtenir directement les caractéristiques $I(V)$ des diodes en utilisant l'oscilloscope et un GBF délivrant une rampe de tension. A priori le montage le plus simple pourrait être le suivant :



a. Définition de la notion de masse

- A partir du schéma ci-dessus, expliquez pourquoi il n'est pas (à priori) possible de visualiser en même temps sur les deux entrées de l'oscilloscope U_{diode} et U_R .

En réalité le GBF que vous utiliserez est dit flottant (la notion sera présentée lors du TP). C'est-à-dire que la borne moins du GBF n'est pas référencée à la masse de l'oscilloscope par l'intermédiaire du secteur :

- Avec le multimètre mesurez la résistance entre la masse et la fiche de terre de l'oscilloscope. Combien mesurez-vous ? Regardez aussi entre le neutre et la masse.
- Faites de même avec le GBF. Vous vous apercevrez déjà qu'il n'y a pas de fiche de terre. Mesurez alors la résistance entre la sortie de référence (la fiche noire) et le neutre. Combien mesurez-vous ?

b. Mesure directe de la caractéristique I(V) d'une diode

Alimentez le circuit par une tension de forme triangulaire variant entre -4 V et $+4\text{ V}$ et de fréquence 108 Hz . Vous vérifierez ces valeurs à l'oscilloscope avant de connecter le GBF au circuit. Vérifiez également que les traces correspondant aux deux voies de l'oscilloscope sont bien centrées sur 0 lorsque vous n'entrez aucun signal.

- Utiliser alors le mode d'affichage XY de l'oscilloscope (menu affichage/display). Inverser le signe de la voie 2 pour obtenir la caractéristique de la diode sur l'écran. Dessiner qualitativement ce que vous observez. Vérifiez que la caractéristique obtenue ne dépend ni de la fréquence du signal d'entrée ni de sa forme.
- Remplacer la diode 1N4007 par les différentes diodes électroluminescentes. Relever la valeur des différentes tensions de seuil. Consignez les résultats dans un tableau. On pourra par exemple alimenter le circuit avec une tension triangulaire de quelques Hz.