

TP2 – La diode à jonction

INTRODUCTION

On trouvera ici, outre des informations directement liées à la bonne réalisation pratique de ce laboratoire, des principes de base fondamentaux pour l'expérimentateur soucieux d'ajuster son objectif, c'est-à-dire vérifier les lois d'une théorie, à la réalité technologique des composants ou des circuits impliqués et des appareils de mesure à disposition.

La diode à jonction, symbolisée graphiquement par un triangle pointant vers la cathode, se présente matériellement sous forme d'un élément cylindrique marqué d'une bague noire repérant cette même cathode. Tout en finesse (son diamètre ne dépasse pas 2mm), elle ne supporte pas les courants élevés mais bloquée, et c'est là son côté paradoxal, elle déjoue nombre d'entraves.

Le bon fonctionnement d'une diode peut être contrôlé avec la plupart des multimètres qui signalent alors cette possibilité parmi les différentes fonctions à disposition par la présence de son symbole graphique. La mesure faite est celle de la tension aux bornes de la diode en conduction qui doit se situer entre 0,6 et 0,7 V; le courant nécessaire à sa polarisation étant fourni par une source interne à l'appareil, en l'occurrence une pile dans le cas des multimètres portables, l'appareil sera immédiatement arrêté une fois le contrôle effectué.

1. Mesure de la caractéristique $I_F = f(U_F)$

1.2 Choix des valeurs R_1 et R_2

Le montage configuré selon le schéma donné, la valeur nominale du potentiomètre R_1 et la valeur de la résistance R_2 restent définies par la condition de la donnée, $I_{Fmax} = 10 \text{ mA}$.

Référence faite à la fonction de transfert d'un potentiomètre chargé (voir annexe), on obtient pour les valeurs extrêmes de k:

- $k = 0 \rightarrow R_{12} = 0 \rightarrow I_F = 0$
- $k = 1 \rightarrow R_{12} = R_1 \rightarrow I_F = \frac{V_{cc} - U_j}{R_2} = I_{Fmax}$

$$I_{Fmax} = 10 \text{ mA} \rightarrow R_2 = 930 \, \Omega \rightarrow R_2 \text{ normalisée} = 1 \text{ k}\Omega \rightarrow R_1 = R_2 / \alpha$$

Dans le cas où l'une des deux résistances ferait défaut, on choisirait le couple de valeurs normalisées (R'_2 ; R'_1) immédiatement supérieures, satisfaisant toujours à l'équation $R'_2 = \alpha R'_1$. La valeur maximale du courant serait, dès lors, inférieure à 10 mA.

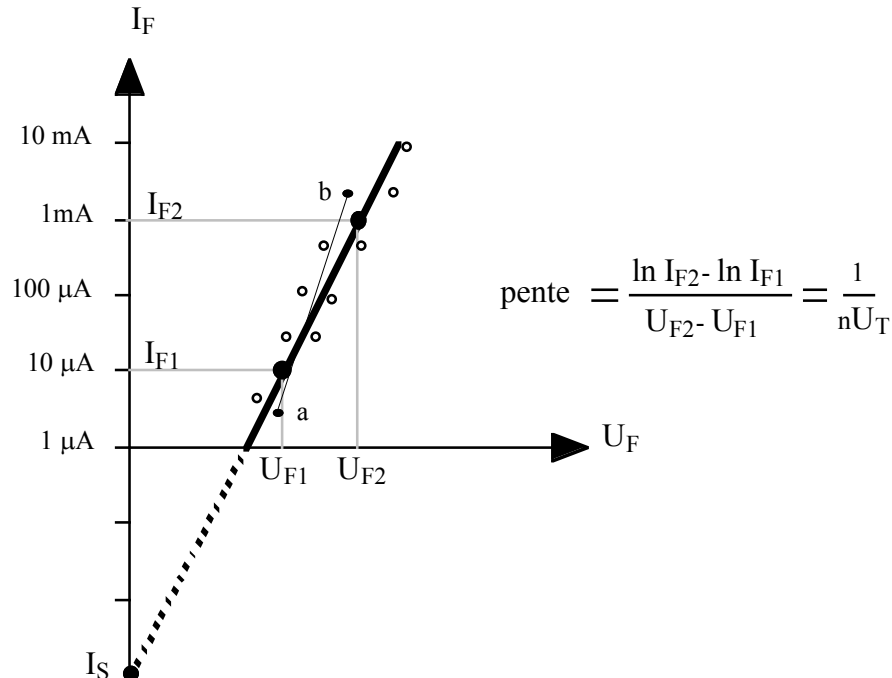
1.4 Détermination des paramètres de la courbe $I_F = f(U_F)$

De quelque nature que soit une loi continue que l'on cherche à vérifier expérimentalement, sa représentation graphique doit être lisse et minimiser la distance des points de mesure à la courbe moyenne.

Ainsi, pour $I_F = f(U_F)$ qui, en coordonnées semi-logarithmiques, est une droite d'équation

$$\ln I_F = \ln I_S + \frac{U_F}{nU_T}$$

les paramètres **n** et **I_S** sont-ils déterminés à partir de la **droite moyenne** passant au plus près de tous les points de mesure. Mathématiquement, celle-ci n'est rien d'autre que la droite des moindres carrés.



Les points a et b le démontrent à l'évidence, la méthode, qui consiste à recourir à 2 points de mesure quelconques pour déterminer la pente, entache le résultat d'une erreur qui dépasse largement les erreurs de mesure. Cette méthode doit donc être **proscrite**.

2. Mesure de la résistance dynamique

On remarquera que la tension continue $U_0 = 3 \text{ V}$ fournie par le générateur de fonctions n'a d'autre rôle que de polariser la diode et de la porter à son point de fonctionnement (I_{F0} , U_{F0}). La tension sinusoïdale, quant à elle, introduit des variations de tension ΔU_F répercutées par des variations de courant ΔI_F , toutes deux sinusoïdales et représentatives de la résistance différentielle appelée aussi résistance dynamique et définie par :

$$r_d = \frac{dU_F}{dI_F} \quad \text{et mesurée par le rapport} \quad \frac{\Delta U_F}{\Delta I_F}$$

Il y a donc deux méthodes pour mesurer r_d

- à partir de la réponse $I_F = f(U_F)$

$$I_F = I_S \exp \frac{U_F}{nU_T} \quad \rightarrow \quad \frac{1}{r_d} = \frac{1}{nU_T} I_F$$

et au point de fonctionnement (I_{F0} , U_{F0}) $\frac{1}{r_d} = \frac{1}{nU_T} I_{F0}$ soit $\boxed{r_d = \frac{nU_T}{I_{F0}}}$

I_{F0} , le courant moyen traversant la diode et généré par la tension U_0 est mesuré avec un ampèremètre branché en continu; il doit vérifier la relation $I_{F0} \approx (U_0 - U_j)/R$. Le paramètre **n** est déduit du point 1.4

- à partir des variations ΔU_F

De l'analyse du circuit et de la relation $\Delta U_F = r_d \frac{\Delta u_G}{R + r_d}$

on déduit
$$r_d = R \frac{\Delta U_F}{\Delta u_G - \Delta U_F}$$

Le faible niveau des variations de tension observées aux bornes de la diode rendant les signaux perméables au bruit électromagnétique environnant impose l'utilisation de **câbles blindés**.

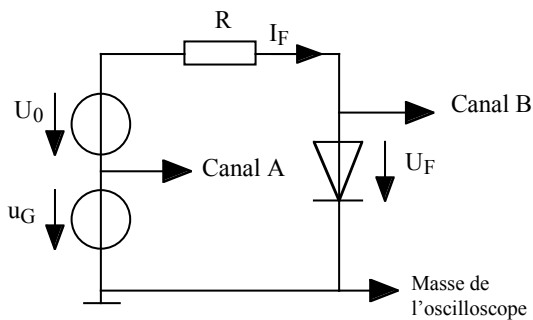
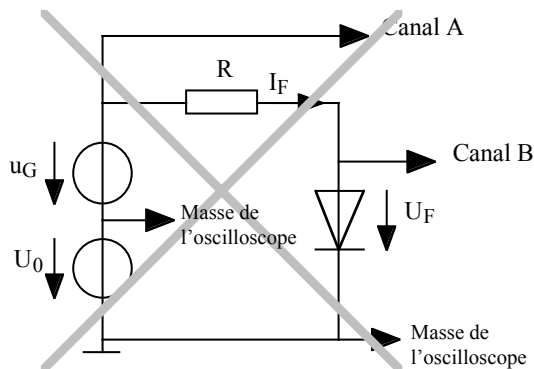
Signal continu modulé $U_0 + 0.5 \sin(2\pi ft)$ [V].

La mise à disposition d'un générateur de fonctions et d'une source de tension continue stabilisée 0-32 V permet de constituer le signal modulé :

- soit avec le seul générateur, la fonction offset en service
- soit avec le générateur et la source de tension continue en série.

L'option portée sur la seconde possibilité sera doublée des précautions imposées par l'observation des signaux à l'oscilloscope.

La visualisation simultanée de la composante alternative injectée et du signal obtenu aux bornes de la diode dicte, en effet, l'ordre des sources de tension par rapport à la masse.



Par la seule observation de u_G et U_F , les masses de l'oscilloscope étant reliées, le montage de la figure 1 court-circuite la source de tension continue U_0 et est banni au profit de celui de la figure 2.

3. Applications

Pour les 2 montages proposés aux points 3.1 et 3.2, comme pour ceux des points 4.2 et 4.3 du chapitre suivant, la diode sera approchée par son modèle le plus simple, à chute de tension constante soit :

- en blocage ($U < U_j$) \equiv circuit ouvert
- en conduction ($U > U_j$) \equiv source de tension U_j .

Double ou simple alternance, un signal redressé n'est plus un signal alternatif (valeur moyenne = 0); issu du limiteur, le signal u_s n'est pas davantage un signal alternatif. **Tous les signaux** seront donc observés sous **un couplage DC de l'oscilloscope**.

Dans tous les cas, l'interprétation des résultats s'appuiera sur plusieurs facteurs:

- la non linéarité de la diode;
- la variation de la tension à ses bornes dans sa zone de fonctionnement
[$I = I_s(e^{V/nUT}) - 1$];
- la tolérance sur les éléments du circuit.

4. Expérimentations supplémentaires

4.1.1 Choix des valeurs de R et C

Référence faite aux exercices proposés dans le manuel de cours, on démontrera aisément qu'on obtient $R \leq 133 \, \Omega$ et $C = 430 \, \mu\text{F}$ si $R = 133 \, \Omega$. Dans la pratique, C sera déduite de R ajustée sur les valeurs normalisées à disposition.

4.1.2 Si on choisit $R = 120 \, \Omega$, $I_{Z\text{max}} = 70.8 \, \text{mA}$, **$P_R = 0.6 \, \text{W}$** et $P_Z = 0.85 \, \text{W}$. Une résistance de puissance est indispensable.

4.1.3 La différence entre la tension maximale théorique ($\rightarrow 15V_{\text{eff}} \equiv 21.21 \, V_{\text{crête}}$) et la tension crête délivrée par le **transformateur** ne surprend pas quand on sait que le transformateur est de fabrication artisanale. La configuration des signaux fournis en atteste d'ailleurs lourdement: le profil est fripé et une sorte de méplat écrase les maximums.

Ce dernier défaut qui fait des signaux de piètres reflets de la fonction sinusoïdale originelle impose une fois encore un **couplage DC de l'oscilloscope**, non pas à cause d'une violation de la symétrie par rapport au niveau 0 V (valeur moyenne de l'ordre de quelques mV) mais à cause du méplat qui, à 50 Hz, équivaut à une tension continue en mesure de charger le condensateur du circuit d'entrée AC de l'oscilloscope (voir Introduction au TP1, page 4) et, par suite, de dégrader le signal que l'on cherche à visualiser.