

## Dispositifs à Semiconducteurs

### Caractérisation d'une diode par interpolation

#### Travail Pratique 2



**Professeur :** Dr. Marco Mazza

marco.mazza@hefr.ch

**Assistant :** Armando Bourgknecht

armando.bourgknecht@hefr.ch

## 1 Introduction

Cette quatrième session de laboratoire a pour but de mesurer et comprendre la caractéristique courant-tension d'une diode.

Dans un premier temps, il s'agira d'effectuer un balayage en tension et de mesurer le courant circulant dans la diode, à l'aide d'un générateur de fonction et d'un multimètre, automatisés par des scripts Python.

Puis, on s'intéressera à extraire les paramètres de la diode par la méthode des moindres carrés en manipulant l'équation du courant de diode  $I_D(V_D)$  par l'utilisation de logarithmes.

Enfin, on simulera une diode à l'aide de LTSpice selon les valeurs obtenues pour comparer la simulation aux mesures.

## 2 Organisation

Ce laboratoire est prévu pour se dérouler sur une seule session.

Le matériel standard nécessaire est listé ci-dessous :

- Ordinateur portable personnel
- Environnement Python (version récente recommandée)
- Logiciel LTSpice
- Câble USB
- Câble coaxial RG58
- Platine avec connecteurs pour câbles coaxiaux RG58

Les bibliothèques Python utilisées lors de ce laboratoire sont listées ici :

- `pyvisa`
- `time`

- `matplotlib`
- `numpy`
- `pandas`

Pour cette session, nous aurons encore besoin des outils suivants :

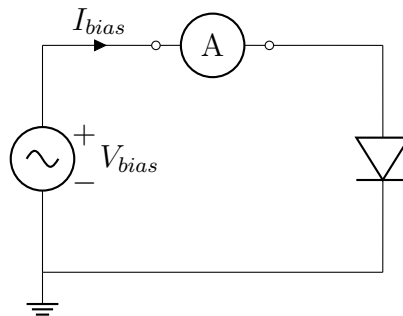
- Générateur de signaux Keysight 33500B Series
- Multimètre numérique HP34401A
- Câble USB vers GPIB
- Diode 1N4148

### 3 Expérimentations

Chacune des expérimentations prévues pour ce laboratoire est listée sous cette section. La session est validée lorsque tous les points sont réalisés.

#### 3.1 Montage du circuit de mesure

1. Réaliser le montage décrit à la figure suivante :



**Figure 1 :** Circuit de mesure de la diode.

Avec :

- Source de tension : Générateur de signal Keysight 33500B
- Ampèremètre : Multimètre numérique HP34401A
- Diode : Modèle 1N4148

2. Vérifier le sens de branchement de la diode à l'aide de la fiche technique ou d'un multimètre en mode diode
3. **Vérifier** la connexion par *pyvisa* vers les deux appareils (générateur et multimètre)
4. Dans la fiche technique de la diode, relever les valeurs de tension et courant maximales à ne pas dépasser

### 3.2 Mesure de la caractéristique courant-tension de la diode

Pour mesurer la caractéristique exponentielle courant-tension, il faut se placer avant la zone de conduction de la diode. On effectuera un balayage de tensions de polarisation entre  $250mV$  et  $400mV$ .

Modifier le script fourni pour ajouter les points suivants :

1. Pour le générateur de signaux, appliquer une tension continue pour balayer les valeurs de polarisation listées dans `Vbias_array`
2. Pour le multimètre, mesurer le courant circulant dans la diode
3. Stocker la valeur de courant lue dans le tableau `Ibias_array` en valeur logarithmique

Il est **important** de désactiver le générateur de signal une fois que la mesure est prise. En effet, la diode dissipe une puissance non négligeable par effet Joule et il faut éviter de la chauffer inutilement.

L'augmentation de sa température affecte le courant selon l'équation de la diode :

$$I_D = I_S \exp \frac{V_D}{nV_{Th}} , \quad V_{Th} = \frac{k_B T}{q} \quad (3.1)$$

Avec  $T$  la température de la jonction en Kelvin.

### 3.3 Extraction des paramètres de la diode

En utilisant le tableau de valeurs de courant logarithmique `Ibias_array`, on cherche à déterminer les paramètres  $I_S$  et  $n$  de la diode par la méthode des moindres carrés.

La procédure est automatisée et extrait les deux paramètres à l'aide de la fonction Python *polyfit* ; il ne reste qu'à interpréter le résultat.

1. À quoi correspond la valeur  $R^2$  ? Comment l'interpréter ?
2. Relever la valeur du courant de saturation et du facteur d'idéalité : les valeurs sont-elles vraisemblables ?
3. Analyser qualitativement l'allure du graphe : comment peut-on vérifier qu'il s'agit d'un courant de diode ?

### 3.4 Simulation du modèle sur LTSpice

Nous allons simuler le circuit précédent en ajustant les paramètres de la diode disponible dans LTSpice selon les valeurs déterminées.

1. Ajouter une diode avec la directive LTSpice suivante, en ajustant  $I_s$  et  $N$  selon les valeurs obtenues par régression linéaire

\_\_\_\_\_ Directive Spice pour ajuster les paramètres d'une diode \_\_\_\_\_

```
1 .model mydiode D(Is=1p Rs=1 N=1 mfg=HEIAFR type=silicon)
```

Nommer la diode (ici : `mydiode`) dans la directive et effectuer le raccourci **Ctrl+RightClick** avec le curseur placé sur le composant ; dans le champ **Value**, reporter le nom donné à la diode (`mydiode`).

2. Ajouter une source de tension PWL pointant sur le fichier `TP2_Diode.txt`

LTSpice peut générer une tension arbitraire à l'aide de valeurs numériques listées dans un fichier texte. Dans ce cas, à l'aide du programme Python, on génère une rampe de tension que l'on stocke dans le fichier `TP2_Diode.txt`.

En donnant ce fichier comme paramètre à une source de tension PWL dans LTSpice, on peut alors l'importer dans la simulation.

3. Simuler le circuit obtenu et afficher la courbe caractéristique courant-tension  $I_D(V_D)$
4. Comparer les résultats expérimentaux à la simulation

## 4 Synthèse et conclusion

Au terme de cette session l'étudiant doit pouvoir :

- Comprendre les modes de fonctionnement d'une diode (zone de claquage, zone bloquée, zone de conduction)
- Comprendre la caractéristique courant-tension d'une diode
- Manipuler l'équation de la diode à l'aide du logarithme pour mettre ses paramètres en évidence
- Appliquer la méthode des moindres carrés pour extraire des paramètres
- Interpréter qualitativement la valeur  $R^2$
- Modifier un modèle de composant dans LTSpice et le simuler
- Générer un signal arbitraire à l'aide d'une source PWL dans LTSpice