

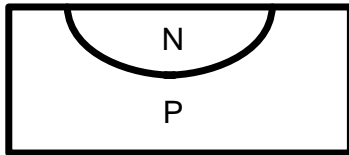
## Exercices de révision pour examen #1

**Question 1.** Questions théoriques.

a) Nommez les courants qui existent quand une diode est en équilibre.

Courants de diffusion et de drift.

b) Dessinez la structure physique réelle d'une diode PN.



c) Qu'est-ce qu'un varacteur et comment utilise-t-on une diode pour cette fonction?

Varacteur est un condensateur variable. On met la diode en mode inverse pour limiter le courant qui circule. En mettant plus de tension (en inverse), on augmente la zone charge-espace et donc, on diminue la capacité.

d) Expliquez le phénomène de redressement.

Dites quelque chose qui fait allusion au fait qu'on bloque le courant dans une direction et pas dans l'autre pour ne garder que la tension positive.

e) Expliquez le phénomène de « clamping ».

Changement de niveau DC.

f) Expliquez le phénomène de limiteur.

Bloque les tensions qui sont hors d'une zone permise

g) Une diode de silicium a un « bandgap » de 1.1eV. Que se passe-t-il si un électron dans la bande de valence s'il se faisait frapper par un photon ayant 1eV d'énergie?

Rien ne se produit puisqu'il faut l'énergie égale au bandgap (ou plus) pour amener l'électron à la conduction.

h) Décrivez les étapes qui se produisent initialement lorsqu'on connecte (théoriquement) un morceau de P et un morceau de N ensemble pour former une diode.

1. Diffusion : Les trous du P vont vers le N et les électrons du N vont vers le P.
2. Création d'une zone charge-espace : les trous qui partent laissent des ions négatifs. Les électrons qui partent laissent des ions positifs.

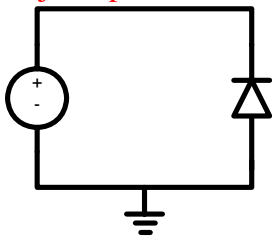
3. Les ions forment un champ qui « s'oppose » à la diffusion. Quand des paires électron-trou se forment dans la région, ils sont poussés pour former le courant de drift.  
 4. A l'équilibre, diffusion et drift sont égaux.

i) Quelle est la différence physique entre une diode PN et une diode Schottky?

Diode PN c'est semiconducteur P avec semiconducteur N.  
 Schottky c'est metal-semiconducteur.

j) Dessinez le circuit suivant : connectez une source de 5v à la cathode d'une diode. Connectez l'anode au ground (le même que la source).

C'est juste pour m'assurer que vous savez la différence entre les bornes



k) Quelle sont les différences entre le modèle petit-signal et le modèle segmenté-linéaire?

Segmente lineaire : on fait semblant que l'exponentielle est modelisee par une seule pente.

Petit signal : On approxime que l'exponentielle est une pente AUTOUR d'un point donne. Donc, selon le  $I_D$ , on aura une pente differente qui sera valide seulement si  $V_D$  et  $I_D$  ne changent pas trop.

l) Quelles sont les différences entre l'effet Zener et l'effet avalanche?

Zener : champ arrache les charges

Avalanche : On sait que le champ ACCELERE les charges qui se frappent souvent contre les atomes. Dans l'effet avalanche, ces charges sont tellement rapides qu'ils delogent d'autres charges qui eux aussi delogent d'autres charges.

**Question 2.** On dope une diode avec  $1 \times 10^{18}$  atomes de type N et  $1 \times 10^{16}$  atomes de type P dans leur cote respectif.

$$V_B = kT \ln \left( \frac{n_n}{n_p} \right)$$

- a) Trouvez  $V_B$ .  
 b) De combien aurait change le niveau de fermi du cote N?  
 c) De combien aurait change le niveau de fermi du cote P?

$$n_n = 1 \times 10^{18}$$

$$n_p = (1.5 \times 10^{10})^2 / 1 \times 10^{16}$$

$$n_p = 22500$$

On plug ca dans l'équation de  $V_B$  :

$$V_B = 0.786 \text{v}$$

On utilise cette équation pour isoler EF-EI qui est le changement de niveau de fermi :

$$n_0 = n_i e^{(E_F - E_i)/kT}$$

$$kT \ln\left(\frac{n_0}{n_i}\right) = E_F - E_i$$

$$0.025 \ln\left(\frac{10^{18}}{1.5 \times 10^{10}}\right) = 0.45$$

$$p_0 = n_i e^{(E_i - E_F)/kT}$$

$$0.025 \ln\left(\frac{10^{18}}{1.5 \times 10^{10}}\right) = 0.33$$

**Question 3.** Enumérez les électrons dans le phosphore (15).

A l'orbite 1:

N=1 L=0 Ml=0 MS : UP DOWN (2)

(on est rendu a 2 electrons.. il faut en avoir 15)

A l'orbite 2, on commence par considerer la forme spherique:

N=2 L=0 Ml=0 MS : UP DOWN (2)

A l'orbite 2, on considerere maintenant les 2 lobes:

N=2 L=1 Ml=-1 MS : UP DOWN (2)

N=2 L=1 Ml=0 MS : UP DOWN (2)

N=2 L=1 Ml=1 MS : UP DOWN (2)

(on est rendu a 10 electrons.. il en reste 5)

A l'orbite 3, on commence par considerer la forme spherique:

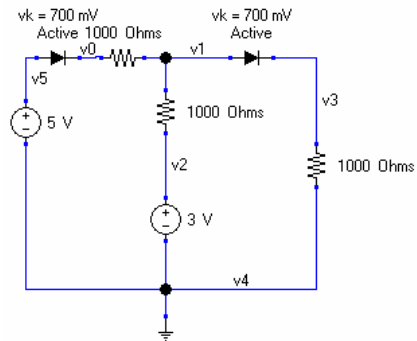
N=3 L=0 Ml=0 MS : UP DOWN (2)

(on est rendu a 12 electrons.. il en reste 3. Il faut faire attention ici...)

A l'orbite 3, on considerere maintenant les 2 lobes:

N=3 L=1 MI=-1 MS : UP  
 N=3 L=1 MI=0 MS : UP  
 N=3 L=1 MI=1 MS : UP

**Question 4.** Considérez le circuit suivant.



a) Quelles diodes conduisent?

On fait l'hypothèse que les 2 diodes conduisent. La partie b) va nous confirmer ça (ou l'infirmé)

b) Trouvez le courant dans chaque branche.

Si les diodes conduisent, on sait que

$$v_0 = 4.300$$

$v_1$  sera une variable qu'il faut trouver.

$$\frac{4.3 - v_1}{1K} = \frac{v_1 - 3}{1K} + \frac{v_1 - 0.7}{1K}$$

$$\frac{4.3}{1K} - \frac{v_1}{1K} = \frac{v_1}{1K} - \frac{3}{1K} + \frac{v_1}{1K} - \frac{0.7}{1K}$$

$$4.3 - v_1 = v_1 - 3 + v_1 - 0.7$$

$$8 = 3v_1$$

$$\frac{8}{3} = v_1$$

$$v_1 = 2.667$$

$$v_3 = 1.967$$

Courant de la source 5v :

$$\frac{4.3 - 2.67}{1K} = 1.633mA$$

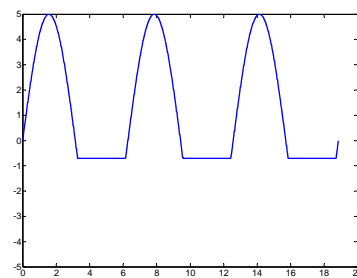
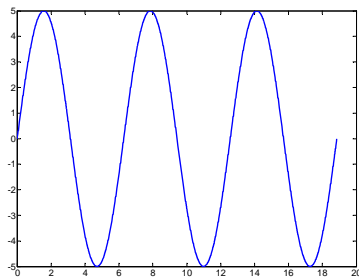
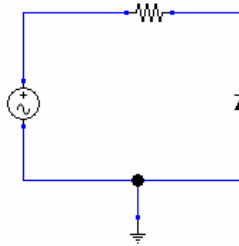
Courant DE LA source 3v :

$$\frac{3 - 2.67}{1K} = 0.33mA$$

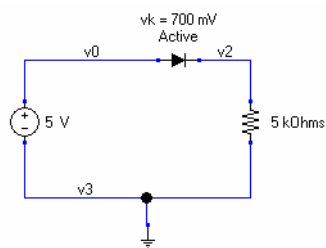
Courant dans branche restante :

$$1.63mA + 0.33mA = 1.963mA \text{ ou } 1.967mA \text{ (si vous divisez directement } v3/1K)$$

**Question 5.** Si l'entrée est un sinus d'amplitude 5 (+5v a -5v), décrivez la tension aux bornes de la diode en utilisant le modèle ON-OFF avec chute de 0.7v



**Question 6.** Considérez le circuit suivant.



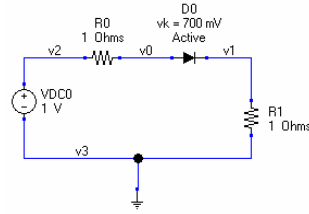
Calculez la résistance petit-signal de la diode a 300K.

Le courant  $I_D$  est de  $4.3/5K=0.86mA$

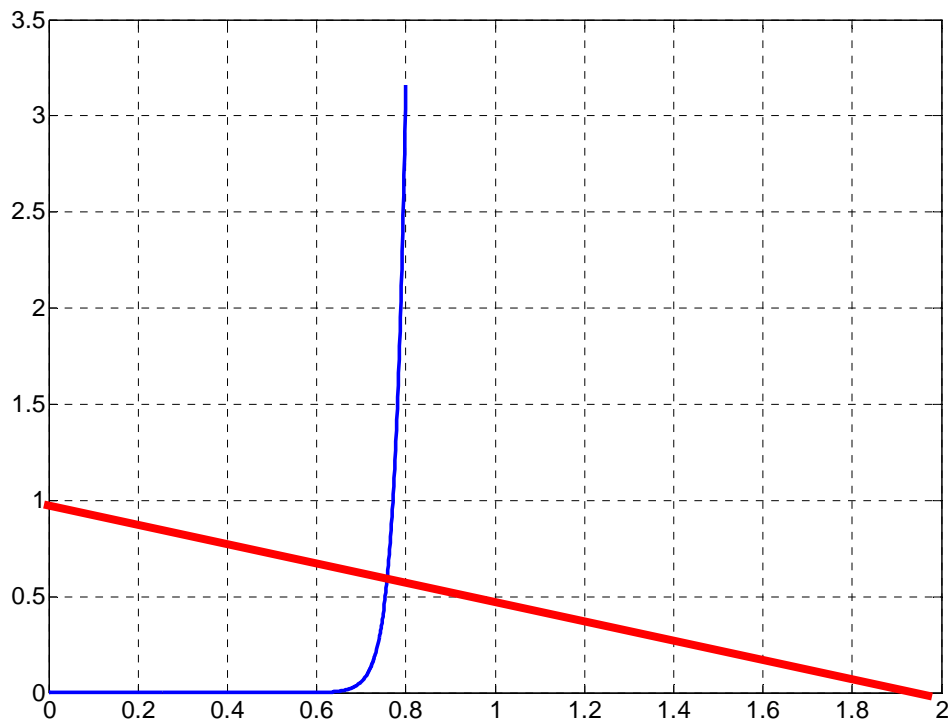
$kT$  a 300K est a peu pres 25mV.

La resistance, d'apres la formule, est de  $29\Omega$ .

**Question 7.** Considérez le circuit suivant.



- A l'aide de la méthode graphique, trouvez la tension aux bornes de la diode.
- Trouvez le courant qui circule dans la branche.
- Trouvez  $I_S$ .



Ce diagramme montre  $V_D$  vs  $I_D$ .

Trouvons l'équation de la charge :

Si  $V_D=0$ , quel sera le courant?  $2V/2\Omega=1A$

Si  $V_D=2V$ , quel sera le courant?  $0A$

On a 2 points, on trace la courbe.

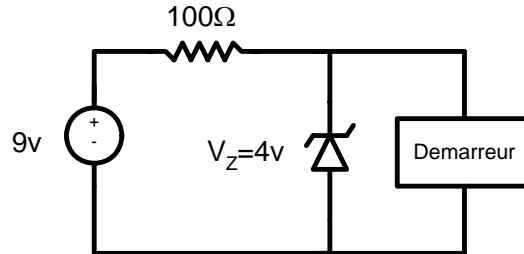
Si on zoom assez, on verrait que le point d'intersection se fait avec  $v=0.75$  et  $I=0.5$ . Avec MATLAB, j'ai plus de précision :  $v=0.7539V$  et  $I=0.4988A$ .

Plug ça dans l'équation du courant de la diode et on isole  $I_S$  :

$$0.4988 = I_S \left( e^{(0.7539/0.025)} - 1 \right)$$

$$I_s = 4 \times 10^{-14}$$

**Question 8.** On a un démarreur de voiture a distance qui a besoin d'une source d'alimentation de 4v. Quand il envoie la commande, il tire 5mA. Sinon, il ne tire que 1mA.



Sachant que la résistance  $R_Z$  de la diode en mode inverse est de  $10\Omega$ , trouvez les courants minimal et maximal dans la diode. Quelle est le changement de tension a la sortie?

$$I = \frac{9 - 4}{100} = 50mA$$

Quand ca démarre :

$$I = 50mA - 5mA = 45mA$$

Sinon

$$I = 50mA - 1mA = 49mA$$

$$I = 10(49mA - 45mA) = 40mV$$