

Université Ibn-Khaldoun de Tiaret

Faculté des Sciences de la Matière

Département de Physique

Module : Physique des Semi-conducteurs – 3^{ème} Année Licence – S5 – Physique Energétique

Durée : 2 heures

Mardi, Le 20 Janvier 2026

E.M.D

I/ Questions de Cours : (7 points)

- 1) Quel est le rôle de la diode Zener dans un circuit électrique
- 2) Donner l'expression de la concentration intrinsèque n_i en fonction de la température, tout en citant les différents paramètres
- 3) Donner et interpréter les diagrammes énergétiques des solides.
- 4) Comment on réalise une jonction d'une diode à semi-conducteur, tout en citant les trois techniques pour réaliser cette jonction :
- 5) Définir la conductivité d'un solide

II/ Les exercices : (13 points)

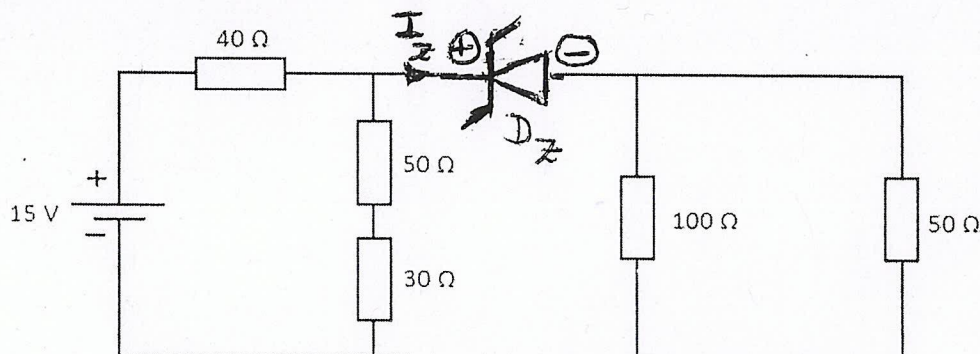
Exercice n°01 : (7 points)

Un fil de cuivre de diamètre **1 mm** est traversé par une intensité de **2A**. Sachant que la concentration en électrons est de **$8.45.10^{23}$ électrons/m³**, déterminer :

- a) La vitesse d'entraînement des électrons
- b) La mobilité des électrons
- c) La conductivité du fil, sachant la longueur du fil est 2.5m et il est soumis à une d.d.p de **0.1V**.

Exercice n°02 : (6 points)

* On considère le circuit ci-dessous :



On donne : $V_{DZ} = 6V$

*Calculer le courant I_Z , tout en appliquant :

* Le théorème de Thevenin

Correction de L'examen

I/ Questions de cours : (7 points)

1) Rôle de la diode Zener :

La diode "Zener" est utilisée principalement pour la protection des circuits contre les surtensions parasites ou les bruits et la stabilisation. (0,75)

2) Expression de la concentration intrinsèque n_i en fonction de la température :

$$n_i = AT^{3/2} \exp\left(-\frac{W_i}{2KT}\right) \quad (0,75)$$

W_i : Energie d'ionisation (J)

T : Température (K)

A : Constante caractéristique du semi-conducteur (1pt)

K : Constante de Boltzmann

$K=1.38.10^{-23} \text{J/K}$

3) Les diagrammes énergétiques des solides et interprétations :

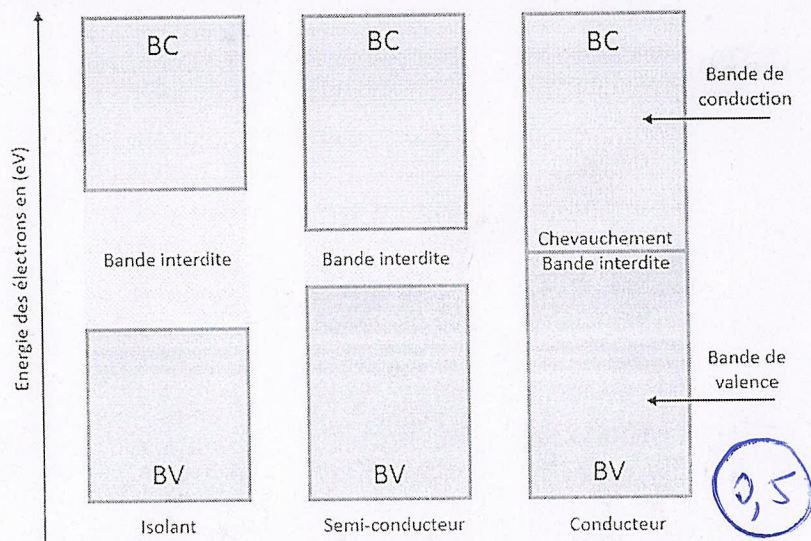


Figure 1 : Diagrammes énergétiques des solides

- Entre la bande de conduction et la bande de valence se trouve le plus souvent la bande interdite.
- Les isolants sont des corps dont la bande interdite est trop large $\rho > 10^6 \Omega \cdot m$ (plusieurs eV) ; donc l'isolant ne possède pas d'électrons libres. (0,25)
- Dans les semi- conducteurs, la largeur de la bande interdite est petite (1e.V environ). La résistivité ρ du semi-conducteur varie entre ($10^{-6} \Omega.m$ et $10^6 \Omega.m$). (0,25)
- Dans les conducteurs, la bande interdite intermédiaire est supprimée du fait du chevauchement des 2 bandes de conduction et de valence. ρ varie entre ($10^{-8} \Omega.m$ et $10^{-6} \Omega.m$) → faible (0,25)

4) Réalisation de la jonction d'une diode à semi-conducteur :

La réalisation d'une jonction est une opération très délicate. On utilise trois techniques pour réaliser cette jonction : (0,25)

- 1- par alliage (0,5)
- 2- par diffusion (0,5)
- 3- par épitaxie (0,5)

5) Définition de la conductivité d'un solide :

Par définition la conductivité d'un solide est le produit de facteurs suivants :

- La mobilité de ses porteurs (0,25)
- La valeur de charge de chaque porteur (0,25)
- La concentration en porteurs (0,25)

$$\sigma = \mu \cdot q \cdot n = \frac{J}{E} \text{ (A/V.m)} \quad (0,25)$$

- La conductivité est aussi la somme des conductivités, n (-) et p (+) donc :

$$\sigma = \sigma_n + \sigma_p = q_n \mu_n \cdot n + q_p \mu_p \cdot p \quad (0,25)$$

- En général : $|q_n| = q_p$ d'où, la simplification :

$$\sigma = q(n\mu_n + p \cdot \mu_p) \quad (0,25)$$

II/ LES EXERCICES : (13 points)

EXERCICE N°01 : (7 points)

a) La vitesse d'entraînement des électrons

Un conducteur de section S est traversé par une intensité qui correspond aux électrons contenus dans le volume S.v. Si le conducteur comporte n électrons par unité de volume, on a :

$$I = n \cdot e \cdot S \cdot v, \text{ soit :}$$

$$v = \frac{I}{n \cdot e \cdot S} \quad (1 \text{ pt})$$

Application numérique

$$v = \frac{2}{8.45 \cdot 10^{23} \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 3.14 \cdot (0.5 \cdot 10^{-3})^2} = \frac{2}{10.61 \cdot 10^{23} \cdot 10^{-19} \cdot 10^{-6}}$$

$$v = \frac{2}{10.61 \cdot 10^{23} \cdot 10^{-25}} = \frac{2}{10.61 \cdot 10^{-2}} = \frac{2 \times 10^2}{10.61} = 0.19 \times 10^2 = 19 \text{ m/s}$$

$$v = 19 \text{ m/s} \quad (1 \text{ pt})$$

b) La mobilité des électrons

* La mobilité des électrons est inversement proportionnelle au champ électrique

($\mu = \frac{v}{E}$) lequel dépend de la d.d.p appliquée aux extrémités du conducteur en outre de la relation champ - potentiel.

Soit :

$$\mu = \frac{v}{E} \rightarrow (1)$$

$$E = \frac{U}{L} \rightarrow (2)$$

(2) dans (1) :

$$\mu = \frac{v}{U/L} = \frac{v \cdot L}{U}$$

$$\mu = \frac{v \cdot L}{U} \quad (2 \text{pts})$$

Application numérique

$$\mu = \frac{19 \times 2.5}{10} = 4.75 \text{ m}^2/\text{V} \cdot \text{s}$$

$$\mu = 475 \text{ m}^2/\text{V} \cdot \text{s} \quad (2 \text{pt})$$

c) La conductivité du fil

* La conductivité du fil est liée à la mobilité par la relation :

$$\sigma = n \cdot e \cdot \mu \quad (2 \text{pt})$$

Application numérique

$$\sigma = 8.45 \cdot 10^{23} \times 1.6 \times 10^{-19} \times 475 = 6422 \times 10^4 (\Omega \cdot \text{m})^{-1}$$

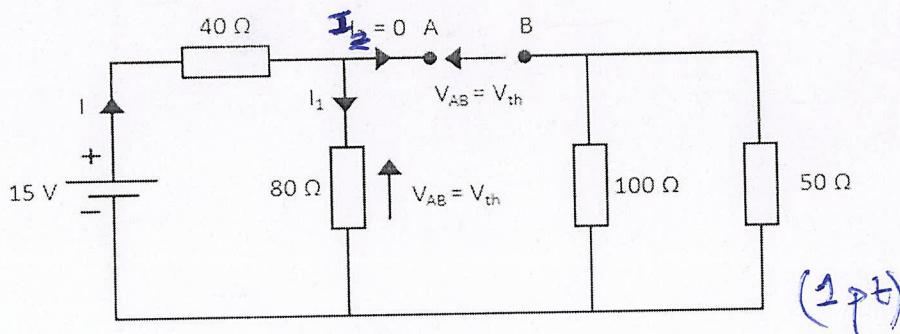
$$\sigma = 6422 \times 10^4 (\Omega \cdot \text{m})^{-1} \quad (2 \text{pt})$$

Exercice N°02 : (6 points)

* Le courant I_Z , tout en appliquant

* Le théorème de Thevenin

1^{ème} étape : On débranche la diode Zener et on calcule $V_{AB} = V_{th}$



$$I = I_1 + I_Z \quad (I_Z = 0 \rightarrow \text{circuit ouvert})$$

$$I = I_1 \quad (40\Omega \text{ en série avec } 80\Omega)$$

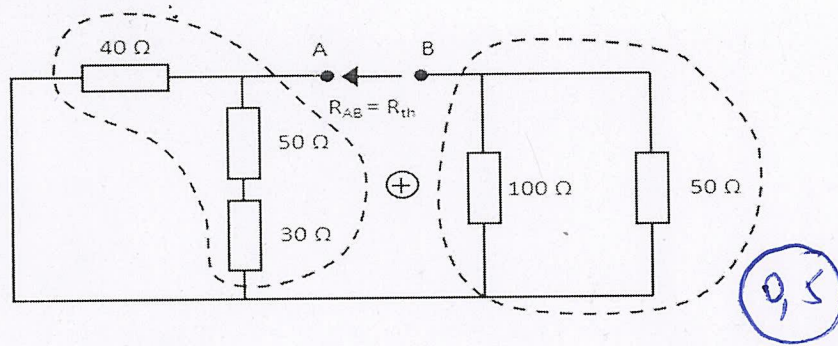
$$V_{AB} = V_{th} = \frac{80}{80 + 40} \cdot 15 \quad (2 \text{pts}) \quad (\text{Diviseur de tension})$$

Application numérique

$$V_{AB} = V_{th} = \frac{80}{120} \cdot 15 = \frac{1200}{120} = 10V$$

$$V_{AB} = V_{th} = 10V \quad (0,5)$$

2^{ème} étape : On court-circuite tous les générateurs



3^{ème} étape : On calcule $R_{AB} = R_{th}$

$$R_{th} = R_{eq1} + R_{eq2}$$

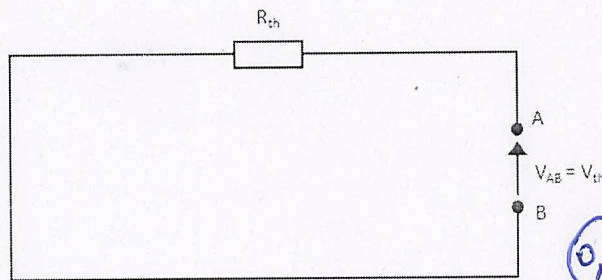
$$R_{eq1} = \frac{80 \times 40}{80 + 40} = 26.67 \Omega$$

$$R_{eq2} = \frac{100 \times 50}{100 + 50} = 33.33 \Omega$$

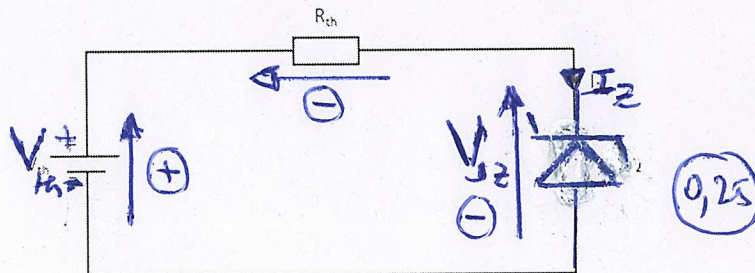
Application numérique

$$R_{th} = 26.67 + 33.33 = 60 \Omega$$

$$R_{th} = 60 \Omega$$



4^{ème} étape : On enlève le court-circuit et on branche la diode Zener



5^{ème} étape : On calcule le courant I_Z

$$\sum V_1 = 0$$

$$V_{th} - R_{th} I_Z - V_{DZ} = 0 \rightarrow R_{th} I_Z = V_{th} - V_{DZ}$$

$$I_Z = \frac{V_{th} - V_{DZ}}{R_{th}}$$

Application numérique :

$$I_Z = \frac{V_{th} - V_{DZ}}{R_{th}} = \frac{10 - 8}{60} = \frac{2}{60} = 0.033A$$

$$I_Z = 0.033A$$