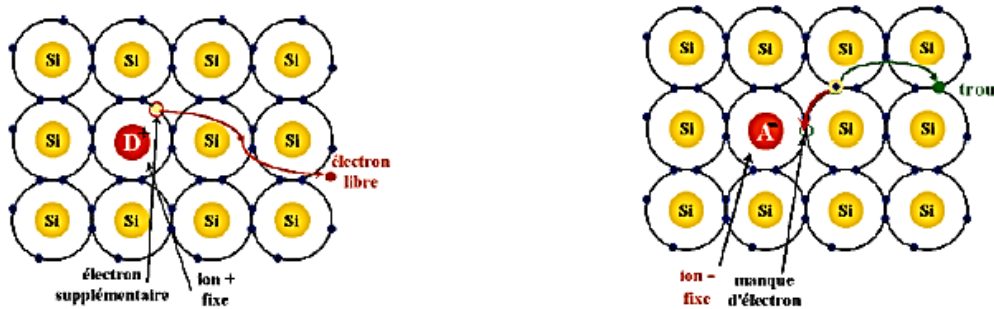


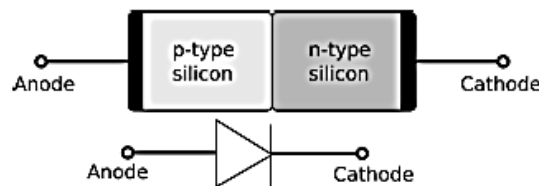
1 Jonction PN au Silicium (proche de CCS1 PC 2022)

Document 1 : Jonction PN au silicium

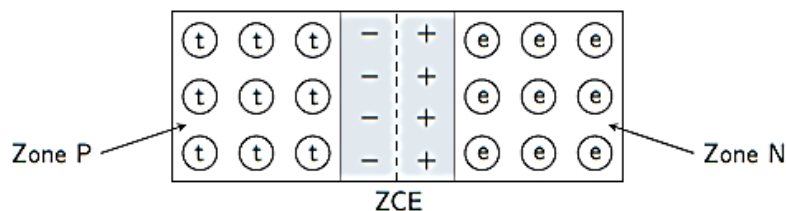
Dans un métal, les porteurs de charge libres, à même d'assurer la conduction électrique, sont tous de même type : des électrons. Dans un semi-conducteur comme le silicium, les porteurs de charge peuvent au contraire être de deux types différents : des électrons, de charge $-e$, et des trous, que l'on peut voir comme des « vides d'électrons » de charge apparente $+e$. Dans un semi-conducteur simple, on rencontre autant d'électrons que de trous. Le dopage d'un semi-conducteur consiste à lui ajouter, en faible quantité, des hétéroatomes donneurs ou accepteurs d'électrons qui modifient la proportion de porteurs libres de chaque type : dans un semi-conducteur de type N (négatif), la conduction électrique est majoritairement assurée par des électrons, alors que dans un semi-conducteur de type P (positif), la conduction est principalement due aux trous. Exactement comme un métal, un semi-conducteur reste globalement neutre quel que soit le dopage, seul change le nombre de porteurs libres de chaque type.



Il est possible de changer brutalement la nature du dopage dans un même cristal, formant alors une jonction PN. C'est ainsi que sont fabriquées les diodes au silicium ou les cellules photovoltaïques, alors qu'un transistor est réalisé en mettant deux jonctions successives en sens inverse, PNP ou NPN.



La proximité des deux zones P et N va entraîner une migration par diffusion des trous vers la zone N et des électrons vers la zone P, et par suite des recombinaisons de paire électron-trou. Ce mécanisme entraîne l'apparition d'une zone intermédiaire autour de la jonction, appelée zone de charge d'espace (ZCE) ou zone de déplétion, dans laquelle la zone N se trouve localement chargée positivement et la zone P chargée négativement. C'est la présence de cette zone de charge d'espace qui est à l'origine du comportement de la diode, qui ne laisse passer le courant que dans un seul sens.



- 1 - Les hétéroatomes accepteurs d'électrons sont-ils à l'origine d'un dopage de type N ou P ? Expliquer.
- 2 - Justifier précisément que la zone P de la ZCE est chargée négativement et la zone N positivement.

L'objectif des questions suivantes est de déterminer le champ électrique régnant dans la ZCE. Les électrons et les trous n'ayant pas forcément la même capacité à migrer dans les zones N et P, celle-ci peut être dissymétrique. On la modélise donc par la distribution de charge $\rho(x)$ uniforme par morceaux représentée figure 3. La section S du semi-conducteur est supposée indépendante de x .

- 3 - La ZCE étant globalement neutre, déterminer la relation entre a , b , ρ_P et ρ_N .

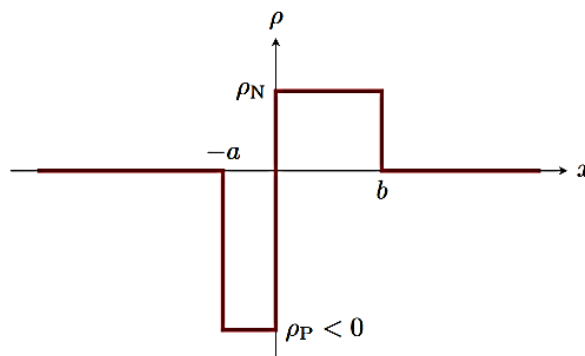


Figure 3 – Modélisation de la densité volumique de charge dans la ZCE d'une diode à jonction. Les deux largeurs a et b sont positives, mais les densités de charge ρ_P et ρ_N sont algébriques.

4 – On considère dans cette question une distribution uniforme de densité volumique ρ_0 comprise entre les plans d'équation $x = -d/2$ et $x = +d/2$ où d est une largeur. Déterminer l'expression du champ électrique créé par une telle distribution.

5 - À partir de la question précédente, déterminer sans calcul complexe le champ électrostatique créé par la ZCE en fonction de x, a, b et ρ_N .

6 - Représenter les variations de la composante non-nulle de $\vec{E}$ en fonction de x .

7 - Imposer une tension aux bornes de la diode entraîne l'apparition d'un champ électrique à l'intérieur de celle-ci. Quel est le sens du champ à appliquer pour que la diode soit passante ? Laquelle des deux zones P ou N doit être portée au potentiel le plus élevé ? En déduire le sens passant du courant dans la diode.

2 Charge en surface d'un semi-conducteur (d'après oral PT)

Dans le domaine $x > 0$ se trouve un semi-conducteur chargé en volume selon une densité $\rho(x)$ et en surface selon une densité σ_0 uniforme. Le champ électrique dans ce semi-conducteur s'écrit $\vec{E} = E_0 e^{-x/\ell} \vec{u}$ avec $E_0 > 0$, $\ell > 0$ et $\vec{u}$ un vecteur unitaire. Le champ électrique est nul dans le domaine $x < 0$.

1 - Déterminer la direction $\vec{u}$ du champ électrostatique.

2 – A l'aide du théorème de Gauss, déterminer la densité volumique de charge $\rho(x)$ dans les deux domaines $x < 0$ et $x > 0$ et la densité surfacique de charge σ_0 .

3 - Déterminer le potentiel électrostatique en $x = 0$. On le supposera nul pour $x \rightarrow \infty$.

3 Cercle uniformément chargé (d'après oral CCMP)

On dispose d'un cercle de rayon a chargé de charge linéique λ supposée uniforme sauf sur un arc de ce cercle d'angle 2α qui n'est pas chargé.

1. Déterminer le champ électrique au centre du cercle.

2. Que vaut-il quand $\alpha \ll 1$? Ce résultat était-il prévisible ?

4 Energie potentielle d'une molécule

La molécule de dioxyde de carbone CO_2 peut être représentée, du fait de la différence d'électronégativité des atomes qui la composent, par la succession de charges suivantes : $(-q) - (+2q) - (-q)$, avec q une charge égale à $e/4$ et $d = 116 \text{ pm}$ la longueur de la liaison $(-q) - (+2q)$.

On définit l'énergie potentielle électrique d'une distribution de charges électriques comme le travail nécessaire pour transporter l'ensemble des charges qui la composent depuis l'infini jusqu'à leur position finale.

1) Déterminer l'expression de l'énergie potentielle électrostatique de cette molécule.

2) Donner sa valeur en Joule et en électron-volt. Commenter.