1 Diode au silicium

Une diode au silicium est en fait constituée d'une jonction de deux semi-conducteurs dopés, l'un de type "P" et l'autre de type "N". Dans ces deux zones, on ajoute, en quantité limitée, des impuretés dans le silicium de telle façon que la zone "N" contient une majorité d'électrons et une minorité de trous "+" (d'où sa charge négative) alors que la zone "P" contient une majorité de trous "+" et une minorité d'électrons (d'où sa charge positive) comme illustré en figure **??** où seuls les porteurs majoritaires ont été représentés.

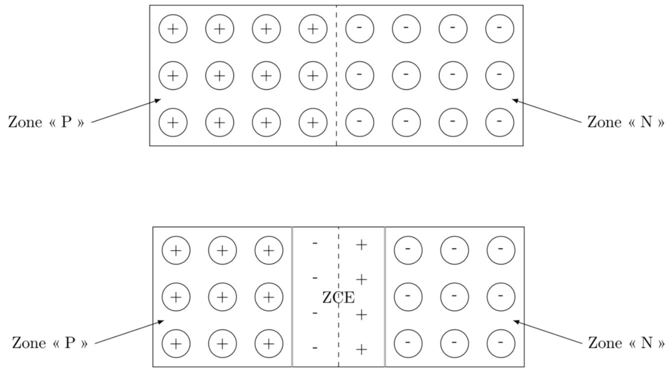


Figure 1: Comparaison des différentes configurations de la jonction P-N.

La proximité de ces deux zones va entraîner une migration des trous vers la zone "N" ainsi que des électrons vers la zone "P". Lorsqu'un électron migre vers la zone "P", il va se recombiner avec un trou et cela entraîne l'apparition d'un trou dans la zone "N" ; un raisonnement analogue peut être tenu en ce qui concerne la migration d'un trou "P" vers la zone "N". Tout ceci entraîne une zone appelée zone de charge d'espace, notée ZCE, dans laquelle la zone "N" se trouve localement chargée positivement et la zone "P" chargée négativement comme illustré figure 2.

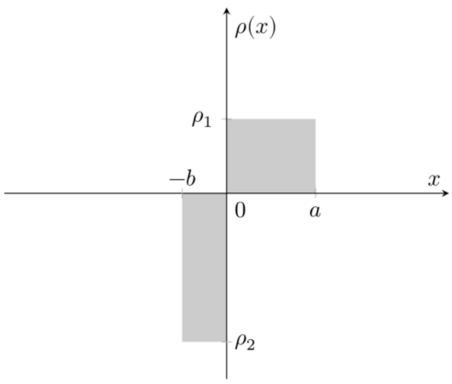


Figure 2: Zone de charge d'espace (ZCE).

Questions

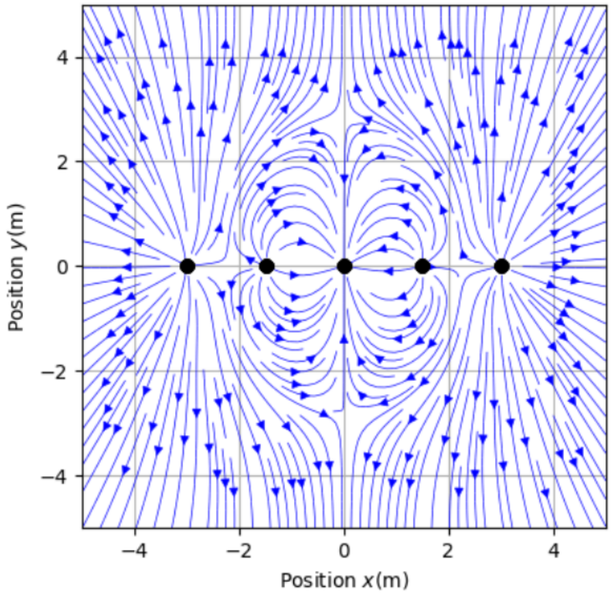
(a) La ZCE étant globalement neutre, déterminer la relation entre a, b, ρ_1 et ρ_2.
(b) On considère le cas d'une distribution uniforme de densité volumique ρ_0 comprise entre les plans d'équations $x = -\frac{d}{2}$ et $x = \frac{d}{2}$ où d est une largeur.

- (i) Démontrer soigneusement que le vecteur champ électrostatique créé par cette distribution en tout point M est de la forme $\vec{E}(M) = E(x)\hat{u}_x$.
- (ii) À l'aide du théorème de Gauss, déterminer soigneusement l'expression de $E(x)$ en tout point de l'espace. On montrera en particulier que $E(x) = \frac{\rho_0 x}{\epsilon_0}$ si $|x| < \frac{d}{2}$.

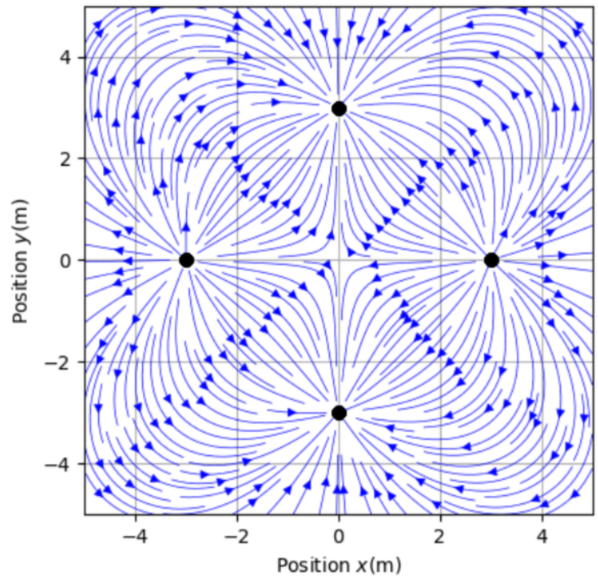
(c) À l'aide du principe de superposition, déterminer le vecteur champ électrostatique en tout point M de la ZCE précédemment décrite. On exprimera $E(x)$ en fonction de x, ρ_1, a et b.
(d) Représenter les variations de $E(x)$ pour x variant de $-b$ à a.
(e) À l'aide de l'étude précédente, indiquer la valeur minimale de la tension $U = V_P - V_N$ à appliquer afin qu'un courant circule dans la diode.

2 Distributions de charge

On donne les lignes de champ électrostatique générées par une distribution de charges ponctuelles dans les figures 3a et 3b. Dans la figure 3a, les charges sont numérotées de 0 à 4, en partant de la charge de gauche. Dans la figure 3b, les charges sont numérotées de 0 à 3, en partant de la charge de gauche et en tournant dans le sens des aiguilles d'une montre.



(a) Distribution de charges ponctuelles et lignes de courant



(b) Distribution de charges ponctuelles et lignes de courant

Figure 3: Distributions de charges et lignes de champ électrostatique

1. On s'intéresse à la distribution de charges de la figure 3a,
   (a) Donner le signe de chacune des charges.
   (b) Existe-t-il des plans de symétrie dans cette distribution de charges ponctuelles?
   (c) Existe-t-il des plans d'anti-symétrie dans cette distribution de charges ponctuelles?
2. On s'intéresse à la distribution de charges de la figure 3b,
   (a) Donner le signe de chacune des charges.
   (b) Existe-t-il des plans de symétrie dans cette distribution de charges ponctuelles?
   (c) Existe-t-il des plans d'anti-symétrie dans cette distribution de charges ponctuelles?

3 Question de cours

Atome de Dalton: sphère uniformément chargée de rayon R et de charge volumique ρ_0 : $\vec{E}(M) = ?$