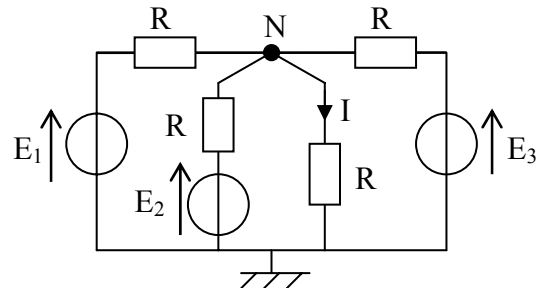


DS1 – Physique – 09/10/2008

EXERCICE 1 : Méthodes d'étude de circuit

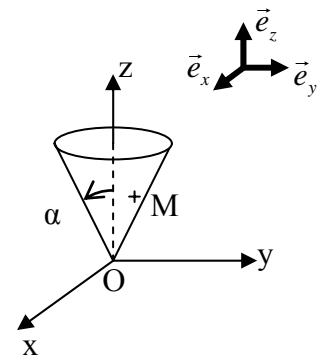
Déterminer, par les 4 méthodes proposées la valeur de I :

1. Les lois de Kirchhoff (écrire le système complet d'équations)
2. La réduction du circuit
3. Le théorème de superposition
4. Le théorème de Millman



EXERCICE 2 : Etude d'un Mouvement sur un cône

On étudie le mouvement dans le référentiel $\mathcal{R} = (O, \vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z, t)$ d'un point M qui se déplace sur un cône comme représenté sur la figure ci-contre. On utilisera les coordonnées cylindriques (r, θ, z) . On connaît l'équation horaire donnant l'angle $\theta(t) = \omega(t)t = \omega_0 t \frac{z_0}{z(t)}$, ainsi que la hauteur initiale $z(0) = z_0$ et l'angle du cône α .



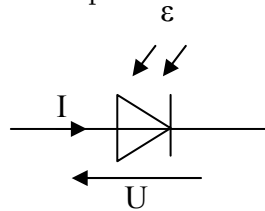
1. Reproduire la figure et représenter pour le point M les vecteurs de la base cylindrique $(\vec{e}_r, \vec{e}_\theta, \vec{e}_z)$, en laissant les traits de constructions permettant de définir clairement la base.
2. Si le point M reste au contact du cône, donner la relation liant $r(t)$, $z(t)$ et l'angle α .
3. Supposons un instant que le point reste à la même hauteur z_0 et donc au même rayon r_0 correspondant, Exprimer les coordonnées du vecteur vitesse $\vec{v}(M/\mathcal{R})$ en fonction de r et de θ .
En déduire l'expression de la vitesse orthoradiale v_θ correspondante. Combien de temps met-il pour faire un tour complet ?
4. Et si il est la hauteur $\frac{z_0}{2}$? Donner v_θ correspondante. Combien de temps met-il ? Interpréter.

On suppose maintenant que le point tombe de la hauteur initiale $z(0) = z_0$ avec une vitesse verticale constante $v_{z_0} < 0$.

5. Exprimer l'équation horaire de $z(t)$, puis en déduire toutes les autres équations horaires.
6. Représenter l'allure de ces coordonnées en fonction du temps, ainsi que l'allure de $\omega(t)$. On note t_f l'instant où le point atteint le fond. Le calculer.
7. Exprimer les coordonnées du vecteur vitesse $\vec{v}(M/\mathcal{R})$ tout d'abord en fonction de (r, θ, z) , puis en fonction de $z_0, v_{z_0}, \omega_0, \alpha$ et t.
8. Exprimer les coordonnées du vecteur accélération $\vec{a}(M/\mathcal{R})$ tout d'abord en fonction de (r, θ, z) , puis en fonction de $z_0, v_{z_0}, \omega_0, \alpha$ et t.
9. Représenter pour le point M les vecteurs $\vec{v}(M/\mathcal{R})$ et $\vec{a}(M/\mathcal{R})$ sur 2 schémas différents (faire un zoom et représenter chacune des composantes en faisant attention aux sens), ainsi que la trajectoire (sur le même schéma que la vitesse).
10. Interpréter chacune des composantes de ces vitesse et accélération (sens et direction).

PROBLEME : Etude d'une photopile solaire

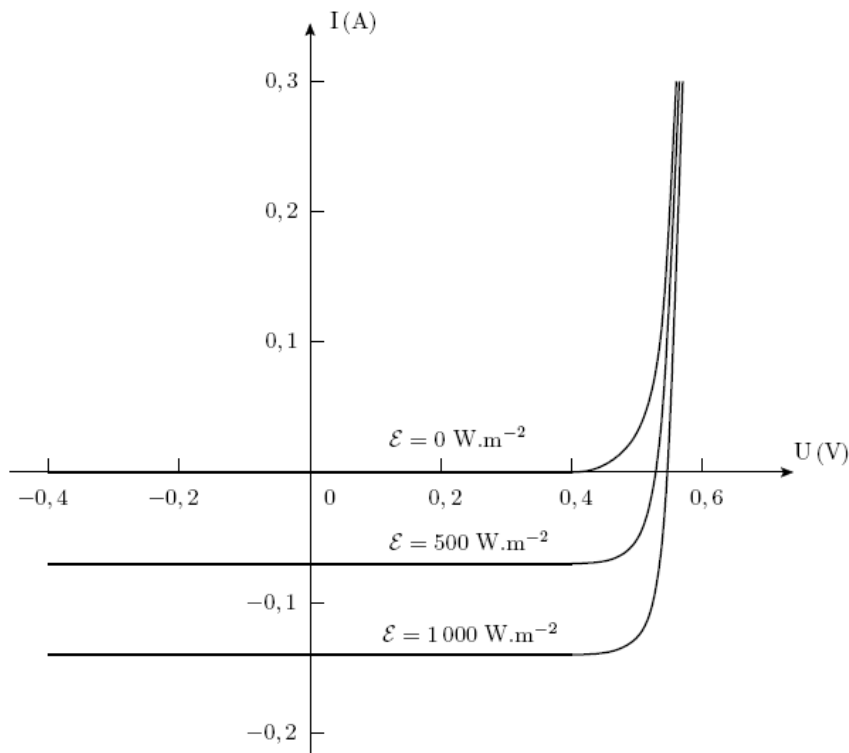
Une photopile (ou cellule photovoltaïque) est un composant qui permet la transformation directe d'une énergie électromagnétique (rayonnement solaire) en énergie électrique. Le capteur étudié est constitué d'une jonction semi-conductrice de type PN schématisée par :



La tension U à ses bornes et l'intensité I qui la traverse vérifient, dans la convention utilisée, la relation :

$$I = I_S \left[\exp\left(\frac{qU}{k_B T}\right) - 1 \right] - I_{PH}, \text{ avec } I_{PH} = \alpha \Sigma \varepsilon$$

Où I_S est le courant de saturation, q la charge élémentaire, k_B la constante de Boltzmann, T la température en Kelvin, Σ l'aire du capteur, ε la puissance lumineuse reçue par unité de surface, et α un coefficient supposé constant. Le courant électrique I_{PH} , lié à l'éclairement solaire, est appelé photocourant. La figure suivante montre cette caractéristique sans éclairement, puis sous différents éclairements d'intensité croissante.



Données numériques :

$$q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$I_S = 0,1 \text{ nA}$$

$$\alpha = 0,35 \text{ A.W}^{-1}$$

$$k_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J.K}^{-1}$$

$$T = 300 \text{ K}$$

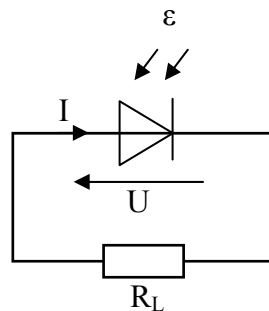
$$\Sigma = 4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\varepsilon = 1 \text{ kW.m}^{-2}$$

I Rendement en mode photovoltaïque

- I.1 Calculer la valeur du courant I_{PH} pour un éclairement $\varepsilon = 1 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$. Comment retrouve-t-on ce résultat en utilisant le graphe (I, U) ?
- I.2 Préciser dans quel quadrant de la caractéristique la photodiode peut fonctionner en mode photovoltaïque ? (C'est-à-dire fournir de l'énergie)
- I.3 Exprimer la tension U_0 aux bornes de la photodiode en circuit ouvert, en fonction de k_B , de T , q , I_{PH} et I_S . Calculer U_0 et vérifier graphiquement la valeur trouvée.
- I.4 Que vaut le courant de court-circuit I_{cc} de la photodiode ?
- I.5 Sur quel intervalle pourrait-on modéliser la photodiode par un MET ? Pourquoi ? Faites-le pour un éclairement $\varepsilon = 1 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$, en donnant les noms et les valeurs des composants du MET obtenu.

On place une résistance R_L , dite de charge, aux bornes de la photodiode.



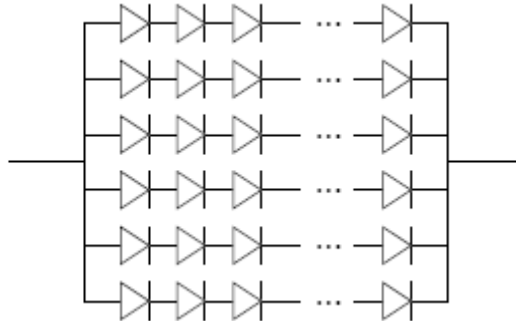
- I.6 En quelle convention est représentée la photodiode ?
- I.7 Reproduire le tracé de la caractéristique (I, U) de la photodiode pour un éclairement $\varepsilon = 1 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$ et superposer au dessin les caractéristiques (I, U) pour des résistances de charge $R_1 = 0\Omega$ (un fil), $R_2 = 1\Omega$, $R_3 = 2\Omega$, $R_4 = 3.8\Omega$, $R_5 = 6\Omega$, $R_6 = 8\Omega$ et $R_7 = \infty$ (circuit ouvert)
- I.8 En déduire les valeurs des intensités I_i et des tensions U_i dans le circuit. Calculer les puissances P_i fournies par la photodiode lorsqu'elle débite sur toutes ces résistances (faire un tableau récapitulatif)
- I.9 Tracer l'évolution de la puissance fournie en fonction de la tension à ses bornes. Pour quelle valeur de U la puissance est-elle maximale ? On voit que la photodiode est un dipôle actif, mais qui a besoin d'un dispositif externe pour la faire fonctionner dans les meilleures conditions.

Le rendement de conversion η de la cellule est défini comme le rapport de la puissance maximale fournie par la photodiode à la puissance du rayonnement incident.

- I.10 En admettant que la puissance P_4 calculée précédemment pour la résistance $R_4 = 3.8\Omega$ est la puissance maximale, calculer η et commenter cette valeur.

II Capteur solaire

Pour augmenter les performances de ce dispositif, on associe en série et en parallèle respectivement $n_s = 36$ et $n_p = 6$ cellules identiques à celle étudiée.



- II.1 Comment fait-on pour obtenir la caractéristique courant-tension de 2 photodiodes associées en série ? Et si elles sont associées en parallèle ?
- II.2 Tracer la nouvelle caractéristique de fonctionnement du capteur solaire complet.
- II.3 Quelle est la puissance maximale délivrée par ce capteur solaire ?
- II.4 Le capteur solaire étant couplé à un ventilateur, assimilé à une résistance de 22Ω , tracer sur le schéma précédent la caractéristique de ce ventilateur. En déduire la puissance P' reçue par le ventilateur.
- II.5 Le rendement du dispositif est-il meilleur avec cette association de photopiles ?

III Branchement à une batterie

On se propose maintenant de charger une batterie $\{12V, 1\Omega\}$.

- III.1 Dites ce que représentent les 2 grandeurs entre accolade ?
- III.2 Reproduisez une nouvelle fois la caractéristique du capteur solaire complet, et superposez la caractéristique de la batterie. Quel est le point de fonctionnement ?
- III.3 Quelle est la puissance reçue par la batterie ? Est-ce la puissance maximale que le capteur peut délivrer ?
- III.4 Sur la batterie, on lit qu'elle contient 8Ah. De quel type est cette grandeur ?
- III.5 On souhaite charger la batterie en 2h si elle est totalement déchargée, proposez une nouvelle association de photopiles permettant d'obtenir le courant souhaité et de travailler à puissance maximale.