

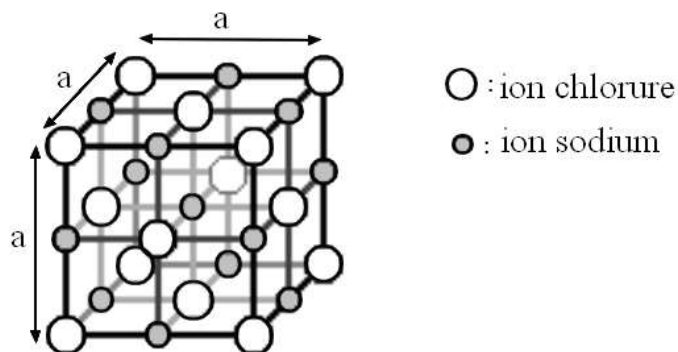
Devoir surveillé n°3 :

Durée : 4h

CHIMIE**Exercice n°1 :** (inspiré de CCP TSI 2015)

Le chlorure de sodium cristallise sous la forme d'un réseau cubique faces centrées. Dans cette structure, les ions chlorure Cl^- constituent un réseau cubique à faces centrées.

Les ions sodium occupent les sites octaédriques du réseau c'est-à-dire le centre du cube et les milieux des arêtes du cube.



- 1) A l'aide de la figure 3, déterminer le nombre d'ions chlorure et d'ions sodium dans une maille.
- 2) En déduire la formule chimique de ce cristal.
- 3) De l'électroneutralité du cristal, déduire la charge de l'ion sodium. A quelle famille de la classification périodique l'élément sodium appartient-il ?
- 4) Un logiciel de simulation nous permet de déterminer le paramètre $a = 564 \text{ pm}$ de la maille. A partir de cette unique donnée estimer le rayon r_{Cl} de l'ion chlorure et le rayon r_{Na} de l'ion sodium. On précisera les hypothèses utilisées.

Exercice n° 2 :

Le premier étage de la fusée Ariane IV est équipé de moteurs Viking qui utilisent la diméthylhydrazine (DMHA), de formule $\text{C}_2\text{H}_8\text{N}_2$, comme combustible et le tétraoxyde de diazote, de formule N_2O_4 comme comburant. Ces espèces chimiques réagissent de manière totale entre elles à l'état gazeux. La réaction donne du diazote, de l'eau et du dioxyde de carbone, tous à l'état gazeux. La fusée emporte 50,0 tonnes de DHMA et une masse m de N_2O_4 .

- 1) Ecrire l'équation chimique modélisant la réaction.
- 2) Calculer la quantité de matière de DHMA emportée.
- 3) On note n la quantité de matière initiale de N_2O_4 . Décrire l'état final du système en quantité de matière dans le cas où $n = 2 \cdot 10^6 \text{ mol}$.
- 4) Quelle est la quantité de matière n de N_2O_4 à emporter pour que le mélange initial soit stœchiométrique ?
- 5) Déterminer dans ces conditions, le volume total de gaz expulsé par le moteur.

Données :

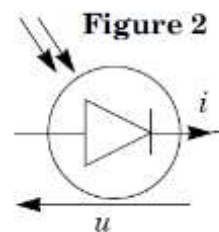
Volume molaire d'un gaz : $90 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$.

$M(\text{C}) = 12 \text{ g/mol}$, $M(\text{N}) = 14 \text{ g/mol}$, $M(\text{H}) = 1 \text{ g/mol}$

PHYSIQUE

Exercice n°1 : inspiré de centrale TSI 2006

Une photodiode est un composant électro-optique dont la caractéristique électrique dépend de la puissance lumineuse moyenne reçue au niveau de sa surface sensible. Une photodiode, représentée sur la figure 2, a une caractéristique donnée par :



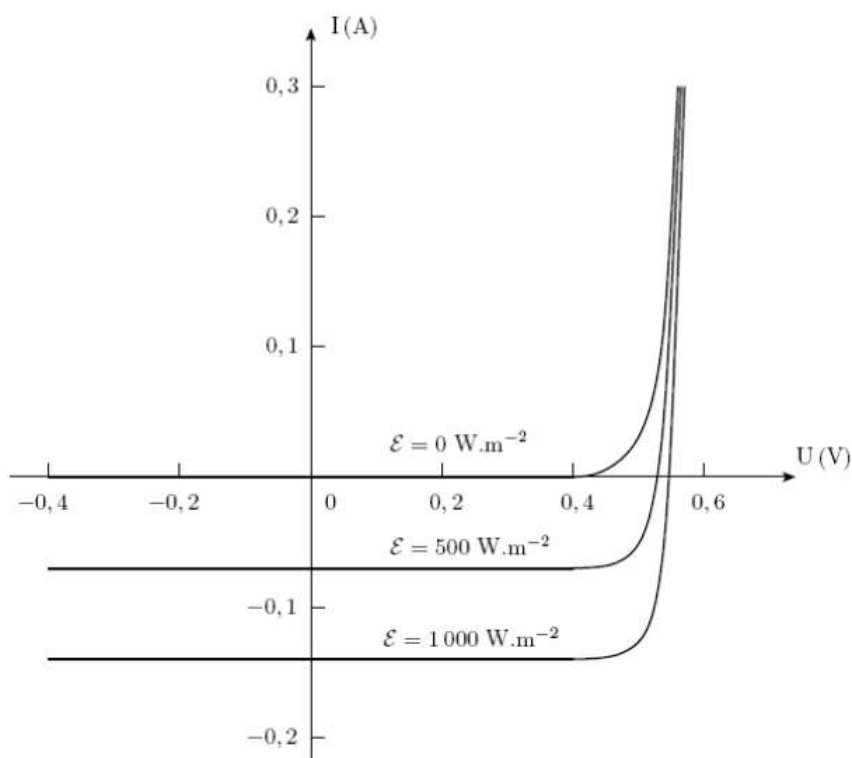
$$i(u) = I_0 \left(\exp\left(\frac{u}{V_0}\right) - 1 \right) - I_p$$

I_0 et V_0 sont des constantes : $I_0 = 0.1 \text{ nA}$, $V_0 = 26 \text{ mV}$.

L'intensité I_p , appelée photocourant, est proportionnelle à la puissance lumineuse reçue P_l , selon la loi $I_p = kP_l$, où k est une constante. ($k = 0.35 \text{ A/W}$)

La figure suivante montre la caractéristique $i(u)$ sans éclairement, puis sous différents éclairements ε d'intensité croissante.

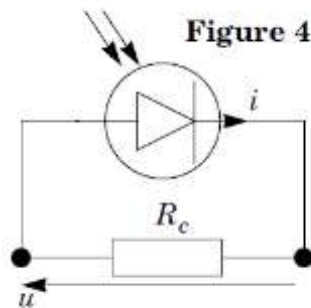
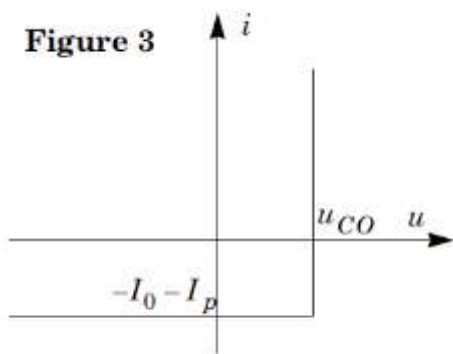
ε est la puissance lumineuse reçue par unité de surface. La surface éclairée est $S = 4.10^{-4} \text{ m}^2$.



Rendement en mode photovoltaïque

- 1) Calculer la valeur du photocourant I_p pour un éclairement de 1 kW.m^{-2} . Comment retrouve-t-on ce résultat en utilisant le graphe $I(U)$? Comment appelle-t-on aussi ce courant ?
- 2) Exprimer la tension à vide u_{CO} de la diode, en fonction de V_0 , I_p et I_0 . Calculer u_{CO} et vérifier graphiquement la valeur trouvée.
- 3) Montrer qu'il existe un domaine du plan où la photodiode fournit une puissance positive au circuit où elle se trouve. Dans quelle région du plan se comporte-t-elle pratiquement comme un générateur idéal de courant ?

Afin de simplifier l'analyse, on représente désormais la caractéristique de façon approchée par deux segments de droite (figure 3).



On place une résistance R_c , dite de charge, aux bornes de la photodiode. (figure 4)

- 4) Quelle relation supplémentaire entre i et u la résistance impose-t-elle ?
- 5) Déterminer la tension u et l'intensité i , en fonction de R_c , I_P , I_0 et V_0 . On pourra justifier graphiquement en superposant la caractéristique de la photodiode et la représentation graphique de la relation imposée entre i et u par la résistance R_c .

On distinguera deux cas, selon la valeur de R_c . On introduira la résistance $R_0 = \frac{u_{CO}}{I_0 + I_P}$.

- 6) Déterminer dans chaque cas la puissance fournie par la photodiode en fonction de R_c , I_P , I_0 et u_{CO} .
- 7) Représenter graphiquement la courbe $P(R_c)$. Déterminer la puissance maximale fournie P_{max} , en fonction de I_P , I_0 et u_{CO} . Pour quelle valeur R_{opt} de la résistance R_c obtient-on cette puissance maximale ? Déterminer numériquement R_{opt} pour un éclairement de 1 kW.m^{-2} .
- 8) On définit le rendement de conversion de la photodiode par $\eta = \frac{P_{max}}{P_l}$.
 - a) Exprimer ce rendement en fonction V_0 , k et de la quantité $x = \frac{kP_l}{I_0}$.
 - b) Déterminer numériquement ce rendement obtenu pour un éclairement de 1 kW.m^{-2} .
 - c) Dans la limite $x \rightarrow \infty$, que penser du modèle utilisé pour décrire la caractéristique de la diode ?
- 9) On associe en série N photodiodes, recevant chacune le même éclairement de 1 kW.m^{-2} .
 - a) Déterminer la tension de circuit ouvert $u_{CO,S}$ et le courant de court-circuit $i_{cc,S}$ du dipôle ainsi constitué.
 - b) Déterminer la puissance maximale $P_{max,S}$ que peut délivrer le générateur ainsi constitué en fonction de P_{max} et N .
 - c) Déterminer, en fonction de R_{opt} et N , la résistance de charge optimale $R_{opt,S}$ que l'on doit connecter au générateur constitué des photodiodes en série de façon à récupérer le maximum de puissance.
- 10) Reprendre les questions précédentes en supposant que l'on associe les photodiodes en parallèle. On notera dans ce cas la tension de circuit ouvert $u_{CO,P}$, le courant de court-circuit $i_{cc,P}$, la puissance maximale $P_{max,P}$ et la résistance optimale $R_{opt,P}$.
- 11) On désire alimenter une résistance $R_c = 20 \Omega$ à l'aide d'un ensemble de photodiodes associées soit en série, soit en parallèle, recevant chacune le même éclairement de 1 kW.m^{-2} . Déterminer numériquement le nombre N de photodiodes à employer, ainsi que la façon optimale de les connecter (soit en série, soit en parallèle), de façon à recueillir le maximum de puissance dans la résistance.

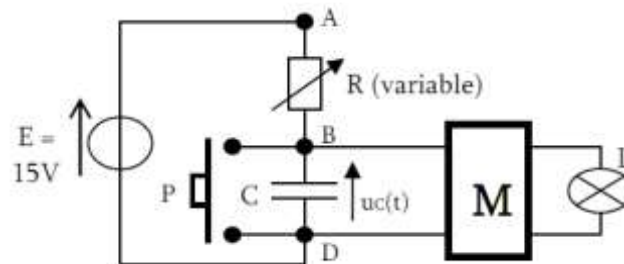
Exercice n°2 : Minuterie d'immeuble

Les minuteries sont classiquement utilisées pour économiser l'énergie dans les cages d'escalier d'immeuble ou dans les toilettes communes en éteignant automatiquement la lumière au bout d'un temps t_{OFF} .

Elles se placent facilement dans le compteur électrique d'une maison ou d'un immeuble. Le déclenchement peut se faire manuellement par l'appui sur un bouton poussoir ou automatiquement à l'aide d'un détecteur de présence.

On se propose d'étudier le fonctionnement simplifié d'une minuterie à base de circuit RC, dont le temps d'extinction t_{OFF} peut être réglé.

Dans le schéma de principe ci-dessous, le composant M permet l'allumage de la lampe L tant que la tension du condensateur est inférieure à une tension limite $U_{lim} = 10V$.



Ce composant M possède une alimentation électrique propre (non représentée) qui lui fournit l'énergie nécessaire à l'allumage de la lampe. On admettra qu'il ne perturbe pas le fonctionnement du circuit RC, sa résistance interne d'entrée étant très élevée, il ne prélève pas de courant, la tension aux bornes du condensateur est alors identique que M soit présent ou non dans le circuit.

Pour allumer la lumière, l'utilisateur appuie sur le bouton poussoir P, ce qui a pour effet de décharger le condensateur et d'allumer la lampe. Il le relâche à l'instant considéré comme l'instant initial $t = 0$ de la minuterie. Le condensateur est alors complètement déchargé.

- 1) Faire un schéma simplifié du montage. Indiquer les branchements qui permettent de visualiser sur un oscilloscope la tension $u_C(t)$.
- 2) Etablir l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur.
- 3) Quelle elle est la valeur $U_{C\infty}$ de $u_C(t)$ en régime permanent (bouton poussoir relâché pour $t \rightarrow +\infty$) ?
- 4) Déterminer la constante de temps τ de ce circuit. Faire l'application numérique pour $R = 47k\Omega$ et $C = 220\mu F$.
- 5) Résoudre l'équation différentielle.
- 6) Tracer le graphique de $u_C(t)$ en faisant apparaître la tension E, et la constante de temps τ , ainsi que les régimes permanents et transitoires.
- 7) Déterminer l'expression littérale de la date t_{OFF} à laquelle la tension aux bornes du condensateur atteint la valeur limite U_{lim} , en fonction de U_{lim} , E et τ . Faire l'application numérique,
- 8) Quel(s) paramètre(s) du montage peut-on modifier sans changer le générateur afin d'augmenter la durée d'allumage de la lampe ? Quel est le plus simple ?
- 9) Que se passe-t-il si l'on appuie sur le bouton poussoir alors que la lampe était déjà allumée ? Justifier.
- 10) Décrire qualitativement ce qu'il se passe si le bouton poussoir est un peu encrassé et que cela engendre une résistance électrique supplémentaire au niveau du contact. On pourra s'aider du montage électrique équivalent.