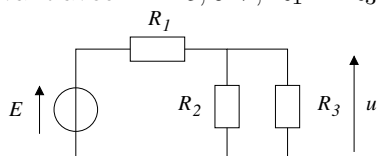


**Devoir surveillé n°03** (le 21 novembre 2015, 2h)

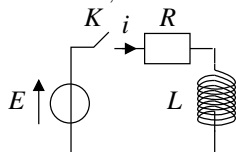
Calculatrice autorisée

Consignes de présentation :

- Séparer clairement les exercices (passer au moins à la page suivante) ;
- pour un exercice donné, indiquer la question traitée et faire les questions dans l'ordre (laisser de la place si nécessaire) ;
- toute réponse doit être justifiée ;
- mettre en évidence les résultats (un résultat non mis en évidence ne sera pas comptabilisé).

**1 Applications du cours****1.1 Lois électriques**On considère le circuit suivant avec  $E = 5,0 \text{ V}$ ,  $R_1 = R_3 = 1,0 \text{ k}\Omega$  et  $R_2 = 2,0 \text{ k}\Omega$ .

1. Déterminer la valeur de la tension  $u$ .
2. Déterminer, en joule, l'énergie dissipée dans la résistance  $R_3$  en une journée.

**1.2 Régime transitoire**On considère le circuit suivant. À  $t = 0$ , on ferme l'interrupteur.

1. Déterminer, sans calcul, l'intensité du courant en  $t = 0^+$  et pour  $t \rightarrow +\infty$ .
2. Déterminer l'équation différentielle vérifiée par l'intensité,  $\forall t > 0$ .
3. Résoudre cette équation et donner l'expression de  $i(t)$ ,  $\forall t \geq 0$ .

**2 Diode électroluminescente (adapté de IPHO 2011)**

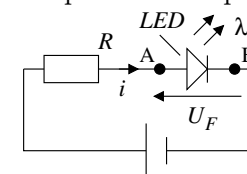
Les diodes électroluminescentes (DEL ou LED en anglais) sont de plus en plus utilisées pour l'éclairage : affichages colorés, lampes de poche, éclairage domestique...

Dans ce composant, l'énergie électrique est convertie directement en lumière au sein d'un matériau semi-conducteur.

**2.1 Émission de lumière par une LED**

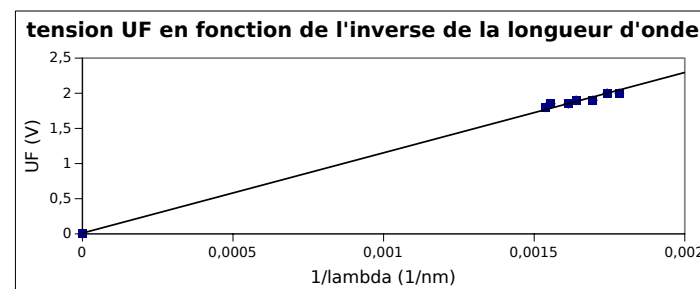
On étudie la lumière émise par une diode électroluminescente, et avec quelle efficacité. Le schéma de branchement électrique d'une LED est indiqué dans la figure suivante.

Comme toute diode, la LED ne laisse passer le courant électrique que dans un sens (de  $A$  à  $B$  sur la figure ci-dessous). En outre le passage du courant électrique dans la diode est associé à l'émission de lumière. Lorsque les électrons (qui conduisent le courant dans l'une des moitiés de la diode) rencontrent les trous (qui assurent la conduction de l'autre côté) au niveau de la jonction, la recombinaison électron-trou s'accompagne de l'émission d'un photon. L'émission de lumière par une diode électroluminescente est ainsi un phénomène quantique.



branchement électrique de la LED

Une diode électroluminescente « de base » émet une lumière que l'on peut considérer monochromatique. Les données fournies par un fabricant montrent que la tension  $U_F$  aux bornes d'une LED en fonctionnement dépend de la longueur d'onde  $\lambda$  émise par la diode (Cf. graphe ci-dessous).



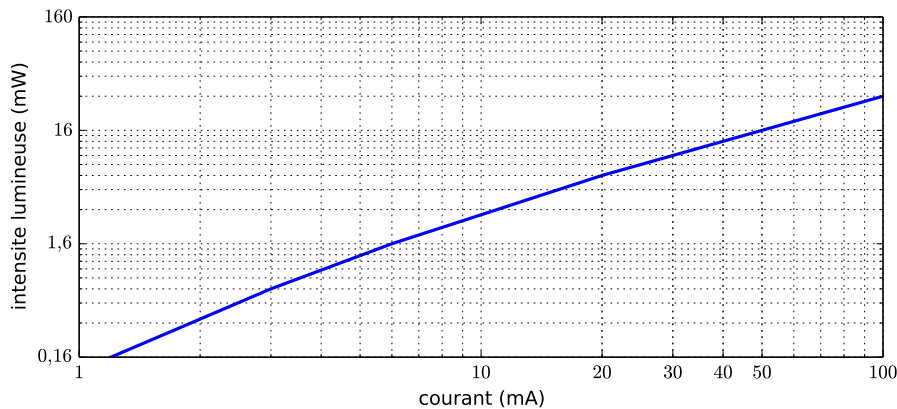
Ce lien entre la tension de fonctionnement et la longueur d'onde de la lumière émise correspond à l'effet réciproque de l'effet photoélectrique, c'est-à-dire ici la conversion d'une énergie électrique en un quantum d'énergie lumineuse.

On rappelle enfin qu'une particule de charge électrique  $q$  placée dans un potentiel électrique  $V$  possède une énergie potentielle  $qV$ .

1. À l'aide d'un bilan énergétique pour un électron traversant la jonction, déterminer la relation entre la longueur d'onde  $\lambda$  du photon émis et la tension  $U_F$ .
2. À l'aide de la question précédente et des documents fournis, évaluer la valeur de la constante de Planck.  
On donne  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$  la vitesse de la lumière dans le vide et  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  la charge élémentaire.

## 2.2 Efficacité d'une LED

Une courbe, fournie par le constructeur, permet de relier la puissance lumineuse émise par la diode au courant électrique qui la traverse. La courbe qui suit correspond à l'intensité lumineuse émise par la LED rouge à 620 nm soumise à une tension  $U_F = 1,85 \text{ V}$ , en fonction de l'intensité électrique qui traverse la LED.



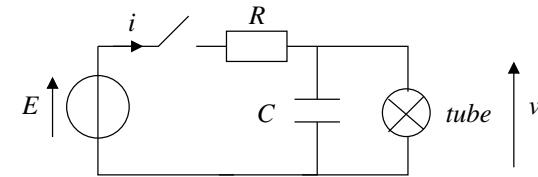
On souhaite déterminer maintenant le rendement quantique d'une LED, c'est-à-dire le nombre de photons émis en moyenne pour chaque charge électrique élémentaire traversant la jonction.

1. Quelle est l'énergie d'un photon rouge de 620 nm ? À combien de photons par seconde correspond une puissance lumineuse de 16 mW ?  
On donne  $h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J.s}$  la constante de Planck.

2. À partir de la courbe, déterminer, pour cette puissance lumineuse, le nombre d'électrons traversant la jonction par unité de temps. En déduire le rendement quantique de la LED, c'est à dire le rapport du nombre de photons produits par le nombre d'électrons qui traversent la diode.
3. Quel est le rendement énergétique de la LED (puissance lumineuse émise/puissance électrique consommée) ?

## 3 Étude d'une balise lumineuse (d'après G2E 2008)

Pour les bateaux, la passe d'un port est signalée la nuit par une balise lumineuse basée sur le schéma électrique ci-dessous.

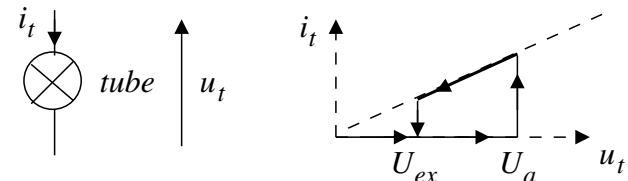


La source de lumière est constituée d'un tube à décharge.

La décharge électrique qui se produit entre les électrodes du tube est caractérisée par une tension d'allumage  $U_a$  et une tension d'extinction  $U_{ex}$ . On admettra que :

- $E > U_a > U_{ex}$ .
- Lorsque le tube est **allumé**, c'est à dire quand la tension à ses bornes prend une valeur qui devient supérieure à  $U_a$ , le tube se comporte comme un **conducteur ohmique de résistance  $r \ll R$** .
- Lorsque le tube est **éteint**, c'est à dire quand la tension à ses bornes prend une valeur qui devient inférieure à  $U_{ex}$ , le tube se comporte comme un **conducteur ohmique de résistance infinie**, c'est à dire un interrupteur ouvert.

Ceci peut être résumé sur la caractéristique suivante :



On ferme l'interrupteur (K) à l'instant initial  $t = 0$ . Le condensateur n'est pas chargé.

On pose  $\tau = RC$  et  $\tau' = rC$ .

1. Phase préliminaire : (tube éteint)

- (a) Le tube étant initialement éteint, déterminer le schéma simplifié du circuit pour cette phase préliminaire.
- (b) Déterminer l'équation différentielle vérifiée par  $v(t)$ .
- (c) En déduire la loi donnant  $v(t)$ .
- (d) Montrer que l'instant d'amorçage  $t_a$ , c'est à dire l'instant où le tube s'allume, a pour expression :

$$t_a = \tau \ln \left( \frac{E}{E - U_a} \right)$$

2. Première phase : (tube allumé)

Afin de simplifier les calculs, l'instant où le tube s'allume est pris comme nouvelle origine des temps.

- (a) Le tube étant maintenant allumé, déterminer le schéma équivalent du circuit pour cette première phase.
- (b) En utilisant la condition  $R \gg r$ , montrer que la tension  $v(t)$  vérifie l'équation différentielle :

$$\tau' \frac{dv}{dt} + v = \frac{E \times r}{R}$$

- (c) Intégrer cette équation et obtenir  $v(t)$  (attention à la condition initiale).  
En déduire, en fonction des données, l'instant  $T_1$  où se produit l'extinction du tube.  
C'est la durée de l'éclair.

3. Deuxième phase : (tube éteint)

Déterminer l'expression de la durée  $T_2$  qui s'écoule entre l'extinction et l'allumage suivant en fonction de  $\tau$ ,  $E$ ,  $U_{ex}$ ,  $U_a$ .

- 4. En déduire la période  $T$  des éclairs produits par ce dispositif.
- 5. Donner les valeurs numériques de  $T_1$ ,  $T_2$  et  $T$  sachant que  $C = 1,0 \mu\text{F}$ ,  $r = 1,0 \Omega$ ,  $R = 2,0 \text{ M}\Omega$ ,  $E = 120 \text{ V}$ ,  $U_a = 90 \text{ V}$  et  $U_{ex} = 70 \text{ V}$ .