

I.S. de P3 du jeudi 7 Novembre 2024

Durée : 1h30

INSCRIRE SON NOM, PRENOM, GROUPE EN HAUT DE CHAQUE FEUILLE

Une calculatrice non programmable, non graphique est autorisée.

Pour les élèves internationaux, les dictionnaires en papier non-annotés sont autorisés.

Les téléphones portables et montres connectées doivent être éteints et rangés dans les sacs.

**TOUTE APPLICATION NUMERIQUE EST PRECEDEE D'UN CALCUL LITTERAL
ET COMPORTE UNE UNITE.**

Exercice 1 : Détecteur de fumée

On étudie le principe d'un détecteur de fumée (figure 1). Il est composé d'une DEL allumée en permanence qui émet un rayonnement infrarouge et une photodiode (cellule photoélectrique) qui peut détecter le rayonnement infrarouge. En l'absence de fumée, la lumière émise par la DEL n'atteint pas la photodiode. En présence de fumée, la lumière est diffusée par la fumée et la photodiode reçoit un éclaircissement.

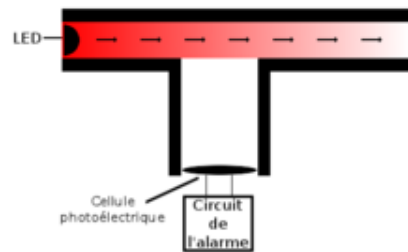


FIGURE 1 – Schéma de principe du détecteur de fumée. Le capteur situé en dessous ne reçoit de la lumière que si celle-ci est diffusée par les particules contenues dans la fumée.

On étudie dans cet exercice la partie détection du signal par la photodiode. On donne les caractéristiques de la photodiode (figure 2).

On détecte le rayonnement en mesurant la tension aux bornes d'une résistance $R = 10 \text{ k}\Omega$ connectée à la photodiode.

1) Indiquer sur la figure 2 les zones où la photodiode présente un caractère générateur ou récepteur. Préciser dans quel cas la photodiode a un comportement générateur.

La photodiode a un comportement générateur en présence d'infrarouge pour $U > 0$ et $i < 0$.

NOM : Prénom : Groupe :

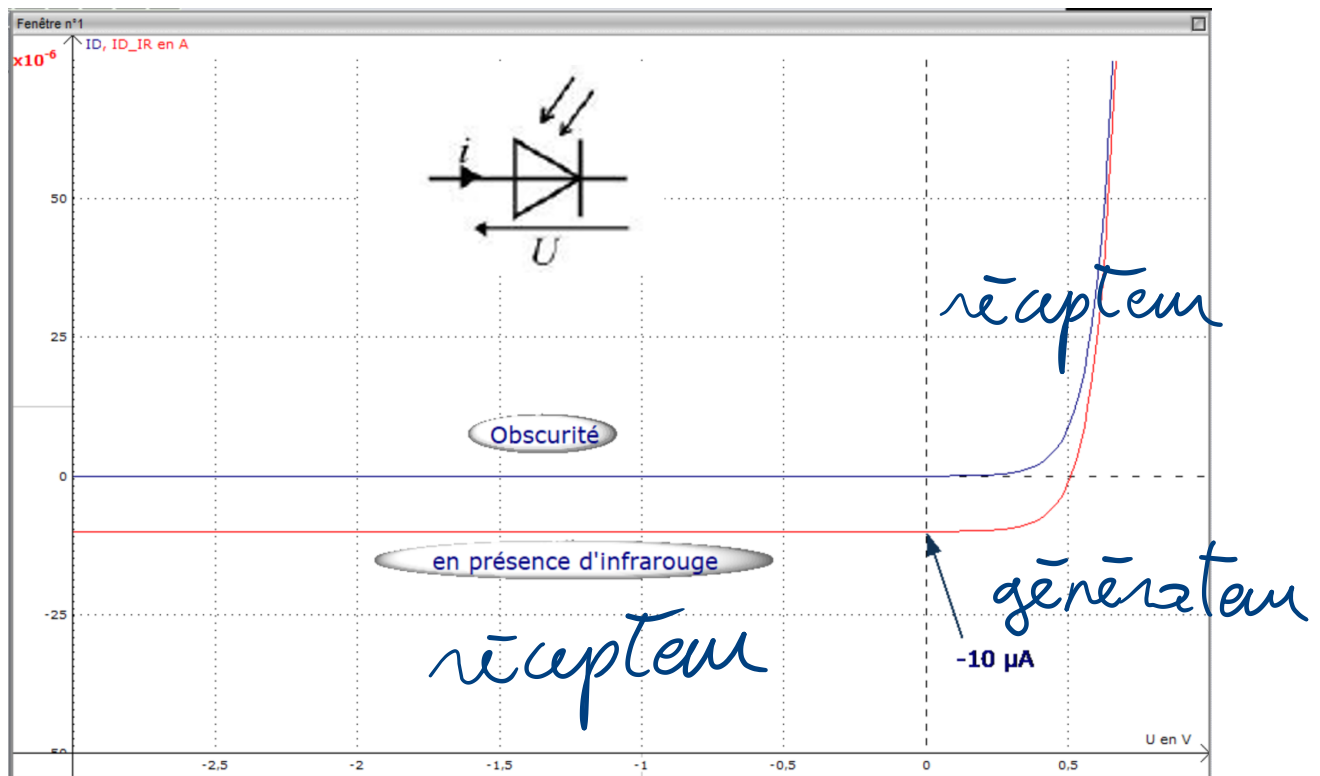
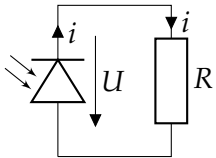


FIGURE 2 – Caractéristique de la photodiode en convention récepteur, dans l’obscurité et en présence d’infrarouge.

2) Faire un schéma du montage. Tracer la caractéristique de la résistance sur la figure 2. Déterminer la tension mesurée dans l’obscurité.



La caractéristique de la photodiode est tracée en convention récepteur. La résistance est en convention générateur. On doit donc tracer la droite $i = -\frac{U}{R}$ qui passe par les points (0,0) et (-50 μA , 0,5 V).

Dans l’obscurité, le point d’intersection des deux caractéristiques est situé en (0,0). La tension est nulle.

3) Déterminer le point de fonctionnement du montage en présence d’infrarouge. La photodiode a-t-elle un comportement générateur ou récepteur?

En présence d’infrarouge, le point de fonctionnement est $i = -10\mu\text{A}$ et $U = 0,1 \text{ V}$.

La photodiode a un comportement générateur.

4) On mesure la tension et l’intensité dans le circuit avec un multimètre DMM 141 (notice en annexe).

Pour l’intensité, on trouve en μA

0	0	9	.	5
---	---	---	---	---

Pour la tension, on trouve en mV

9	9	.	5
---	---	---	---

Déterminer les incertitudes de chaque mesure. Donner les intervalles de confiance avec le niveau de confiance associé. Conclure.

NOM : Prénom : Groupe :

Pour l'intensité continue, on l'indication suivante sur la notice : $1,5\% + 3\text{pt}$.

On trouve alors : $\Delta i = 0,4425\mu\text{A}$. En gardant un seul chiffre à l'excès, le résultat est $i = 9,5 \pm 0,5\mu\text{A}$.

Pour la tension continue, on l'indication suivante sur la notice : $0,5\% + 3\text{pt}$.

On trouve alors : $\Delta U = 0,7975\text{ mV}$. En gardant un seul chiffre à l'excès, le résultat est $U = 99,5 \pm 0,8\text{ mV}$.

On donne les intervalles de confiance avec un niveau de confiance de 95%.

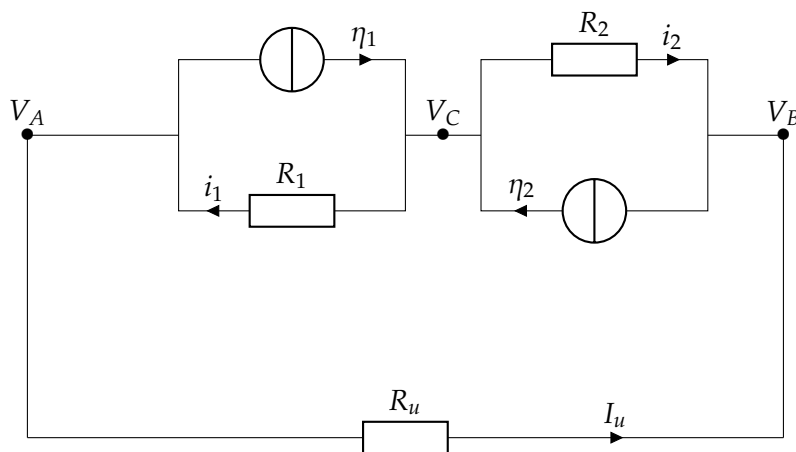
$$i \in [9,0; 10,0]\mu\text{A}$$

$$U \in [98,7; 100,3]\text{mV}$$

Les valeurs trouvées pour le point de fonctionnement sont incluses dans les intervalles de confiance. On trouve bien les valeurs attendues du point de fonctionnement.

Exercice 2 : Association de sources de courants

On alimente une résistance R_u avec deux sources réelles de courant selon le schéma ci-dessous.



1) Analyse qualitative :

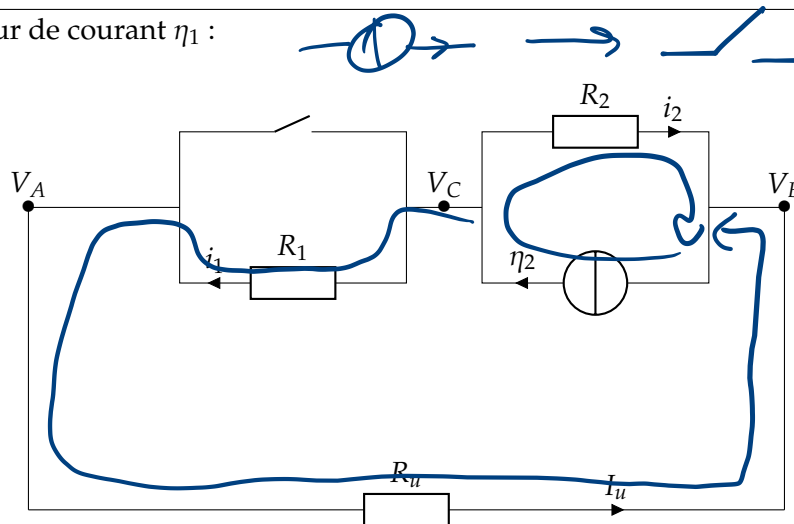
1a) Déterminer le nombre d'intensités et de valeurs de potentiels différents dans ce circuit. Indiquer-les sur le schéma.

Il y a cinq intensités différentes dans le circuit : η_1 , η_2 , i_1 , i_2 et I_u .

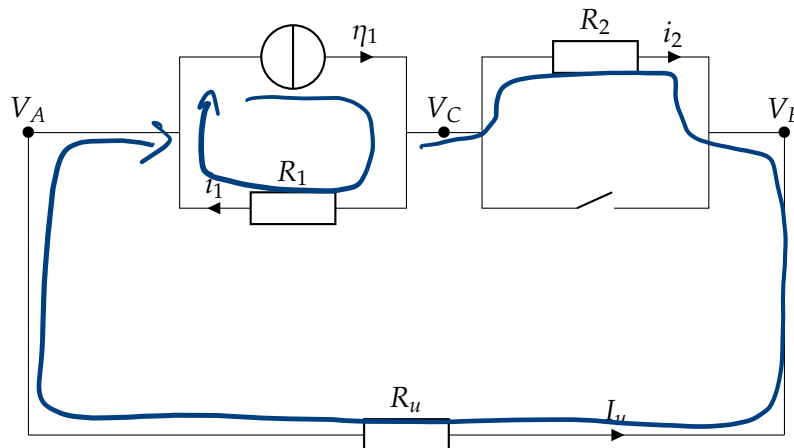
Il y a trois valeurs différentes de potentiels : V_A , V_B , V_C .

1b) Avec une analyse qualitative, déterminer, si possible, le sens conventionnel des courants.

NOM : Prénom : Groupe :

 On éteint le générateur de courant η_1 :

 On trouve $I_u > 0$, $i_1 > 0$ et $i_2 > 0$.

1

 On éteint le générateur de courant η_1 :

 On trouve $I_u < 0$, $i_1 > 0$ et $i_2 > 0$.

Conclusion : Dans tous les cas, i_1 et i_2 sont positifs. Le courant va de C vers A dans R_1 et de C vers B dans R_2 .

 Pour I_u , on ne peut pas conclure, il faut faire les calculs.

1c) Classer les potentiels dans le circuit. Distinguer plusieurs cas si nécessaire.

 Dans R_1 , le courant va de C vers A, donc $V_C > V_A$ car le courant descend les potentiels à l'extérieur des générateurs.

 Dans R_2 , le courant va de C vers B, donc $V_C > V_B$ car le courant descend les potentiels à l'extérieur des générateurs.

 Il y a deux cas possibles selon le signe de I_u .

- si $I_u > 0$, on a $V_A > V_B$ et donc $V_C > V_A > V_B$.
- si $I_u < 0$, on a $V_A < V_B$ et donc $V_C > V_B > V_A$.

2) Comportement des sources de courant

A l'aide de l'analyse qualitative précédente, déterminer le caractère générateur ou récepteur des deux sources de courant. Justifier.

NOM : Prénom : Groupe :

On se place en convention générateur pour la source de courant η_1 . A ses bornes, la tension est donc $U_1 = V_C - V_A$.

On calcule la puissance fournie : $\mathcal{P}_{fournie1} = \eta_1(V_C - V_A) > 0$ d'après l'étude qualitative. La source de courant η_1 a un comportement générateur.

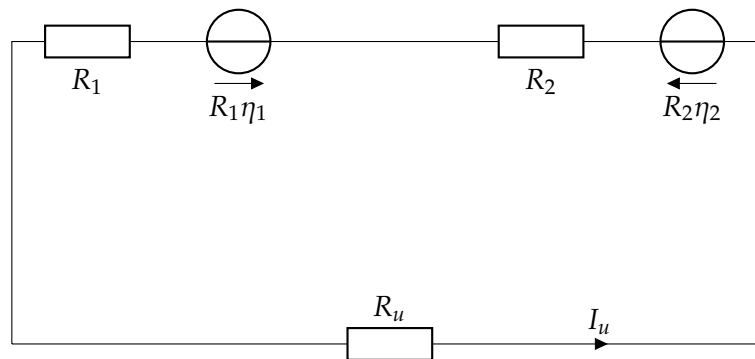
On se place en convention générateur pour la source de courant η_2 . A ses bornes, la tension est donc $U_2 = V_C - V_B$.

On calcule la puissance fournie : $\mathcal{P}_{fournie2} = \eta_2(V_C - V_B) > 0$ d'après l'étude qualitative. La source de courant η_2 a un comportement générateur.

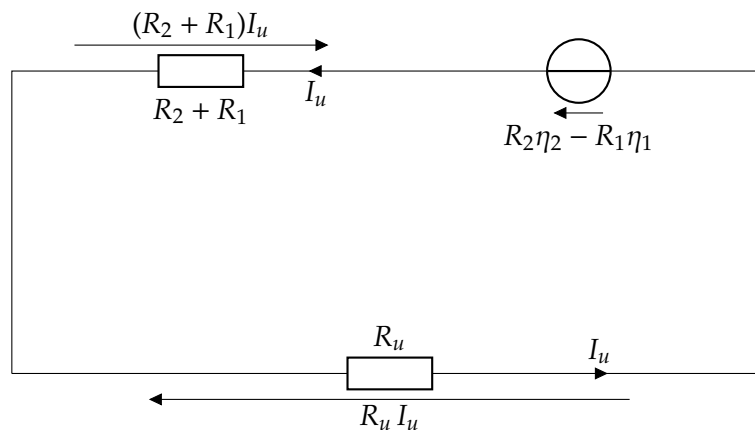
2) Analyse quantitative :

2a) A l'aide de l'équivalence Thévenin-Norton, déterminer l'expression de l'intensité circulant dans R_u en fonction de η_1 , η_2 , R_1 , R_2 et R_u . Vérifier l'homogénéité du résultat. L'analyse qualitative est-elle vérifiée ?

On transforme les deux modèles de Norton des sources de courant en modèles de Thévenin :



On associe les deux générateurs en série (on somme les fém) pour trouver le modèle de Thévenin équivalent :



On écrit une loi des mailles pour trouver I_u . Dans le sens horaire, $(R_1 + R_2)I_u - (R_2\eta_2 - R_1\eta_1) + R_u I_u = 0$.

Et on trouve, $I_u = \frac{R_2\eta_2 - R_1\eta_1}{R_u + R_1 + R_2}$

On vérifie l'homogénéité : $\left[\frac{R_2\eta_2 - R_1\eta_1}{R_u + R_1 + R_2} \right] = \frac{[R][I]}{[R]} = [I]$. Le résultat a bien la dimension d'une intensité.

Le signe de I_u dépend bien des valeurs des données du problème. L'intensité peut-être positive ou négative. C'est conforme à l'analyse qualitative. Il faut faire le calcul.

2b) Données : $\eta_1 = 200 \text{ mA}$, $\eta_2 = 500 \text{ mA}$, $R_1 = 10,0 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 5,00 \text{ k}\Omega$ et $R_u = 100 \Omega$.

Réaliser l'application numérique.

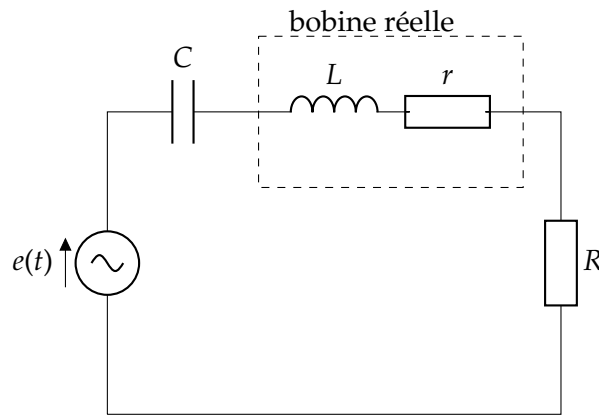
Application numérique : $I_u = 33,1 \text{ mA}$.

NOM : Prénom : Groupe :

Exercice 3 : Détermination des caractéristiques d'une bobine

Une bobine réelle peut être modélisée par une bobine idéale d'inductance L en série avec une résistance interne r . On cherche dans cet exercice à déterminer les grandeurs caractéristiques L et r de la bobine avec le circuit RLC ci-dessous.

On prend $R = 1000 \Omega$ et $C = 1,0 \mu\text{F}$. La tension délivrée par le générateur a une amplitude $E_{\max} = 10 \text{ V}$. On peut faire varier sa fréquence, notée f .



1) Donner l'expression littérale de la tension instantanée $e(t)$ et de sa représentation complexe $\underline{e}$.

Pour la tension instantanée, on a $e(t) = E_{\max} \cos(2\pi f t + \phi_e)$.

Pour sa représentation complexe, on a $\underline{e} = E_{\max} \exp j(2\pi f t + \phi_e)$.

2) Déterminer l'expression de l'impédance complexe $\underline{Z}_{eq}$ équivalente à l'association série du condensateur, de la bobine réelle et de la résistance.

Tous les dipôles sont en série, on somme les impédances complexes :

$$\underline{Z}_{eq} = \underline{Z}_C + \underline{Z}_L + \underline{Z}_r + \underline{Z}_R$$

$$\underline{Z}_{eq} = \frac{1}{jC\omega} + jL\omega + r + R$$

3) Déterminer les expressions du module et de l'argument de $\underline{Z}_{eq}$.

$$|\underline{Z}_{eq}| = \sqrt{\left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2 + (r + R)^2}$$

$$\text{Arg}(\underline{Z}_{eq}) = \arctan\left(\frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{r + R}\right)$$

4) En déduire les expressions de l'amplitude $I_{\max}$ de l'intensité et du déphasage φ de $i(t)$ par rapport à $e(t)$.

NOM : Prénom : Groupe :

Par définition, $\underline{Z}_{eq} = \frac{e}{i}$.

On calcule le module : $|\underline{Z}_{eq}| = \frac{E_{max}}{I_{max}}$

$$I_{max} = \frac{E_{max}}{|\underline{Z}_{eq}|} = \frac{E_{max}}{\sqrt{\left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2 + (r + R)^2}}$$

On calcule l'argument : $Arg(\underline{Z}_{eq}) = \phi_e - \phi_i = -\varphi$

$$\varphi = -\arctan\left(\frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{r + R}\right)$$

5) L'amplitude de l'intensité est maximale quand on a $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$. Donner l'expression de I_{max} et la valeur du déphasage φ dans ce cas.

Si $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$, alors $L\omega - \frac{1}{C\omega} = 0$.

On en déduit : $I_{max} = \frac{E_{max}}{r + R}$ et $\varphi = 0$.

NOM : Prénom : Groupe :

6) En mode AC, un voltmètre mesure la tension efficace U_{eff} aux bornes d'un dipôle. La tension efficace est reliée à l'amplitude de la tension U_{max} par la relation $U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}}$.

On mesure la tension efficace U_{Reff} aux bornes de la résistance avec un voltmètre. En faisant varier la fréquence, la tension efficace aux bornes de R atteint une valeur maximale de 7,0 V pour une fréquence de 795 Hz.

Déterminer l'inductance L et la résistance interne r de la bobine.

$$\text{On a } \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}, \text{ d'où } L = \frac{1}{C \omega^2} = \frac{1}{C 4\pi^2 f^2}.$$

Application numérique : $L = 0,040 \text{ H}$.

$$\text{On a } I_{max} = \frac{U_{Rmax}}{R} = \frac{\sqrt{2}U_{Reff}}{R}.$$

$$\text{On a aussi } r + R = \frac{E_{max}}{I_{max}} = \frac{R E_{max}}{\sqrt{2}U_{Reff}}.$$

$$r = \frac{E_{max}}{I_{max}} = \frac{R E_{max}}{\sqrt{2}U_{Reff}} - R.$$

Application numérique : $r = 10 \Omega$.