

I.S. de P3 du jeudi 9 Novembre 2023

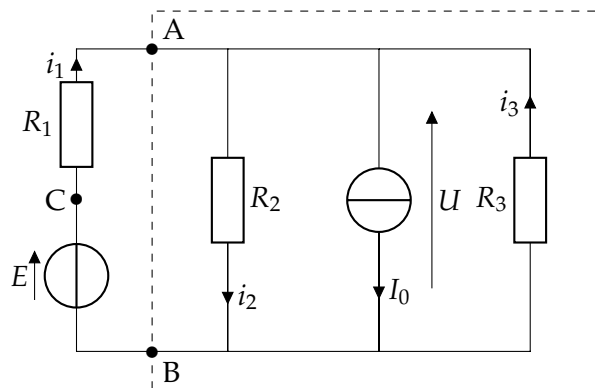
Durée : 1h30

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 les montres doivent être éteints et rangés dans les sacs.

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

Exercice 1

On étudie le circuit ci-contre :



1) Répondre aux questions suivantes par une *analyse qualitative*, sans calculs.

1a) Combien y-a-t-il de valeurs d'intensité? Les indiquer sur le schéma.

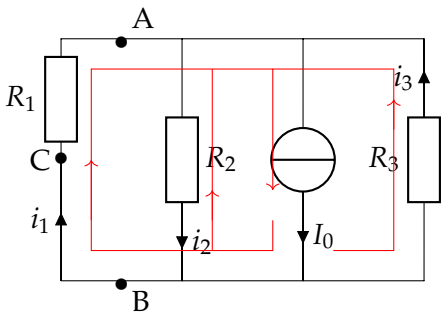
Il y a quatre valeurs d'intensité : i_1 , i_2 , i_3 et I_0 .

1b) Combien y-a-t-il de valeurs de potentiel? Les indiquer sur le schéma.

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

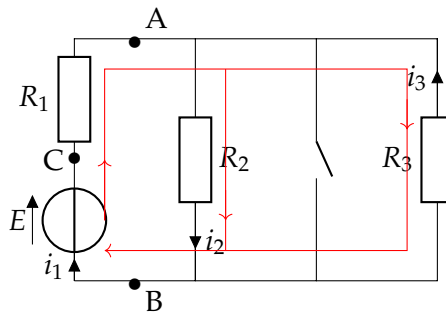
1c) Déterminer, si possible, le sens conventionnel du courant dans les différentes branches. Justifier votre démarche. On fera des schémas clairs.

• On éteint le générateur de tension et on le remplace par un fil :



$i_1 > 0, i_2 < 0, i_3 > 0$

• On éteint le générateur de courant et on le remplace par un interrupteur ouvert :



$i_1 > 0, i_2 > 0, i_3 < 0$

On trace en rouge le sens conventionnel du courant créé par chaque générateur et on en déduit les signes des intensités ci-dessus.

Conclusion :

Dans la branche du générateur de tension, on a toujours $i_1 > 0$, donc le sens conventionnel est de B vers A. On ne peut pas conclure pour les branches de R_2 et R_3 . Soit $i_2 < 0$ et $i_3 > 0$ et le sens conventionnel est de B vers A dans ces branches. Soit $i_2 > 0$ et $i_3 < 0$ et le sens conventionnel est de A vers B dans ces branches. Il faut les valeurs numériques pour conclure.

1d) Classifier, si possible, les différents potentiels. Justifier.

On sait que $E = V_C - V_B > 0$, donc $V_C > V_B$.

De plus le courant descend les potentiels à l'extérieur des générateurs.

Comme dans la branche de R_1 , le sens conventionnel est de B vers C vers A, on en déduit $V_C > V_A$.

On ne peut pas conclure pour V_A et V_B .

Si le sens conventionnel est de A vers B, on obtient finalement $V_C > V_A > V_B$.

Si le sens conventionnel est de B vers A, on obtient $V_C > V_B > V_A$.

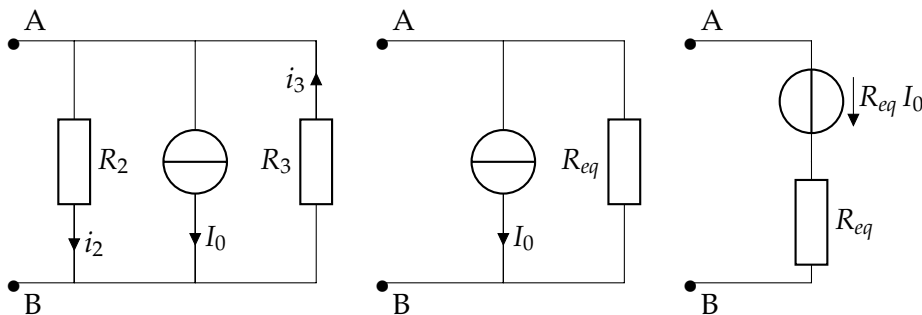
2) Analyse quantitative :

2a) Déterminer le modèle de Thévenin équivalent au dipôle (AB) à droite des points A et B (encadré en pointillé).

• On peut commencer par écrire la résistance équivalente à R_3 et R_2 qui sont placées en parallèle. On a donc :

$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$, ce qui donne $R_{eq} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$

• On remplace le modèle de Norton obtenu par son modèle équivalent de Thévenin.

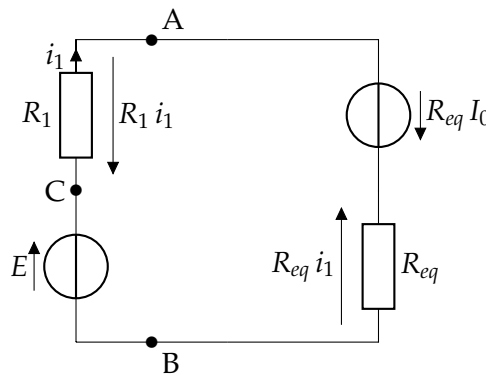


On trouve les paramètres du modèle de Thévenin : $E_{th} = R_{eq} I_0$ et $R_{th} = R_{eq}$.

NOM : Prénom : Groupe :

2b) A l'aide du modèle de Thévenin précédent, déterminer l'expression littérale du courant dans la branche du générateur de tension. En déduire l'expression littérale la tension aux bornes du générateur de courant. Les résultats sont-ils en accord avec l'analyse qualitative ?

On connecte le modèle de Thévenin équivalent à la partie droite du circuit :



On écrit la loi des mailles : $E - R_1 i_1 + R_{eq} I_0 - R_{eq} i_1 = 0$.

Ce qui donne
$$i_1 = \frac{E + R_{eq} I_0}{R_{eq} + R_1}$$
.

On a bien $i_1 > 0$, ce qui est en accord avec l'analyse qualitative.

Sur le circuit initial, on flèche la tension aux bornes du générateur de courant U en choisissant la convention, par exemple la convention récepteur. On a alors $U = V_A - V_B$ et on peut aussi écrire $V_A - V_B = E - R_1 i_1$,

ce qui donne :
$$U = E - R_1 i_1 = E - R_1 \frac{E + R_{eq} I_0}{R_{eq} + R_1}$$
.

Finalement
$$U = R_{eq} \frac{E - R_1 I_0}{R_{eq} + R_1}$$
.

On a bien deux cas possibles en fonction des valeurs de E , I_0 et R_1 comme prévu par l'analyse qualitative. Il faut faire le calcul avec les valeurs numériques.

3) Discuter du caractère générateur ou récepteur du générateur de tension et du générateur de courant. On pourra distinguer plusieurs cas en fonction de E , I_0 , R_1 , R_2 , R_3 .

Le générateur de tension est en convention générateur. On calcule donc la puissance fournie. On a $\mathcal{P}_{E_{fournie}} = E i_1$.

Comme $i_1 > 0$, $\mathcal{P}_{E_{fournie}} > 0$, le générateur de tension a toujours un caractère générateur.

Le générateur de courant est en convention récepteur. On calcule donc la puissance absorbée. On a $\mathcal{P}_{I_{absorbée}} = U I_0$.

En remplaçant U , on obtient l'expression :
$$\mathcal{P}_{I_{absorbée}} = \frac{E - R_1 I_0}{R_{eq} + R_1} I_0$$
.

On doit donc distinguer deux cas.

- Si $E > R_1 I_0$, alors $\mathcal{P}_{I_{absorbée}} > 0$, le générateur de courant a un caractère récepteur.
- Si $E < R_1 I_0$, alors $\mathcal{P}_{I_{absorbée}} < 0$, le générateur de courant a un caractère générateur.

4) Application numérique : On prend $E = 5,0$ V, $I_0 = 1,0$ A, $R_1 = 10 \Omega$, $R_2 = 10 \Omega$, $R_3 = 1,0$ k Ω . Calculer l'intensité qui circule dans le générateur de tension et la puissance fournie par ce générateur.

$$i_1 = \frac{E + R_{eq} I_0}{R_{eq} + R_1} = \frac{E + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} I_0}{\frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} + R_1} = \frac{5,0 + \frac{10 \times 1,0 \cdot 10^3}{10 + 1,0 \cdot 10^3} \times 1,0}{\frac{10 \times 1,0 \cdot 10^3}{10 + 1,0 \cdot 10^3} + 10} \quad i_1 = 0,75 \text{ A}$$

$\mathcal{P}_{E_{fournie}} = E i_1$. $\mathcal{P}_{E_{fournie}} = 3,7 \text{ W}$.

Exercice 2

On étudie un montage électrique permettant de mesurer un flux lumineux. Pour cela, on connecte une photodiode à un générateur de tension et à une résistance (Figure 1). On prendra $E = 1,5 \text{ V}$ et $R = 1 \text{ k}\Omega$. On donne aussi la caractéristique de la photodiode mesurée pour différents éclairagements (Figure 2).

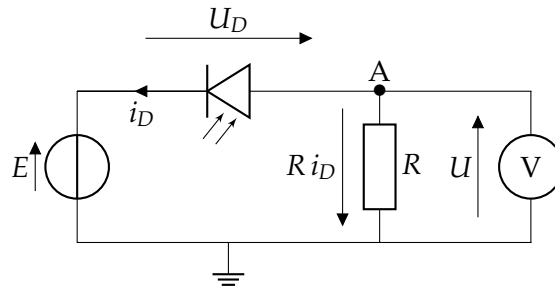


FIGURE 1

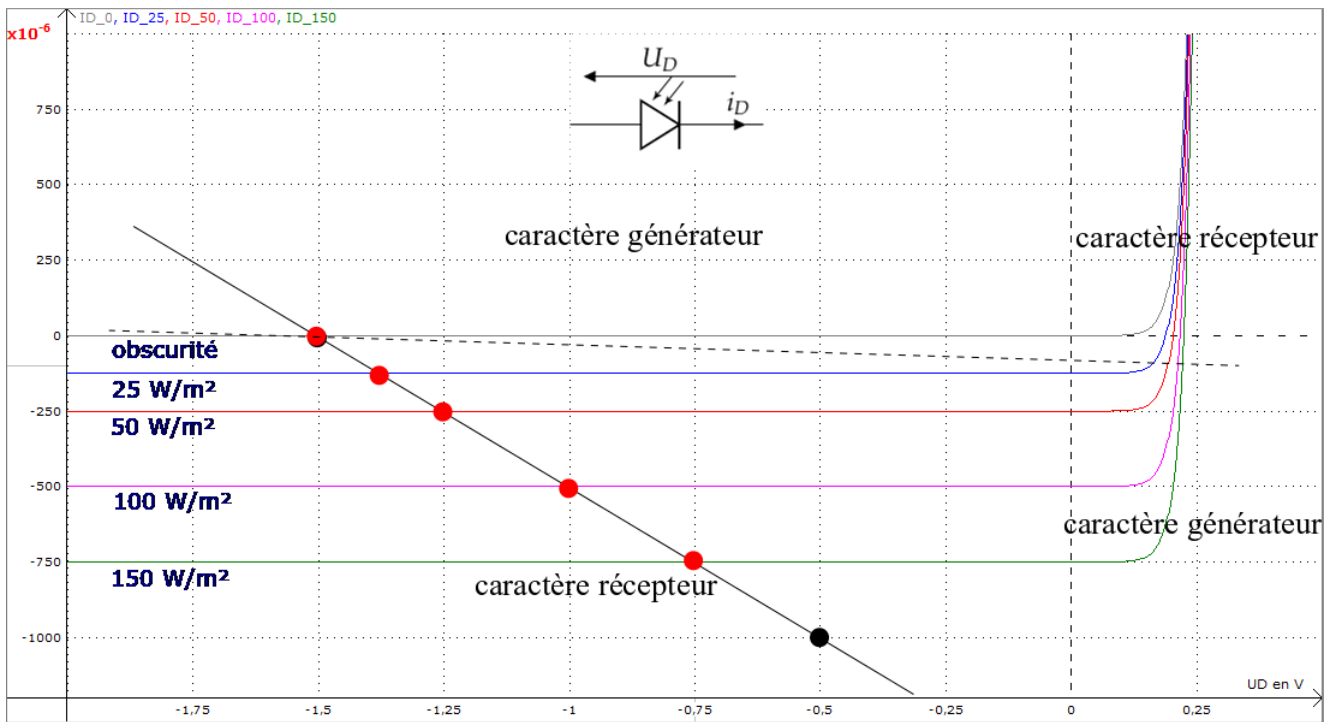


FIGURE 2 – Caractéristique de la photodiode en convention récepteur : dans l’obscurité et pour différents éclairagements ϕ : 25 W/m^2 , 50 W/m^2 , 100 W/m^2 , 150 W/m^2 . L’intensité est en Ampère et la tension en Volt.

1) Indiquer les zones de la caractéristique (Figure 2) où la photodiode a un comportement générateur ou récepteur. Justifier.

La caractéristique est tracée pour une photodiode en convention récepteur. Donc on calcule la puissance absorbée $\mathcal{P} = U i$.
 Si $U i > 0$, la photodiode a un caractère récepteur.
 Si $U i < 0$, la photodiode a un caractère générateur.

NOM : Prénom : Groupe :

2) Donner l'expression littérale de l'intensité i_D qui traverse la photodiode en fonction de U_D et des données du problème.

On écrit la loi des mailles : $E + U_D + R i_D = 0$.

On trouve $i_D = -\frac{U_D}{R} - \frac{E}{R}$.

3) En utilisant la caractéristique, trouver le point de fonctionnement (U,I) du circuit pour les différents éclairagements. Justifier la construction.

On trace la droite $i_D = -\frac{U_D}{1000} - \frac{1,5}{1000}$.

On place deux points pour tracer la droite.

Pour $i_D = 0$ A, on a $U_D = -1,5$ V.

Pour $i_D = -1000$ μ A, on a $U_D = -0,5$ V.

On trouve les points de fonctionnement suivants :

Eclairage ($W.m^{-2}$)	Tension (V)	Intensité (μ A)
obscurité	-1,5	0
25	-1,38	-125
50	-1,25	-250
100	-1	-500
150	-0,75	-750

4) Dans cette zone de la caractéristique, on peut écrire $i = \alpha\phi$ avec α une constante. On mesure la tension entre le point A et la masse. Indiquer l'emplacement du multimètre sur le montage.

Montrer que cette tension est aussi proportionnelle à l'éclairage ϕ . Donner la valeur numérique du coefficient de proportionnalité k . Conclure sur l'utilisation du montage.

On mesure la tension $U = V_A - V_M = -R i_D = -R \alpha \phi$. La tension mesurée est proportionnelle à l'éclairage avec un coefficient de proportionnalité $k = -R \alpha$.

On peut calculer α avec les résultats précédents : $\alpha = \frac{-750 \cdot 10^{-6} - 0}{150 - 0} = -5 \cdot 10^{-6}$ A.W⁻¹.m²

On en déduit $k = -1000 \times -5 \cdot 10^{-6} = 5 \cdot 10^{-3}$ V.W⁻¹.m²

5) On éclaire la photodiode avec une DEL et on mesure la tension entre A et la masse. On utilise le multimètre DMM141 (la notice est fournie à la fin du sujet).

U (V) | 0 | . | 6 | 4 | 4

5a) Donner l'incertitude associée à cette tension. Préciser l'intervalle de confiance et le niveau de confiance. Quelle type d'erreur met-on en évidence ?

Pour la mesure de tension, l'incertitude est donnée par la notice : 0,5% + 3 pt.

On calcule $\Delta U = \frac{0,5}{100} \times 0,644 + 3 \times 0,001 = 0,0622$ V.

On garde 1 seul chiffre arrondi à l'excès, ce qui donne $\Delta U = 0,07$ V.

On obtient l'intervalle de confiance $[0,637$ V; $0,651$ V].

Le niveau de confiance est de 95% et on met en évidence une erreur aléatoire.

5b) Donner la valeur de l'éclairage avec son incertitude. Préciser l'intervalle de confiance et le niveau de confiance. Pour une fonction, $y = a x$, l'incertitude s'écrit $\Delta y = |a|\Delta x$.

On calcule l'éclairage : $\phi = \frac{U}{k} = \frac{0,644}{5 \cdot 10^{-3}} = 128,8$ W.m⁻².

On utilise la formule pour l'incertitude : $\Delta\phi = \frac{\Delta U}{|k|} = \frac{0,0622}{5 \cdot 10^{-3}} = 1,244$ W.m⁻².

On garde 1 seul chiffre arrondi à l'excès. On gardera $\Delta\phi = 2$ W.m⁻². On obtient l'intervalle de confiance

$[127$ W.m⁻²; 131 W.m⁻²].

Le niveau de confiance est de 95%.

NOM : Prénom : Groupe :

Question bonus : Que se passe-t-il si on multiplie la résistance par 10? Peut-on utiliser cette méthode pour mesurer l'éclairement précédent? Justifier votre réponse en vous appuyant sur la caractéristique.

On trace une nouvelle droite avec une pente 10 fois plus petite que la précédente (en pointillé sur la caractéristique).

La courbe coupe les caractéristiques de la photodiode dans la zone générateur et l'intensité n'est plus proportionnelle à l'éclairement.

On ne peut donc pas mesurer l'éclairement précédent. En revanche, on pourrait toujours utiliser la méthode pour des flux plus faibles.