

SERIE D'EXERCICES N° 9 : ELECTRODYNAMIQUE : CIRCUITS NON LINEAIRES

Caractéristiques, point de fonctionnement : électrolyseur, diode, diode Zener.

Exercice 1.

On considère le circuit de la figure 1 . On donne $r = r_2 = 2 \Omega$; $r_1 = 1 \Omega$; $e_1 = 10 \text{ V}$; $e_2 = 6 \text{ V}$.

Figure 1

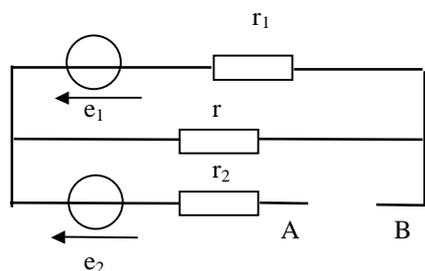
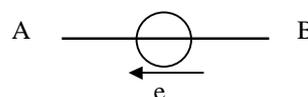
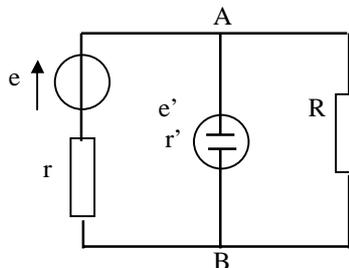


Figure 2



- Déterminer le générateur de Thévenin équivalent au dipôle AB .
- On branche entre A et B un dipôle polarisé : une pile de f.e.m $e = 1,8 \text{ V}$ et de résistance interne négligeable (figure 2). Déterminer le point de fonctionnement M (u_{AB} , i_{AB}) .
- On remplace le dipôle polarisé par un dipôle non polarisé : une cuve à électrolyse (électrolyseur ou voltamètre) de f.c.e.m. $e' = 1,8 \text{ V}$ et de résistance nulle. Déterminer le point de fonctionnement M' (u_{AB} , i_{AB}) .

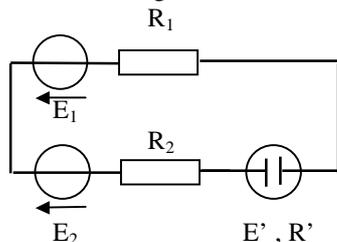
Exercice 2.



- Déterminer graphiquement l'intensité i_{AB} en fonction de e , e' , r , r' , R . Entre quelles valeurs peut varier e' ?
- Calculer la puissance p consommée par les réactions chimiques. Entre quelles valeurs peut-elle varier quand e' varie, comment interpréter $p = 0$?

Exercice 3.

On considère le circuit de la figure.

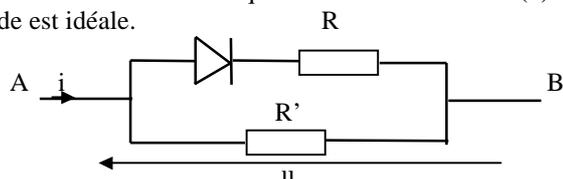


G_1 est un générateur de f.e.m. $E_1 = 1 \text{ V}$, de résistance interne $R_1 = 1 \Omega$. G_2 est un générateur de f.e.m. $E_2 = 2 \text{ V}$, de résistance interne $R_2 = 2 \Omega$. Le voltamètre a une caractéristique linéarisable par morceaux ; sa f.c.e.m. est $E' = 0,5 \text{ V}$, sa résistance interne $R' = 1 \Omega$.

- Déterminer graphiquement l'intensité du courant dans le voltamètre. Dans quel sens se déplacent les ions dans le voltamètre ?
- Répondre aux mêmes questions lorsque le voltamètre est placé en parallèle sur G_1 et G_2 .

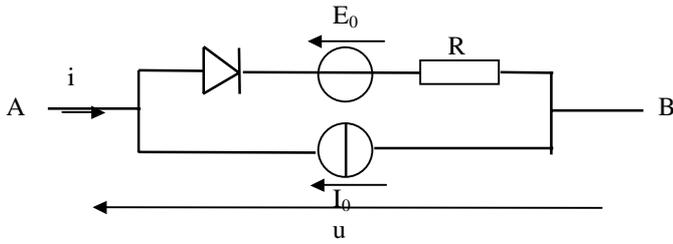
Exercice 4.

Représenter la caractéristique courant-tension $i = f(u)$ du dipôle équivalent au groupement suivant entre les points A et B si la diode est idéale.

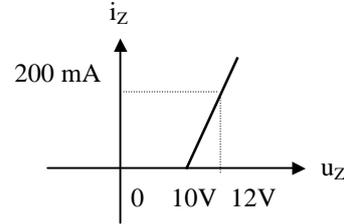
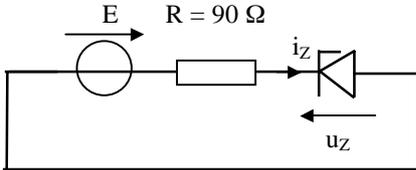


Exercice 5.

Une diode idéale est mise en série avec une pile de f.e.m. E_0 et de résistance R . Le tout est mis en parallèle avec un générateur de Norton idéal, de c.e.m. I_0 . Déterminer la caractéristique courant-tension $i = f(u)$ de l'ensemble.



Exercice 6.



Le montage ci-dessus comporte une diode régulatrice de tension dont la caractéristique externe courant-tension est donnée sous sa forme simplifiée.

E est la f.e.m. d'une alimentation stabilisée réglable de 0 à 30 V et de résistance interne négligeable.

- Dessiner un modèle de la diode régulatrice de tension dans les cas $u_z < 10 \text{ V}$ et $u_z > 10 \text{ V}$. Calculer dans chaque cas la résistance R_Z .
- Tracer la courbe donnant u_z en fonction de E.
- Calculer le courant maximal et la puissance maximale dissipée dans la résistance R.

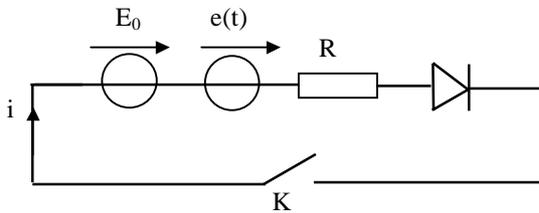
Redressement.

Exercice 7.

On considère une diode idéale en série avec une résistance $R = 1,1 \text{ k}\Omega$ et deux générateurs G_0 et G d'impédance négligeable et de f.e.m. respectives : E_0 constante ; $e(t) = E_m \sin \omega t$ de fréquence $f = \frac{\omega}{2\pi} = 50 \text{ Hz}$. On ferme l'interrupteur à $t = 0$. Déterminer

successivement dans chacun des cas ($E_0 = 0$, $E_m = 220 \text{ V}$) et $E_0 = E_m = 220 \text{ V}$:

- l'intensité $i(t)$ du courant en fonction du temps et le graphe $i(t)$;
- la puissance moyenne par période, dissipée dans la résistance R.



Exercice 8.

- On considère une diode Zener dont la caractéristique est donnée sur la figure 1. Modéliser cette diode dans le cas $i > 0$ et $i < 0$
- On l'utilise dans le circuit de la figure 2. Déterminer l'intensité du courant $i(t)$ et représenter la courbe correspondante sur une période.

Figure 1

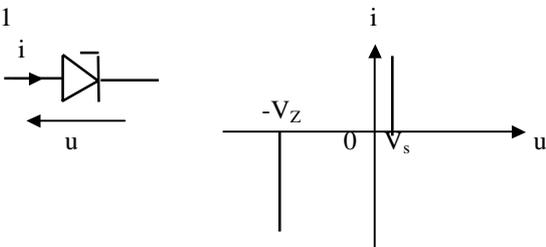
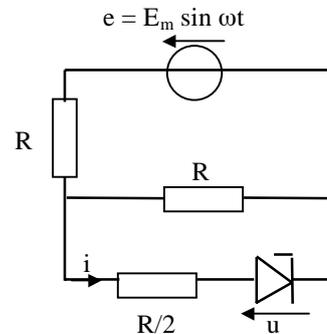


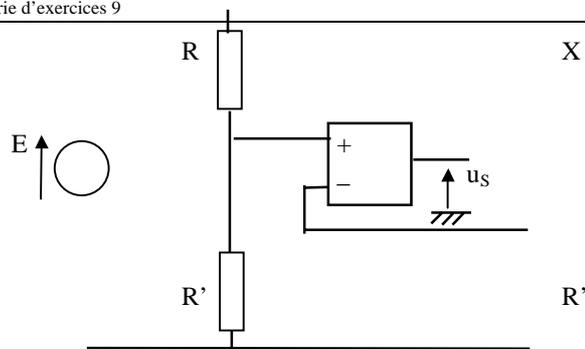
Figure 2



Amplificateur opérationnel de gain infini en régime saturé.

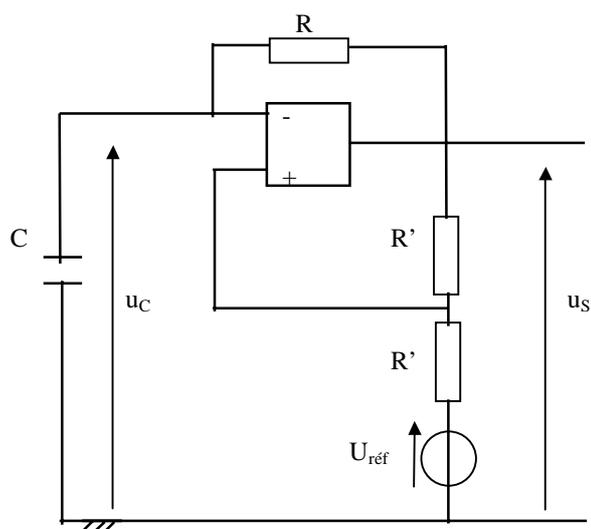
Exercice 9 : comparateur.





Dans le circuit de la figure, l'A.O. est supposé idéal avec $U_{\text{sat}} = U'_{\text{sat}}$, les résistances R' sont connues, fixées, la résistance R est variable et la résistance X inconnue. On fait varier R , donner la condition sur les résistances R et X pour observer le basculement de la tension de sortie. Quel est l'intérêt du montage ?

Exercice 10 : multivibrateur astable.



Dans le circuit de la figure, l'A.O. est supposé idéal avec $U_{\text{sat}} = U'_{\text{sat}}$. Le condensateur est supposé initialement déchargé et la sortie u_s est à l'état haut. On prend $U_{\text{réf}} < U_{\text{sat}}$.

1. Etablir l'équation différentielle vérifiée par u_C et donner l'allure de $u_C(t)$ et celle de $u_S(t)$.
2. Calculer l'instant t_1 pour lequel la sortie bascule à $-U_{\text{sat}}$. En choisissant t_1 comme origine des temps, calculer la date t_2' du deuxième basculement. En choisissant cette dernière date comme origine des temps, calculer la date t_3'' du troisième basculement.
3. En déduire la période T du signal de sortie.

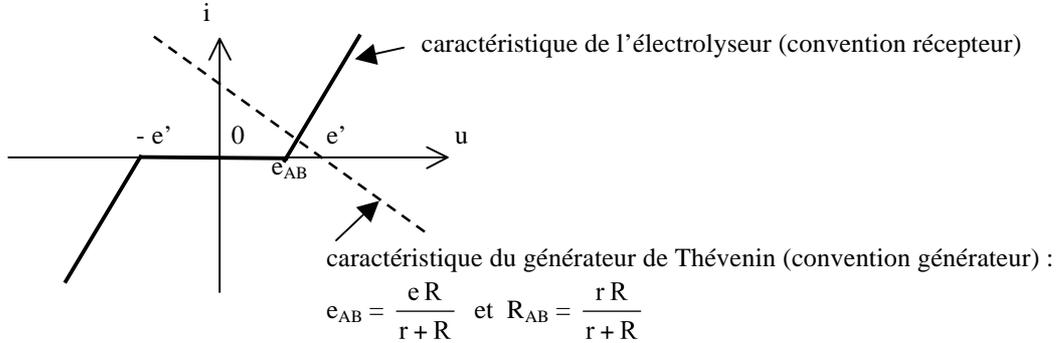
Réponses.

Exercice 1.

1) $e_{AB} = \frac{e_1 r}{r + r_1} - e_2 = 0,67 \text{ V}$ et $R_{AB} = \frac{r r_1}{r + r_1} + r_2 = 2,7 \Omega$. 2) M (1,8 V ; - 0,42 A). 3) M' (0,67 V ; 0 A).

Exercice 2.

1)



si $e' > e_{AB}$: $i = 0$ et si $e' < e_{AB}$: $i = \frac{R e - (r + R) e'}{r R + r' R + r r'}$.

2) $p = e' i$; $p = 0$ pour $e' = 0$ ou $i = 0$; p_{\max} pour $\frac{dp}{de'} = 0 \Rightarrow e' = \frac{R e}{2(r + R)}$.

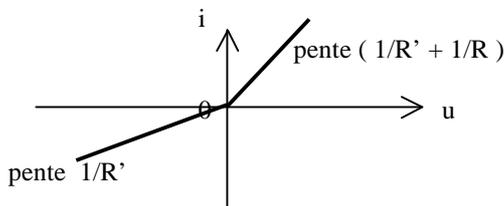
Exercice 3.

Même méthode qu'à l'exercice 2 avec, pour le générateur de Thévenin :

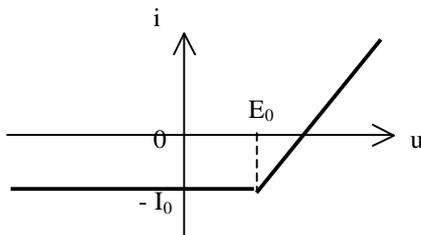
1) $e_{eq} = E_2 - E_1$ et $R_{eq} = R_1 + R_2$: $i = \frac{E_2 - E_1 - E'}{R_1 + R_2 + R'} = 0,125 \text{ A}$.

2) $e_{eq} = \frac{R_1 E_2 + R_2 E_1}{R_1 + R_2}$ et $R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$: $i = \frac{e_{eq} - E'}{R_{eq} + R'} = 0,5 \text{ A}$.

Exercice 4.

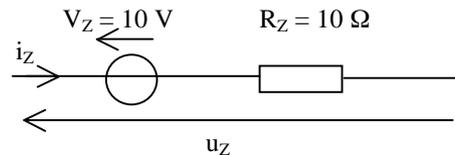


Exercice 5.

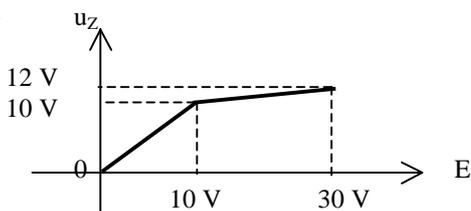


Exercice 6.

1) Diode bloquante : interrupteur ouvert ; régime Zener :



2)



$i_{Z,\max} = 0,2 \text{ A}$ et $P_{\max} = 3,6 \text{ W}$.

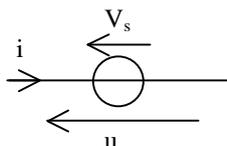
Exercice 7.

Diode passante = $i = \frac{E_0 + e}{R}$; diode bloquante : $i = 0$.

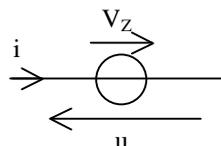
1) Redressement d'une alternance sur deux et $P = \frac{E_m^2}{4R} = 11 \text{ W}$. 2) Diode toujours passante et $P = \frac{3 E_m^2}{2R} = 66 \text{ W}$.

Exercice 8.

1) En direct :



en régime Zener :



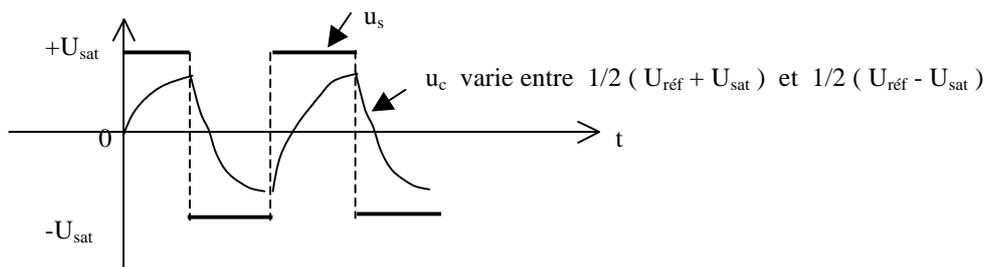
2) Pour $i > 0$: $i = \frac{e - 2 V_s}{2R} > 0$ et pour $i < 0$: $i = \frac{e + 2 V_z}{2R} < 0$.

Exercice 9.

$R = X$.

Exercice 10.

1) $RC \dot{u}_c + u_c = u_s$



2) $t_1 = \tau \ln \left(\frac{2 U_{\text{sat}}}{U_{\text{sat}} - U_{\text{réf}}} \right)$; $t'_2 = \tau \ln \left(\frac{3 U_{\text{sat}} + U_{\text{réf}}}{U_{\text{sat}} + U_{\text{réf}}} \right)$; $t''_3 = \tau \ln \left(\frac{-3 U_{\text{sat}} + U_{\text{réf}}}{-U_{\text{sat}} + U_{\text{réf}}} \right)$. 3) $T = t'_2 + t''_3$.