

**Exercice n°1 :**

A l'aide d'un amplificateur opérationnel, dont la sortie est rebouclée sur l'entrée par un dipôle RC, on réalise un multivibrateur astable schématisé sur la figure 2.

Un dispositif informatisé a permis de tracer le graphique de la figure 3 qui représente la tension du condensateur  $u_C(t)$  et la tension de sortie  $u_S(t)$ .

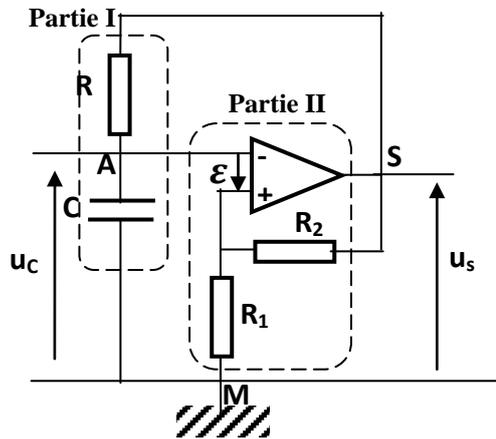


Figure 2

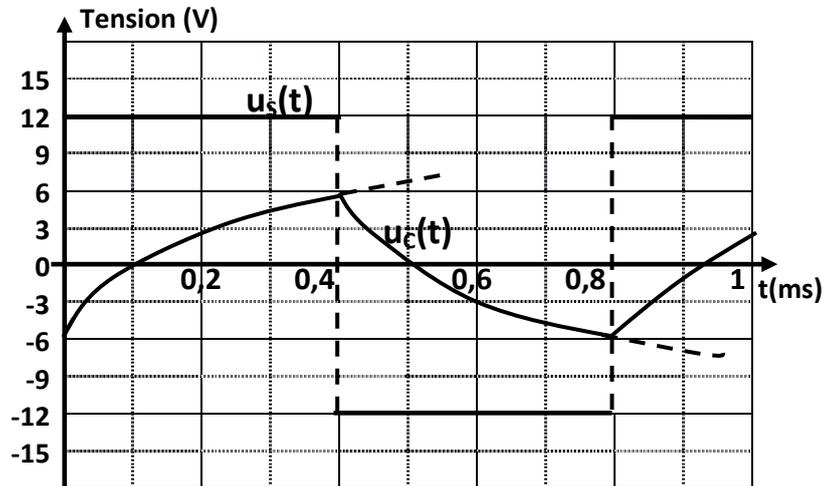


Figure 3

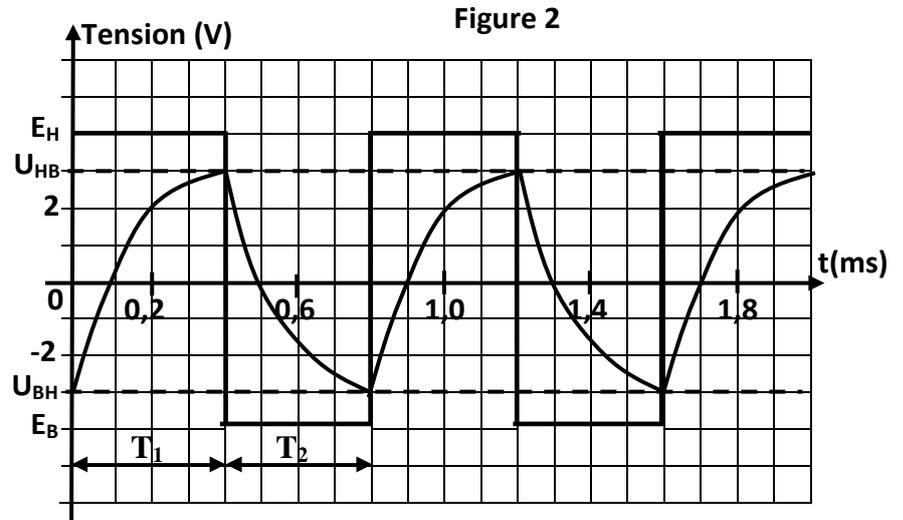
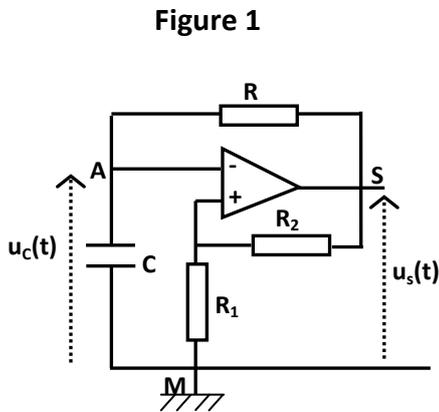
- 1) a- Définir un multivibrateur.
- b- Nommer les deux parties (I) et (II) délimitées en pointillées.
- 2) a- Exprimer  $u_{R_1}$  en fonction de  $R_1$ ,  $R_2$  et  $u_S$ .
- b- Dédire la relation :  $\varepsilon = \frac{R_1}{R_1+R_2} u_S - u_C$ .
- 3) a- Préciser si l'amplificateur opérationnel fonctionne en régime linéaire ou saturé.
- b- Sachant que :  $u_S = U_{sat}$  pour  $\varepsilon > 0$  et  $u_S = -U_{sat}$  pour  $\varepsilon < 0$  avec  $U_{sat}$  la tension de saturation de l'amplificateur opérationnel. Montrer que les expressions des tensions de basculement  $U_{HB}$  et  $U_{BH}$  du multivibrateur sont  $U_{HB} = \frac{R_1}{R_1+R_2} U_{sat}$  et  $U_{BH} = -\frac{R_1}{R_1+R_2} U_{sat}$ .
- 4) La tension initiale du condensateur  $u_C(0) = U_i$  puis  $u_C(t)$  augmente vers une tension finale  $U_f$ , elle atteindra la tension  $U_0$  au bout d'une durée  $T_i$  donnée par la relation :  $T_i = RC \log \left( \frac{U_i - U_f}{U_0 - U_f} \right)$ 
  - a- Exprimer, en fonction de  $R$ ,  $C$ ,  $R_1$  et  $R_2$ , les durées  $T_1$  et  $T_2$  correspondant respectivement aux états haut et bas du multivibrateur.
  - b- En déduire la valeur du rapport cyclique  $\delta$  du multivibrateur.
- 5) Par exploitation du graphique de la figure 3,
  - a- a<sub>1</sub>. Déterminer les valeurs de l'état haut  $E_H$ , de l'état bas  $E_B$ , les seuils de basculement  $U_{HB}$  et  $U_{BH}$  du multivibrateur.
  - a<sub>2</sub>. Sachant que  $R_1 = 10 \text{ K}\Omega$ , Calculer la valeur de  $R_2$ .
  - b- b<sub>1</sub>. Déterminer les durées  $T_1$  et  $T_2$ .
  - b<sub>2</sub>. Sachant que  $R = 4,7 \text{ K}\Omega$ , en déduire la valeur la capacité  $C$ .

## Exercice n°2 :

On réalise un multivibrateur astable dont le schéma est donné par la figure 1.

Un oscilloscope bicourbe permet de visualiser simultanément les tensions  $u_C(t)$  et  $u_S(t)$ .

Pour  $R_1 = R_2$ , les chronogrammes des tensions  $u_C(t)$  et  $u_S(t)$  sont donnés par la figure 2.



Pour ces chronogrammes,  $E_H$  et  $E_B$  sont respectivement les tensions des états haut et bas de la tension de sortie du multivibrateur.  $T_1$  et  $T_2$  désignent les durées respectives des états haut et bas du multivibrateur.

Pendant une durée  $T_i$ , la tension  $u_C(t)$  passe d'une valeur initiale  $U_i$  à une valeur finale  $U_f$ . La tension visée et non atteinte par  $u_C(t)$  est notée  $U_V$ .

Ainsi, la durée  $T_i$  a pour expression :  $T_i = RC \text{Log}\left(\frac{U_i - U_V}{U_f - U_V}\right)$ .

1) a- Justifier que le montage de la figure 1 constitue un multivibrateur astable.

b- Que représentent les grandeurs  $U_{HB}$  et  $U_{BH}$  pour le multivibrateur.

2) a- Exprimer la durée du niveau haut  $T_1$  en fonction de  $R$ ,  $C$ ,  $U_{HB}$  et  $U_{BH}$  et  $E_H$ .

b- Montrer que la durée du niveau bas  $T_2 = RC \text{Log}\left(\frac{U_{HB} - E_B}{U_{BH} - E_B}\right)$ .

3) a- Déterminer graphiquement la période  $T$  du multivibrateur.

b- En déduire la valeur du rapport cyclique  $\delta$  du multivibrateur.

c- Préciser l'effet de l'augmentation de  $\delta$  sur la forme du chronogramme de  $u_S(t)$ .

4) Sachant que  $C = 0,1 \mu\text{F}$ . Déterminer la valeur de  $R$ .

### Exercice n°3 :

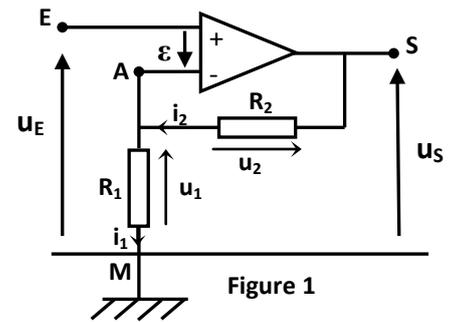
I) Le circuit de la figure 1 est constitué d'un amplificateur opérationnel supposé parfait et polarisé par une tension électrique symétrique  $\pm U_{\text{sat}}$  et de deux résistors  $R_1$  et  $R_2$ .

1/ Montrer que la tension  $u_1$  aux bornes de  $R_1$ , s'écrit :  $u_1 = \frac{R_1}{R_1+R_2} u_S$ .

2/ En appliquant la loi des mailles à la maille EAME de la figure 1, montrer que l'expression de la tension différentielle  $\varepsilon$  de l'amplificateur opérationnel est :  $\varepsilon = \frac{R_1}{R_1+R_2} u_S - u_E$ .

3/ L'amplificateur fonctionne en régime saturé. Si  $\varepsilon$  est positif alors  $u_S = +U_{\text{sat}}$  et si  $\varepsilon$  est négatif alors  $u_S = -U_{\text{sat}}$ .

- Déduire les expressions des tensions de basculement de haut vers le bas  $U_{\text{HB}}$  et du bas vers le haut  $U_{\text{BH}}$  en fonction de  $U_{\text{sat}}$ ,  $R_1$  et  $R_2$ .
- Nommer ce montage et préciser son rôle.



II) Au circuit précédent, on associe un condensateur de capacité  $C$  et un résistor de résistance  $R$  comme l'indique la figure 2.

On visualise sur l'écran d'un oscilloscope les tensions  $u_C(t)$  aux bornes du condensateur et  $u_S(t)$  à la sortie du circuit (figure 3).

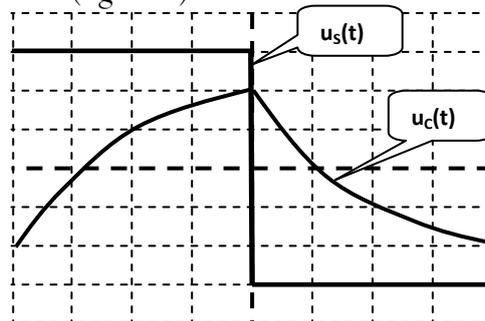
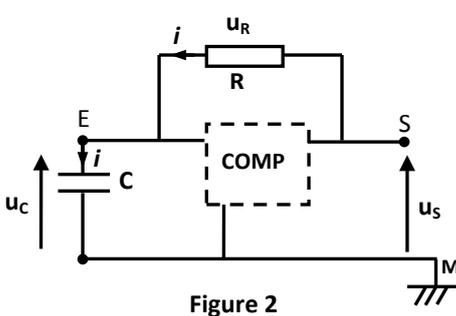


Figure 3

Les deux voies ont la même sensibilité verticale  $5V/div$  et le même balayage horizontal  $25\mu s/div$ .

1/ Justifier que le montage de la figure 2 constitue un multivibrateur astable.

2/ Montrer que la tension  $u_C$  vérifie l'équation différentielle suivante :  $RC \frac{du_C}{dt} + u_C = u_S$ .

3/ En exploitant la figure 3, déterminer les valeurs de  $U_{\text{HB}}$ ,  $U_{\text{BH}}$  et la période  $T$  de la tension  $u_S(t)$ .

4/ Sachant que  $R_1 = R = 10 \text{ k}\Omega$  et que  $U_{\text{HB}}$  a la même expression qu'à la question {A} 3/a}, calculer  $R_2$  et  $C$ .

On rappelle que la période  $T$  a pour expression :  $T = 2RC \cdot \text{Log}\left(1 + 2\frac{R_1}{R_2}\right)$  avec  $\text{Log}$  : logarithme népérien.

III) On modifie le montage précédent, on insérant une diode  $D$  supposée idéale et un résistor de résistance  $R$  comme l'indique la figure 3.

1/ Exprimer puis calculer  $T_1$  et  $T_2$  les durées respectives d'un état haut et d'un état bas.

2/ En déduire la valeur du rapport cyclique  $\delta$  du multivibrateur.

3/ Préciser l'intérêt de ce montage.

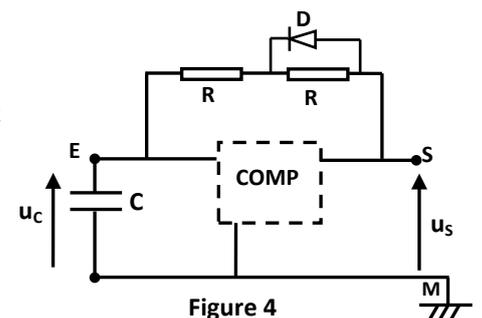


Figure 4

Ex-N°1

1) a) Un multivibrateur est un générateur autonome de tension périodique non sinusoïdale, il est dit "astable" car il oscille entre deux états quasi-stables.

b) Partie I : Réservoir d'énergie, Partie II : comparateur.

2) a) loi des mailles:  $u_s - R_1 i - R_2 i = 0 \Leftrightarrow u_s = (R_1 + R_2) i$   
 or  $u_{R_1} = R_1 i \Rightarrow i = \frac{u_{R_1}}{R_1}$  donc  $u_s = \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1}\right) u_{R_1}$

b) loi des mailles:  $u_c + \varepsilon - u_{R_1} = 0 \Leftrightarrow \varepsilon = u_{R_1} - u_c$   
 or  $u_{R_1} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} u_s \Rightarrow \varepsilon = \frac{R_1}{R_1 + R_2} u_s - u_c$

3) si  $\varepsilon > 0$  alors  $u_s = u_{sat}$

$$\frac{R_1}{R_1 + R_2} u_{sat} - u_c > 0 \Leftrightarrow u_c < \frac{R_1}{R_1 + R_2} u_{sat} \Rightarrow u_{cH} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} u_{sat}$$

si  $\varepsilon < 0$  alors  $u_s = -u_{sat}$

$$\frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot (-u_{sat}) - u_c < 0 \Leftrightarrow u_c > \frac{-R_1}{R_1 + R_2} u_{sat} \Rightarrow u_{cB} = \frac{-R_1}{R_1 + R_2} u_{sat}$$

4) a) Phase de charge du condensateur:

$$U_i = u_{cH}, U_0 = u_{cB} \text{ et } U_f = u_{sat}$$

$$\Rightarrow T_1 = RC \log \left( \frac{U_i - U_f}{U_0 - U_f} \right) = RC \log \left( \frac{u_{cH} - u_{sat}}{u_{cB} - u_{sat}} \right)$$

en remplaçant  $u_{cH}$  et  $u_{cB}$  par leurs expressions (3)

on obtient  $T_1 = RC \log \left( 1 + \frac{2R_1}{R_2} \right)$

Phase de décharge du condensateur:  $U_i = u_{cB}, U_0 = u_{cH}, U_f = -u_{sat}$

$$T_2 = RC \log \left( \frac{U_i - U_f}{U_0 - U_f} \right) = RC \log \left( \frac{u_{cB} + u_{sat}}{u_{cH} + u_{sat}} \right) = RC \log \left( 1 + \frac{2R_1}{R_2} \right)$$

b)  $S = \frac{T_1}{T} = \frac{T_1}{T_1 + T_2} = \frac{1}{2}$  car  $T_1 = T_2$ .

5) a) a<sub>1</sub>)  $E_H = 12V, E_B = -12V, u_{cH} = 6V, u_{cB} = -6V$

a<sub>2</sub>)  $u_{cH} = \frac{R_1 u_{sat}}{R_1 + R_2} \Rightarrow R_2 = -R_1 \left( \frac{u_{cB} - E_H}{u_{cH} - E_H} \right) = 10^4 \Omega$

b) b<sub>1</sub>)  $T_1 = T_2 = 9,4 \text{ ms}$  b<sub>2</sub>)  $C_1 = \frac{T_1}{R \log \left( 1 + \frac{2R_1}{R_2} \right)} = 17,8 \cdot 10^{-6} \text{ F}$

Ex. N°2 :

1) a. Le montage de la figure ④ délivre une tension périodique non sinusoïdale (carré) sans être alimenté par un générateur (à part le générateur de polarisation de l'A.O.)  
⇒ Donc le montage constitue un multivibrateur

b)  $U_{HB}$  : tension de basculement Haut-bas  
 $U_{BH}$  : " " " " bas-haut

2) on a  $T_i = RC \log \left( \frac{U_i - U_v}{U_f - U_v} \right)$

a) Phase de charge :  $U_i = U_{BH}$ ,  $U_f = U_{HB}$ ,  $U_v = E_H$

$$T_1 = RC \log \left( \frac{U_{BH} - E_H}{U_{HB} - E_H} \right)$$

b) Phase de décharge :  $U_i = U_{HB}$ ,  $U_f = U_{BH}$ ,  $U_v = E_B$

$$T_2 = RC \log \left( \frac{U_{HB} - E_B}{U_{BH} - E_B} \right)$$

3) a)  $T = T_1 + T_2 = 0,8 \text{ ms} = 8 \cdot 10^{-4} \text{ s}$

b)  $D = \frac{T_1}{T} = \frac{4 \cdot 10^{-4}}{8 \cdot 10^{-4}} = \frac{1}{2}$

c) Si  $D$  augmente la durée  $T_1$  devient plus grande que la durée  $T_2$ .

4)  $T_1 = RC \log \left( \frac{U_{BH} - E_H}{U_{HB} - E_H} \right) = RC \log \left( \frac{-3 - 4}{3 - 4} \right) = RC \log 7$

$$\Rightarrow R = \frac{T_1}{C \log 7}$$

av:  $R = \frac{4 \cdot 10^{-4}}{100 \cdot 10^{-9} \log 7} = 4733 \Omega$

Et. n°3,

I) 1) La loi des mailles (maille ①) :  $u_5 - u_2 - u_1 = 0$  ①

$$u_2 = R_2 i_2 \quad \text{et} \quad u_1 = R_1 i_1$$

or L'A.O. est parfait  $\Rightarrow i_- = i_+ = 0 \Rightarrow i_2 = i_1$

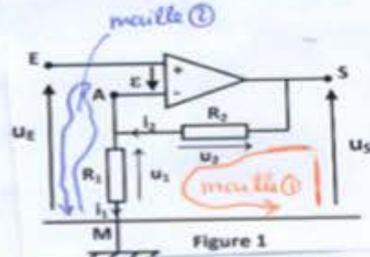
L'eq. ① donne :  $u_5 = R_1 i_1 + R_2 i_2 = (R_1 + R_2) i_1 = \frac{R_1 + R_2}{R_1} u_1$

$$\Rightarrow u_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} u_5$$

2)  $u_1 - \varepsilon - u_E = 0$

$$\varepsilon = u_1 - u_E =$$

$$\varepsilon = \frac{R_1}{R_1 + R_2} u_5 - u_E \quad \text{②}$$



3) a) si  $\varepsilon > 0$  alors  $u_S = +u_{sat}$ , l'équation ② donne :

$$u_E < \frac{R_1}{R_1 + R_2} u_{sat} \Rightarrow u_{HB} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} u_{sat}$$

si  $\varepsilon < 0$  alors  $u_S = -u_{sat}$ , l'équation ② donne :

$$u_E > \frac{-R_1}{R_1 + R_2} u_{sat} \Rightarrow u_{BH} = -\frac{R_1}{R_1 + R_2} u_{sat}$$

b) Nom du montage : Comparateur

son rôle : il permet de comparer entre  $u_E$  et  $u_{HB}$  d'une part et  $u_E$  et  $u_{BH}$  d'autre part.

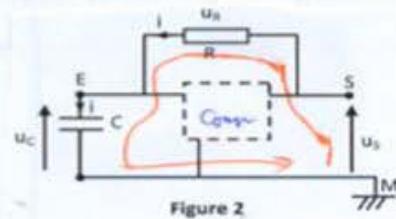
II) 1) Le montage de la figure ② est formé d'un comparateur et d'un réservoir d'énergie, et, il n'est pas alimenté par un générateur  $\Rightarrow$  il constitue un multivibrateur stable.

2) la loi des mailles :

$$u_S - Ri - u_C = 0 \Rightarrow Ri + u_C = u_S$$

$$i = \frac{dq}{dt} = C \frac{du_C}{dt}$$

$$RC \frac{du_C}{dt} + u_C = u_S$$



3) D'après la figure 3.

$$U_{HB} = 2 \times 5 = 10 \text{ V}, \quad U_{BH} = -2 \times 5 = -10 \text{ V}$$

$$T = 8 \times 25 \cdot 10^{-6} \text{ s} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ s}$$

$$4) \quad U_{HB} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U_{\text{sat}} \Leftrightarrow (R_1 + R_2) U_{HB} = R_1 U_{\text{sat}}$$

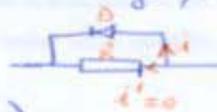
$$\Leftrightarrow R_1 U_{HB} + R_2 U_{HB} = R_1 U_{\text{sat}} \Leftrightarrow R_2 = \frac{R_1 (U_{\text{sat}} - U_{HB})}{U_{HB}}$$

$$\text{Avec, } R_2 = 10^4 \times \left( \frac{12 - 6}{6} \right) = 10^4 \Omega$$

$$T = 2RC \log \left( 1 + \frac{2R_1}{R_2} \right) = 2RC \log 3$$

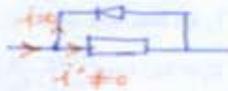
$$C = \frac{T}{2R \log 3} = \frac{2 \cdot 10^{-4}}{2 \times 10^4 \times \log 3} = 3,1 \cdot 10^{-9} \text{ F}$$

III) 1) Lorsque le condensateur se charge, la diode annule l'effet de la résistance



$$\Rightarrow T_1 = 2RC \log \left( 1 + \frac{2R_1}{R_2} \right)$$

et lorsque le condensateur se décharge, la diode est bloquée,



$$\Rightarrow T_2 = 2(2R)C \log \left( 1 + \frac{2R_1}{R_2} \right) = 2T_1$$

$$e) \quad \delta = \frac{T_1}{T} = \frac{T_1}{T_1 + 2T_1} = \frac{1}{3}$$

3) Le montage de la figure 4 permet de modifier la durée de l'état bas  $T_2$  sans modifier la durée de l'état haut  $T_1$ .

$\Rightarrow$  D'où le rapport cyclique  $\delta$  sera modifié

