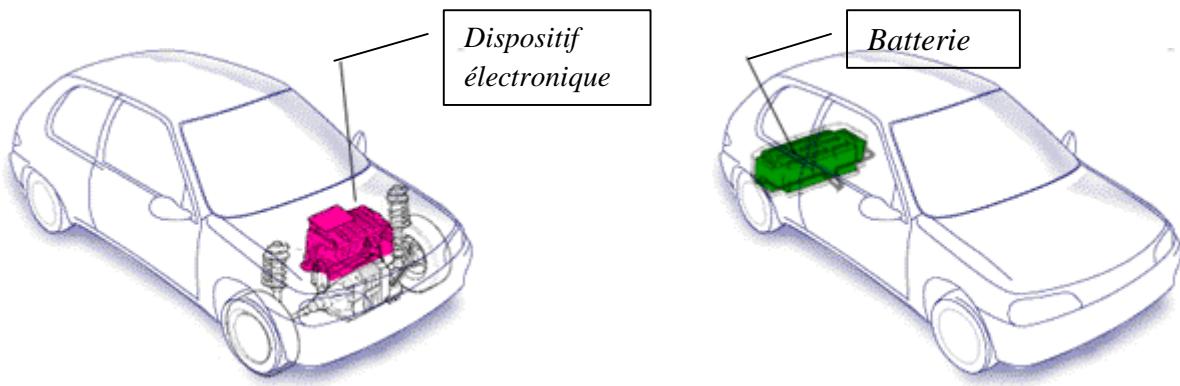


**Activité 12**

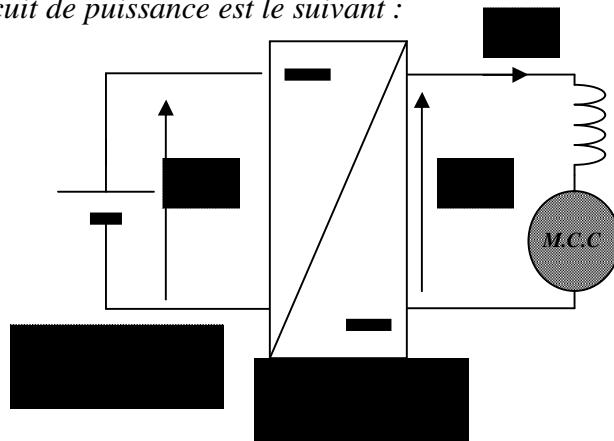
**TD : hacheur série**

**Exercice 1 :**

Le moteur est alimenté par l'intermédiaire d'un convertisseur continu-continu. L'énergie électrique est stockée dans une batterie placée à l'arrière du véhicule.



Le schéma de principe du circuit de puissance est le suivant :



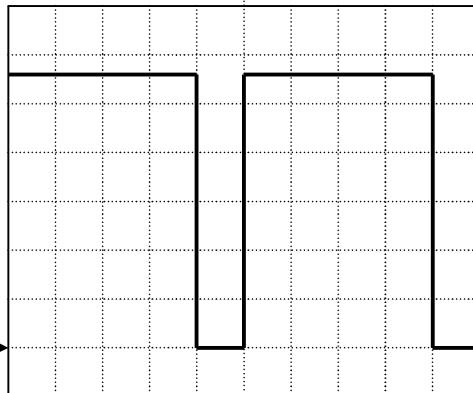
1°) Quel est le nom de ce convertisseur continu-continu ?

.....

2°) Quel est le rôle de la bobine ?

.....

3°) On observe la tension  $u$  aux bornes de la charge. L'oscillogramme de la tension  $u$  aux bornes de la charge est donné ci-contre :



**Base de temps :  $10 \mu s$  par division.**  
**Calibre tension :  $50 V$  par division.**

Déterminer :

a) la fréquence  $f$  de la tension  $u$  ;

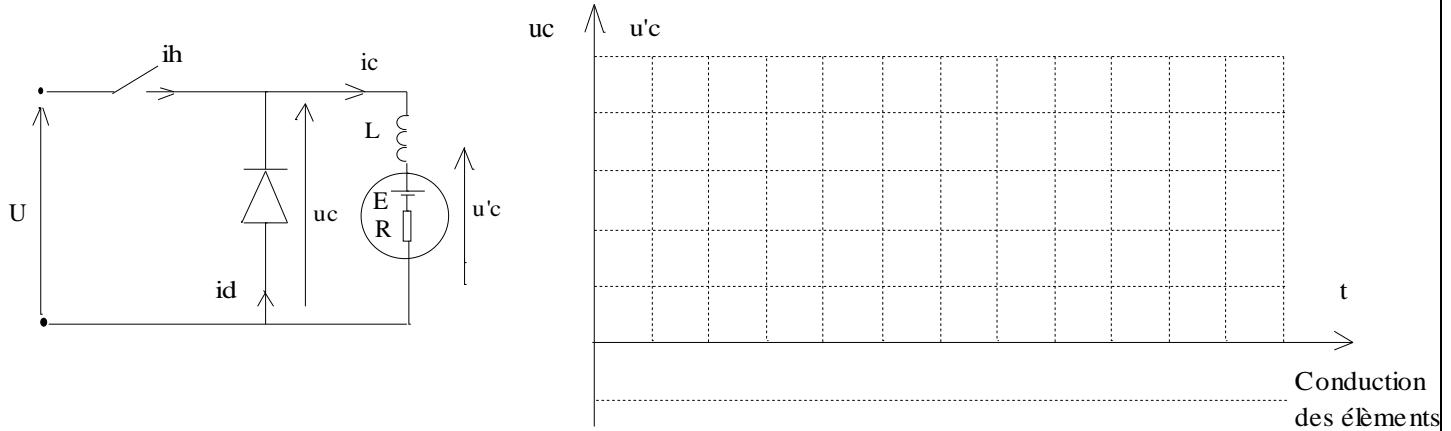
b) le rapport cyclique  $\alpha$  ;

c) la valeur moyenne  $\langle u \rangle$  de la tension  $u$ .

d) Quel appareil de mesure peut-on utiliser pour mesurer la valeur moyenne de la tension  $u$  (préciser le nom et le type) ?

**Exercice 2 :** Un hacheur série est alimenté par une tension continue  $U = 20 \text{ V}$  et alimente un moteur à courant continu. Le courant dans le moteur est parfaitement lissé et sa valeur moyenne vaut  $i_{cmoy} = 2 \text{ A}$ . Le rapport cyclique  $\alpha = 0.6$ , la fréquence de hachage  $f = 1000 \text{ Hz}$ .

1. Tracer  $i_h(t)$ ,  $u_c(t)$  et  $u'c(t)$  sur une période ( $5\text{V/div}$ ,  $1\text{A/div}$  et  $0,1\text{ms/div}$ ). Préciser les intervalles et temps de conduction du hacheur et de la diode



2. Calculer  $u_{cmoy}$  et la puissance fournie par le hacheur.

3. Justifier par des considérations énergétiques le rôle de  $L$  et  $D$ . Préciser comment on améliore le lissage du courant.

**Exercice 3 :** Un hacheur série parfait est alimenté sous une tension  $U = 220 \text{ V}$ .

1. La charge du hacheur est une résistance de  $55 \Omega$  dans laquelle le courant peut être considéré comme constant.

1.1. Calculer l'intensité du courant qui traverse la résistance ainsi que la puissance dissipée dans la résistance en fonction du rapport cyclique  $\alpha$  :

1.2. Application numérique :  $\alpha = 0,50$ .

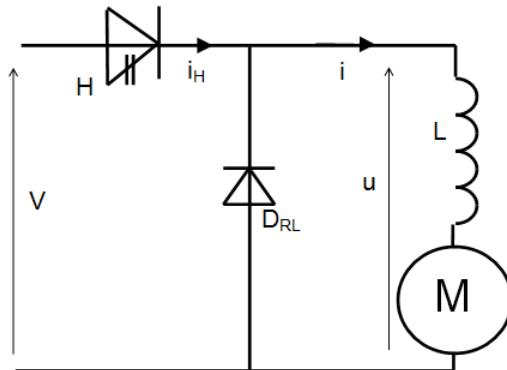
2. Le hacheur alimente, maintenant, un moteur à excitation indépendante dont la f.e.m. vaut  $E = 140 \text{ V}$  pour  $\alpha = 2/3$  et dont la résistance de l'induit est égale à  $1,2 \Omega$ . On admet que le courant dans le moteur est pratiquement constant. Quelle est l'intensité de ce courant ?

**Exercice 4 :** Un hacheur série, parfait, alimente un moteur de traction électrique. La tension aux bornes du moteur se confond avec sa f.é.m.  $E$ . Le hacheur est commandé par un système périodique à la fréquence  $f = 600 \text{ Hz}$ . Une tension continue  $U = 750 \text{ V}$  est appliquée à l'entrée du hacheur.

Pour la valeur  $\alpha = 2/3$  du rapport cyclique :

1. Donner l'allure des courbes  $v(t)$  et  $u_H(t)$ .      2. Quelle est la valeur de la f.é.m.  $E$  du moteur ?
- .....  
.....  
.....

**Exercice 5 :** On alimente l'induit d'un moteur à l'aide du hacheur série dont le schéma est représenté ci-dessous :



**H** : Interrupteur électronique commandé à l'ouverture et à la fermeture.

**D<sub>RL</sub>** : Diode supposée idéale.

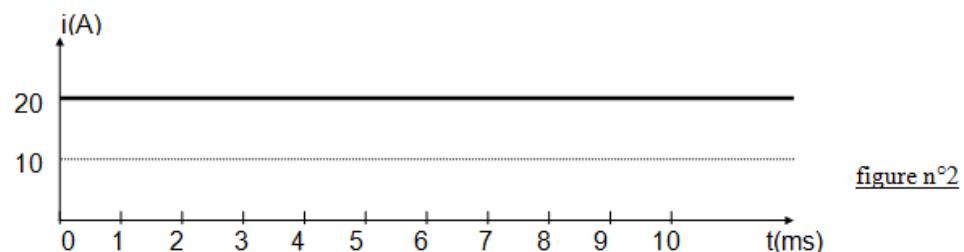
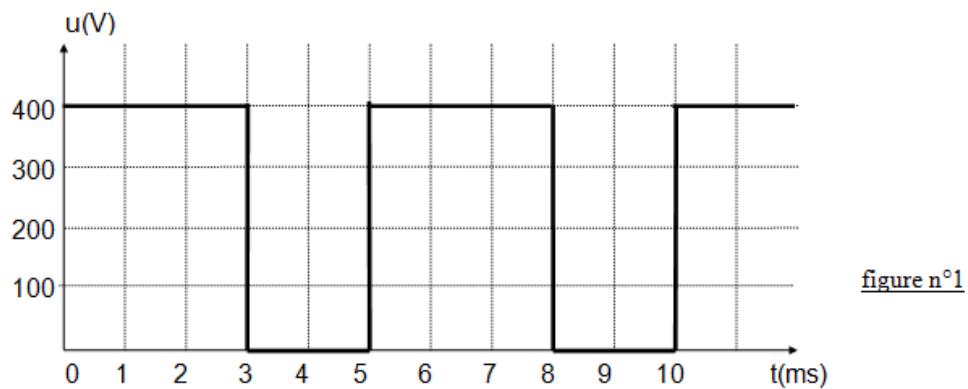
**L** : Bobine d'inductance  $L$  supposée parfaite.

**V** : Tension continue délivrée par une source idéale de tension.

1. Quel est le rôle de la diode **D<sub>RL</sub>** ?
- .....

2. Quel est le rôle de la bobine d'inductance **L** ?
- .....

Les allures de la tension  $u$  et du courant  $i$  sont représentées respectivement sur les figures 1 et 2.



3. Déterminer la fréquence  $f$  de la tension  $u$ .

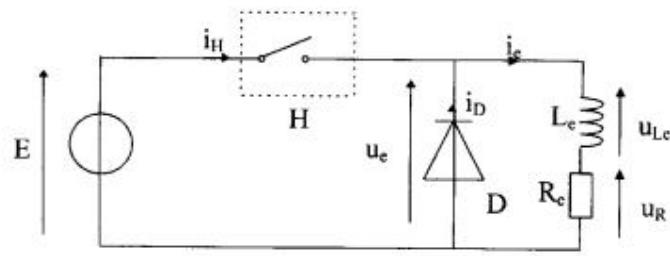
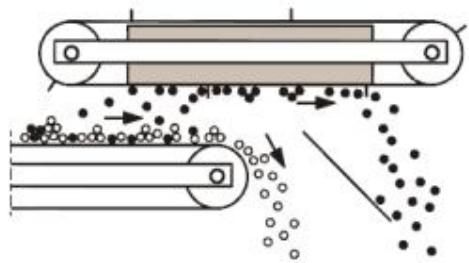
4. Déterminer la valeur du rapport cyclique  $\alpha$ .

5. Montrer que la valeur moyenne  $\langle u \rangle$  de la tension  $u$  peut s'exprimer :  $\langle u \rangle = \alpha V$ , et en donner la valeur.

## Activité 13

## Exercices à résoudre – hacheurs série

**Exercice 1:** On étudie ici un séparateur magnétique utilisé pour séparer les matériaux ferreux des déchets déroulant sur une bande convoyeuse.



L'aimantation du séparateur se fait grâce à un électroaimant, assimilable à une bobine en série avec une résistance. Les concepteurs ont prévu que l'aimantation du séparateur puisse être variable en fonction du type de déchets à traiter. Cette variation d'aimantation est réalisé grâce à un hacheur série.

On donne les valeurs suivantes :  $E = 140 \text{ V}$ ,  $R_e = 50 \Omega$  et  $L = 0,001 \text{ H}$ .

**H** est fermé entre  $t = 0$  et  $t = \alpha \cdot T$ ; **H** est ouvert entre  $t = \alpha \cdot T$  et  $t = T$ .  $T = 0,1 \text{ ms}$

1. Quel est le rôle de la diode **D**? Est-elle utile ici?

2. Représenter l'allure de  $u_e(t)$ . Calculer sa valeur moyenne,  $\langle u_e \rangle$ ,

3. Calculer la valeur moyenne de  $i_e$ .

L'utilisateur du séparateur a besoin d'une force magnétique correspondant à un courant de  $2 \text{ A}$ , quel rapport cyclique doit-il appliquer?

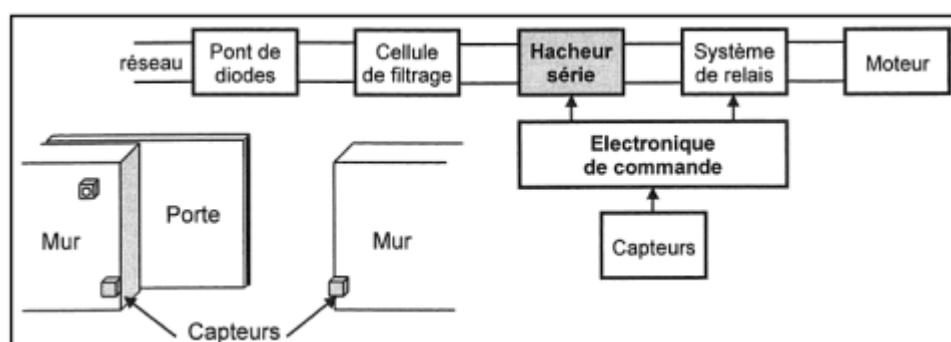
4. Donner l'expression du courant  $i_e(t)$  dans les différentes phases. Représenter son allure.

5. Calculer l'ondulation du courant dans la charge définie par  $\Delta i_e$  en fonction de  $\alpha$ .

6. Calculer pour **H** et **D** les courants moyens et efficaces. D'après ces valeurs, quel type de transistor utiliseriez-vous réaliser **H**?

**Exercice 2:** Le support de cet exercice est un portail

automatique de garage collectif dans un immeuble. Le synoptique concernant la partie électrique et une vue d'ensemble sont donnés.

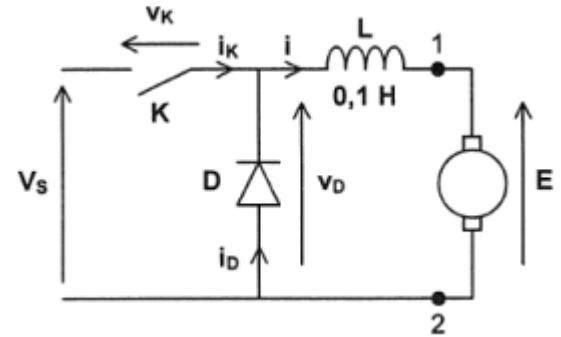


La tension d'alimentation est constante et vaut  $V_s = 210 \text{ V}$ .

$D$  est une diode idéale sans seuil.  $K$  est un interrupteur parfait commandé par une tension.

On note  $\alpha$  le rapport cyclique de commande de ce hacheur et  $T = 0,1 \text{ ms}$  est la période de fonctionnement.

- pour  $t \in [0 ; \alpha T]$ ,  $K$  est fermé
- pour  $t \in [\alpha T ; T]$ ,  $K$  est ouvert.



On considère (c'est une hypothèse simplificatrice) que la tension aux bornes du moteur est égale à sa f.e.m.  $E$  qui est proportionnelle à la vitesse de rotation du moteur :  $E = k.N$  avec  $k = 5,25 \cdot 10^{-2} \text{ V}/(\text{tr} \cdot \text{min}^{-1})$ .

On suppose que l'intensité  $i$  du courant ne s'annule jamais et varie entre les valeurs minimale et maximale  $I_m$  et  $I_M$ .

1/ Déterminer l'expression de  $i(t)$  pour  $t \in [0 ; \alpha T]$  puis  $t \in [\alpha T ; T]$ .

2/ Représenter les allures de  $v_D(t)$  et  $i(t)$  sur le document réponse.

3/ Exprimer la valeur moyenne de la tension  $v_D(t)$  en fonction de  $\alpha$  et  $V_s$ . En déduire la relation entre  $E$ ,  $\alpha$  et  $V_s$ .

4/ Exprimer l'ondulation de courant  $\Delta i = I_M - I_m$  en fonction de  $\alpha$ ,  $V_s$ ,  $L$  et  $T$ .

5/ Représenter l'allure de  $\Delta i$  en fonction de  $\alpha$ .

6/ Pour quelle valeur de  $\alpha$  l'ondulation de courant est-elle maximale ? Calculer  $\Delta i_{\max}$ .

7/ Déterminer la valeur de  $\alpha$  qui permet de régler la vitesse de rotation à  $N = 1000 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$ .

8/ Représenter les allures de  $i_D(t)$  et  $i_K(t)$  et exprimer leurs valeurs moyennes respectives en fonction de  $\alpha$ ,  $I_m$  et  $I_M$ .

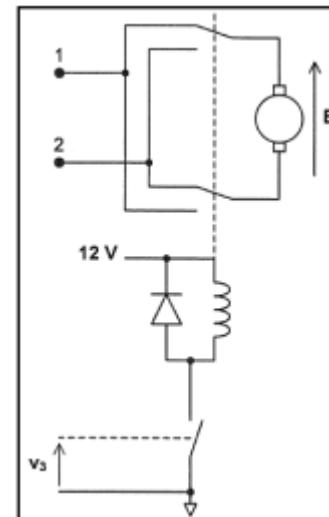
### Système de relais

En réalité, le hacheur n'alimente pas directement le moteur : on intercale comme indiqué sur la figure ci-dessous un système de relais piloté par un interrupteur commandé par une tension  $v_3$ .

Au repos, lorsque la tension aux bornes de la bobine est nulle, les interrupteurs sont dans la position représentée sur la figure.

Lorsque la tension aux bornes de la bobine est égale à  $12 \text{ V}$ , les interrupteurs sont dans l'autre position.

9/ Quelle est l'utilité de ce système de relais ?



## Activité 14

## TD - Fonction génération des signaux : Montage ASTABLE

### Présentation

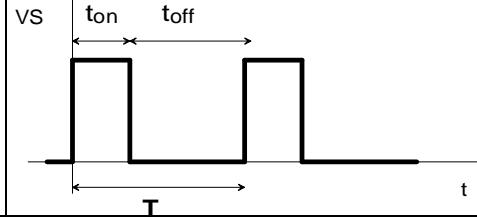
Pour commander un hacheur à transistor, on a besoin d'un générateur des signaux appelé astable.

La fonction ASTABLE = .....

La sortie de cette fonction ne possède pas d'état stable, et commute périodiquement entre les états bas et haut.

On distingue 3 temps :

- la période  $T = t_{on} + t_{off}$
- $t_{on}$  : durée de l'état haut
- $t_{off}$  : durée de l'état bas



On appelle rapport cyclique  $\alpha$ : le rapport entre la durée de l'état haut et la période

$$\alpha = \frac{t_{on}}{T}$$

On peut réaliser cette fonction à partir des solutions :

- A base de circuits spécialisés (ex : NE555).
- A base d'amplificateur opérationnel intégré
- A base de CI logiques

## Le timer NE 555

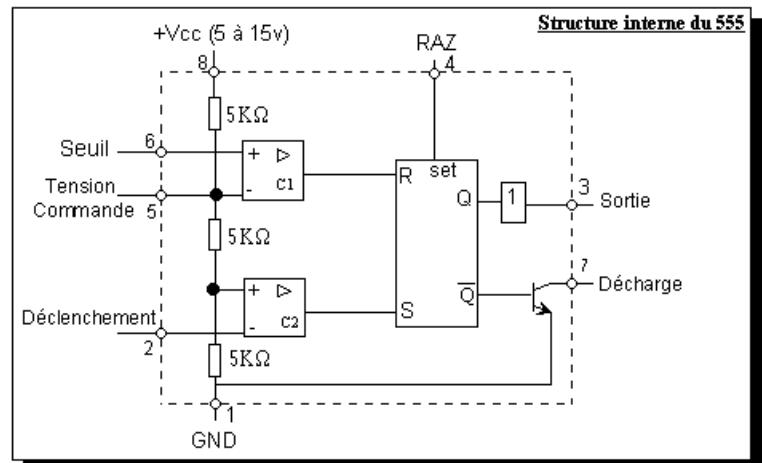
### Présentation du 555

Le circuit 555 est un circuit intégré de 8 broches spécialisé dans la production de signaux.

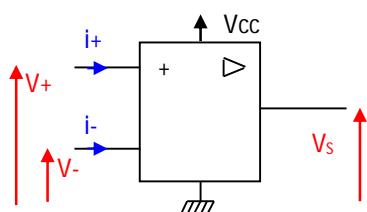
Il permet la réalisation de temporisation, d'horloge, etc...

Il est composé par :

- un pont diviseur
- deux comparateurs  $C1$  et  $C2$
- une bascule RS
- un transistor de décharge (interrupteur commandé)
- un circuit tampon chargé de fournir ou d'absorber le courant de sortie.



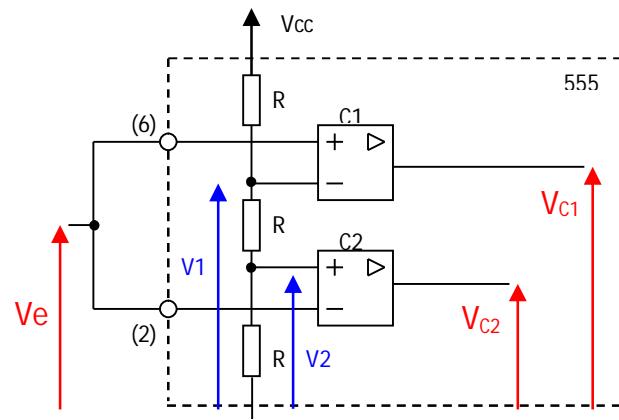
### Etude de l'étage de comparaison



Si  $V_+ > V_-$  alors  $V_S = \dots$

Si  $V_- > V_+$  alors  $V_S = \dots$

$$i_+ = i_- = 0 \text{ car } R_f = \infty$$



On considère l'étage d'entrée du 555, composé par le pont diviseur et les deux comparateurs  $C1$  et  $C2$ .

On relie les entrées (2) et (6). On se propose d'étudier l'évolution de  $V_{C1}$  et  $V_{C2}$  dans ce cas-là.

1) Donner l'expression de  $V1$  et de  $V2$  en fonction de  $Vcc$ .

$$V1 = \dots$$

$$V2 = \dots$$

2) Donner les valeurs prises par  $V_{C1}$  et  $V_{C2}$  suivant les valeurs de  $Ve$ .

Pour le comparateur  $C1$ : si  $Ve > V1 \Rightarrow V_{C1} = \dots$  et si  $Ve < V1 \Rightarrow V_{C1} = \dots$

Pour le comparateur  $C2$ : si  $Ve > V2 \Rightarrow V_{C2} = \dots$  et si  $Ve < V2 \Rightarrow V_{C2} = \dots$

3) Compléter alors les chronogrammes de  $V_{C1}(t)$  et de  $V_{C2}(t)$  suivant l'évolution de  $Ve(t)$ .

### Etude de la bascule RS

En plus des entrées  $R$  et  $S$ , la bascule comprise dans le 555 possède une entrée RAZ de remise à zéro active sur un niveau haut.

1) Rappeler la table de vérité d'une bascule RS en tenant compte de l'entrée RAZ.

2) Compléter alors les chronogrammes de  $Q$ ,  $\bar{Q}$  et  $V_s$  en fonction de ceux trouvés précédemment.

$R$	$S$	$Q$	$\bar{Q}$
0	0	...	...
1	0	...	...
0	1	...	...
1	1	...	...

## L'interrupteur commandé.

Le transistor de décharge fonctionne comme un interrupteur commandé par la sortie  $\bar{Q}$  de la bascule RS. C'est à dire que :

si  $\bar{Q} = 0$ , l'interrupteur est



ouvert.

si  $\bar{Q} = 1$ , l'interrupteur est

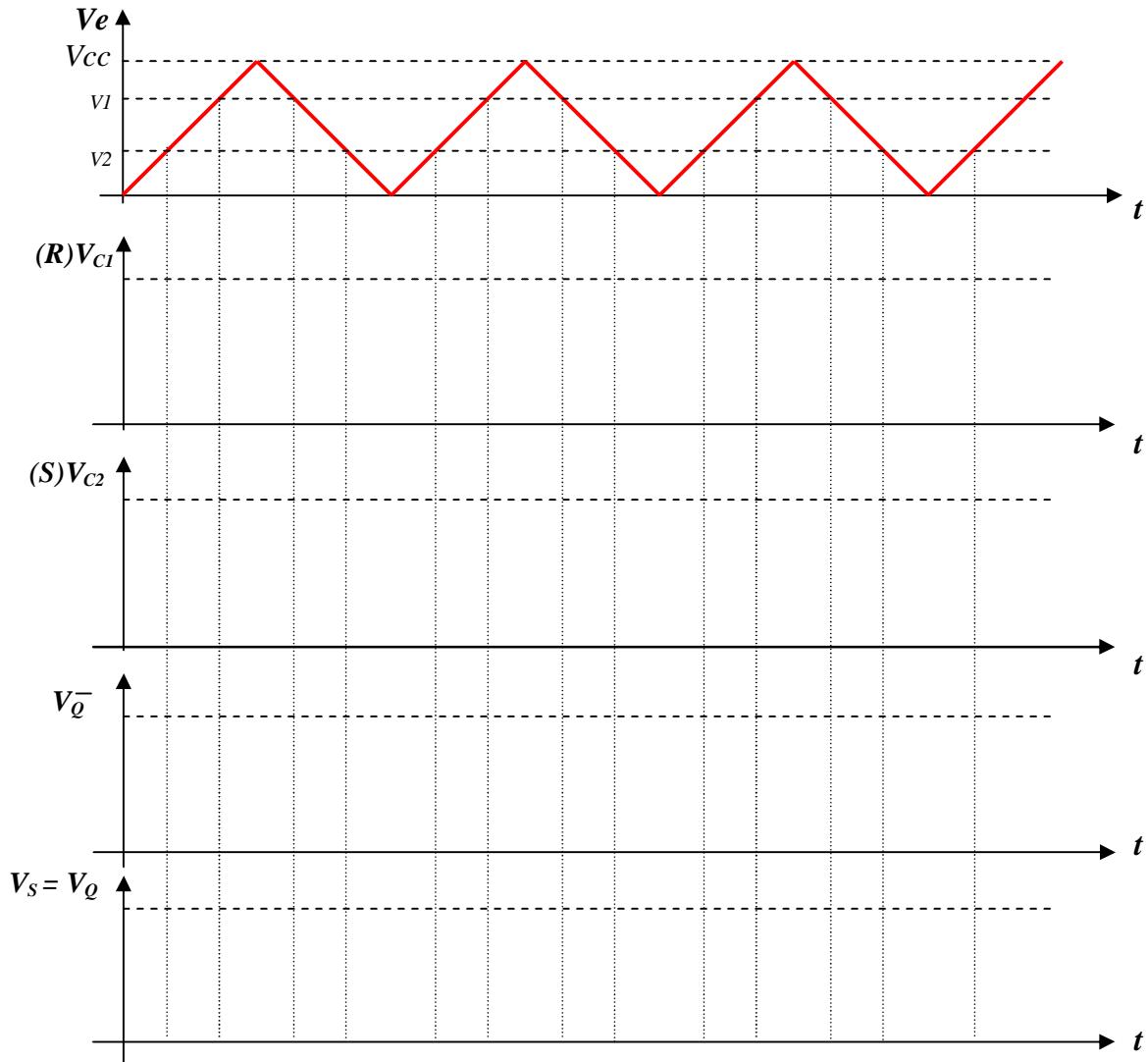


fermé.

1) Consigner dans le tableau ci-contre l'état pris par la sortie (7) suivant les valeurs de  $\bar{Q}$ .

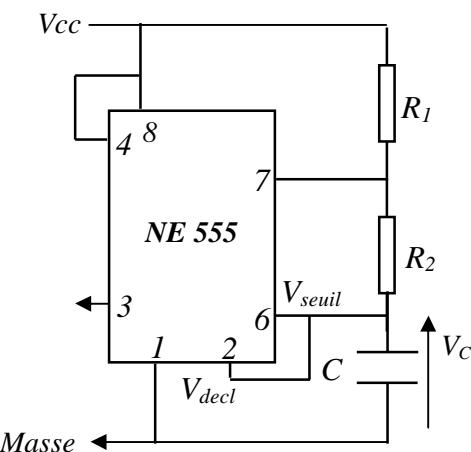
$\bar{Q}$	Etat du transistor
0	.....
1	.....

## Synthèse du fonctionnement du circuit 555



## Schéma du montage astable

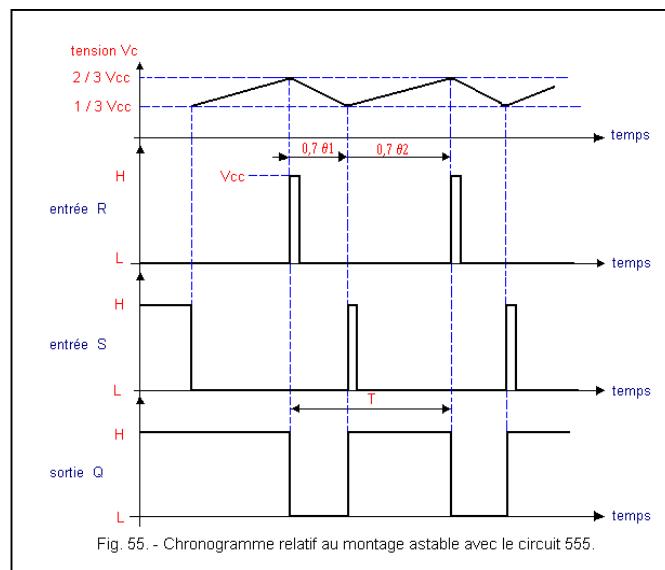
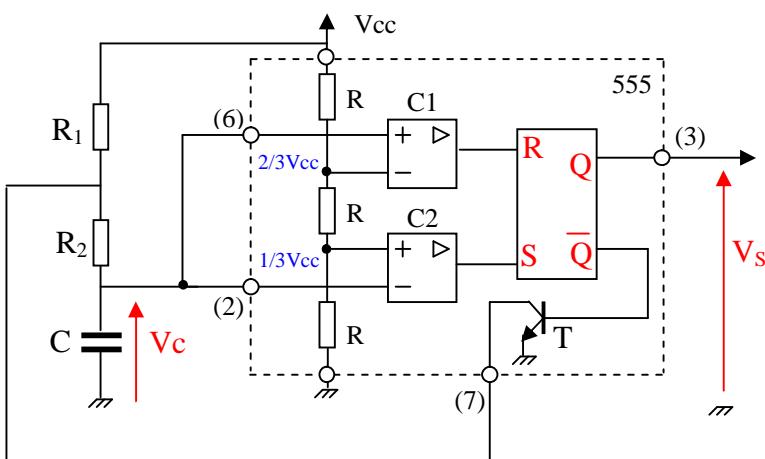
$$V_c = V_{\text{seuil}} = V_{\text{decl}}$$



## Fonctionnement du montage

**Hypothèse :** Le condensateur est supposé initialement déchargé :  $V_c = 0 \text{ V}$ . On a donc  $V_{\text{seuil}}$  et  $V_{\text{decl}}$  nulles, ce qui implique  $V_s = V_{cc}$ .

## Evolution temporelle de $V_c$ et de $V_s$



- A la mise sous tension, le condensateur  $C$  se ..... à travers les résistances en série ... et .... puisque le transistor est ..... ( $Q$  est au niveau ....).
- Lorsque la tension  $V_c$  atteint ...., l'entrée  $R$  passe au niveau ...., donc la sortie  $Q$  passe au niveau .... Ceci rend le transistor  $T$  .... .
- Le condensateur  $C$  se ..... à travers la résistance .... La constante de décharge vaut  $\tau_1 = R_2 \cdot C$ . Lorsque  $V_c$  atteint le seuil ...., l'entrée  $S$  passe au niveau .... et  $Q$  repasse au niveau .... . Le condensateur  $C$  se ..... avec une constante de temps  $\tau_2 = (R_1 + R_2) \cdot C$  et le cycle continue ainsi indéfiniment.

## Calcul de la période $T$ et du rapport cyclique

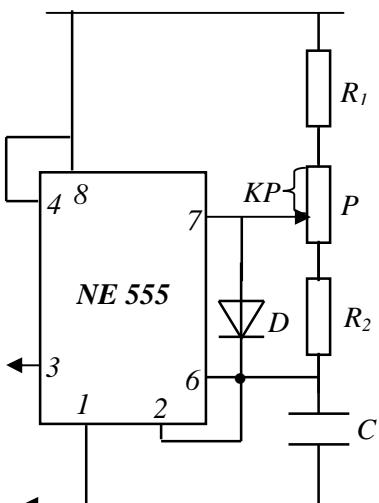
- On observe une oscillation périodique de  $V_s$  et de  $V_c$  entre  $0\text{V}$  et  $V_{cc}$  (ou entre  $1/3 V_{cc}$  et  $2/3 V_{cc}$  pour  $V_c$ ). Le montage ne parvient pas à trouver un état d'équilibre, il est .....
- La période d'oscillation  $T$  est égale à la somme de la durée de charge du condensateur ( $V_c$  variant de  $1/3 V_{cc}$  à  $2/3 V_{cc}$ ) et de la durée de décharge ( $V_c$  variant de  $2/3 V_{cc}$  à  $1/3 V_{cc}$ ).  

$$T = (R_1 + R_2) \cdot C \cdot \ln 2 + R_2 \cdot C \cdot \ln 2$$

$$T = 0,7 \cdot C \cdot (R_1 + 2R_2)$$
  $T$  est indépendant de la tension d'alimentation.
- Le rapport cyclique est :  $\alpha = (R_1 + R_2) / (R_1 + 2R_2)$

## Montage astable à rapport cyclique variable

Pour avoir un rapport cyclique variable, on utilise le montage ci-dessous :



Charge :

$t_{on} = \dots$

Décharge :

$T_{off} = \dots$

Donc la période:

$T = \dots$

Le rapport cyclique :

$\alpha = \dots$