

PHYSIQUE APPLIQUEE**Asservissement de position.**

Deux exemplaires de chronogrammes sont fournis en annexe 2 (pages 17 et 18). L'un est destiné aux essais du candidat, l'autre est à rendre avec la copie.

Une chaîne de régulation de position comprend (figure 1, page 13) :

- une horloge H de période T ;
- un compteur-décompteur travaillant en code binaire naturel 12 bits, dont la sortie sera notée N_1 . Le signal d'horloge pourra être transmis au compteur (interrupteur L fermé) ou non (L ouvert) ;
- deux convertisseurs numérique analogique 12 bits délivrant respectivement des tensions continues $V_1 = a N_1$ et $V_2 = a N_2$;
- un comparateur de tension délivrant $\varepsilon = V_1 - V_2$;
- un générateur de signaux rectangulaires de période constante T_0 et dont le rapport cyclique α est tel que $\alpha = A \varepsilon$;
- un hacheur ;
- un moteur à courant continu, à excitation constante, alimenté par le hacheur et qui entraîne un monte-charge non représenté ;
- un codeur de position C et un transcodeur donnant la position du monte-charge en code binaire naturel sur 12 bits. N_2 vaut 0 quand celui-ci est au point bas de sa course et 4 095 quand il est au point haut.

Le problème est constitué de 3 parties totalement indépendantes :

- Partie A : Etude du hacheur.
- Partie B : Etude du convertisseur numérique analogique.
- Partie C : Etude du montage complet.

Partie A : Etude du hacheur.

La figure 2 (page 14) représente le schéma du hacheur :

- E est une source de tension continue pouvant fonctionner aussi bien en générateur ($i_s > 0$) qu'en récepteur ($i_s < 0$).
- D_1 et D_2 sont deux diodes supposées parfaites.
- K_1 et K_2 sont deux interrupteurs électroniques parfaits commandés par des signaux rectangulaires V_K . Ils sont fermés pour $0 < t < \alpha T_0$ (V_K niveau haut) et ouverts le reste de la période (V_K niveau bas). α est le rapport cyclique, $0 \leq \alpha \leq 1$.
- L est une bobine d'inductance L.
- E' est la f.e.m. du moteur à courant continu.
- T_0 est la période du hacheur.

Dans toute cette partie on se place en régime permanent et on suppose que le courant $i_c(t)$ ne s'annule jamais : $i_c(t) > 0$ quel que soit l'instant considéré. Soit I_{\min} la valeur minimale de $i_c(t)$ et I_{\max} la valeur maximale.

Pour toutes les questions il est impératif d'effectuer un calcul littéral avant de passer aux applications numériques s'il y a lieu.

On donne $E = 100 \text{ V}$ $L = 160 \text{ mH}$ $T_0 = 1 \text{ ms}$
(les valeurs numériques de I_{\min} et I_{\max} ne sont pas données.)

A - 1) K_1 et K_2 sont fermés : $0 < t < \alpha T_0$.

A - 1 - a) Que vaut la tension $u_c(t)$?

A - 1 - b) Etablir l'équation différentielle régissant l'évolution de $i_k(t)$.

A - 1 - c) Résoudre cette équation différentielle avec la condition $i_k(0) = I_{\min}$.

A - 2) K_1 et K_2 sont ouverts ($\alpha T_0 < t < T_0$).

A - 2 - a) Indiquer les composants qui sont traversés par le courant.
Que vaut la tension $u_c(t)$?

A - 2 - b) Etablir l'équation différentielle régissant l'évolution de $i_d(t)$.

A - 2 - c) Résoudre cette équation différentielle avec la condition $i_d(\alpha T_0) = I_{\max}$.

A - 2 - d) Représenter graphiquement sur l'annexe 2 (à rendre avec la copie) les évolutions de $u_c(t)$, $i_k(t)$, $i_d(t)$ et $i_c(t)$ sur 2 périodes.

A - 3) Calculer littéralement en fonction de α et faire ensuite l'application numérique pour $\alpha = 0,8$:

A - 3 - a) la valeur moyenne \bar{U}_c de la tension $u_c(t)$

A - 3 - b) la f.e.m. E' du moteur.

A - 4) E' représente la f.c.m. d'un moteur à courant continu à excitation constante. Ce moteur est supposé sans perte. La relation entre sa f.e.m. et sa vitesse angulaire de rotation est $E' = K\Omega$ avec $K = 0,5 \text{ V/rad. s}^{-1}$.

A - 4 - a) Exprimer la vitesse angulaire Ω du moteur en fonction de α , E et K.

A - 4 - b) Calculer Ω pour $\alpha = 0,8$.

Partie B : Etude du convertisseur numérique analogique.

Pour convertir le nombre N_1 (valeur décimale), qui s'écrira en binaire $A_{11} A_{10} A_9 \dots A_2 A_1 A_0$ en une tension $V_1 = a N_1$, on utilise un circuit intégré dont le synoptique est donné figure 3 (page 15). Il comporte :

- Un réseau en échelle R, 2 R qui est alimenté par une tension constante V_0 . On donne $R = 10 \text{ k}\Omega$.
- Deux sorties notées S_1 et S_2 qui devront être portées à un potentiel nul lors de l'utilisation.
- Un jeu de douze commutateurs commandés par les signaux logiques $A_{11} A_{10} A_9 \dots A_2 A_1$ et A_0 . Quand A_i est au niveau logique 0 (on notera $A_i = 0$) la résistance 2 R traversée par le courant I_i est connectée à la sortie S_2 . Quand A_i est au niveau logique 1 (on notera $A_i = 1$), la résistance 2 R correspondante est connectée à la sortie S_1 . La figure 3 représente le cas où $A_{11} A_{10} A_9 \dots A_2 A_1 = 0$ et $A_0 = 1$.

B - 1) Les sorties S_1 et S_2 sont mises à la masse (figure 4, page 16).

B - 1 - a) Exprimer le courant I_0 en fonction de I'_0 .

B - 1 - b) Pour cette question la résistance R traversée par le courant I'_1 est déconnectée. Quelle est la résistance équivalente R_{BM} vue entre les points B et M ?

B - 2) Pour cette question la résistance R traversée par le courant I'_2 est déconnectée.

B - 2 - a) Quelle est la résistance équivalente R_{CM} vue entre les points C et M ?

B - 2 - b) Exprimer le courant I_1 en fonction de I'_1 .

B - 2 - c) En déduire la relation entre I_1 et I_0 .

B - 3) Pour cette question la résistance R traversée par le courant I'_3 est déconnectée.

B - 3 - a) Quelle est la résistance équivalente R_{DM} vue entre les points D et M ?

B - 3 - b) Exprimer le courant I_2 en fonction de I'_2 .

B - 3 - c) En déduire la relation entre I_2 et I_0 .

B - 3 - d) Dans le cas général donner la relation entre les courants I_i , I_0 et 2^i (i prenant les valeurs entières de 11 à 0).

B - 3 - e) Exprimer le courant I_0 en fonction de V_0 et R.

B - 4) Les sorties S_1 et S_2 sont toujours connectées à la masse.

B - 4 - a) Exprimer le courant J_1 sortant de S_1 en fonction de $I_0, A_{11}, A_{10}, A_9, \dots, A_2, A_1, A_0$.

B - 4 - b) En déduire J_1 , en fonction de V_0, R et N_1 .

B - 4 - c) Donner l'expression de la plus petite variation de courant ΔJ_1 que l'on peut observer lorsque N_1 varie ?

B - 5) On réalise le schéma de la figure 5 (page 16) dans lequel l'amplificateur opérationnel est supposé parfait et en régime linéaire. $R = 10 \text{ k}\Omega$

B - 5 - a) Exprimer V_1 en fonction de V_0 .

B - 5 - b) Quelle valeur doit prendre V_0 pour que la plus petite variation de V_1 soit $\Delta V_1 = 2 \text{ mV}$?

Partie C : Etude du montage complet.

On s'intéresse au fonctionnement de la chaîne de régulation donnée figure 1 (page 13). Les convertisseurs numérique analogique sont identiques. On a :

$$V_1 = a N_1 \quad V_2 = a N_2 \quad a = 2 \text{ mV.}$$

Le générateur fournit des signaux rectangulaires de rapport cyclique α tel que :

$$\alpha = \Lambda \epsilon \text{ avec } \Lambda = 5.$$

C - 1) On désire que le monte-charge soit à l'arrêt à la position définie par $N_2 = 2048$.

C - 1 - a) Quelle sera la valeur de α à l'arrêt ?

C - 1 - b) Calculer la valeur que doit prendre N_1 à l'arrêt.

C - 2) A partir de la position précédente, on ferme l'interrupteur L pendant $t_1 = 10 \text{ s}$. Le compteur varie de $\Delta N_1 = 1000$. Le monte-charge s'élève.

C - 2 - a) Quelle est la période de l'horloge ?

C - 2 - b) En régime permanent de montée du monte-charge, $\alpha = 0,79$. En déduire l'erreur permanente $N_1 - N_2$.

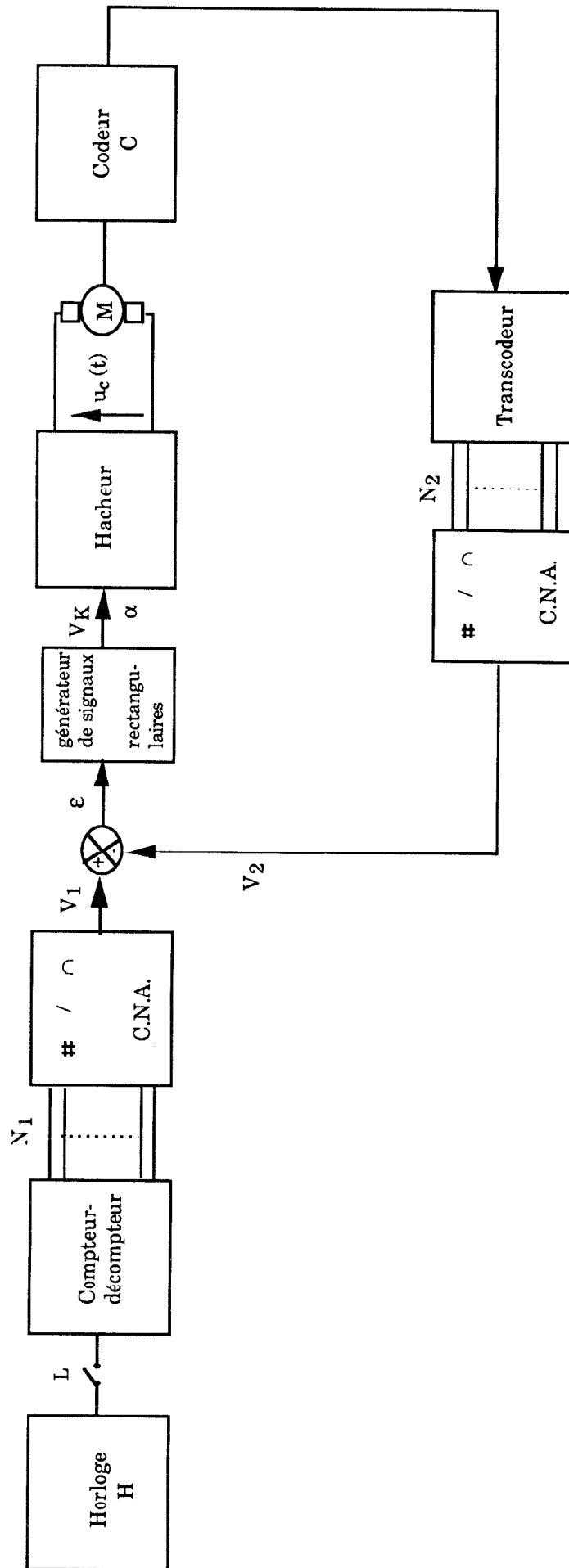


Figure 1

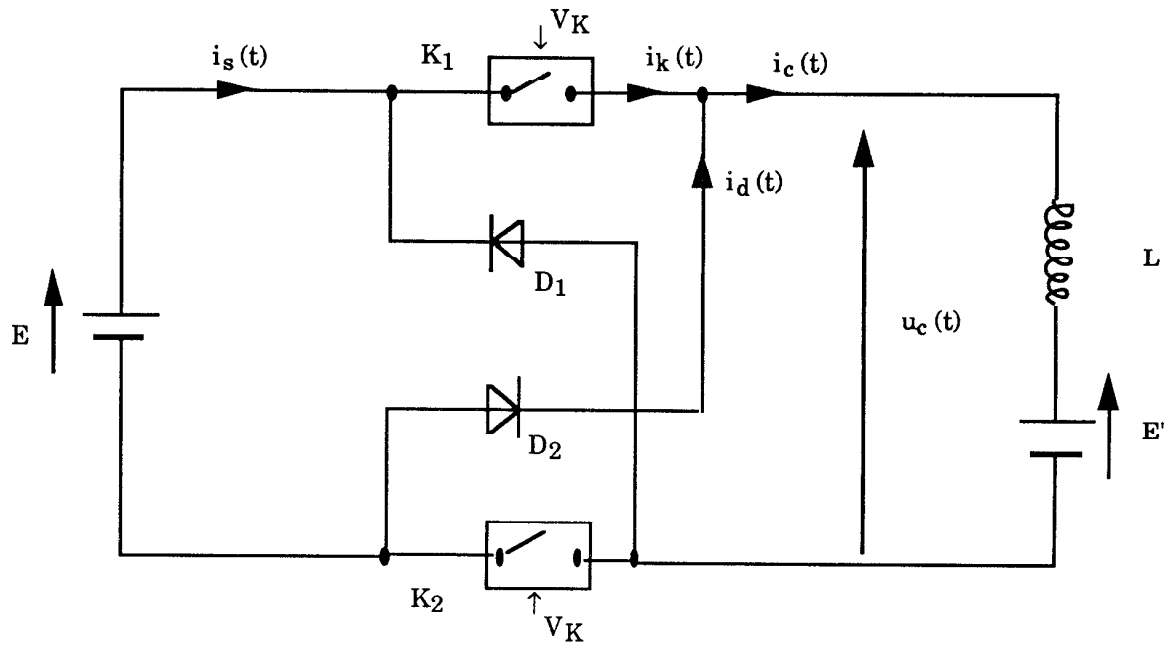


Figure 2

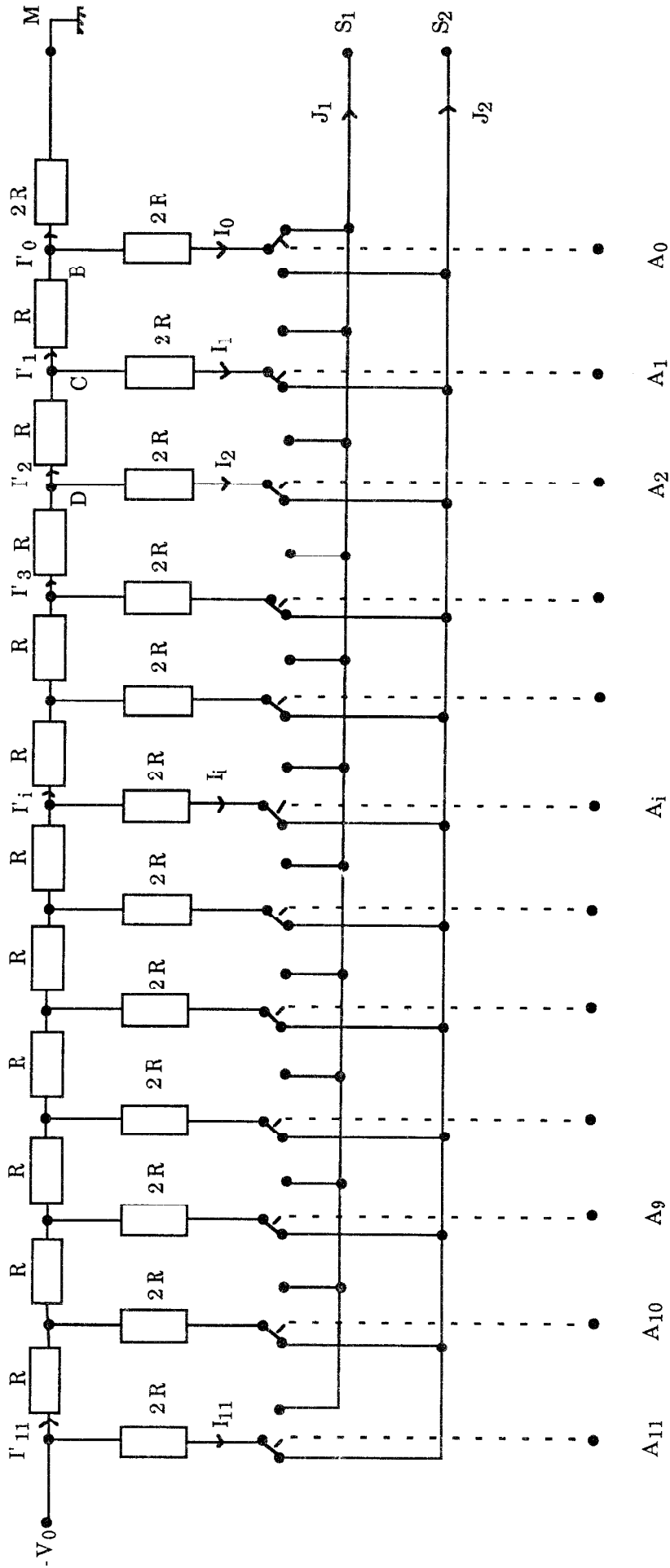
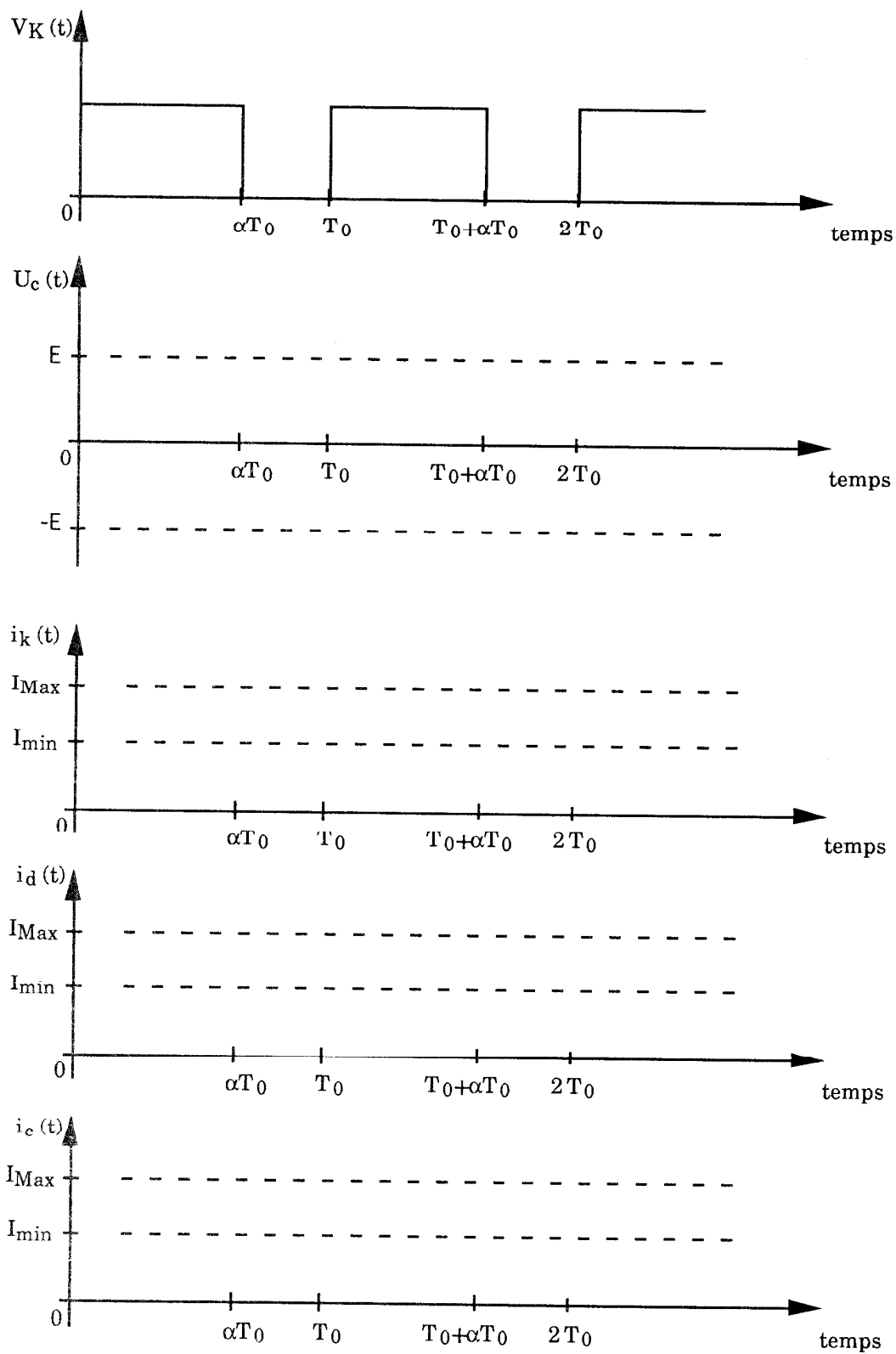
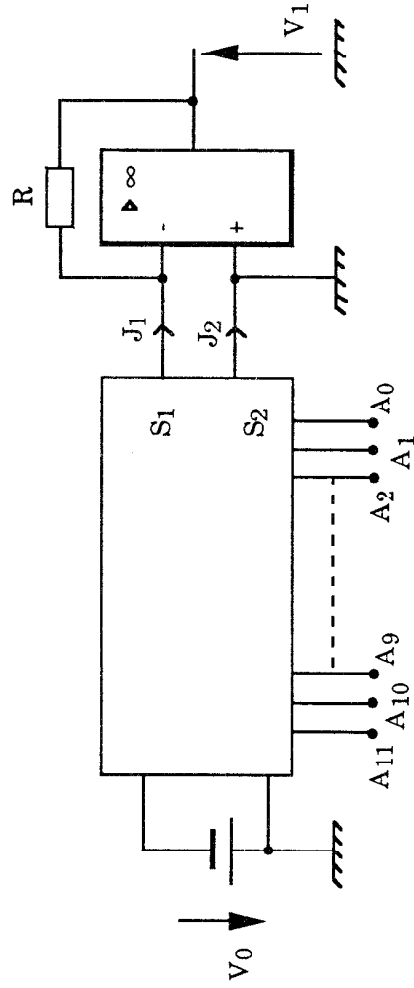


Figure 3

Annexe 2 : Chronogrammes (essais).

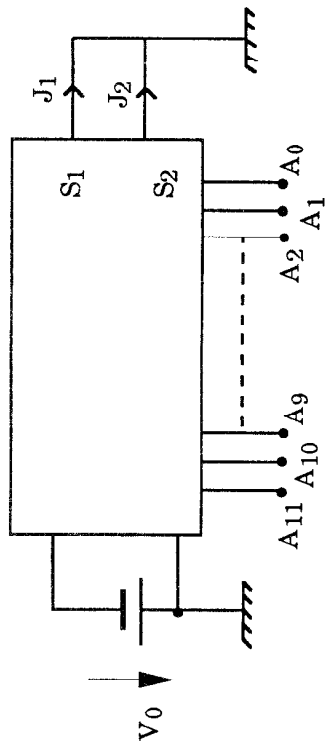


BWBS1



N1

Figure 5



N1

Figure 4