

**PROBLEME N° 1 : CONVERTISSEUR ANALOGIQUE - NUMERIQUE**

Les amplificateurs opérationnels considérés sont supposés idéaux et fonctionnant en régime linéaire. Ils sont alimentés sous des tensions continues symétriques (+ 15 V) qui ne figurent pas sur les schémas.

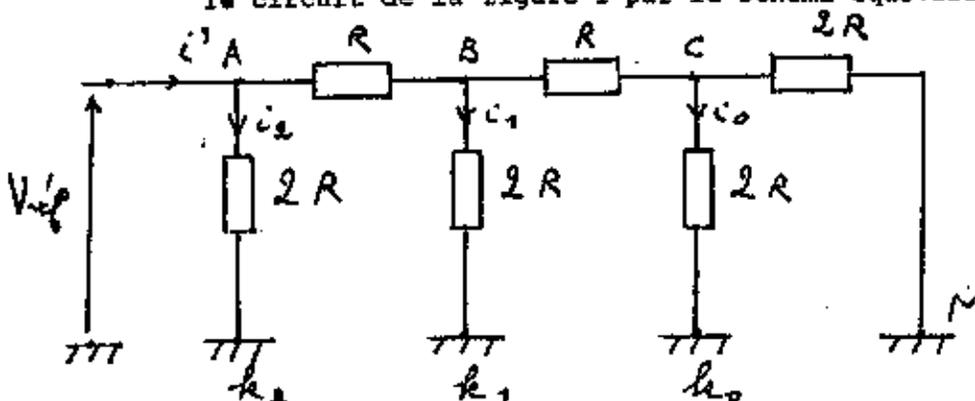
Les différentes parties du problème sont indépendantes.

On se propose d'étudier 3 éléments d'une chaîne de traitement numérique.

**I - C.N.A. (Figure 1)**

La tension  $V_{ref}$  est une source parfaite de tension. Le circuit de la figure 1 comporte 3 commutateurs  $k_2, k_1, k_0$ , commandés par le signal binaire " $x_2, x_1, x_0$ ", tel que  $x_j = 1$  si le commutateur est en position 1,  $x_j = 0$  si le commutateur est en position 0.

- 1) Quelle est la valeur de  $V_p$ , potentiel du point P ?
- 2) En déduire que, quelque soit le "mot" binaire envisagé, on peut représenter le circuit de la figure 1 par le schéma équivalent suivant :



- 3) Déterminer la résistance équivalente  $R_{AM}$  entre le point A et la masse M.  
Montrer que  $i' = \frac{V_{ref}}{R}$ .
  - 4) Calculer les potentiels  $V_A, V_B, V_C$  des points A, B, C en fonction de  $V_{ref}$ .
  - 5) En déduire les valeurs de  $i_2, i_1$  et  $i_0$  en fonction de  $V_{ref}$  et de R. Montrer que  $i_j$ , intensité dans la branche d'indice j, est donnée par l'expression :  $i_j = i_0 \cdot 2^j$ , en précisant la valeur de  $i_0$ , fonction de  $V_{ref}$  et R.
  - 6) Exprimer i en fonction des  $i_j$  et des  $x_j$ . En déduire que :  $i = i_0 \sum_{j=0}^2 x_j 2^j$ .
- Application numérique : Pour le nombre binaire " $x_2, x_1, x_0$ " = "1,1,0", calculer i en fonction de  $i_0$ .
- 7) Exprimer  $V_p$  en fonction de R et de i, puis en fonction de  $V_{ref}$ .

II - Filtre passe-bas. (Figure 2)

On cherche à déterminer l'expression de la fonction de transfert.

- 1) Donner la relation entre  $\underline{V}_1$ , potentiel complexe de l'entrée +, et  $\underline{V}_2$ , potentiel complexe à la sortie du montage. L'A.O. fonctionne en régime linéaire.

- 2) Montrer que  $V_0$  peut s'exprimer de deux façons, d'une part en fonction de  $\underline{V}_2$ ,  $R$ ,  $C_2$ ,  $\omega$ , d'autre part sous la forme :

$$\underline{V}_0 = \frac{\underline{V}_1 + \underline{V}_2 (1 + jRC_1\omega)}{2 + jRC_1\omega}$$

- 3) En déduire l'expression de la fonction de transfert  $\underline{T} = \underline{V}_2/\underline{V}_1$ , que l'on mettra sous la forme canonique :

$$\underline{T} = \frac{1}{1 + 2jm \frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega^2}{\omega_0^2}}$$

- 4) Exprimer la pulsation de coupure  $\omega_0$  en fonction de  $R$ ,  $C_1$  et  $C_2$  et le coefficient  $m$  en fonction de  $C_1$  et  $C_2$ .

- 5) Application numérique :  $f_0 = 1\text{kHz}$  ;  $R = 10\text{k}\Omega$  ;  $m = 1$ . Calculer  $C_1$  et  $C_2$ .

- 6) De quel type de filtre s'agit-il ?

III - MULTIVIBRATEUR ASTABLE. (Figure 3)

Il comporte 2 inverseurs logiques CMOS alimentés sous 10 V. Leur tension de basculement est de 5 V.

- 1) Donner la relation entre les tensions  $u_{E2}$ ,  $u_C$ ,  $u_{S1}$ .
- 2) A  $t = 0^+$ ,  $u_{S2}$  est à l'état bas (0V). Que vaut alors  $u_{S1}$  ? Montrer, en utilisant la relation précédente, que  $u_C$  et  $u_{E2}$  évoluent en sens contraires.
- 3) Toujours à  $t = 0^+$ ,  $u_{E2} = 15\text{ V}$ . La tension  $u_C$  subit alors une variation exponentielle. Entre quelles limites évolue  $u_{E2}$  ?
- 4) A  $t = \frac{T}{2}$ , l'inverseur  $I_2$  bascule, et  $u_{E2} = 10\text{ V}$ . Que vaut  $u_{S1}$  ? Montrer qu'à l'instant  $(\frac{T}{2} + \epsilon)$ ,  $u_{E2} = -5\text{ V}$ .  
 $u_{E2}$  augmente. Quelle valeur limite va-t-il atteindre à  $t = T$  ?

- 5) Représenter, en coïncidence, sur une période,  $u_{RC}$  et  $u_{C}$ . ( $T \rightarrow 4$  cm ;  $10$  V  $\rightarrow 2$  cm).
- 6) Application numérique :  $R = 10$  k $\Omega$  ;  $C = 100$  nF ; calculer la fréquence  $f$  de  $u_{RC}$ .

## PROBLEME N° 2 : MOTEUR SERIE, commandé par un HACHEUR SERIE

On trouve les renseignements suivants sur la plaque signalétique d'un moteur à courant continu, à excitation série :  $U_N = 500$  V ;  $I_N = 210$  A.

$R_a = 0,06$   $\Omega$  (résistance d'induit ) mesurées  
 $R_c = 0,03$   $\Omega$  (résistance du circuit inducteur ) à chaud.

La réaction d'induit est supposée négligeable. On ne tient compte que des pertes par effet JOULE.

- 1) Calculer la f.c.e.m.  $E'$ , ainsi que la puissance électrique utile  $P_{out}$ , au régime nominal.
- 2) Calculer le rhéostat de démarrage nécessaire pour limiter le courant de démarrage à  $I_d = 300$  A.
- 3) On utilise pour faire varier la vitesse du moteur, en série avec une inductance, un hacheur H, selon le schéma de la figure 4.  $\theta$  H est passant de 0 à  $\theta$ , bloqué entre  $\theta$  et T. On pose  $\alpha = \frac{\theta}{T}$ . La conduction est continue et  $i$  est compris entre  $i_a$  (à  $t = 0$ ) et  $i_M$  (à  $t = 0$ ).
  - a) Tracer la courbe des variations de  $u$  en fonction de  $t$ , pour  $\alpha = 0,6$ . On prendra en ordonnée 1 cm  $\rightarrow 200$  V, et en abscisse 5 cm  $\rightarrow T$ . Donner la relation entre  $U_{moy}$ ,  $\alpha$  et  $V$ .
  - b) Pour  $t \in [0 ; \theta]$ , écrire l'équation différentielle de la maille où circule  $i$  ; ( $R_a$  et  $R_c$  sont supposées négligeables). En déduire l'expression de  $i$ , sachant que  $i = i_a$  à  $t = 0$ .
  - c) Même question pour  $t \in [\theta ; T]$ , sachant que  $i = i_M$  à  $t = 0$ .
  - d) Tracer, en coïncidence, l'allure des courbes  $i$ ,  $i_a$ ,  $i_M$ .
  - e) Quel est le rôle de D ? Comment peut-on diminuer l'ondulation du courant ?

FIGURE 1

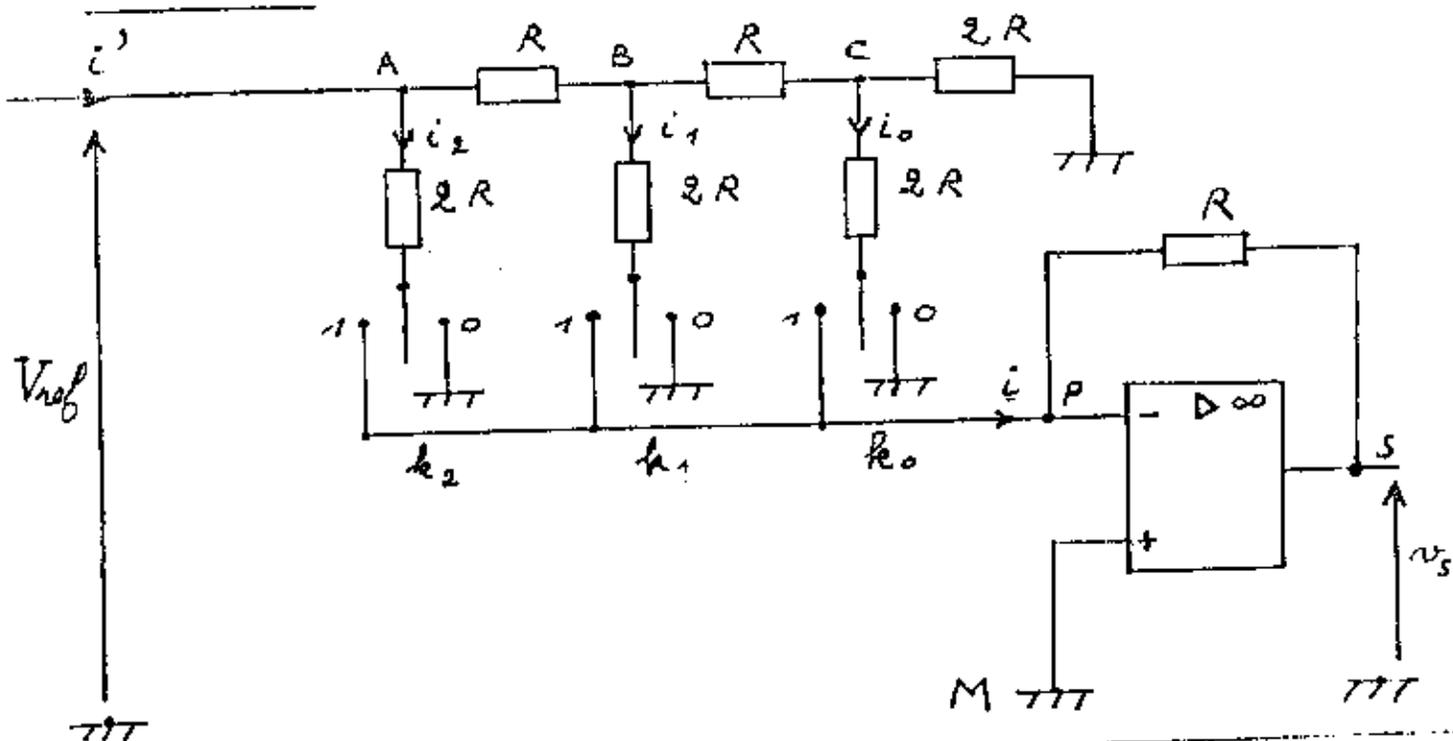


FIGURE 2

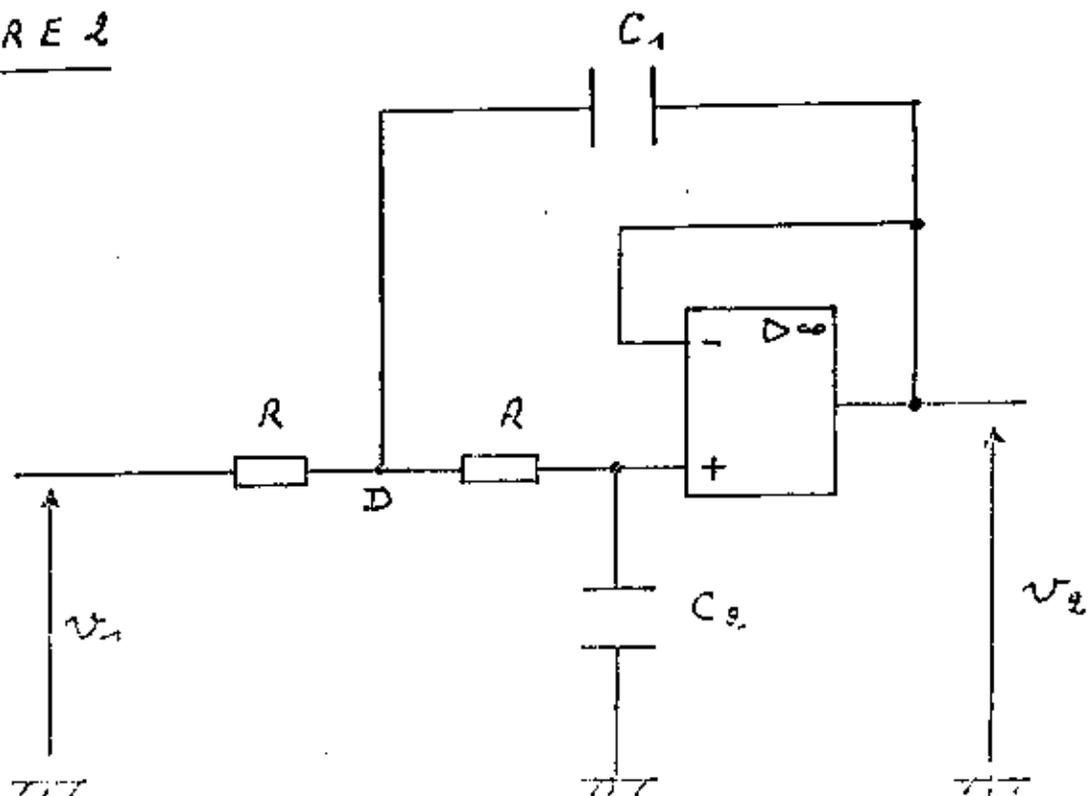


FIGURE 3

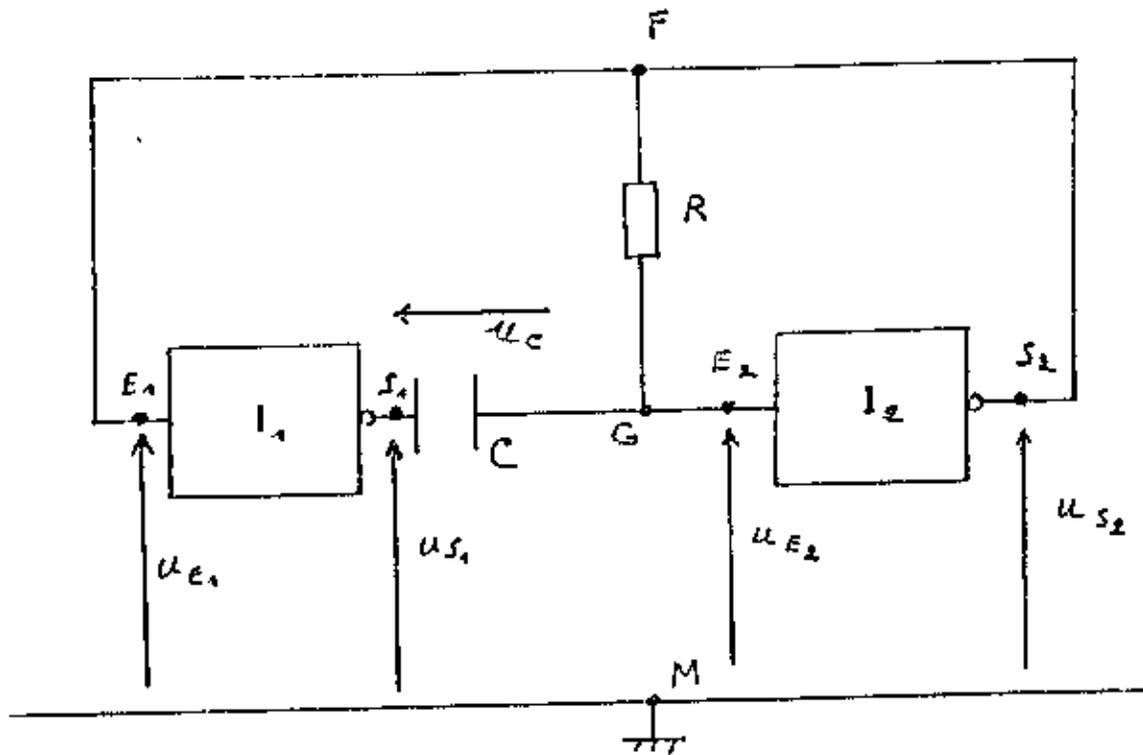


FIGURE 4

