

**BANQUE D'ÉPREUVES DUT-BTS  
-SESSION 2018-**

**ÉPREUVE  
D'ÉLECTRICITE - ÉLECTRONIQUE**

**CODE ÉPREUVE : 968**

**Calculatrice et Objets communicants interdits**

**Les valeurs numériques seront considérées justes à  $\pm 5\%$  près.**

**DURÉE DE L'ÉPREUVE : 2H30**

### **Avertissement concernant l'ensemble de l'épreuve**

- Pour chaque question, indiquez sur le document réponse si les affirmations sont vraies ou fausses.
- Lorsqu'une question comporte un résultat numérique à vérifier, ce résultat doit être considéré comme « vrai » si l'égalité est vérifiée à  $\pm 5\%$
- La calculatrice et tous documents sont interdits.

## QUESTION 1

On étudie l'excitation statorique d'une machine à courant continu dont la structure est présentée figure 1.

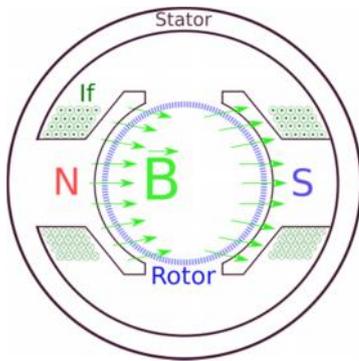


Figure 1 : Structure de l'excitation statorique de la MCC

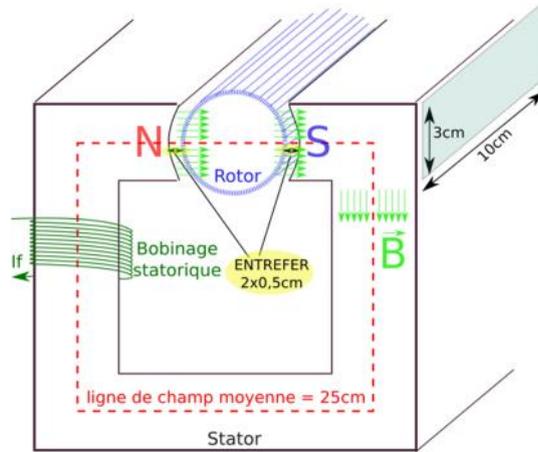


Figure 2 : Schéma du circuit magnétique statorique

Le stator est modélisé selon le schéma de la figure 2. Le bobinage statorique est composé de 1000 spires parcourues par un courant d'excitation  $I_f$ . La longueur moyenne du circuit magnétique (incluant le rotor ferromagnétique) est de 25 cm. L'entrefer mesure 1 cm (0,5 cm de chaque côté). La section du circuit magnétique est supposée constante, chaque pôle a une hauteur effective d'environ 3 cm et le moteur a une longueur utile  $L = 10$  cm.

La perméabilité du matériau magnétique est  $\mu_r = 4800$  et on rappelle que la perméabilité magnétique du vide vaut  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  H/m

- (A) Le circuit statorique peut être modélisé par une inductance de 3 Henrys.
  - (B) Le courant d'excitation  $I_f$  nécessaire pour obtenir 0,5 T dans l'entrefer est de 50 A.
- On suppose que l'induit (rotor) est alimenté sous une tension continue  $U$ .*
- (C) Toutes choses égales par ailleurs, si le courant d'excitation statorique double, le moteur tourne 2 fois plus lentement.
  - (D) Si le courant d'excitation statorique  $I_f$  s'éteint, le moteur s'emballe.
  - (E) Si on remplace les pôles statoriques (N et S) par des aimants permanents, le moteur ainsi formé ne pourra pas démarrer avec le seul courant d'induit rotorique car il faut un courant d'excitation pour créer le couple de démarrage.

## QUESTION 2

Des mesures réalisées à vide et en charge sur un moteur à courant continu à flux constant alimenté sous tension constante  $U = 240 \text{ V}$  ont permis d'obtenir les résultats suivants :

**Essais à vide** :  $C_u = 0 \text{ Nm}$ ,  $N = 24,9 \text{ tr/s}$ ,  $P_v = 470 \text{ W}$

**Essais en charge** :  $C_u = 27 \text{ Nm}$ , vitesse de rotation  $N = 24 \text{ tr/s}$

Les pertes mécaniques sont supposées constantes.

**Notations utilisées :**

**C<sub>e</sub>** couple électromagnétique, **C<sub>p</sub>** couple de perte, **C<sub>u</sub>** couple utile

**N** vitesse de rotation du moteur, **P<sub>v</sub>** puissance à vide, **I** courant absorbé par le moteur

(A) Dans le cas d'une étude en régime permanent, les éléments pris en compte pour la modélisation de l'induit du moteur sont : la résistance du rotor  $R$  et la force contre-électromotrice  $E = K \Omega$  avec la vitesse angulaire exprimée en rad/s et  $K$  une constante.

(B)  $C_e = C_u - C_p$ . avec  $C_p = 3 \text{ Nm}$ .

(C)  $C_u = -30 \cdot (N - 24,9)$

(D)  $C_e = \frac{K}{R} U - \frac{K^2}{R} \Omega$

(E)  $K = 1,5 \text{ Vs.rad}^{-1}$ ,  $R = 0,5$

## QUESTION 3

D'après le schéma figure 1, un tableau électrique alimente via une ligne électrique (câble composé de 2 fils en cuivre) de 100 m un atelier comprenant :

- un ensemble de moteurs alternatifs monophasés absorbant une puissance active de 6 kW et dont le facteur de puissance  $\cos \phi = 0,7$  arrière,
- un ensemble de radiateurs (trois de 1 kW et un de 500 W). On suppose que ces éléments sont purement résistifs.

La tension à l'entrée de l'atelier est sinusoïdale de valeur efficace  $U_a = 230 \text{ V}$  et de fréquence 50 Hz. La résistivité du cuivre  $\rho = 0,016 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}$  ; section des fils  $S = 16 \text{ mm}^2$

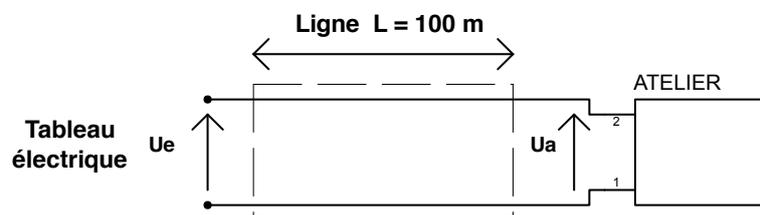


Figure 1

(A) L'intensité du courant fourni à l'atelier est de 27 A.

(B) Le facteur de puissance de l'atelier est de 0,66.

(C) La résistance de la ligne est de  $0,2 \text{ } \Omega$ .

(D) La puissance réactive vue du tableau électrique est de 6 kVAR.

(E) La puissance active en sortie du tableau est de 9,7 kW.

# Electronique

## QUESTION 4

Sur la figure 1, l'ensemble comprenant le circuit de commande, R, C et E constitue le circuit d'initialisation d'un circuit intégré dont l'étage d'entrée est une porte à hystérésis et dont la fonction de transfert est donnée en figure 2. L'initialisation ( $V_{out} = E$ ) se produit à la mise sous tension (fermeture de SW1) ou lorsque l'entrée  $V_{cmd}$  est active à l'état haut.

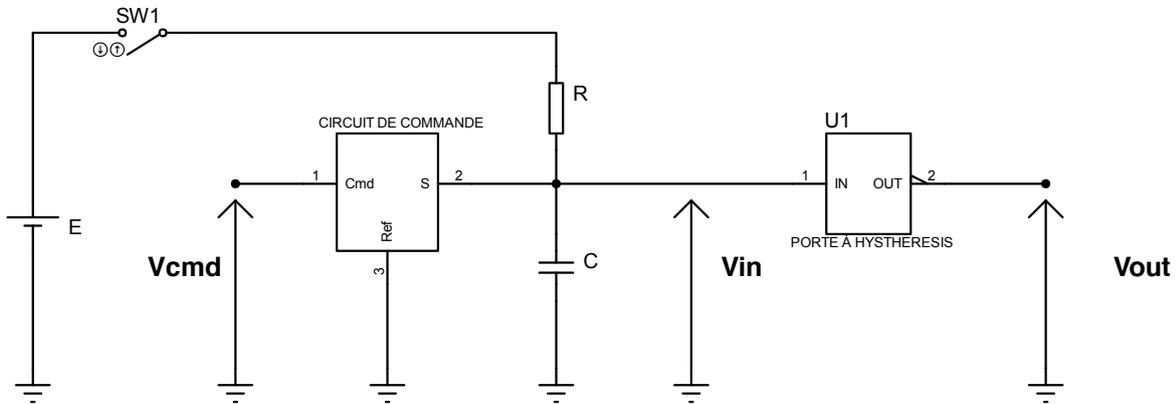


Figure 1

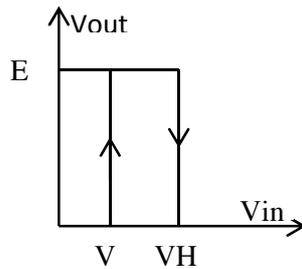


Figure 2

$$E = 5 \text{ V}$$

$$R = 1 \text{ k}$$

$$C = 1 \text{ uF}$$

$$V_H = 3,5 \text{ V}, \quad V_L = 1,5 \text{ V}$$

1/ La commande  $V_{cmd}$  étant au niveau bas (0V), le circuit de commande se comporte comme un circuit ouvert (figure 3). On suppose que le condensateur est initialement déchargé et que le courant entrant dans la porte à hystérésis est nul. On ferme l'interrupteur SW1.

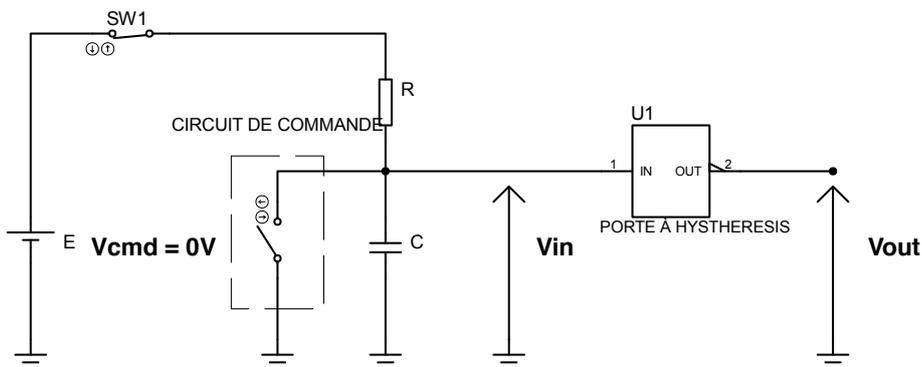
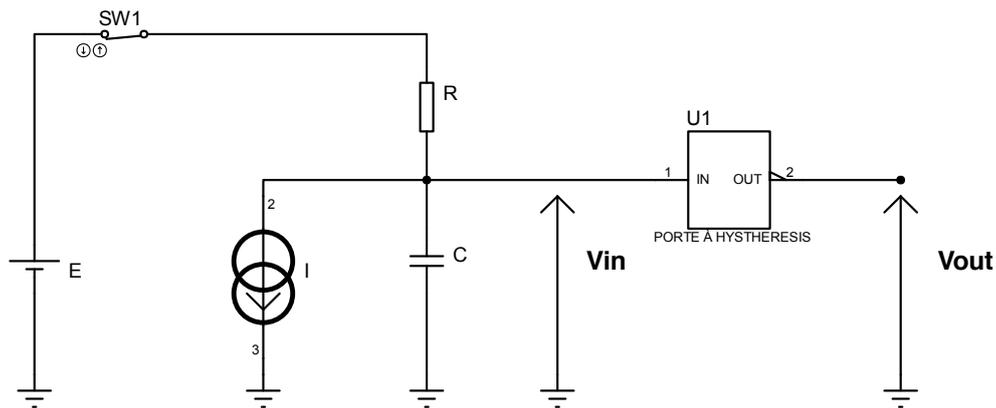


Figure 3

(A)  $V_{in}(t) = E(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$  avec  $\tau = RC$

(B) Le signal  $V_{OUT}$  est maintenu à l'état haut pendant  $3\tau$

2/ On suppose que la mise sous tension a été effectuée depuis un temps suffisamment long pour considérer que le condensateur est chargé à E. La commande Vcmd passe au niveau haut. Le circuit de commande se comporte comme un générateur de courant I tant que Vin > 0.



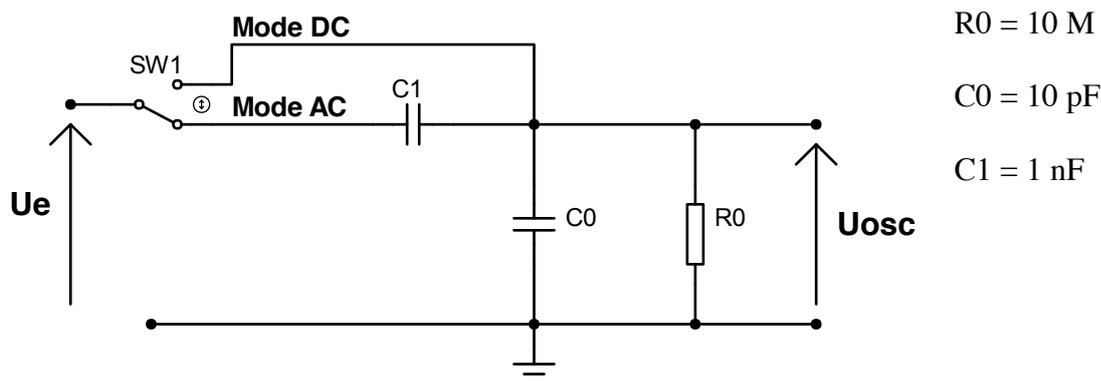
(C) L'équation différentielle qui régit l'évolution de Vin(t) est une équation du premier ordre avec un second membre égal à E - RI

(D) Si I = 3mA, l'initialisation (Vout = E) ne se produira pas.

(E) Pour que l'initialisation se produise, la commande Vcmd doit être maintenue un temps  $t_m = \tau \times \ln\left(\frac{RI}{V_L - E + RI}\right)$ . On rappelle que VL est le seuil bas de la fonction de transfert de la porte à hystérésis.

### QUESTION 5

Le circuit ci-dessous représente le circuit d'entrée d'un oscilloscope. Uosc est le signal visualisé sur l'écran de l'oscilloscope. Un générateur basse fréquence connecté sur l'entrée Ue délivre le signal  $U_e(t) = E + V \sin \omega t$ . L'utilisateur peut choisir le mode de couplage.



$$R0 = 10 \text{ M}$$

$$C0 = 10 \text{ pF}$$

$$C1 = 1 \text{ nF}$$

L'utilisateur ayant choisi le couplage « **Mode AC** »,

(A) L'oscilloscope visualise le signal fourni par le générateur.

(B) D'un point de vue fréquentiel, le circuit se comporte comme un filtre passe bas.

(C) Le gain dans la bande passante est  $G_{db} = 20 \text{ Log}\left(\frac{C1}{C1 + C0}\right)$

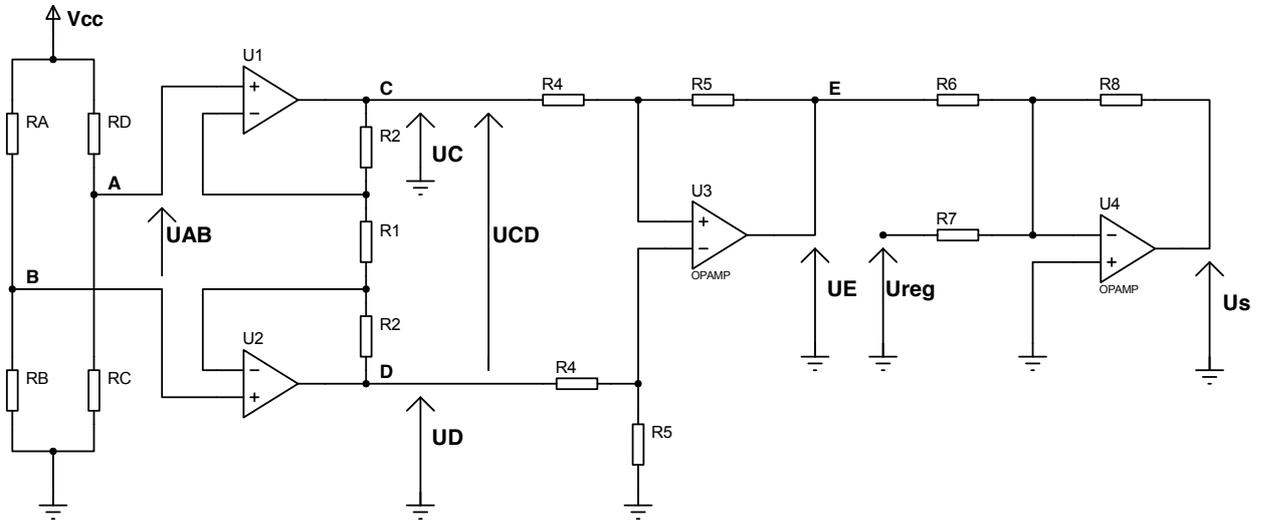
(D) Lorsque  $C1 \gg C0$ , la fréquence de coupure est  $f_c = \frac{1}{R0 \times C1}$

(E) Lorsque le générateur délivre  $U_e(t) = 2 \sin 10t$  l'amplitude du signal visualisé est de 0,2V.

## QUESTION 6

Le circuit ci-dessous représente une chaîne d'acquisition. Celle-ci se compose :

- d'un capteur constitué par l'ensemble RA, RB, RC, RD
- d'une fonction d'amplification et de mise à l'échelle afin d'obtenir un signal de sortie  $U_S$  compris entre 0 et 5V. L'entrée  $U_{reg}$  permet le réglage du 0.



Données :

$$R_A = R_C = R + \Delta R \text{ et } R_B = R_D = R - \Delta R \text{ avec : } R = 300 \text{ } \Omega, V_{cc} = 10 \text{ V}$$

Les AOP sont supposés idéaux et sont alimentés entre 0 et 5 V.

(A) Le capteur fournit la différence de potentiel  $U_{AB} = 0,033 \times \Delta R$ .

(B) 
$$U_{CD} = U_{AB} \times \left( 1 + 2 \times \frac{R_1}{R_2} \right)$$

(C) Si  $R_4 = R_5$  alors  $U_E = U_{CD}$

(D) Lorsque  $U_{reg} = 0 \text{ V}$ ,  $U_S = K \times U_{AB}$  avec  $K > 0$ .

(E) En prenant  $R_2 = 220 \text{ k}$ ,  $R_1 = 220 \text{ } \Omega$ ,  $R_4 = R_5$ ,  $R_7 = 10 \text{ k}$  et  $R_6 = R_8 = 20 \text{ k}$ ,

Si  $U_{AB} = 1 \text{ mV}$ ,  $U_S = 0 \text{ V}$  lorsque  $U_{reg} = 1 \text{ V}$

## QUESTION 7

Un système est modélisé par une fonction de transfert du type :

$$H(j\omega) = \frac{-5}{1 + \frac{j\omega}{1000} + \frac{j^2\omega^2}{1000000}}$$

On, donne figure 1, le temps de réponse réduit  $\omega_0.t_r$  en fonction du coefficient d'amortissement  $m$ .

$t_r$  : temps de réponse à 5 % pour un système de deuxième ordre.

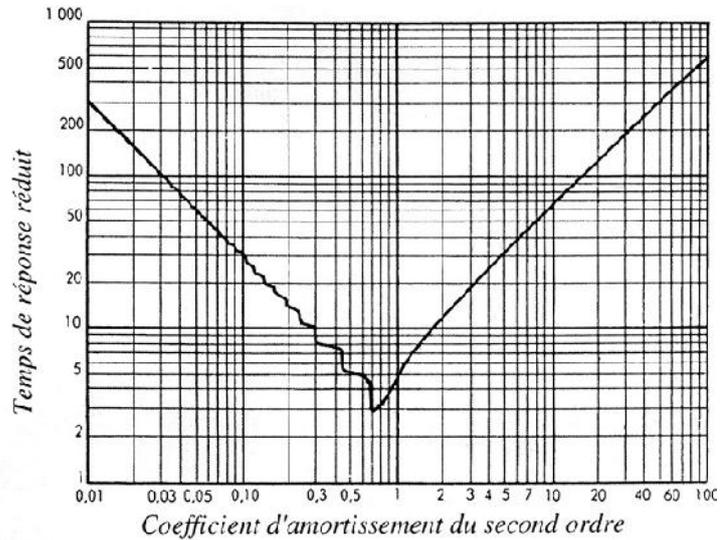


figure 1 : temps de réponse réduit :  $\omega_0.t_r$

- (A) La pulsation propre vaut 1000 rad/s, l'amplification statique vaut -5 et le coefficient d'amortissement vaut 0,5.
- (B) La réponse indicielle présente un dépassement.
- (C) Si l'entrée est un échelon de 0 à 2 V, alors la sortie tend vers -10 V.
- (D) Le temps de réponse à 5 % vaut 5 ms.
- (E) L'équation différentielle qui relie l'entrée  $e(t)$  et la sortie  $s(t)$  est de la forme :

$$s(t) = -5e(t) - \frac{5}{1000} \frac{de}{dt} - \frac{5}{1000000} \frac{d^2e}{dt^2}$$

## QUESTION 8

Il a été décidé de boucler le système suivant :

$$H(p) = \frac{-5}{1 + \frac{p}{1000} + \frac{p^2}{1000000}}$$

avec un correcteur  $C(p)$  dans la boucle de retour. L'ensemble est représenté figure 1.

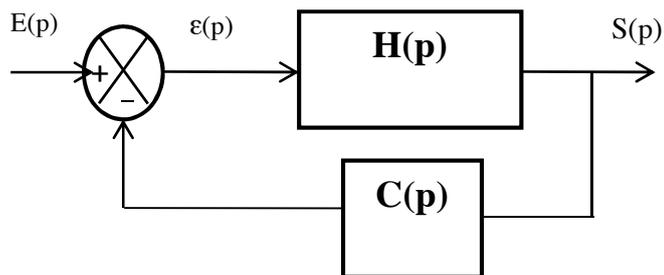


Figure 1

On vérifie que :

- (A) Dans le cas où le correcteur est un simple proportionnel  $C(p) = K$ , le système est stable en boucle ouverte.
- (B) Le système est stable en boucle fermée pour  $K$  compris entre 0 et  $1/5$ .
- (C) Pour  $K = 1/10$ , l'erreur statique en boucle fermée est nulle.
- (D) L'amplification statique en boucle fermée vaut  $-4/5$ .
- (E) Avec un correcteur intégrateur  $C(p) = K/p$ , l'amplification statique en boucle fermée est égale à 1, si le système est stable.

# Electronique Numérique

Le schéma figure 1 représente l'organisation fonctionnelle d'un automate utilisé pour commander un vérin électrique entraînant la montée ou la descente d'un arceau de parking.

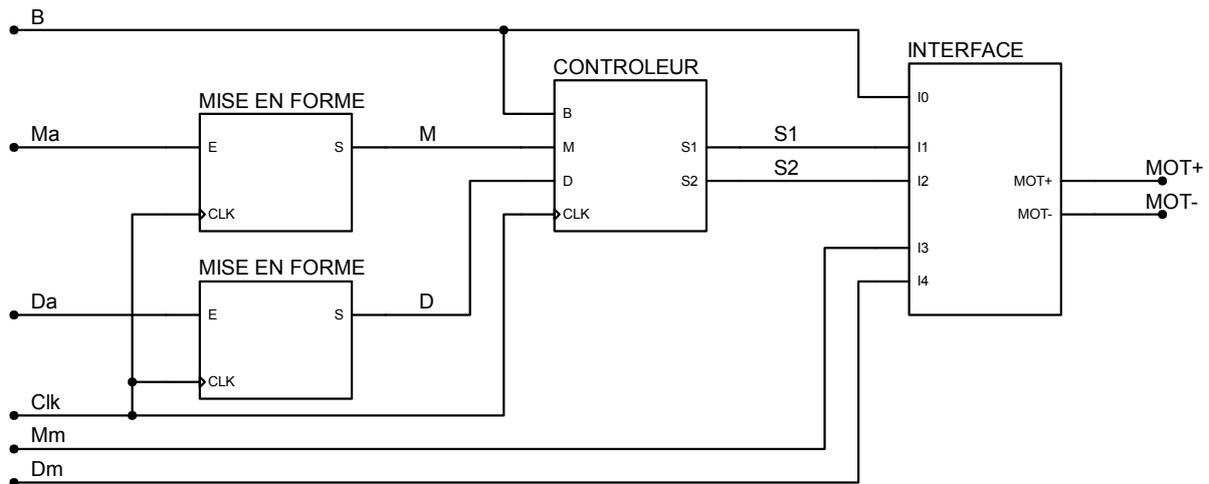


Figure 1

La table de vérité en figure 2 décrit l'état de l'arceau en fonction de l'état des sorties MOT+ et MOT-.

<b>MOT+</b>	<b>MOT-</b>	<b>Action</b>
L	L	Arrêt
H	H	Interdit
H	L	Montée
L	H	Descente

Figure 2

L'automate fonctionne selon deux modes :

Le mode semi-automatique

- L'arceau étant à l'arrêt, une impulsion sur l'entrée **Ma** entraîne la montée de l'arceau. Le mouvement s'arrête suite à une nouvelle impulsion sur **Ma** ou lorsque l'arceau arrive en position haute. Une impulsion sur **Da** pendant la montée entraîne la descente.
- L'arceau étant à l'arrêt, une impulsion sur **Da** entraîne la descente de celui-ci. Le mouvement s'arrête suite à une nouvelle impulsion sur **Da** ou lorsque l'arceau arrive en position basse. Une impulsion sur **Ma** pendant la descente entraîne la montée.

Le mode « Manuel »

- Un état logique haut sur l'entrée **Mm** entraîne la montée de l'arceau tant que celui-ci n'arrive pas en position haute. Un état logique bas sur l'entrée **Mm** entraîne l'arrêt.
- Un état logique haut sur l'entrée **Dm** entraîne la descente de l'arceau tant que celui-ci n'arrive pas en position basse. Un état logique bas sur l'entrée **Dm** entraîne l'arrêt.

Quel que soit le mode de fonctionnement :

- la position haute ou basse de l'arceau est indiquée par un état logique haut sur le signal B.
- On suppose qu'il n'y a pas simultanément d'ordre de montée et de descente.

Le fonctionnement du bloc « CONTRÔLEUR » est décrit par la machine d'état de la figure 3

On suppose qu'à la mise sous tension la machine est dans l'état « REPOS » arceau à l'arrêt.

Les sorties S1 et S2 sont synchrones de l'horloge. Une condition '1' associée à une transition signifie que cette transition est inconditionnelle. De même, il n'est pas d'usage d'inclure l'horloge Clk dans les conditions car cette dernière est implicite : le changement d'état ne peut se faire qu'au prochain front montant de cette dernière.

Légende :  
**DESC** : Descente de l'arceau  
**MONT** : Montée de l'arceau

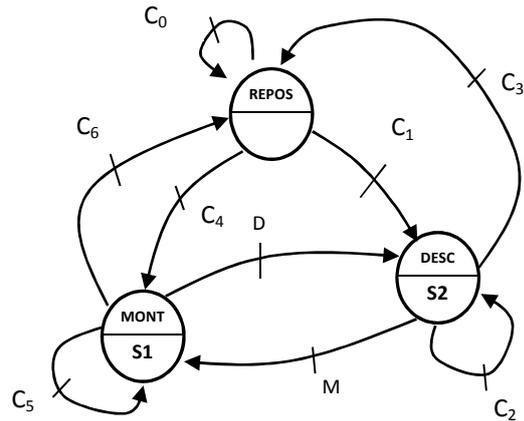


figure 3

**QUESTION 9**

(A) Les blocs « INTERFACE » et « MISE EN FORME » sont respectivement réalisés par une structure séquentielle et une structure combinatoire.

(B)  $MOT+ = (S1 \cdot \overline{S2} + Mm) \cdot \overline{B}$

(C)  $C_1 = D$  et  $C_4 = M$  et  $C_0 = \overline{M} \cdot \overline{D}$

(D)  $C_2 = \overline{D} \cdot \overline{B}$  et  $C_5 = \overline{M} \cdot \overline{B}$

(E)  $C_3 = \overline{D} + \overline{B}$  et  $C_6 = \overline{M} + \overline{B}$

**QUESTION 10**

Le comportement du bloc « MISE EN FORME » est décrit par le chronogramme de la figure 4

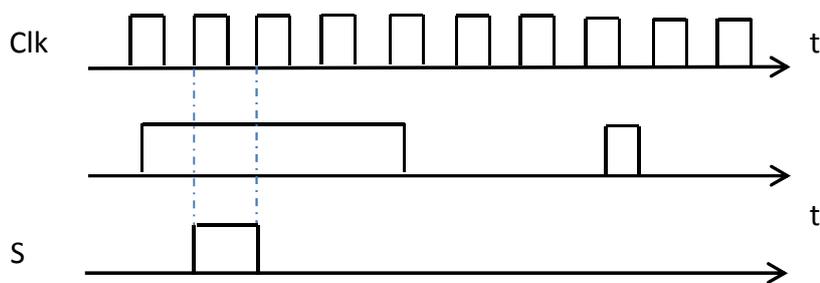


figure 4

Pour réaliser le bloc « MISE EN FORME » et répondre au comportement décrit par le chronogramme présenté en figure 4, le bloc est décrit par la machine d'état figure 5.

(A) Deux bascules D sont nécessaires pour réaliser cette fonction.

(B) La sortie S doit être positionnée à l'état logique haut à l'état E2.

(C)  $C_2 = E$  et  $C_1 = \overline{E}$

Les équations des entrées D des bascules sont :

(D)  $D_0 = E \cdot \overline{Q_1} \cdot \overline{Q_0}$

(E)  $D_1 = \overline{Q_1} \cdot Q_0 + Q_1 \cdot \overline{Q_0} \cdot \overline{E}$

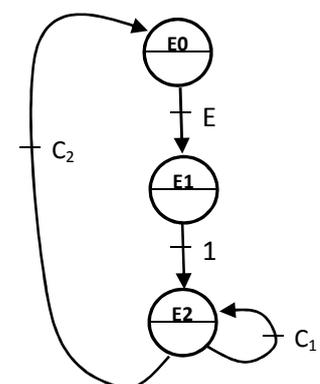
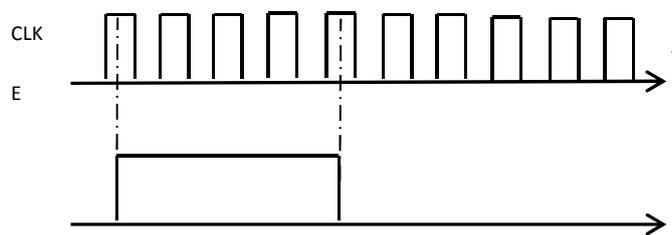
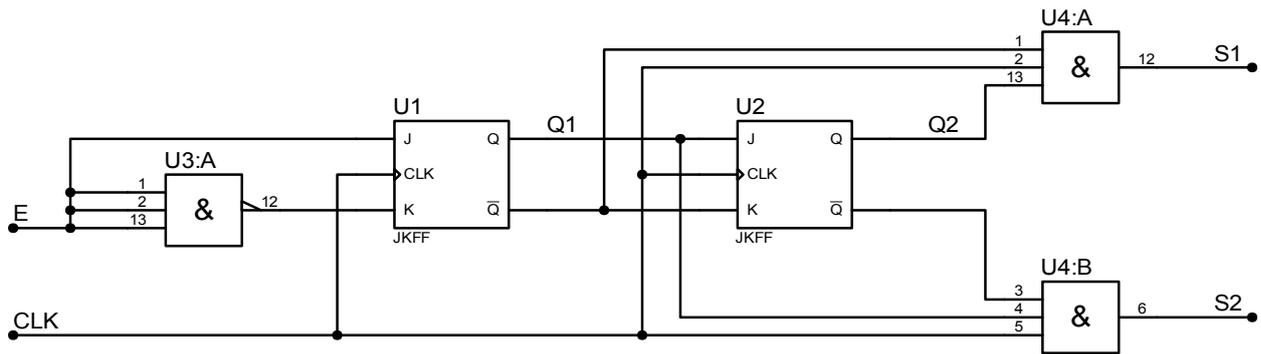


Figure 5

### QUESTION 11

Soit le circuit numérique ci-dessous pour lequel on supposera qu'avant le premier front actif de CLK,  $E = Q1 = Q2 = 0$



- (A) La bascule JK U2 se comporte comme un diviseur de fréquence par 2.
- (B) Tant que E reste à l'état bas les sorties S1 et S2 restent au niveau bas.
- (C) Q2 passe à l'état haut au deuxième front montant de CLK qui suit la mise à l'état haut de E.
- (D) S2 est à l'état haut pendant une période de CLK.
- (E) S1 passe à l'état haut après le premier front montant de CLK qui suit la mise à l'état bas de E.

# Traitement numérique du signal

## QUESTION 12

La Décomposition en Série de Fourier (DSF) appliquée à un signal temporel  $x_T(t)$  continu par morceaux, de période  $T$  permet l'écriture de  $x_T(t)$  sous la forme.

$$x_T(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{+\infty} a_n \cos(n\omega t) + b_n \sin(n\omega t)$$

Avec

$$a_0 = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} x(t) \cdot dt, \quad a_n = \frac{2}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} x(t) \cdot \cos(n\omega t) \cdot dt,$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} x(t) \cdot \sin(n\omega t) \cdot dt \quad \text{avec } \omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

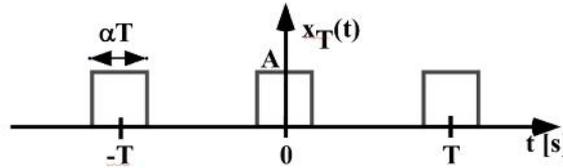


Figure 1 : créneau de période  $T$  de rapport cyclique  $\alpha$

La DSF appliquée au signal temporel  $x_T(t)$  proposé sur la figure 1 vérifie :

- (A)  $a_0 = 0$ .
- (B)  $a_n = 2A\alpha \cdot \text{sinc}(\pi\alpha n)$  avec  $\text{sinc}(\theta) = \frac{\sin(\theta)}{\theta}$ .
- (C)  $b_n = 2A\alpha \cdot \frac{\cos(\pi\alpha n)}{\pi\alpha n}$ .
- (D) Si  $n = \frac{k}{\alpha}$  avec  $k \in \mathbb{N}^*$  alors  $a_n = 0$ .
- (E) A partir du signal  $x(t)$  précédent, si  $\alpha \rightarrow 0$  tout en maintenant la surface de  $A\alpha T$  constante égale à  $I$ , alors  $x_T(t) = I \cdot \text{III}_T(t) = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} \delta(t - kT)$  qui s'avère être un peigne de Dirac où  $\delta(t - kT)$  représente un Dirac centré en  $kT$ .

## QUESTION 13

On considère le filtre dérivateur pur de constante de temps  $\tau_d$  que nous appliquons au signal  $x_T(t)$  de la question précédente pour obtenir la sortie  $y(t)$ . Cette dernière admet une DSF dont l'expression est :  $y(t) = \sum_{n=1}^{+\infty} (c_n \cos n\omega t + d_n \sin n\omega t)$ .

- (A) la fonction  $y(t)$  est impaire.
- (B)  $c_n = 0$ .
- (C)  $|d_n| \rightarrow 0$  quand  $n \rightarrow +\infty$ .
- (D) Si  $n = \frac{k}{\alpha}$  avec  $k \in \mathbb{N}^*$  alors  $d_n = 0$ .
- (E) Une expression littérale de  $y(t)$  est :  $y(t) = A \cdot \tau_d \left[ \text{III}_T \left( t + \frac{\alpha T}{2} \right) - \text{III}_T \left( t - \frac{\alpha T}{2} \right) \right]$  avec  $\text{III}_T(t) = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} \delta(t - kT)$ .