

FINAL – EL20

Durée : 2h

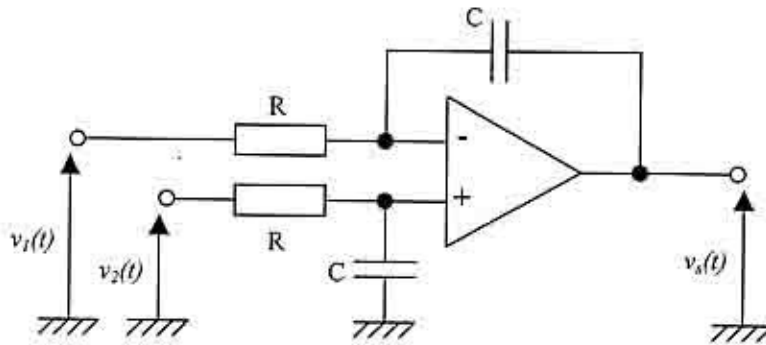
Documents autorisés : notes de cours et TD uniquement

Lisez tout l'énoncé, certaines questions peuvent être traitées sans les réponses des questions précédentes.

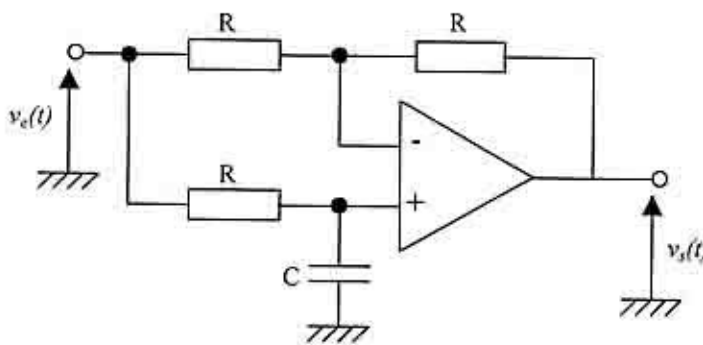
Les réponses non justifiées ne seront pas acceptées.

**1. Etude de quelques montages**

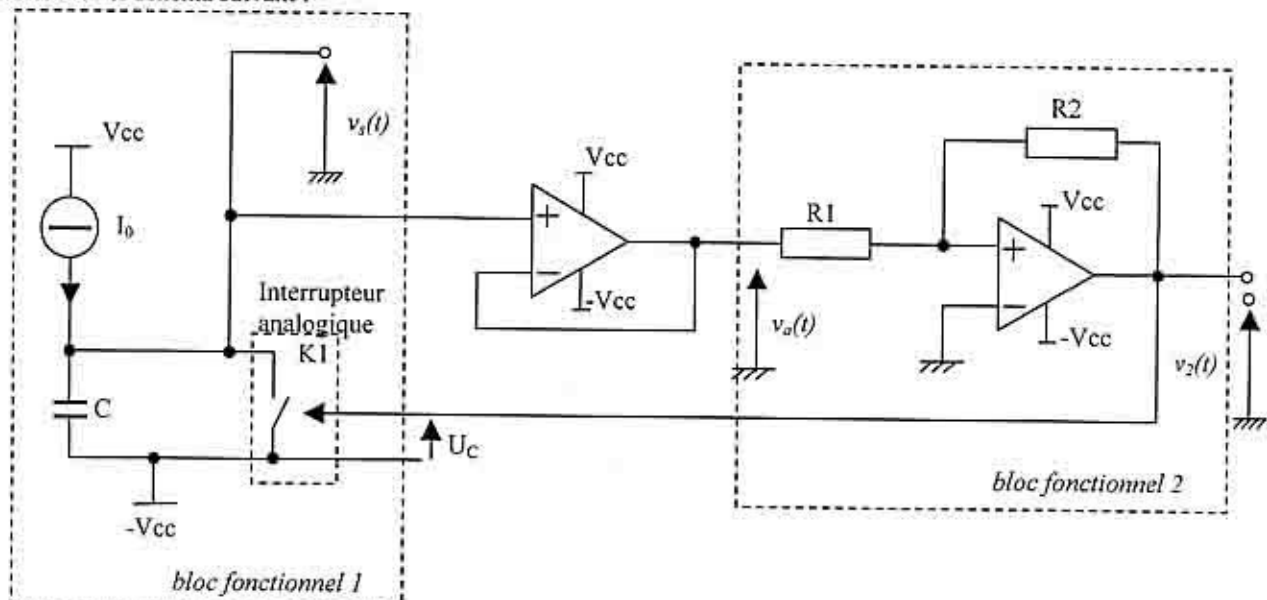
1. On considère le montage suivant :

Donnez l'expression de  $V_s(p)$  fonction de  $V_1(p)$  et  $V_2(p)$ 

2. On considère le montage suivant :

Donnez l'expression de  $V_s(p)$  fonction de  $V_e(p)$ **2. Générateur de rampe**

On considère le schéma suivant :



avec :  $V_{CC} = 15V$   
 $I_0 = 1 \text{ mA}$   
 $C = 10 \text{ nF}$   
 $R1 = 1k\Omega$   
 $R2 = 5k\Omega$

K1 est un interrupteur commandé dont le fonctionnement est le suivant

commande  $U_C < 3V$ , l'interrupteur est ouvert

commande  $U_C > 3V$ , l'interrupteur est fermé

On considérera que la décharge du condensateur est quasi instantanée (condensateur proche d'une capacité pure) lorsque l'interrupteur se ferme.

### 2.1. Etude du bloc fonctionnel 1

1. l'interrupteur K1 est fermé, représentez graphiquement l'évolution de la tension  $v_s(t)$  en donnant les valeurs remarquables.
2. L'interrupteur K1 est ouvert, représentez graphiquement l'évolution de la tension  $v_s(t)$  en donnant les valeurs remarquables.

### 2.2. Etude du bloc fonctionnel 2

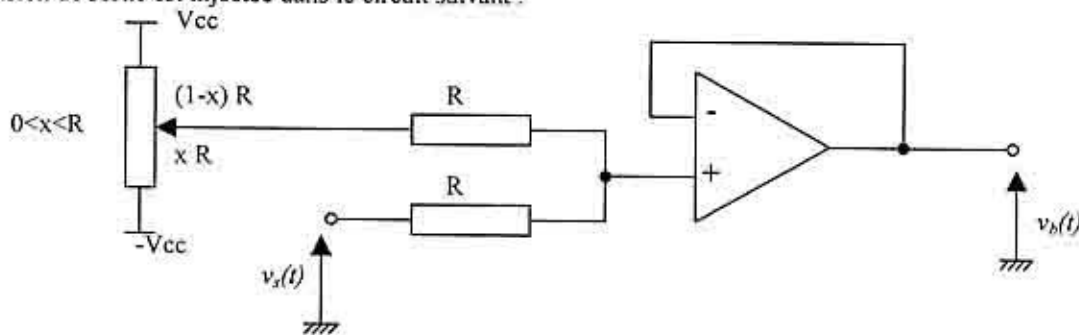
1. Représentez graphiquement la caractéristique  $v_2(t)$  en fonction de  $v_a(t)$ .

Donnez les valeurs des seuils de commutation.

### 2.3. Etude du montage complet

1. Représentez graphiquement l'évolution de la tension de sortie  $v_b(t)$  en fonction du temps.
2. Donnez les caractéristiques de ce signal : tension maximale, tension minimale, tension moyenne.

La tension de sortie est injectée dans le circuit suivant :

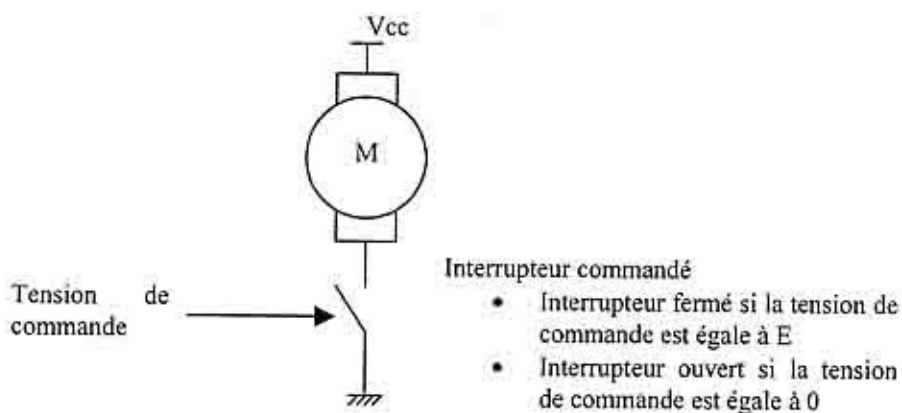


3. Donner l'expression de  $v_b(t)$  fonction de  $v_s(t)$ ,  $x$  et  $R$

Quelle est l'utilité d'un tel montage ?

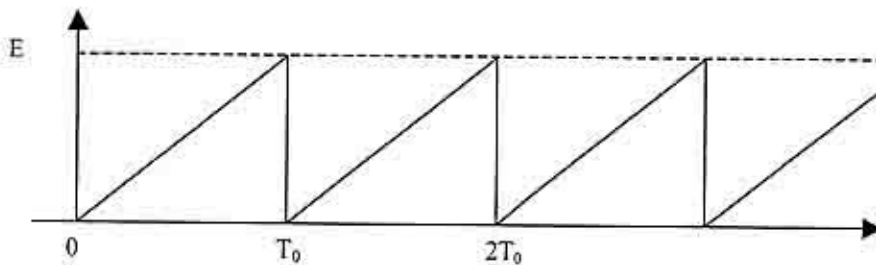
### 3. Signal PWM

Un dispositif numérique (calculateur) délivre en sortie un signal modulé en largeur d'impulsion (PWM : Pulse Width Modulation). Ce signal est destiné à commander un moteur à courant continu.



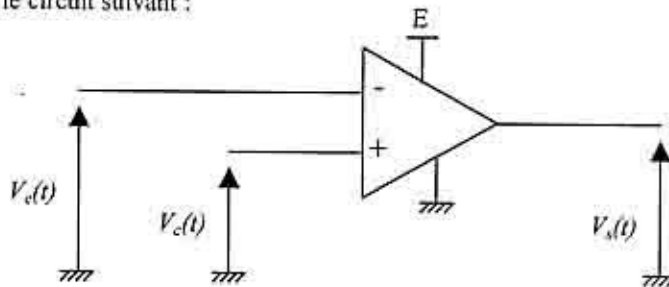
### 3.1. Génération du signal de commande à partir d'une rampe

On dispose du signal  $V_s(t)$  suivant :



Où  $E = 5V$  et  $T_0 = 0,1ms$

Ce signal est injecté dans le circuit suivant :

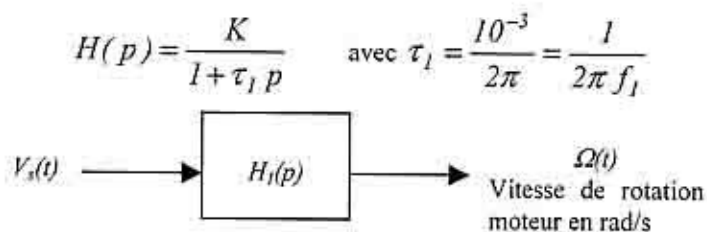


Où  $V_c(t)$  est une tension continue.

Q : Représentez  $V_s(t)$  pour  $V_c(t) = xE$ , où  $x$  est une valeur comprise entre 0 et 1. (Attention aux tensions d'alimentation de l'amplificateur)

### 3.2. Analyse du signal de commande

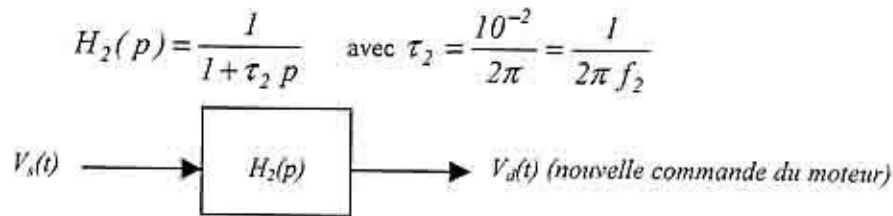
1. Donnez les coefficients  $A_n$  et  $B_n$  de la série de Fourier du signal  $V_s(t)$
2. Donnez les valeurs numériques du fondamental et des 3 premiers harmoniques ( $n = 1, 2, 3, 4$ ) pour  $x = 1/4$ .
3. Toujours pour  $x = 1/4$ , donnez
  - 1.3. la puissance moyenne du signal
  - 2.3. la puissance du fondamental et des 3 premiers harmoniques.
4. Le signal  $V_s(t)$  est destiné à commander en vitesse un moteur à courant continu. Ce moteur peut être modélisé par un filtre électromécanique du 1<sup>er</sup> ordre :



5. Représentez le diagramme asymptotique de bode en amplitude de ce filtre.
6. Expliquez ce qu'il advient du fondamental et des harmoniques de  $V_s(t)$  lorsqu'on l'injecte dans le filtre  $H_1(p)$  ?
7. Par quel coefficient  $\alpha$  est multiplié l'amplitude du fondamental ?
8. Expliquez ce qu'il se passe au niveau de la vitesse de rotation du moteur si l'on considère que le signal  $V_s(t)$  filtré par le moteur peut être approximé uniquement par sa valeur moyenne et le fondamental multiplié par  $\alpha$ .

### 3.3. Amélioration de la commande

On souhaite supprimer l'influence du fondamental (et des harmoniques résiduels) sur le moteur. On considèrera que le signal de commande du moteur sera bien approximée par la valeur moyenne de  $V_s(t)$  si le fondamental de  $V_s(t)$  est rejeté à  $-40\text{dB}$ . On place un filtre du premier ordre en amont du moteur :



1. Représentez le diagramme asymptotique de bode en amplitude de l'ensemble filtre/moteur.
2. Par quel coefficient  $\beta$  est multiplié le fondamental de  $V_s(t)$  ?
3. Pour cette valeur, la vitesse peut-elle être considérée comme stable et proportionnelle à la valeur moyenne de  $V_s(t)$  ?

On approxime notre nouvelle fonction de transfert par un premier ordre, on souhaite connaître le temps de réponse du système (le temps de réponse correspondant au temps nécessaire pour que la vitesse du moteur soit égale à la consigne de vitesse lorsque cette dernière varie brusquement : réponse à un échelon). On considèrera que pour un premier ordre le temps de réponse est à peu près égal à trois fois la constante de temps du système.

4. Quel est le temps de réponse du système ?

On souhaite un temps de réponse du système  $< 1\text{ms}$  et un fondamental toujours atténué de  $-40\text{dB}$

5. Quelle solution proposez vous ?

Parmi les solutions permettant de limiter les effets des harmoniques, plutôt que de filtrer le signal de commande, on dispose de la possibilité de changer la période  $T_0$  de  $V_e(t)$ .

6. Donnez la fréquence  $T_0$  qui permet de rejeter le fondamental à  $-40\text{dB}$
7. Quel est alors le temps de réponse de notre système ?