

Lecteur CD

L'usage de la calculatrice est autorisé.

Les différentes parties sont indépendantes. Il est conseillé de lire l'ensemble du sujet avant de commencer l'épreuve.

Les questions traitées devront être soigneusement numérotées et les documents-réponses fournis devront être complétés selon les indications de l'énoncé.

Un tableau rappelant les transformées de Laplace usuelles est donné en annexe.

Le système, représenté sur la figure 1, est constitué de cinq fonctions :

- l'alimentation
- l'actionneur vitesse et position
- le système de contrôle et de traitement
- l'interface homme machine
- la chaîne audio

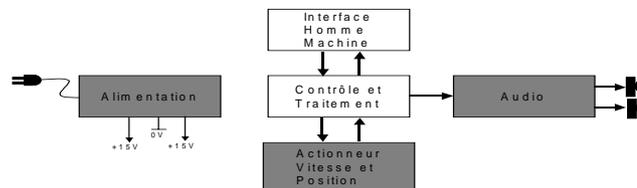


Figure 1.

Nous n'aborderons que les parties grisées.

1. ALIMENTATION

Dans un premier temps, on s'intéresse à l'alimentation du lecteur. L'étage d'entrée, représentée sur la figure 2, consiste à transformer la tension réseau u_0 , de valeur efficace $U_{0\text{eff}}=220\text{V}$ en un courant constant.

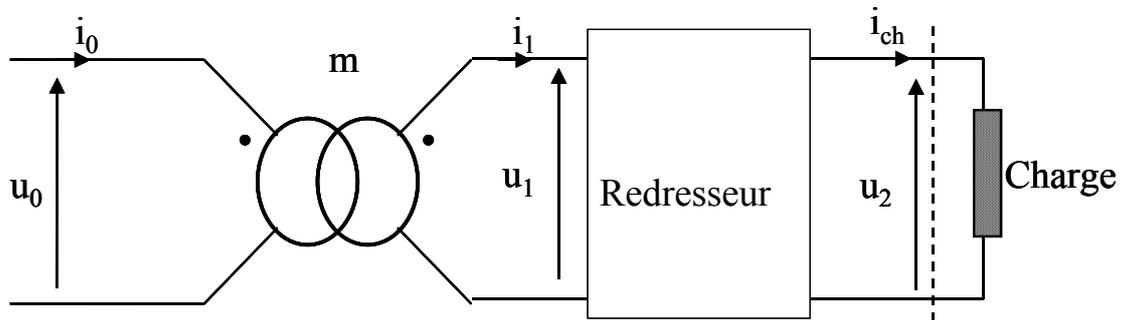


Figure 2.

La tension $u_1(t)$ est sinusoïdale de fréquence $f_0 = 50\text{Hz}$ et de valeur efficace 12V . On note T la période, ω la pulsation, $U_{1\text{max}}$ son amplitude. $u_1(t)=U_{1\text{max}}\cdot\sin(\omega t)$ servira d'origine des phases.

Le redresseur est constitué d'un pont de diode. La charge impose un courant constant $I_{\text{ch}}=0,2\text{A}$.

1.1 Le montage redresseur :

Les notations sont spécifiées sur la figure 3. Les diodes sont considérées idéales sans seuil. Pour les tracés, préciser les valeurs extrêmes.

Figure 3.

- 1.1.1 Tracer la tension en sortie du pont de diode $u_2(t)$ sur le document réponse n°1.
- 1.1.2 Indiquer l'état des diodes sur le document réponse n°1.
- 1.1.3 Représenter le courant $i_{D4}(t)$ sur le document réponse n°1.
- 1.1.4 Représenter la tension $u_{D4}(t)$ sur le document réponse n°1.
- 1.1.5 Représenter le courant $i_1(t)$ sur le document réponse n°1.
- 1.1.6 Donner les définitions de la valeur moyenne V_{moy} et de la valeur efficace V_{eff} d'une tension $v(t)$, de période T
- 1.1.7 Déterminer la valeur moyenne $U_{2\text{moy}}$ et la valeur efficace $U_{2\text{eff}}$ de la tension u_2 en fonction de $U_{1\text{max}}$.
- 1.1.8 Déterminer la valeur moyenne $I_{D4\text{moy}}$ et la valeur efficace $I_{D4\text{eff}}$ du courant i_{D4} en fonction de I_{ch} .
- 1.1.9 Calculer la puissance moyenne P_{moy} fournie à la charge en fonction de I_{ch} et $U_{1\text{max}}$.

1.2 Le transformateur :

On note n_0 et n_1 le nombre de tours des bobines respectivement au primaire et au secondaire du transformateur. L'indice 0 indique le primaire et l'indice 1 le secondaire.

On donne le schéma équivalent (figure 4):

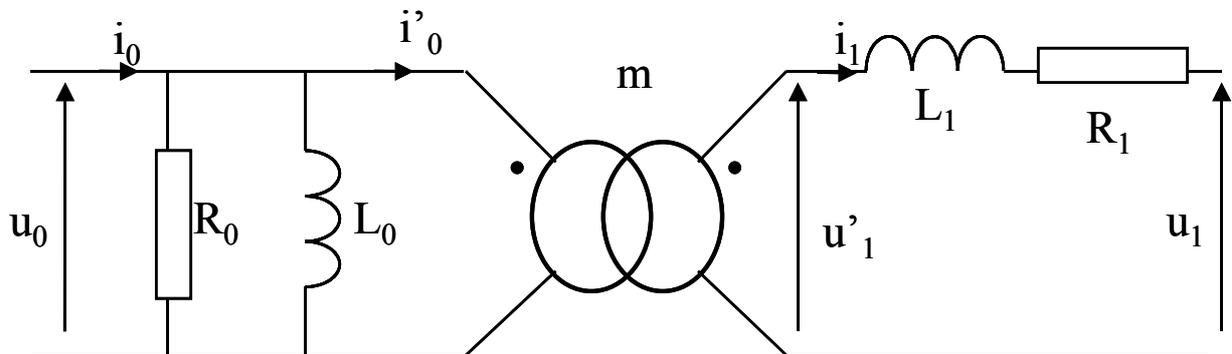


Figure 4

On donne la puissance apparente au secondaire $S_N=20\text{VA}$. Au secondaire, la tension nominale a pour valeur efficace $U_{1N}=12\text{V}$. La tension u_0 représente toujours le réseau ($U_{0\text{eff}}=220\text{V}$).

Les résultats de l'essai en court-circuit sont mesurés en alimentant par le secondaire et en court-circuitant le primaire. Ils donnent, au secondaire, une tension efficace $U_{1\text{CC}}=4,2\text{V}$ et un courant efficace $I_{1\text{CC}}=I_{1N}$. La puissance moyenne vaut $P_{1\text{CC}}=3,8\text{W}$.

Les résultats de l'essai à vide donnent, au primaire, une tension efficace $U_{00}=220\text{V}$ et un courant efficace $I_{00}=120\text{mA}$. La puissance moyenne vaut $P_{00}=3\text{W}$.

- 1.2.1 Donner la relation entre le rapport de transformation $m=n_1/n_0$, et les tensions efficaces au primaire et au secondaire. En déduire la valeur numérique du rapport de transformation m .
- 1.2.2 Déterminer l'expression du courant nominal I_{1N} et calculer sa valeur.
- 1.2.3 Déterminer l'expression de la valeur efficace I_{0N} du courant $i_0(t)$ au primaire en fonction de I_{1N} et calculer sa valeur.
- 1.2.4 Déterminer l'expression du flux utile $\varphi_0(t)$ dans la colonne primaire en fonction de n_0 , ω , $U_{1\text{max}}$.
- 1.2.5 Donner la relation entre la réluctance \mathcal{R} de la colonne primaire et le flux utile $\varphi_0(t)$.

On cherche à exploiter les essais à vide et en court-circuit pour obtenir les éléments du schéma de la figure 4.

Essai à vide :

- 1.2.6 A vide, déterminer l'expression de la puissance active au primaire P_{00} en fonction de la tension efficace U_{00} .
- 1.2.7 En déduire la valeur de R_0 .
- 1.2.8 Déterminer l'expression de la puissance réactive Q_{00} à vide en fonction de la puissance apparente à vide S_{00} et de la puissance active P_{00} . Puis, calculer sa valeur.
- 1.2.9 En déduire la valeur de l'inductance L_0 .
- 1.2.10 Que représentent les éléments R_0 et L_0 ?

Essai en court-circuit :

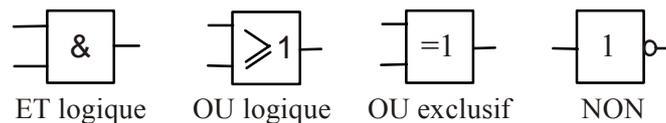
- 1.2.11 En essai en court-circuit, donner l'expression de la puissance active P_{1CC} au secondaire en fonction de I_{1CC} .
- 1.2.12 En déduire la valeur de la résistance R_1 .
- 1.2.13 En posant $Z=R_1+j.L_1.\omega$, déterminer la relation entre $|Z|$ et U_{1CC} . Donner la valeur numérique de $|Z|$.
- 1.2.14 En déduire la valeur de l'inductance L_1 .
- 1.2.15 Que représentent les éléments R_1 et L_1 ?

2. ACTIONNEUR VITESSE ET POSITION

Dans cette partie, nous nous intéressons au positionnement du bloc faisceau laser – lentille.

- représente le ET logique.
- ∨ représente le OU logique.
- ⊕ représente le OU exclusif.

Les symboles logiques sont les suivants :



2.1 Le modulateur de largeur d'impulsion numérique

Afin de positionner la lentille et le laser, il est nécessaire de contrôler la vitesse de déplacement par une consigne numérique. Un système de « Modulation de Largeur d'Impulsion numérique », figure 5, est constitué d'un compteur 8 bits noté CPT, d'un registre de consigne 8 bits noté LATCH et d'un comparateur binaire noté CMP. L'horloge est notée CLK.

Le registre de consigne 8 bits « LATCH » est constitué de 8 bascules D.



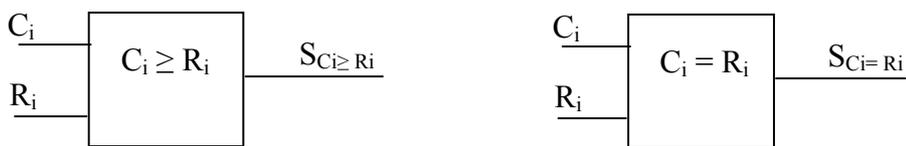
Figure 5

Afin que la fréquence du signal de commande ne s'entende pas, il est nécessaire que sa fréquence soit supérieure à 20kHz.

Le comparateur est défini comme un bloc de logique combinatoire ayant pour entrées les 8 bits du compteur C (C_7 (MSB) à C_0 (LSB)) et les 8 bits du registre R (R_7 (MSB) à R_0 (LSB)), et pour sortie S à l'état bas si $C < R$ et à l'état haut si $C \geq R$.

- 2.1.1 Représenter la sortie S lorsque le registre LATCH fournit une consigne 01000000 sur le document réponse n°2.
- 2.1.2 Quelle doit être la fréquence de l'horloge du compteur pour obtenir en sortie un cycle de période $T=1/20000$?
- 2.1.3 Quel est le pas minimum de variation (en pourcentage de la période) du rapport cyclique de la sortie ?
- 2.1.4 Quel est (en pourcentage de la période) le rapport cyclique de sortie pour une consigne de valeur décimale 64 ?
- 2.1.5 En notant la sortie $S_{(C_i \geq R_i)}$, donner l'équation d'un comparateur 1 bit (état haut si $C_i \geq R_i$).
- 2.1.6 En notant la sortie $S_{(C_i = R_i)}$, donner l'équation d'un bloc indiquant l'égalité (état haut si $C_i = R_i$).

Dans la suite, ces deux blocs seront schématisés de la manière suivante :



- 2.1.7 Sur le document-réponse 2, proposer un schéma basé sur les 2 blocs précédents pour réaliser un comparateur 4 bits (état haut si $C_{3..0} \geq R_{3..0}$). On note la sortie $S_{(C_{3..0} \geq R_{3..0})}$.

Nous nous intéressons maintenant à l'asservissement en position du faisceau laser.

2.2 La réponse à l'échelon

La position $x(t)$ du faisceau est réglée par un système commandé par une tension $v_{in}(t)$ dont la

fonction de transfert est : $H_{pos}(p) = \frac{X(p)}{V_{in}(p)} = \frac{4 \cdot 10^{-2}}{1 + 2 \cdot 10^{-4}p + 10^{-6}p^2}$, en m/V.

- 2.2.1 Donner la valeur numérique du coefficient d'amortissement σ , du facteur de qualité Q , de la pulsation propre ω_0 et de l'amplification statique A_0 de ce système.
- 2.2.2 Donner l'équation différentielle qui régit ce système.
- 2.2.3 $x(t)$ étant immobile à une position de référence (0 m.), $v_{in}(t)$ passe de 0 à 1V à $t=0$. Donner l'expression de $X(p)$.
- 2.2.4 Donner la valeur initiale $x_{(t \rightarrow 0)}$ et la valeur finale $x_{(t \rightarrow \infty)}$ de $x(t)$.
- 2.2.5 A partir de l'expression de $X(p)$ ou de l'équation différentielle (au choix), donner l'expression de $x(t)$.
- 2.2.6 Représenter $x(t)$.

2.3 L'asservissement :

Pour rendre le système précédent plus performant, le système est bouclé. Un capteur de position de coefficient k_p égal à 100 V/m et un correcteur $C(p)$ sont ajoutés (figure 6).

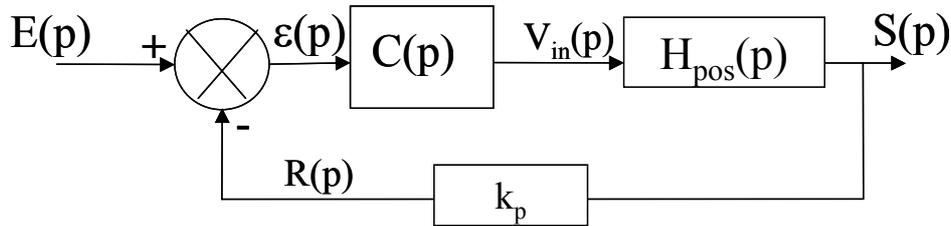


Figure 6

Premier correcteur proportionnel : $C(p)=C_1=0,16$.

2.3.1 Tracer le diagramme de Bode asymptotique et réel en gain et phase de la fonction de transfert en boucle ouverte $H_{BO1}(p)=\frac{R(p)}{\varepsilon(p)}$ sur le document réponse n°3. Préciser les pentes et le gain statique.

2.3.2 Calculer la fonction de transfert en boucle fermée $H_{BF1}(p)=\frac{S(p)}{E(p)}$.

2.3.3 Donner le coefficient d'amortissement σ_{BF} , le facteur de qualité Q_{BF} , la pulsation propre ω_{0BF} et l'amplification statique A_{0BF} en boucle fermée.

2.3.4 Tracer l'allure de la réponse de la boucle fermée à un échelon unitaire. On précisera la valeur finale et la présence (ou non) d'un dépassement.

2.3.5 Tracer le diagramme de Bode asymptotique et réel de la boucle fermée $H_{BF1}(p)$ sur le document réponse n°4.

2.3.6 Donner la valeur numérique de l'erreur statique ε_r .

Deuxième correcteur : Le correcteur $C_2(p)=\frac{10}{p}$ remplace le correcteur C_1 précédent.

2.3.7 Tracer le diagramme de Bode asymptotique et réels en gain et phase de la boucle ouverte $H_{BO2}(p)$ sur le document réponse n°5.

2.3.8 Donner les définitions des marges de gain MG et de phase $M\phi$.

2.3.9 Tracer les marges de gains et de phase sur le document réponse n°5. On précisera le signe.

2.3.10 Le système est-il stable en boucle fermée ? Justifier la réponse.

2.4 Le contrôle de la vitesse de rotation du disque :

Pour contrôler la vitesse de rotation du CD, si un asservissement n'est pas nécessaire, il est possible d'utiliser le montage de la figure 7 pour générer une tension V_3 dont la valeur moyenne servira à commander un moteur à courant continu. La tension d'ajustement V_{ref} est constante et permet de régler la valeur moyenne de V_3 .

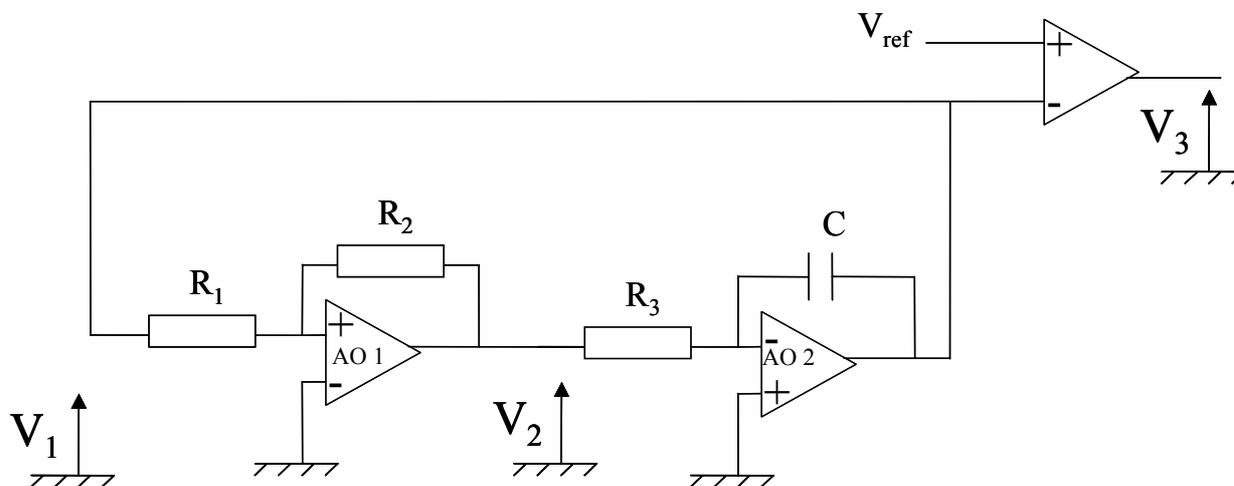


Figure 7

Les amplificateurs opérationnels, considérés parfaits, sont alimentés en $+15V$ et $-15V$.

$R_1=20k\Omega$, $R_2=30k\Omega$, $C=7,5nF$, $R_3=5k\Omega$.

Initialement le condensateur est déchargé.

- 2.4.1 Indiquer pour chacun des amplificateurs opérationnels, s'il fonctionne en mode linéaire ou saturé.
- 2.4.2 Lorsque $V_2=+15V$, quelle est la condition sur $V_1(t)$, imposée par l'A.O.1, pour que $V_2(t)$ reste à $+15V$?
- 2.4.3 Donner la relation dans le domaine temporel entre $V_1(t)$ et $V_2(t)$ imposé par l'AO 2.
- 2.4.4 Lorsque $V_2=+15V$, donner l'expression de $V_1(t)$.
- 2.4.5 Représenter sur le même graphe $V_1(t)$ et $V_2(t)$ en régime établi.
- 2.4.6 Quelle est la période des oscillations ?
- 2.4.7 Pour $V_{ref}=3V$, Tracer sur le même graphe, $V_1(t)$ et $V_3(t)$ en fonction du temps, en régime établi.
- 2.4.8 Donner la valeur moyenne de V_3 .

Pour le moteur à courant continu à aimants permanents :

On note : T_{em} le couple électromagnétique, I le courant induit, E la force électromotrice du moteur, R sa résistance série, Ω la vitesse angulaire.

$$K = \frac{T_{em}}{I} = 0,27 \text{ N.m/A}$$

$$R = 0,1\Omega,$$

$$I = 0,01 \text{ A}$$

- 2.4.9 Quelle valeur de E permet au disque de tourner à la vitesse de 300 tours par minute ?
- 2.4.10 Quelle valeur de V_{ref} faut-il choisir pour que le disque tourne à 300 tours par minute ?

3. AUDIO

Dans cette partie, deux fonctions de filtrages et d'amplifications sont étudiées.

3.1 Le filtrage :

On s'intéresse au filtrage des bruits basse fréquence. Le but de ce montage est d'atténuer les signaux basse fréquence, avant de les transmettre un amplificateur audio.

On considère le montage suivant :



Figure 8

L'amplificateur opérationnel, considéré parfait, est alimenté en +15V et -15V.

3.1.1 Donner la fonction de transfert $H_1(j\omega) = \frac{V_s(j\omega)}{V_e(j\omega)}$.

3.1.2 $R_1 = 10\text{k}\Omega$. Déterminer la valeur numérique de C et R_2 pour avoir en sortie une atténuation à 5Hz d'environ 20 dB et une amplification de 20dB dans la bande passante. On pourra s'aider de l'allure du diagramme de Bode en gain.

Pour vérifier qu'à la mise en marche le filtre agit rapidement, il convient de vérifier son temps de réponse.

3.1.3 Donner l'équation différentielle reliant $V_s(t)$ et $V_e(t)$.

3.1.4 Calculer la réponse $V_r(t)$ à une rampe de pente k ($V_e(t) = kt$, pour $t \geq 0$), avec des conditions initiales nulles.

3.1.5 Tracer l'allure de cette réponse $V_r(t)$.

3.1.6 Donner la valeur numérique de la constante de temps.

3.1.7 En déduire la valeur numérique du temps de réponse à 5%.

3.1.8 Déduire de la question 3.1.4 la réponse $V_{\text{ech}}(t)$ à un échelon de hauteur E.

3.2 Un effet audio :

Le montage suivant peut servir à amplifier les fréquences correspondant aux tonalités graves par rapport aux aigus (égaliseur - accentuation des graves).

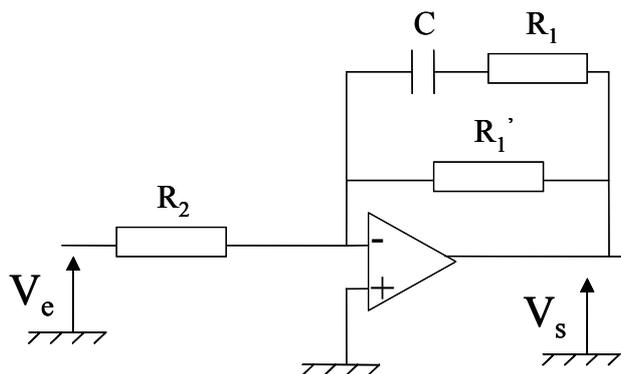


Figure 9

Les amplificateurs opérationnels sont alimentés en +15V et -15V.

$R_1=100\text{k}\Omega$, $R_1'=100\text{k}\Omega$, $R_2=10\text{k}\Omega$, $C=4\text{nF}$.

3.2.1 Donner la fonction de transfert $H_2(j\omega)=\frac{V_s(j\omega)}{V_e(j\omega)}$.

3.2.2 Donner les valeurs numériques des gains (en dB) en basse fréquence et en haute fréquence.

Annexe
Transformées de Laplace :

image F(p)	original f(t) – (pour t>0)
$\frac{A}{p}$	A
$\frac{1}{p+a}$	e^{-at}
$\frac{1}{(p+a)^2}$	$t e^{-at}$
$\frac{a}{p^2}$	at
$\frac{\omega}{p^2+\omega^2}$	sin ωt
$\frac{\omega}{p^2-\omega^2}$	sh ωt
$\frac{p}{p^2+\omega^2}$	cos ωt
$\frac{p}{p^2-\omega^2}$	ch ωt
$\frac{\omega}{(p+a)^2+\omega^2}$	e^{-at} sin ωt
$\frac{\omega}{(p+a)^2-\omega^2}$	e^{-at} sh ωt
$\frac{p+a}{(p+a)^2+\omega^2}$	e^{-at} cos ωt
$\frac{p+a}{(p+a)^2-\omega^2}$	e^{-at} ch ωt

