BTS Informatique et Réseaux pour l'Industrie et les Services Techniques.

Session 2005.

Exercice 1: Motorisation du tiroir d'un lecteur de CD-Rom.

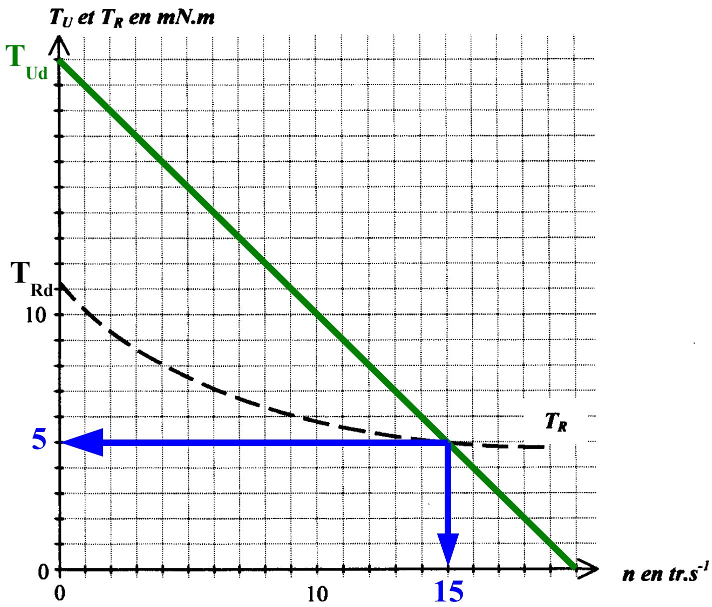
1. Étude du schéma électrique:

1. L'amplificateur opérationnel peut fonctionner en régime linéaire car il y a rétroaction (réaction par une résistance R entre la sortie et l'entrée inverseuse).
2. Voir le **document-réponse N°1** reproduit ci-dessous.
3. Nous avons **inversion du sens de rotation du moteur** dans le cas d'une inversion du signe de la tension d'alimentation.
4. Voir le document-réponse reproduit ci-dessous:

COMMANDE DU TIROIR			
V_{L0}	V_{L1}	V_M en V	Mouvement du tiroir
0 V	0 V	**0**	**au repos**
5 V	0 V	**5**	**sortant**
0 V	5 V	**-5**	**rentrant**

2. Étude mécanique.

1. Voir le document-réponse reproduit ci-dessous:



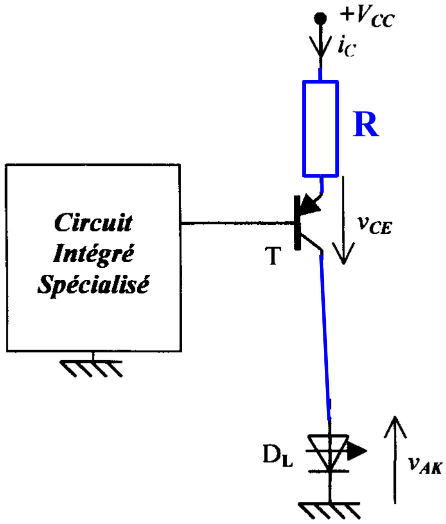
2. Par lecture graphique, nous trouvons: $T_U = 5 \;\; mN \cdot m$ et $n = 15 \;\; tr \cdot s^{-1}$

Nous avons le moment du couple de démarrage du moteur qui vaut $T_{Ud} = 20 \;\; mN \cdot m$ et le moment du couple de la charge au démarrage qui vaut $T_{Rd} \simeq 11{,}2 \;\; mN \cdot m$.

Le moment du couple de la charge étant plus faible que le moment du couple utile du moteur, nous avons démarrage du moteur.

Exercice 2: Asservissement de la diode laser d'un lecteur de CD-Rom.

1. Circuit de puissance d'alimentation de la diode laser.



1. Une inductance parfaite se comporte en continu comme un fil.
   Un condensateur parfait se modélise par un circuit ouvert en continu.

2. Le schéma du document-réponse N°2 est reproduit ci-contre:

3. Nous pouvons alors exprimer la loi des mailles:
   $\boldsymbol{V_{CC}=R\cdot i_C-v_{CE}+v_{AK}}$

   Intensité en cas de saturation du transistor T:
   $i_C=\dfrac{V_{CC}-v_{AK}}{R}=\dfrac{5-2{,}8}{22}=\mathbf{100}\;\;\boldsymbol{mA}$

2. Modélisation de la commande du circuit d'alimentation.

1. Nous avons $Y(p)=B\cdot I_C(p)$ et $I_C(p)=\dfrac{A_0}{1+\tau\cdot p}\cdot\varepsilon_I(p)$ d'où $Y(p)=\dfrac{A_0\cdot B}{1+\tau\cdot p}\cdot\varepsilon_I(p)$

   La transmittance isomorphe est alors $T_D(p)=\dfrac{Y(p)}{\varepsilon_I(p)}=\dfrac{\boldsymbol{A_0\cdot B}}{\boldsymbol{1+\tau\cdot p}}$

2. La puissance de p au dénominateur est 1, donc nous avons un système du premier ordre qui peut se modéliser $T_D(p)=\dfrac{T_{D0}}{1+\tau_D\cdot p}$. Nous avons alors, par identification:
   - La transmittance statique est $T_{D0}=A_0\cdot B=200\times0{,}1=\mathbf{20}\;\;\boldsymbol{W\cdot A^{-1}}$
   - La constante de temps est $\tau_D=\tau=\mathbf{10^{-4}}\;\;\boldsymbol{s}$

3. L'expression de l'entrée (en échelon) est $\varepsilon_I(p)=\dfrac{I}{p}$

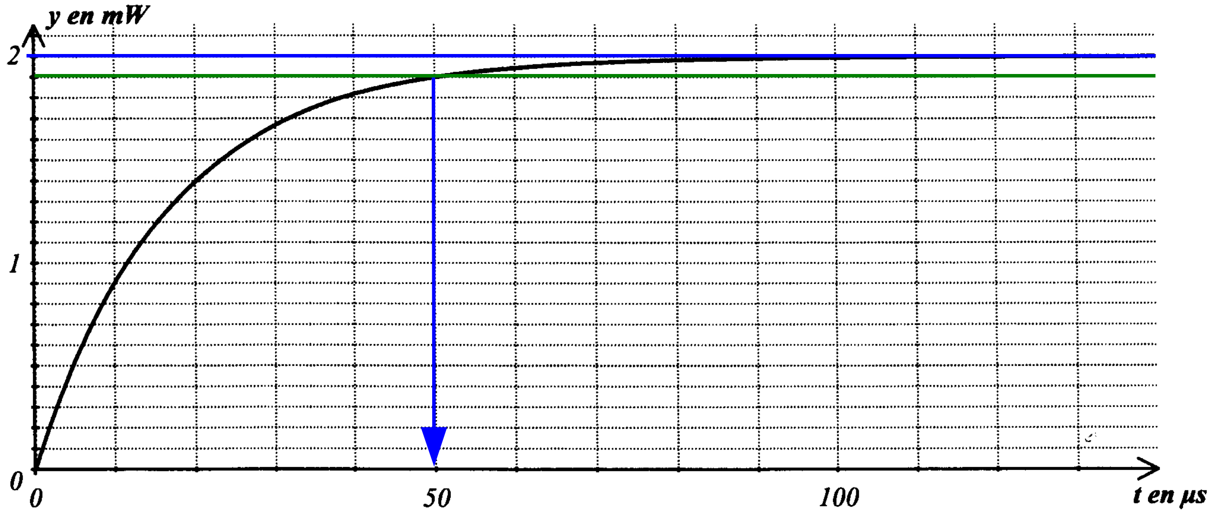
   La sortie est alors $Y(p)=T_D(p)\cdot\varepsilon_I(p)=\dfrac{A_0\cdot B}{1+\tau\cdot p}\cdot\dfrac{I}{p}=\dfrac{\boldsymbol{A_0\cdot B\cdot I}}{\boldsymbol{p\cdot(1+\tau\cdot p)}}$

4. La puissance lumineuse rayonnée en régime permanent est:
   $y(+\infty)=\lim\limits_{t\to\infty}y(t)=\lim\limits_{p\to0}p\cdot Y(p)=\boldsymbol{A_0\cdot B\cdot I}=200\times0{,}1\times0{,}1\cdot10^{-3}=\mathbf{2}\;\;\boldsymbol{mW}$

5. Le temps de réponse à 5 % est égal à trois fois la constante de temps, donc nous avons $t_{RD}=3\cdot\tau_D=3\cdot10^{-4}=\mathbf{300}\;\;\boldsymbol{\mu s}$

3. Prise en compte de l'asservissement.

1. Nous avons le graphique qui est repris ci-dessous:



Nous avons, par lecture graphique:

- Valeur finale: $\boldsymbol{y(+\infty)=2\ \ mW}$
- Temps de réponse à 5 %: $\boldsymbol{t_{RD}=50\ \ \mu s}$

2. La sortie est de la forme $Y(p)=T_{BF}(p)\cdot I_{REF}$ donc la valeur finale est donnée par le théorème de la valeur finale:

$$y(+\infty)=\lim_{t\to\infty} y(t)=\lim_{p\to 0} Y(p)=T_{BF0}\cdot I_{REF} \text{ d'où } T_{BF0}=\frac{y(+\infty)}{I_{REF}}=\frac{2\cdot 10^{-3}}{0{,}5\cdot 10^{-3}}=\mathbf{4\ \ W\cdot A^{-1}}$$

Nous avons un système du premier ordre (fonction de transfert avec une puissance 1 au dénominateur, ou tangente non nulle à l'origine), donc $t_{RD}=3\cdot\tau_{BF}$, d'où:

$$\tau_{BF}=\frac{t_{RD}}{3}=\frac{50\cdot 10^{-6}}{3}\simeq\mathbf{16{,}6\ \ \mu s}$$

3. L'asservissement augment la rapidité du système qui passe d'une constante de temps $\tau=100\ \ \mu s$ à une constante de temps $\tau_{BF}\simeq 16{,}7\ \ \mu s$

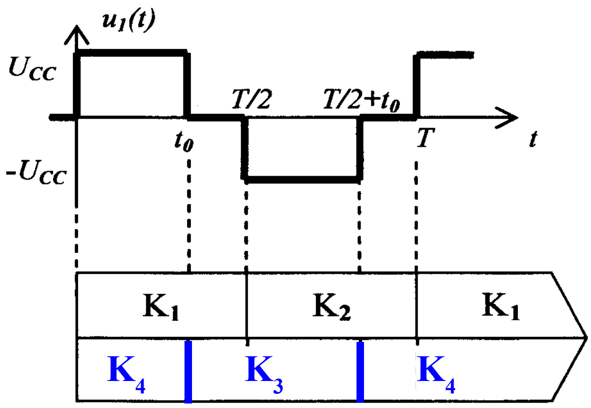
<u>Exercice 3: Commande d'un onduleur de tension.</u>

1. <u>Étude de la structure de l'onduleur:</u>

1. Pour ne pas endommager le matériel:
   - ✗ Il ne faut pas fermer simultanément les groupes suivants pour éviter de court-circuiter la batterie d'accumulateurs: **K_1 et K_2** ou **K_3 et K_4**.
   - ✗ Le courant devant pouvoir circuler, il ne faut pas ouvrir simultanément les interrupteurs de chaque « coté » du pont, c'est à dire les interrupteurs **K_1 et K_2** ou **K_3 et K_4**.

2. Les différentes phases observées nous permettent de dire:
   - ✗ Lorsque nous avons $+U_{cc}$, nous devons avoir ensemble **K_1 et K_4**.
   - ✗ Lorsque nous avons $-U_{cc}$, nous devons avoir ensemble **K_2 et K_3**.
   - ✗ Dans la phase à 0 avec **K_1** commandé, nous devons avoir **K_3** en même temps pour éviter les deux conditions décrites dans la question 1-1 (phase de roue libre).
   - ✗ Dans la phase à 0 avec **K_2** commandé, nous devons avoir **K_4** en même temps pour éviter les deux conditions décrites dans la question 1-1 (phase de roue libre).

   Le document-réponse se trouve reproduit ci-dessous:



2. <u>Caractéristique de la tension $u_1(t)$.</u>

1. Nous avons, pour la valeur efficace: $U_1^2 = \langle u_1^2(t) \rangle = \dfrac{Aire\,de\,u_1^2(t)}{T}$

   Nous avons alors $U_1^2 \; \dfrac{U_{cc}^2 \cdot t_0 + (-U_{cc})^2 \cdot \left(\dfrac{T}{2} + t_0 - \dfrac{T}{2}\right)}{T} = \dfrac{2 \cdot t_0 \cdot U_{cc}^2}{T}$

   La valeur efficace est donc $\boldsymbol{U_1 = U_{cc} \cdot \sqrt{\dfrac{2 \cdot t_0}{T}}}$

2. Pour garder la même valeur efficace lorsque la tension U_{cc} diminue, nous devons alors **augmenter t_0**.
3. Nous constatons que pour que la tension $u_1(t)$ reste alternative, la valeur limite de la durée t_0 est $\boldsymbol{t_0 < \dfrac{T}{2}}$.

Exercice 4: Restitution d'un signal analogique.

1. Étude de l'opération de filtrage analogique.

1. Caractéristiques du filtre analogique utilisé.
   - Les basses fréquences ne sont pas modifiées (gain nul) alors que les hautes fréquences sont atténuées, donc c'est un **filtre passe-bas**.
   - Nous constatons que nous avons une pente de -20 dB par décade, donc nous avons un **filtre de 1° ordre**.
   - La fréquence de coupure est unique (filtre du 1° ordre), et se trouve soit à -3 dB en dessous de sa valeur maximale, soit à -45°. Comme il y a une erreur sur le diagramme de phase (décalé en fréquence), nous utilisons la première méthode et trouvons $\boldsymbol{f_c = 20\ kHz}$
   - La bande passante du filtre est alors $[\mathbf{0\ ;20\ kHz}]$

2. Transmittance isochrone du filtre utilisé.

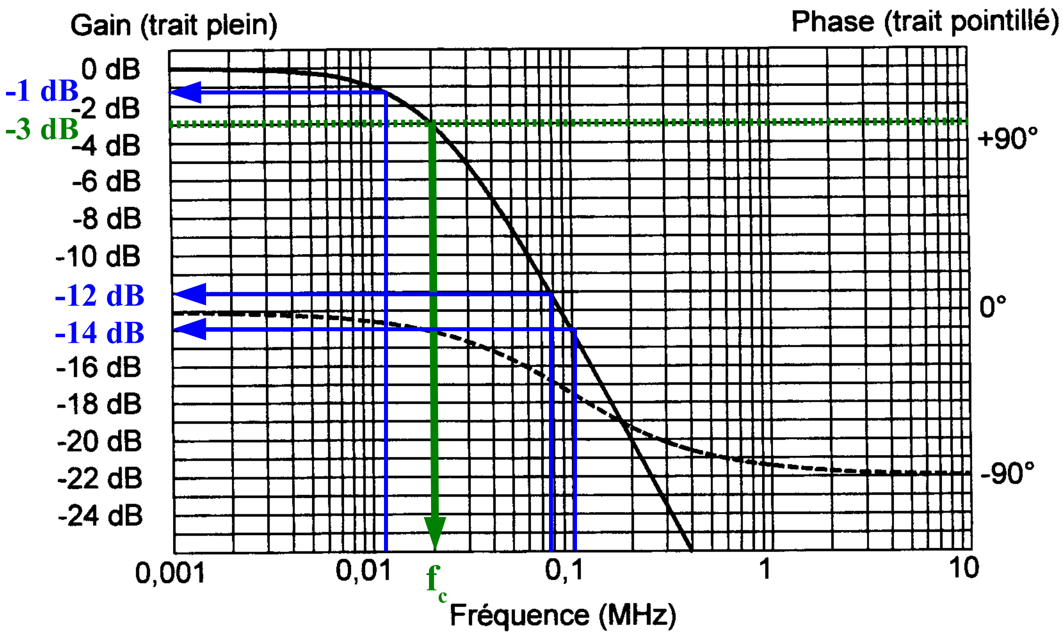
   - Nous pouvons utiliser la relation du diviseur de tension en complexe avec les impédances des deux composants, ce qui donne $\underline{T}(j\cdot\omega)=\dfrac{\underline{V}_2}{\underline{V}_1}=\dfrac{\underline{Z}_C}{\underline{Z}_R+\underline{Z}_C}=\dfrac{\frac{1}{j\cdot C\cdot\omega}}{R+\frac{1}{j\cdot C\cdot\omega}}$

     d'où en réduisant au même dénominateur $\underline{T}(j\cdot\omega)=\dfrac{1}{1+j\cdot R\cdot C\cdot\omega}$
   - Son module est $T(\omega)=|\underline{T}(j\cdot\omega)|=\dfrac{1}{\sqrt{1+(R\cdot C\cdot\omega)^2}}$
   - Son gain est alors $G(\omega)=20\cdot\log(T(\omega))=-10\cdot\log\sqrt{1+(R\cdot C\cdot\omega)^2}$

3. Spectre du signal filtré.

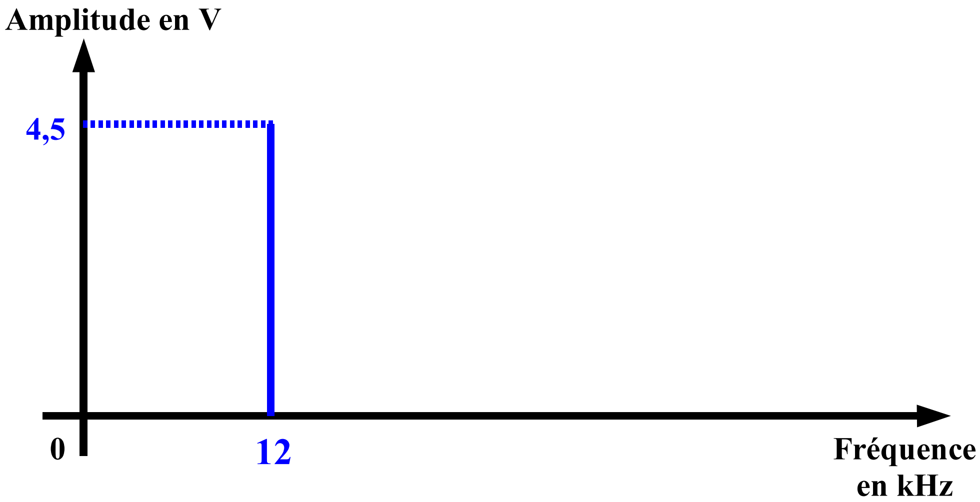
   - **Le signal n'est pas sinusoïdal** car il y a deux raies (à 76 kHz et 100 kHz) en plus du signal à 12 kHz.
   - Les différentes amplitudes présentes sont 5 V à 12 kHz, 0,8 V à 76 kHz et 0,6 V à 100 kHz, ce qui est remis dans le tableau en fin de partie.

✗ Par lecture graphique, nous trouvons:



Fréquence	12 kHz	76 kHz	100 kHz
Amplitude des raies du spectre du signal $v_1(t)$ en V	**5**	**0,8**	**0,6**
Gain du filtre	**-1 dB**	**-12,5 dB**	**-14 dB**

✗ Le nouveau spectre est dessiné ci-dessous:

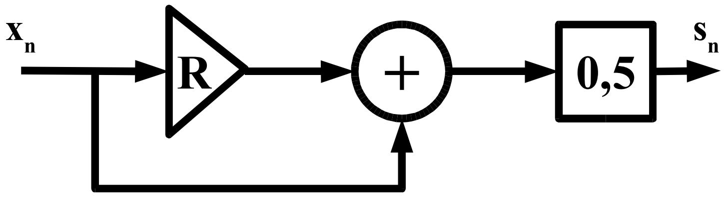


Il ne reste que la raie à 12 kHz car les autres sont atténuées d'au moins 10 dB.

La raie à 12 kHz est donc égale à $\hat{V}_2 = 10^{\frac{G(12\ kHz)}{20}} \times \hat{V}_1 = 0{,}9 \times 5 = \mathbf{4{,}5}\ \ V$

2. Étude du système numérique utilisé pour la restitution du signal.

1. La structure de l'algorithme est donnée ci-dessous:



2. Le document-réponse n°3 est reproduit ci dessous:

n	-2	-1	0	1	2	3	4
x_n	0	0	1	0	0	0	0
s_n	**0**	**0**	**0,5**	**0,5**	**0**	**0**	**0**

3. En utilisant les propriétés de transformation, nous avons:

$$S(z)=\frac{1}{2}\cdot z^{-1}\cdot X(z)+\frac{1}{2}\cdot X(z)=\frac{1}{2}\cdot\left(1+z^{-1}\right)\cdot X(z)$$

La transmittance en z est alors $T(z)=\frac{S(z)}{X(z)}=\frac{1}{2}\cdot\left(1+z^{-1}\right)$

4. Nous avons pour la sortie $S(z)=T(z)\cdot X(z)=T(z)\cdot\frac{1}{1}-z^{-1}=\frac{1}{2\cdot\left(1-z^{-1}\right)}+\frac{z^{-1}}{2\cdot\left(1-z^{-1}\right)}$ qui est bien l'expression proposée.

5. Si nous faisons une transformation de z en temporel, nous trouvons l'expression suivante: $s_n=\frac{1}{2}\cdot\Gamma_n+\frac{1}{2}\cdot\Gamma_{n-1}$, c'est-à-dire la somme d'un échelon de hauteur 0,5 calé sur 0 et d'un échelon de hauteur 0,5 calé sur 1.Le document réponse est alors reproduit ci-dessous: