

Session 2005

# B.T.S. Informatique et Réseaux pour l'Industrie et les Services Techniques.

Epreuve de Physique appliquée  
Durée 3 h, coefficient 3.

*Le sujet est constitué de 4 exercices ayant comme support d'étude des applications rencontrées dans le domaine de l'Informatique et des Réseaux pour l'Industrie et les Services techniques.*

*Ces exercices sont totalement indépendants : le candidat peut les traiter dans l'ordre qui lui convient.*

***Un formulaire est fourni en annexe :  
aucun autre document n'est autorisé.***

***Le sujet a été conçu pour être traité SANS calculatrice,  
Les calculs sont facilités par la simplicité des données numériques et la  
table de valeurs numériques fournie en annexe.***

***L'usage d'une calculatrice est donc INTERDIT.***  
*(application de la réglementation en vigueur : circulaire n° 99-186 du 16-11-1999)*

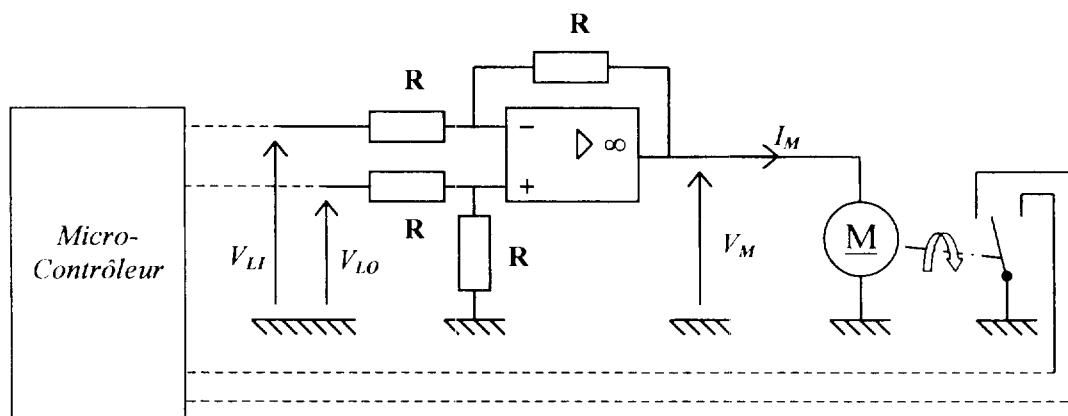
BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR : Informatique et Réseaux pour l'Industrie et les Services Techniques		Session 2005	1/13
EPREUVE: Physique appliquée	IRSPA	Durée: 3 h Coef. : 3	SUJET

## EXERCICE N°1 (4 points)

### **MOTORISATION DU TIROIR D'UN LECTEUR DE CD-ROM.**

**Cet exercice porte sur l'étude du fonctionnement de la motorisation du tiroir de chargement d'un lecteur de CD-ROM.**

Le moteur utilisé est un moteur à courant continu à aimants permanents. Il est alimenté par un amplificateur opérationnel de puissance. Le mécanisme est équipé de 2 capteurs de fin de course (contacts détectant la position ouverte ou fermée du tiroir). Le schéma de principe est donné ci-dessous.



1- L'amplificateur opérationnel est supposé parfait. Il est alimenté par une source de tension symétrique  $\pm V_{CC} = \pm 15 \text{ V}$  non représentée sur le schéma ci-dessus.

L'amplificateur opérationnel permet d'obtenir une tension  $V_M$  dont l'expression est :  $V_M = V_{LO} - V_{LI}$

Une tension  $V_M$  positive appliquée à l'induit du moteur produit une rotation dans le sens qui provoque la sortie du tiroir.

1-1- Expliquer pourquoi l'amplificateur opérationnel peut fonctionner en régime linéaire.

1-2- Indiquer dans la 3<sup>ème</sup> colonne du tableau « commande du tiroir » du document réponse N°1, les différentes valeurs prises par la tension  $V_M$  pour les différentes valeurs prises par les tensions  $V_{LO}$  et  $V_{LI}$ .

1-3- Quel est l'effet d'un changement de signe de la tension d'alimentation  $V_M$  sur la rotation du moteur ? (aucune justification n'est demandée).

1-4- Compléter alors la 4<sup>ème</sup> colonne du tableau « Commande du tiroir » du document réponse N°1, en indiquant si le tiroir est « sortant », « au repos » ou « rentrant ».

2- Sur le document réponse N°1, on a tracé en pointillé la caractéristique  $T_R = f(n)$  représentant le moment du couple résistant  $T_R$  exercé par le tiroir en fonction de la fréquence de rotation  $n$  du moteur.

Lorsque le tiroir est en mouvement, la caractéristique mécanique du moteur est donnée par l'équation :

$$T_U = 4 V_M - n$$

Dans cette équation :

$T_U$  désigne le moment du couple utile du moteur exprimé en  $mN.m$  ( $1 mN.m = 10^{-3} N.m$ )

$n$  désigne la fréquence de rotation du moteur exprimée en  $tr.s^{-1}$

$V_M$  désigne la tension d'alimentation du moteur exprimée en  $V$ .

2-1- Tracer sur le document réponse N°1, la caractéristique mécanique  $T_U = f(n)$  du moteur lorsqu'il est alimenté par une tension  $V_M = 5 \text{ V}$ .

2-2- En déduire les valeurs numériques du moment du couple utile  $T_U$  et de la fréquence de rotation  $n$  du moteur correspondant au point de fonctionnement de l'ensemble moteur-tiroir en mouvement.

Indiquer les valeurs numériques des moments du couple utile  $T_{Ud}$  et du couple résistant  $T_{Rd}$  lors du démarrage du moteur. Le démarrage sera-t-il possible ? Justifier la réponse.

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR : Informatique et Réseaux pour l'Industrie et les Services Techniques		Session 2005	2/13
EPREUVE: Physique appliquée	IRSPA	Durée: 3 h Coef. : 3	SUJET

## EXERCICE N°2 (7 points)

### **ASSERVISSEMENT DE LA DIODE LASER D'UN LECTEUR DE CD-ROM.**

Le lecteur de CD-ROM d'un ordinateur utilise une diode laser pour effectuer la lecture des informations gravée sur les pistes. Lors du vieillissement de cette diode laser, la puissance lumineuse rayonnée diminue. De manière à réaliser une lecture correcte des informations du disque, il est nécessaire de maintenir constante la puissance lumineuse émise. Un asservissement est réalisé à l'aide d'une photodiode (diode moniteur montée dans le boîtier de la diode laser), qui permet de mesurer la puissance lumineuse émise.

Cet exercice porte sur l'étude du circuit de puissance alimentant la diode laser, puis de l'asservissement correspondant.

#### **1- Circuit de puissance d'alimentation de la diode laser.**

Le montage du circuit de puissance de la diode laser  $D_L$  est représenté ci-contre.

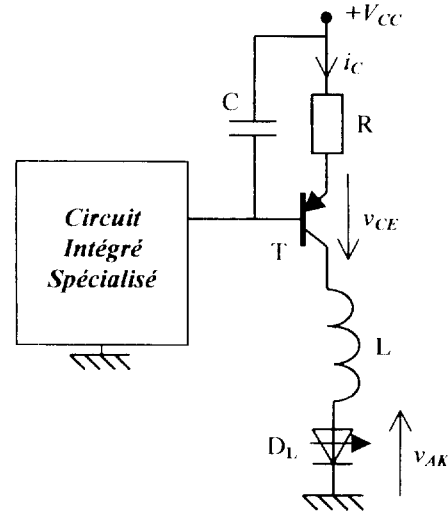
La tension d'alimentation est  $V_{CC} = 5 V$ .

Le transistor T, qui fonctionne en commutation, est commandé par un circuit intégré spécialisé.

La diode  $D_L$  présente à ses bornes une tension  $v_{AK} = 2,8 V$  lorsqu'elle est passante.

Les composants utilisés ont pour valeur :  $R = 22 \Omega$ ,  $L = 10 \mu H$  et  $C = 2,2 nF$ .

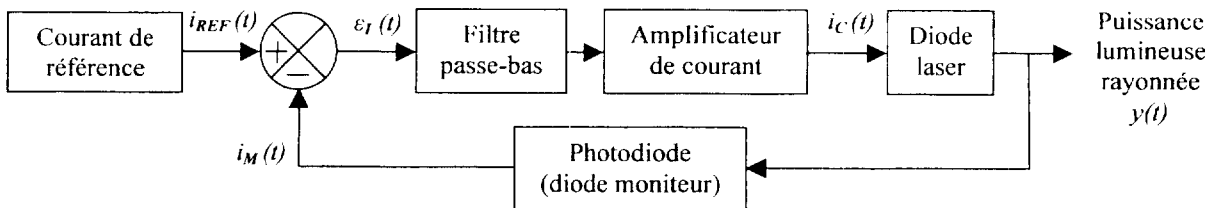
On se propose d'étudier ce montage fonctionnant en régime continu.



- 1-1- Indiquer le modèle équivalent en continu de l'inductance parfaite L et celui du condensateur parfait C.
- 1-2- Sur le document réponse N°2, compléter le schéma équivalent au montage du circuit de puissance en régime continu.
- 1-3- En déduire la relation existant entre les tensions  $V_{CC}$ ,  $v_{CE}$ ,  $v_{AK}$ , l'intensité du courant  $i_C$  et les éléments du montage en régime continu.
- 1-4- Calculer la valeur de l'intensité  $i_C$  lorsque le transistor T est saturé, c'est-à-dire si la tension  $v_{CE}$  est nulle.

#### **2- Modélisation de la commande du circuit d'alimentation.**

Le schéma de principe du circuit d'alimentation de la diode laser est représenté ci-dessous.



$i_{REF}(t)$  est un courant de référence (consigne de courant),

$i_M(t)$  est le courant de mesure correspondant à la puissance lumineuse rayonnée  $y(t)$  par la diode laser.

Le comparateur de courant délivre le courant d'intensité :  $\epsilon_I(t) = i_{REF}(t) - i_M(t)$

L'amplificateur de courant fournit le courant  $i_C(t)$  à la diode laser.

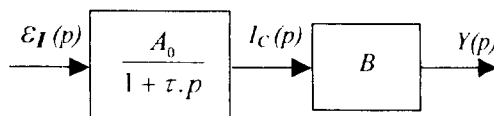
Dans toute la suite du problème, on admettra que le système étant initialement au repos, toutes les grandeurs sont nulles à l'instant  $t = 0$ .

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR : Informatique et Réseaux pour l'Industrie et les Services Techniques			Session 2005	3/13
EPREUVE: Physique appliquée	IRSPA	Durée: 3 h Coef. : 3		SUJET

La chaîne directe de cette régulation est modélisée par le schéma-bloc ci-contre :

Les transformées de Laplace de  $\varepsilon_I(t)$ ,  $i_C(t)$  et  $y(t)$  sont désignées respectivement par :  $\varepsilon_I(p)$ ,  $I_C(p)$  et  $Y(p)$ .

On désigne par  $A_0$ ,  $B$  et  $\tau$  des constantes dont les valeurs sont :  $A_0 = 200$  ;  $B = 0,1 \text{ W.A}^{-1}$  et  $\tau = 10^{-4} \text{ s}$ .



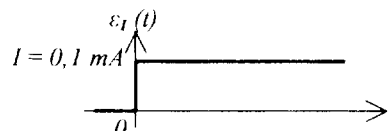
2-1- A partir de ce schéma-bloc, établir l'expression de la transmittance isomorphe  $T_D(p) = \frac{Y(p)}{\varepsilon_I(p)}$

en fonction des constantes  $A_0$ ,  $B$  et  $\tau$ .

2-2- Justifier alors que la chaîne directe est un système linéaire du premier ordre.

Indiquer les valeurs de sa transmittance statique  $T_{D0}$  et de sa constante de temps  $\tau_D$ .

A l'instant  $t = 0$ , le courant  $\varepsilon_I(t)$  délivré par le comparateur de courant est un échelon d'intensité de hauteur :  $I = 0,1 \text{ mA}$ .



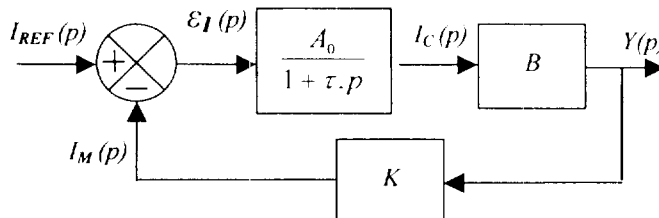
2-3- Etablir à l'aide de la table de transformées de Laplace (fournie en annexe) l'expression de  $Y(p)$  si  $\varepsilon_I(p)$  correspond à l'échelon décrit ci-dessus.

2-4- En utilisant le théorème de la valeur finale (voir formulaire), déterminer la valeur  $y(+\infty)$  de la puissance lumineuse rayonnée  $y(t)$  par la diode laser en régime permanent.

2-5- A l'aide des caractéristiques de la transmittance de la chaîne directe, déterminer le temps de réponse  $t_{RD}$  nécessaire pour atteindre 95% de la valeur finale.

### 3- Prise en compte de l'asservissement.

De manière à maintenir constante la puissance lumineuse rayonnée par la diode laser, on utilise un asservissement qui peut être modélisé par le schéma-bloc ci-dessous.



On désigne par  $I_{REF}(p)$ ,  $I_M(p)$ ,  $\varepsilon_I(p)$ ,  $I_C(p)$  et  $Y(p)$  les transformées de Laplace respectivement de  $i_{REF}(t)$ ,  $i_M(t)$ ,  $\varepsilon_I(t)$ ,  $i_C(t)$  et  $y(t)$ .

A l'instant  $t = 0$ , le courant de référence  $i_{REF}(t)$  est un échelon de hauteur :  $I_{REF} = 0,5 \text{ mA}$ . La réponse du système est représentée par l'enregistrement ci-dessous (page suivante) .

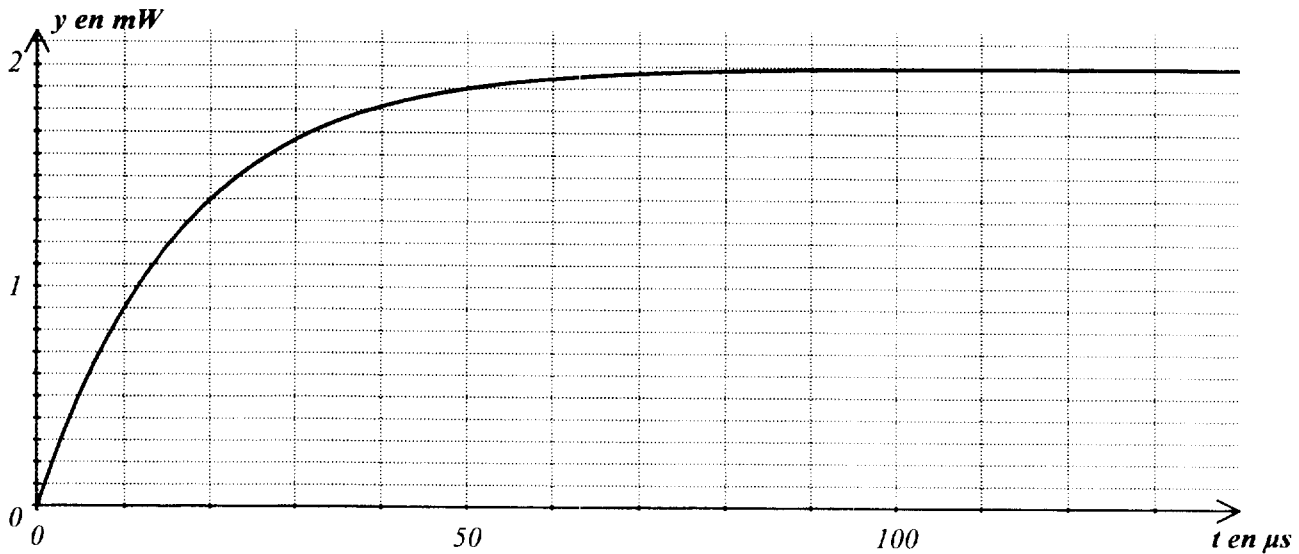
3-1- Déterminer graphiquement la valeur finale  $y(+\infty)$  de la puissance lumineuse rayonnée  $y(t)$  par la diode laser et le temps de réponse  $t_{RBF}$  nécessaire pour atteindre 95 % de la valeur finale.

3-2- En déduire la transmittance statique  $T_{BF0}$  et la constante de temps  $\tau_{BF}$  du système bouclé identifié à un système linéaire du 1<sup>er</sup> ordre dont la transmittance en boucle fermée est de la forme :

$$T_{BF}(p) = \frac{Y(p)}{I_{REF}(p)} = \frac{T_{BF0}}{1 + \tau_{BF} \cdot p}$$

3-3- Quel est l'effet de la boucle fermée sur la rapidité du système ?

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR : Informatique et Réseaux pour l'Industrie et les Services Techniques			Session 2005	4/13
EPREUVE: Physique appliquée	IRSPA	Durée: 3 h Coef. : 3		SUJET



**EXERCICE N°3 (3 points)**

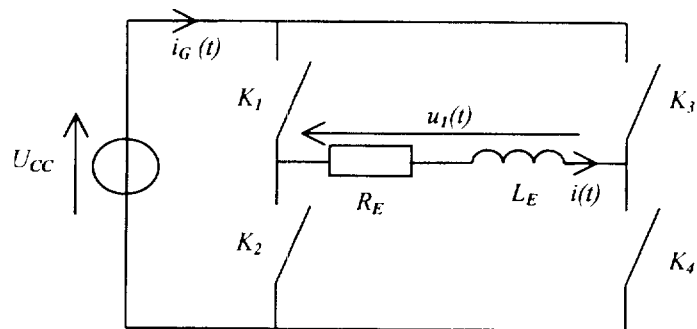
**COMMANDE D'UN ONDULEUR DE TENSION.**

Un système informatique assure la commande d'une carte de contrôle d'un onduleur utilisé dans une chaîne de fabrication. L'exercice porte sur l'étude préalable du fonctionnement de l'onduleur faite en vue de la programmation de la carte de contrôle.

**1- Etude de la structure de l'onduleur.**

La structure de l'onduleur est représentée ci-contre.

La source de tension parfaite de valeur  $U_{CC}$  modélise la source de tension continue utilisée et la charge est modélisée par la résistance  $R_E$  en série avec l'inductance  $L_E$ .

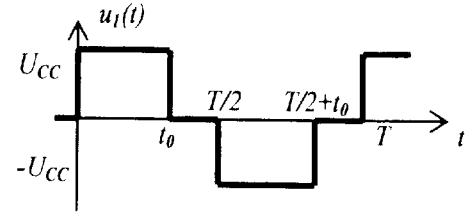


- 1-1- Pour ne pas endommager le matériel, la stratégie de commande des interrupteurs doit respecter certaines contraintes :
  - 1-1-1- Pour ne pas détruire la batterie d'accumulateurs, quels sont les 2 groupes de 2 interrupteurs qu'il ne faut pas fermer simultanément ?
  - 1-1-2- Pour ne pas interrompre le courant  $i(t)$  dans l'inductance  $L_E$ , quels sont les 2 groupes de 2 interrupteurs qu'il ne faut pas ouvrir simultanément ?

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR : Informatique et Réseaux pour l'Industrie et les Services Techniques		Session 2005	5/13
EPREUVE: Physique appliquée	IRSPA	Durée: 3 h Coef. : 3	SUJET

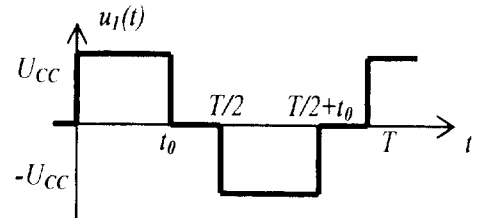
- 1-2- Le chronogramme de la tension  $u_I(t)$  que l'on souhaite appliquer aux bornes de la charge est représenté ci-contre.

Compléter sur le document réponse N°2 la séquence de fermeture des interrupteurs qui permet d'obtenir cette tension  $u_I(t)$ .



## 2- Caractéristiques de la tension $u_I(t)$ .

La commande programmée des interrupteurs devra permettre de maintenir la valeur efficace de la tension délivrée lorsque la tension continue  $U_{CC}$  varie. Le chronogramme de la tension  $u_I(t)$  est représenté ci-contre.



- 2-1- Etablir l'expression de la valeur efficace  $U_I$  de la tension  $u_I(t)$  en fonction de  $U_{CC}$ ,  $t_0$  et  $T$ .
- 2-2- Dans quel sens doit-on faire varier la durée  $t_0$  (augmenter ou diminuer) pour que la tension  $u_I(t)$  garde la même valeur efficace  $U_I$  lorsque la tension  $U_{CC}$  diminue ? (Aucune justification n'est demandée).
- 2-3- La tension  $u_I(t)$  doit rester alternative. Quelle est la valeur extrême que pourra prendre la durée  $t_0$  ?

## EXERCICE N°4 (6 points)

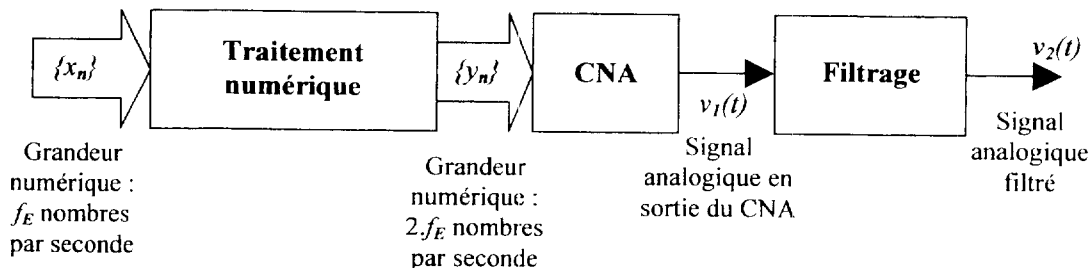
### RESTITUTION D'UN SIGNAL ANALOGIQUE.

Un système informatique doit fournir différents signaux analogiques de commande par l'intermédiaire de cartes interfaces. L'exercice porte sur une technique utilisée pour la restitution de ces signaux.

Lors de la restitution d'un signal analogique à partir d'un signal numérique à l'aide d'un Convertisseur Numérique Analogique (CNA), la précision de la restitution est d'autant meilleure que la fréquence d'échantillonnage est élevée (cas d'un signal audio par exemple).

Un traitement numérique permet d'augmenter le nombre de valeurs numériques par seconde correspondant au signal analogique échantillonné à une fréquence  $f_E$  donnée, ce qui facilite le filtrage en sortie du CNA.

La chaîne de restitution du signal numérique est représentée ci-dessous.



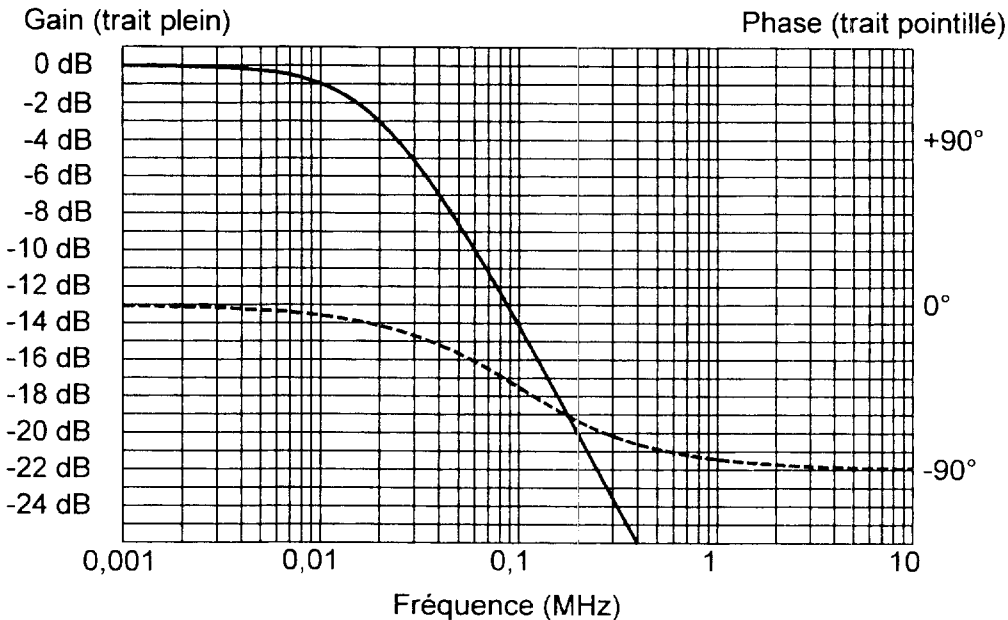
BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR : Informatique et Réseaux pour l'Industrie et les Services Techniques			Session 2005	6/13
EPREUVE: Physique appliquée	IRSPH	Durée: 3 h Coef. : 3		SUJET

## 1- Etude de l'opération de filtrage analogique.

L'opération de filtrage est réalisée en sortie du CNA, comme indiqué ci-dessus.

### 1-1- Caractéristiques du filtre analogique utilisé.

Les diagrammes de Bode du filtre utilisé sont représentés ci-dessous.



A partir des diagrammes ci-dessus, déterminer (en justifiant la réponse) :

- Le type du filtre utilisé (passe-bas, passe-bande, passe-haut).
- L'ordre du filtre.
- La (ou les) fréquence(s) de coupure du filtre.
- La bande passante du filtre.

### 1-2- Transmittance isochrone du filtre utilisé.

Le schéma du filtre utilisé est représenté ci-contre. L'étude de filtre est faite en régime sinusoïdal.

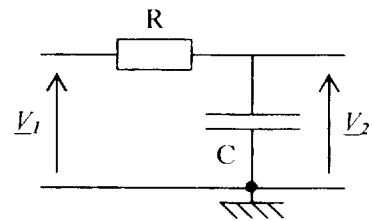
- 1-2-1- Appliquer les lois générales de l'électricité pour établir l'expression de la transmittance isochrone du montage :

$$\underline{T}(j\omega) = \frac{V_2}{V_1}$$

- 1-2-2- En déduire l'expression :

de son module  $T(\omega) = \frac{V_2}{V_1}$

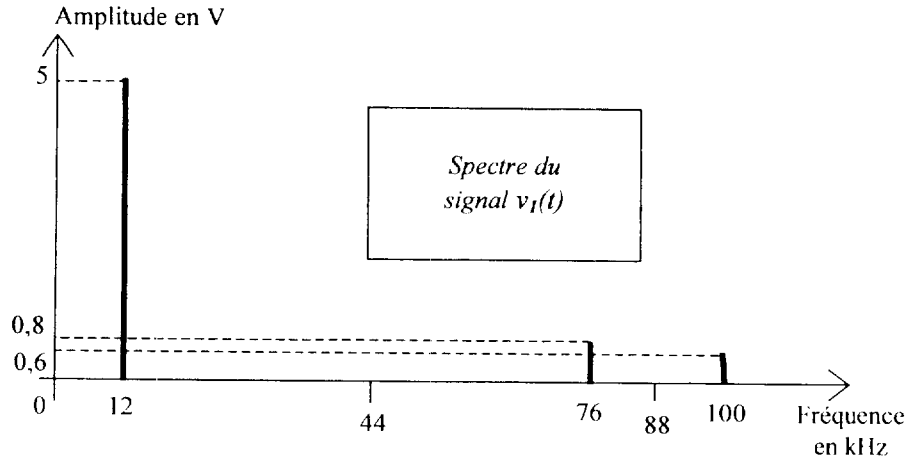
du gain  $G_{dB}$  correspondant (exprimé en décibels).



BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR : Informatique et Réseaux pour l'Industrie et les Services Techniques			Session 2005	7/13
EPREUVE: Physique appliquée	IRSPH	Durée: 3 h Coef. : 3		SUJET

1-3- **Spectre du signal filtré.**

Le spectre d'amplitude du signal  $v_1(t)$  en sortie du CNA est représenté ci-contre.



1-3-1- A l'aide de ce spectre indiquer si le signal  $v_1(t)$  est purement sinusoïdal ou non. Justifier la réponse

1-3-2- Déterminer à partir du spectre ci-dessus, les amplitudes des différentes raies du spectre de la tension  $v_1(t)$  en sortie du CNA.

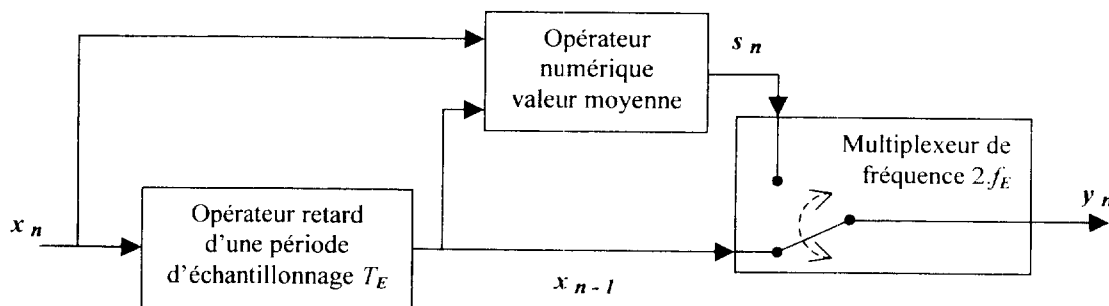
Compléter alors la seconde ligne du tableau du document réponse N°3.

1-3-3- A l'aide des diagrammes de Bode précédents, déterminer les différentes valeurs prises par le gain du filtre pour les fréquences des trois raies du spectre du signal  $v_1(t)$  ci-dessus. Compléter alors la troisième ligne du tableau du document réponse N°3.

1-3-4- On admet que les harmoniques atténués d'au moins 10dB ne sont pas transmises par le filtre. En utilisant la table de valeurs numériques fournie en annexe, tracer le spectre d'amplitude de la tension  $v_2(t)$  en sortie du filtre et conclure sur la forme du signal  $v_2(t)$  filtré par rapport à celle du signal  $v_1(t)$  avant filtrage.

2- **Etude du système numérique utilisé pour la restitution du signal.**

Le principe utilisé est représenté ci dessous :



Dans le bloc « Opérateur numérique : valeur moyenne », un calculateur réalise l'algorithme suivant :

$$s_n = \frac{1}{2} (x_{n-1} + x_n)$$

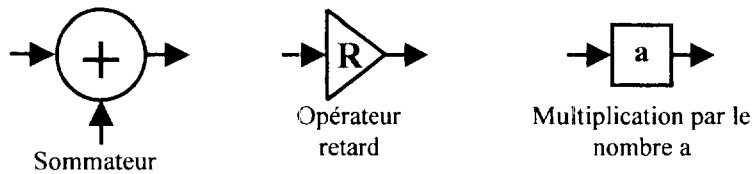
A chaque période d'échantillonnage, le terme  $s_n$  est la moyenne arithmétique des termes  $x_{n-1}$  et  $x_n$ .

La sortie  $y_n$  est alors la succession du nombre  $x_{n-1}$  puis du nombre  $s_n$  respectivement pendant une demi-période d'échantillonnage.

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR : Informatique et Réseaux pour l'Industrie et les Services Techniques			Session 2005	8/13
EPREUVE: Physique appliquée	IRSPH	Durée: 3 h Coef. : 3		SUJET



2-1- En utilisant les symboles suivants, représenter la structure de l'algorithme ci-dessus.



2-2- Sur le document réponse N°3, compléter le tableau correspondant aux différentes valeurs prises par la sortie  $s_n$  correspondant à la réponse impulsionnelle de l'algorithme.

2-3- Etablir la transmittance en  $z$  du système numérique:  $T(z) = \frac{S(z)}{X(z)}$

2-4- On applique en entrée du système numérique, une séquence échelon unité :  $\{x_n\} = \{1_n\}$ . En utilisant la table de transformée en  $z$  (donnée en annexe), montrer que l'expression de la transformée en  $z$  de la réponse du système numérique  $S(z)$  est :

$$S(z) = \frac{z^{-1}}{2(1-z^{-1})} + \frac{1}{2(1-z^{-1})}$$

2-5- En utilisant la table de transformée en  $z$  (donnée en annexe), représenter sur le document réponse la séquence de nombre  $\{s_n\}$  correspondant à la réponse indicielle du système numérique.

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR : Informatique et Réseaux pour l'Industrie et les Services Techniques		Session 2005	9/13
EPREUVE: Physique appliquée	IRSPA	Durée: 3 h Coef. : 3	SUJET

## ANNEXE : FORMULAIRE

### TABLE DE VALEURS NUMERIQUES.

<b>Gain en dB</b>	<b>-2</b>	<b>-1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>Amplification</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>1</b>	<b>1,12</b>	<b>1,26</b>

### TABLE DE TRANSFORMEES DE LAPLACE.

**Linéarité**  $\alpha f_1(t) + \beta f_2(t) \Leftrightarrow \alpha F_1(p) + \beta F_2(p)$

**Dérivation**  $f'(t) \Leftrightarrow pF(p) - f(0^-)$

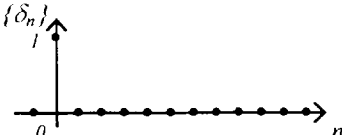
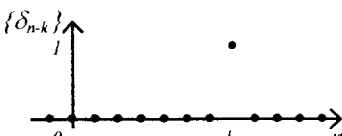
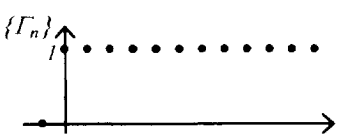
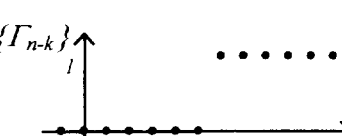
**Théorème de la valeur finale**  $\lim_{t \rightarrow +\infty} f(t) = \lim_{p \rightarrow 0} pF(p)$

**Table de quelques transformées de Laplace :**

*Impulsion de Dirac unité :* Si  $f(t) = \delta(t)$  alors  $F(p) = 1$

*Échelon unité :* Si  $f(t) = \Gamma(t)$  alors  $F(p) = \frac{1}{p}$

### TABLE DE TRANSFORMEES EN Z.

	$\{x_n\}$	$X(z)$
	$\{\delta_n\}$	$1$
	$\{\delta_{n-k}\}$	$z^{-k}$
	$\{\Gamma_n\}$	$\frac{z}{z-1} = \frac{1}{1-z^{-1}}$
	$\{\Gamma_{n-k}\}$	$\frac{z^{1-k}}{z-1} = \frac{z^{-k}}{1-z^{-1}}$

#### Propriétés :

**Linéarité :**  $Z(\alpha\{x_n\} + \beta\{y_n\}) = \alpha X(z) + \beta Y(z)$

**Théorème du retard :** Si le signal  $\{x_n\}$  est causal ( $x_n = 0$  pour  $n < 0$ ), alors  $Z(\{x_{n-k}\}) = z^{-k}X(z)$

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR : Informatique et Réseaux pour l'Industrie et les Services Techniques			Session 2005	10/13
EPREUVE: Physique appliquée	<b>IRSPA</b>	Durée: 3 h Coef. : 3		SUJET

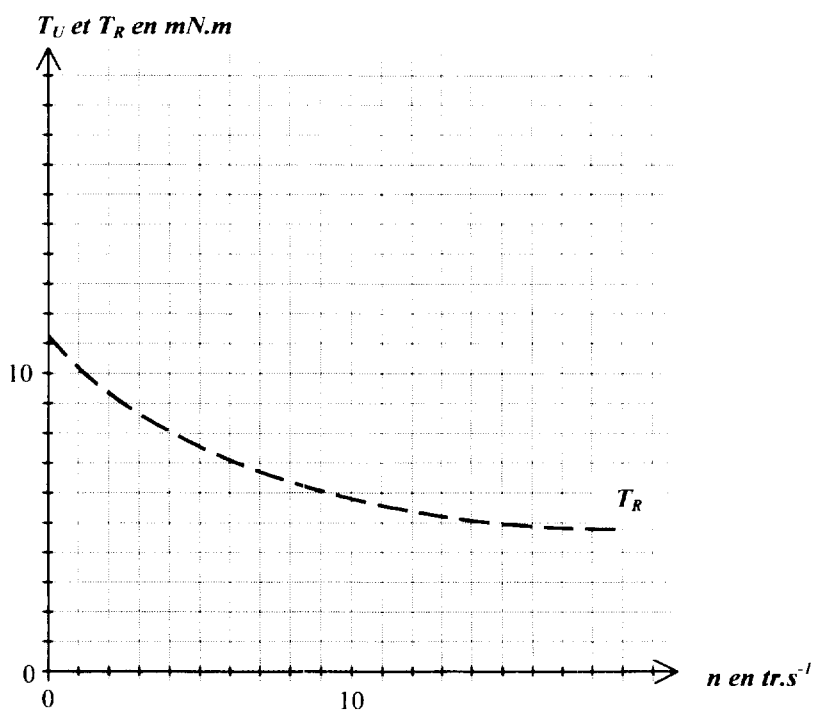
**DOCUMENT REPONSE N°1 ( A RENDRE AVEC LA COPIE).**

**EXERCICE N°1 : MOTORISATION DU TIROIR DU LECTEUR CD-ROM.**

Questions 1-2- et 1-4- : Commande du tiroir du lecteur de CD-ROM.

<b>COMMANDE DU TIROIR</b>			
$V_{LO}$	$V_{LI}$	$V_M$ en V	Mouvement du tiroir
0 V	0 V		
5 V	0 V		
0 V	5 V		

Question 2-1- : Point de fonctionnement du moteur lors de la sortie du tiroir.

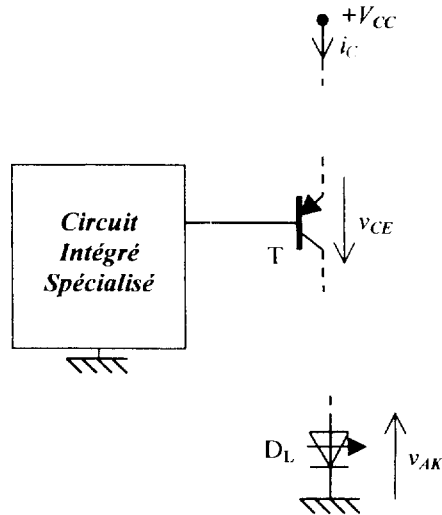


BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR : Informatique et Réseaux pour l'Industrie et les Services Techniques			Session 2005	11/13
EPREUVE: Physique appliquée	IRSPA	Durée: 3 h Coef. : 3		SUJET

**DOCUMENT REPONSE N°2 ( A RENDRE AVEC LA COPIE).**

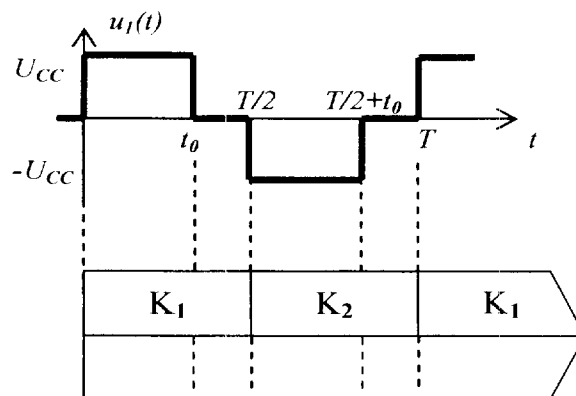
**EXERCICE N°2 : REGULATION DE LA DIODE LASER DU LECTEUR CD-ROM.**

Question 1-2- : Schéma équivalent du montage d'alimentation de la diode laser en régime continu.



**EXERCICE N°3 : COMMANDE D'UN ONDULEUR. DE TENSION.**

Question 1-2- : Séquence de fermeture des interrupteurs.



BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR : Informatique et Réseaux pour l'Industrie et les Services Techniques			Session 2005	12/13
EPREUVE: Physique appliquée	IRSPA	Durée: 3 h Coef. : 3		SUJET

**DOCUMENT REPOSE N°3 ( A RENDRE AVEC LA COPIE).**

**EXERCICE N°4 : RESTITUTION D'UN SIGNAL ANALOGIQUE.**

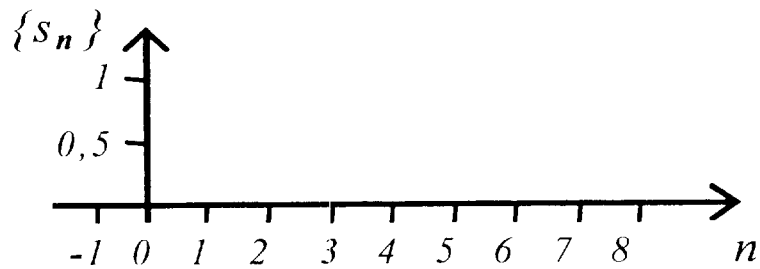
Questions 1-3-2- et 1-3-3- .

Fréquence	12 kHz	76 kHz	100 kHz
Amplitude des raies du spectre du signal $v_I(t)$ en V			
Gain du filtre			

Question 2-2- : Réponse impulsionnelle de l'algorithme.

$n$	-2	-1	0	1	2	3	4
$x_n$	0	0	1	0	0	0	0
$s_n$							

Question 2-5- : Réponse indicielle de l'algorithme.



BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR : Informatique et Réseaux pour l'Industrie et les Services Techniques		Session 2005	13/13
EPREUVE: Physique appliquée	IRSPA	Durée: 3 h Coef. : 3	SUJET