

**BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR**  
**ASSISTANCE TECHNIQUE D'INGENIEUR**  
**MATHEMATIQUES - PHYSIQUE APPLIQUEE**

**EPREUVE U32 - SCIENCES PHYSIQUES**

**Durée : 2 heures**

**Coefficient : 2**

A l'exclusion de tout autre matériel, l'usage de la calculatrice est autorisé conformément à la circulaire n°99-186 du 16 novembre 1999.

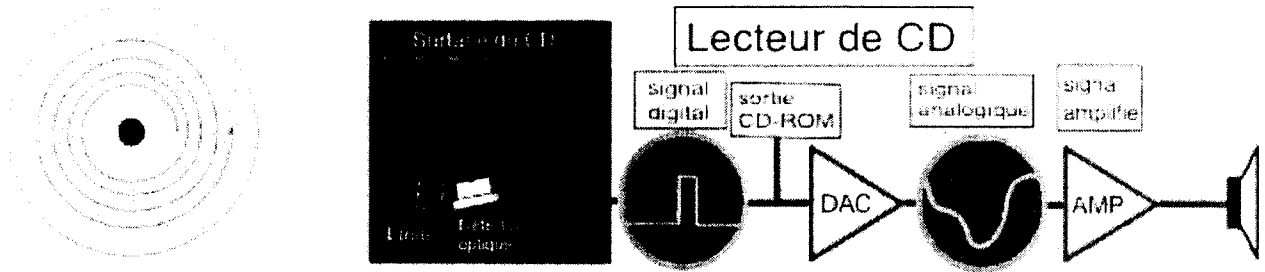
Document à rendre avec la copie :

- document réponse page 9/9

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il soit complet et comporte 9 pages numérotées de 1/9 à 9/9.

# Le Lecteur de CD

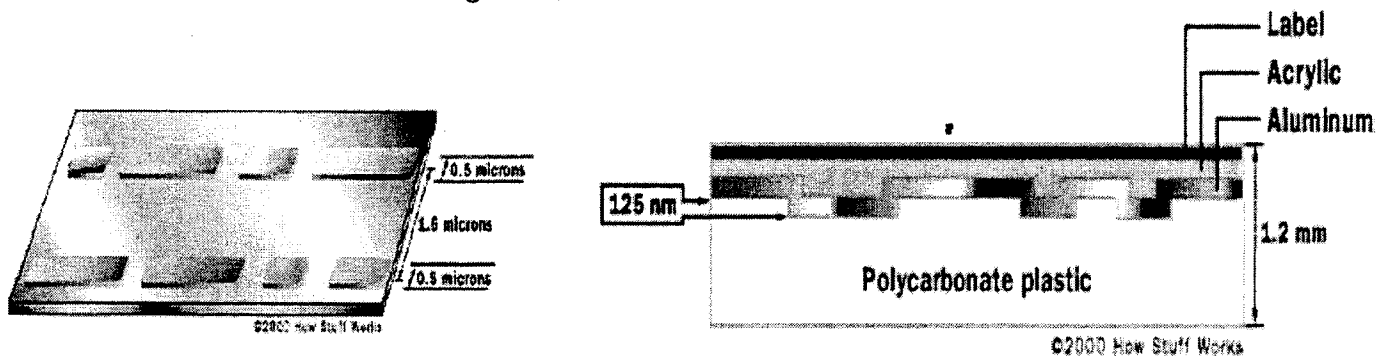
Le principe de la lecture du CD est de trouver et de lire les données stockées sous forme de creux et de plats recouverts d'une couche réfléchissante. Le laser permet cette lecture grâce à sa directivité.



## Le lecteur est composé de 4 parties principales :

- a) **Un laser** qui est focalisé sur la piste. Le faisceau traverse la couche protectrice transparente de poly carbonate, pour être réfléchi sur une couche d'aluminium. Ensuite, il peut atteindre un dispositif photosensible qui détecte les variations de lumière.
- b) **Un moteur** qui fait tourner le disque entre 200 et 500 tours par minute. La vitesse de rotation varie suivant la position du laser afin de garder une cadence de lecture constante.
- c) **Un mécanisme qui déplace le rayon laser** pour qu'il suive la piste en spirale.
- d) **Un convertisseur qui transforme les bits en données compréhensibles.**  
Dans le cas d'un CD, ils sont convertis en son.  
Pour le CD-ROM, ils peuvent être interprétés en code programme, texte, audio, vidéo, photographies ou autres données digitales.

Agrandi, le CD ressemble à ceci :

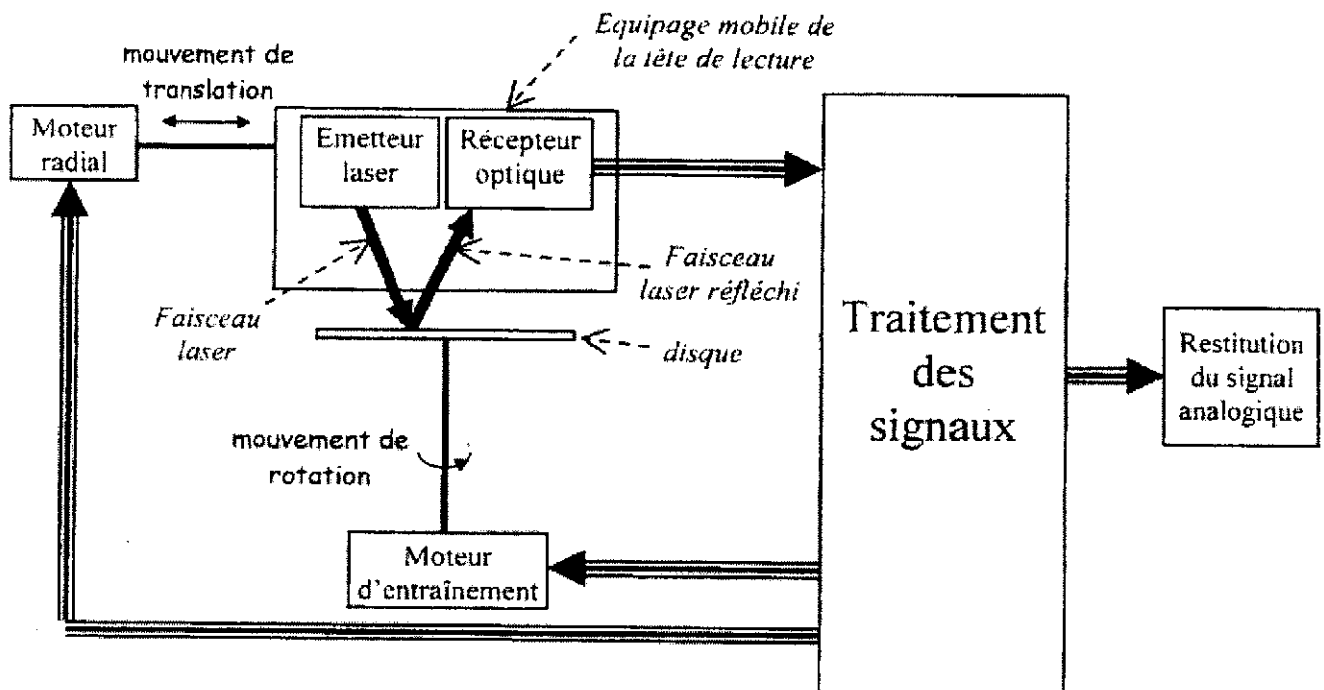


On étudie dans ce sujet quelques éléments **d'un lecteur de CD-ROM** :

**Partie A** : l'alimentation électrique, le moteur entraînant le disque.

**Partie B** : l'émetteur laser, le récepteur optique, le traitement des signaux.

L'organisation fonctionnelle du lecteur est la suivante :



Les informations numériques sont gravées sur le disque sur une piste en spirale.

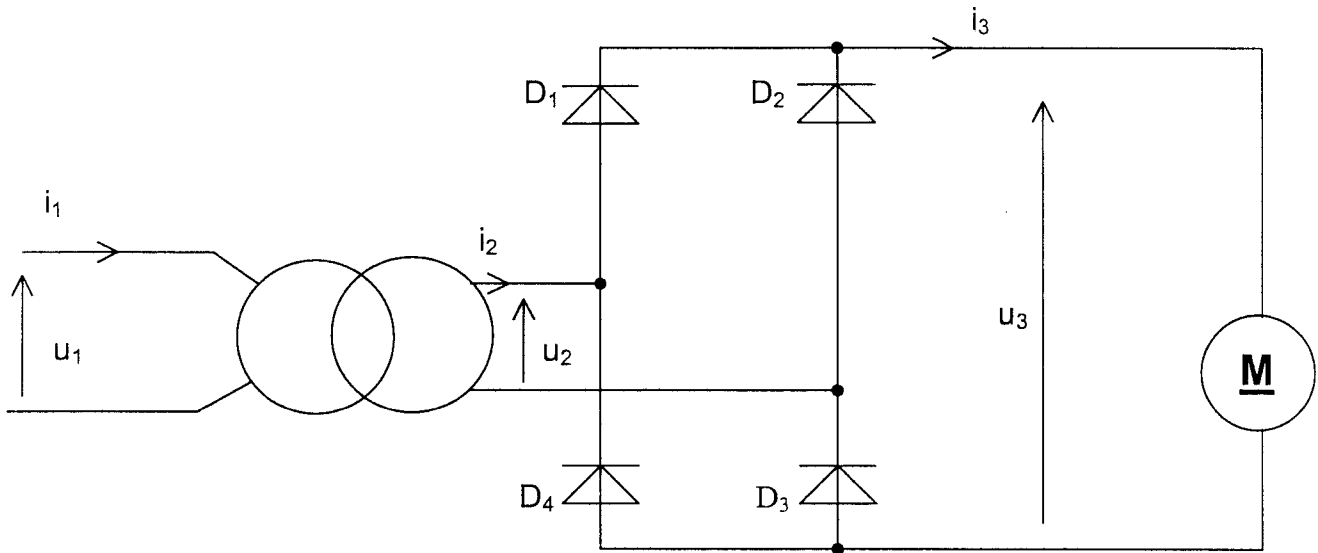
Leur lecture est réalisée par la composition de deux mouvements :

- Rotation du disque autour de son axe (moteur d'entraînement) ;
- Translation de la tête de lecture le long d'un rayon du disque (moteur radial).

Ce dernier est asservi en position, pour suivre en permanence la piste de lecture.

## Partie A : Etude de l'alimentation électrique et du moteur d'entraînement du disque

On convertit la tension du réseau monophasé (230V - 50Hz) pour alimenter le moteur à courant continu. C'est le rôle de l'ensemble transformateur-redresseur :



### I - Étude du transformateur

A -1.1) Sur la plaque signalétique de ce transformateur sont indiquées les valeurs suivantes : 230V/15V ; 50Hz ; 45VA.

Donner la signification de ces valeurs si l'on admet que le transformateur est parfait.

A -1.2) Calculer le rapport de transformation  $m$  du transformateur.

A -1.3) Calculer l'intensité nominale  $I_{1n}$  au primaire.

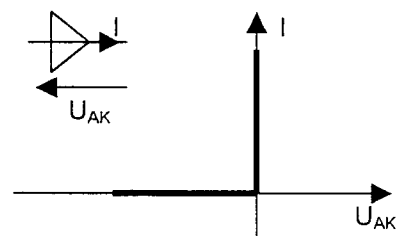
A -1.4) Calculer l'intensité nominale  $I_{2n}$  au secondaire.

### II - Étude du redresseur.

Les diodes utilisées sont idéales (tension de seuil nulle).

Avec la convention récepteur,

leur caractéristique tension-courant est représentée ci contre :



A -2.1) Dans un groupement de diodes à cathode commune, quelle est la diode qui conduit ? Indiquer les diodes du schéma qui sont à cathode commune.

A -2.2) Dans un groupement de diodes à anode commune, quelle est la diode qui conduit ? Indiquer les diodes du schéma qui sont à anode commune.

A -2.3) Lorsque  $0 < t < T/2$ ,  $u_2$  est positive, quelles diodes sont passantes ? Donner la relation entre  $u_3$  et  $u_2$ .

A -2.4) Lorsque  $T/2 < t < T$ ,  $u_2$  est négative, quelles diodes sont passantes ? Donner la relation entre  $u_3$  et  $u_2$ .

A -2.5)  $u_2(t)$  est la tension sinusoïdale de valeur efficace 15 V et de fréquence 50 Hz tracée sur le document réponse page 9/9.

Tracer la tension  $u_3(t)$  en concordance de temps avec  $u_2$  sur ce document.

A -2.6) On se propose de visualiser la tension  $u_3$  à la sortie du redresseur.

Indiquer les branchements de la voie de l'oscilloscope sur la figure 1 du document réponse page 9/9.

A -2.7) Préciser la valeur maximale, notée  $U_{3\max}$ , de  $u_3(t)$ . On rappelle que la valeur moyenne de la tension  $u_3$  est donnée par  $\langle u_3 \rangle = \frac{2 \cdot U_{3\max}}{\pi}$ .

Calculer  $\langle u_3 \rangle$  sachant que la valeur efficace de  $u_2$  vaut 15 V.

A -2.8) Le courant  $i_3$ , parfaitement lissé, est représenté sur la figure 2 du document-réponse page 9/9.

Compléter cette figure 2 en y représentant l'allure du courant  $i_2$  et en justifiant votre réponse.

### **III - Étude du moteur de rotation du disque**

Le disque du lecteur de CD-ROM est entraîné en rotation par un moteur à courant continu à aimants permanents de petite dimension.

En vitesse normale du lecteur, on a relevé les valeurs suivantes relatives à l'induit du moteur :

$$U = 13,5 \text{ V} ; I = 3 \text{ A} ; n = 6000 \text{ tr/min}$$

A - 3.1) Dessiner le schéma du modèle équivalent à l'induit du moteur et donner la signification physique des éléments de ce modèle.

Ecrire la relation entre la tension  $U$  et le courant  $I$  si on note  $R$  la résistance de l'induit du moteur.

A - 3.2) Justifier que, pour ce type de moteur fonctionnant à flux constant, les relations donnant la f.é.m.  $E$  et le moment  $T_e$  du couple électromagnétique peuvent s'écrire :

$$E = k \Omega \quad \text{et} \quad T_e = k I$$

Préciser les unités employées dans ces relations.

A - 3.3) La mesure de la résistance d'induit a donné la valeur suivante :  $R = 0,1 \Omega$ .

Calculer la f.é.m.  $E$  et déduire la valeur du coefficient  $k$  de la relation  $E = k \Omega$ .

A -3.4) Déterminer le moment  $T_e$  du couple électromagnétique.

A -3.5) En déduire le moment  $T_u$  du couple utile, sachant que le moment  $T_p$  du couple de pertes est égal à  $6 \times 10^{-3} \text{ N.m}$ .

A -3.6) Calculer la puissance utile  $P_u$  du moteur.

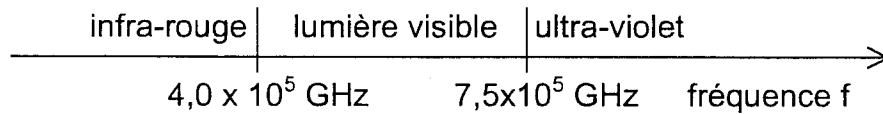
A -3.7) En déduire le rendement  $\eta$  du moteur, exprimé en pourcentage.

**Partie B : OPTIQUE**  
**I - Etude de l'émetteur laser**

La diode laser du lecteur de CD-ROM émet un faisceau lumineux de longueur d'onde  $\lambda = 1,06 \mu\text{m}$ .

B – 1.1) Donner la relation entre la fréquence  $f$ , la célérité  $c$  et la longueur d'onde  $\lambda$  d'une onde lumineuse. Donner les unités de  $f$  et  $\lambda$  dans le système international d'unités.

B – 1.2) On donne :  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ . A quel domaine de rayonnement appartient le faisceau laser, sachant que la lumière est aussi caractérisée par son domaine de fréquences ?



B – 1.3) Un rayon lumineux arrive sur une facette du CD-ROM avec un angle d'incidence de 30°. On désigne par I le point d'impact du rayon sur le disque.

La facette du CD-ROM se comporte comme un miroir plan. Représenter, sur la figure 3 du document réponse page 9/9, le rayon incident et le rayon réfléchi en indiquant leurs directions et leurs sens.

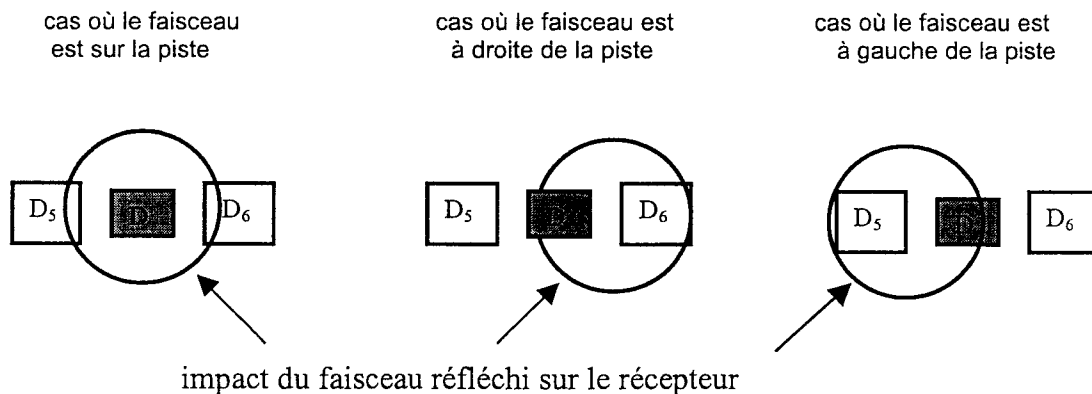
B – 1.4) En déduire la valeur de l'angle de réflexion.

**II - Étude du récepteur optique**

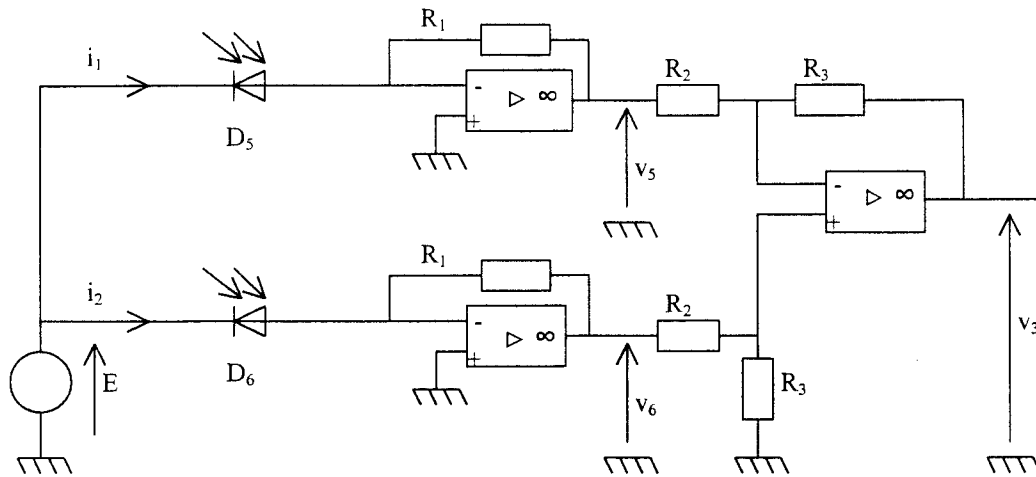
Il est constitué par 3 photodiodes ( $D$ ,  $D_5$ ,  $D_6$ ) qui reçoivent le faisceau laser réfléchi sur la surface du disque.

$D$  permet la lecture de la piste

$D_5$  et  $D_6$  sont disposées de part et d'autre de  $D$ .



On étudie dans cette partie le traitement du signal associé aux photodiodes  $D_5$  et  $D_6$ .



Les amplificateurs différentiels intégrés (appelés aussi amplificateurs opérationnels) sont parfaits et sont utilisés dans leur domaine de linéarité.

Les 2 photodiodes  $D_5$  et  $D_6$ , identiques, sont polarisées en inverse et se comportent en source de courant :

$$i_5 = \sigma \cdot e_5 \quad i_6 = \sigma \cdot e_6$$

Dans ces formules,  $e_5$  et  $e_6$  désignent les intensités lumineuses reçues respectivement par  $D_5$  et  $D_6$ .  $\sigma$  est le paramètre caractéristique de la photodiode ( $\sigma$  est négatif).

B – 2.1) Etablir l'expression de  $v_5$  en fonction de  $R_1$  et  $i_5$ .

En déduire que  $v_5 = \beta \cdot e_5$ . Et exprimer  $\beta$  en fonction de  $R_1$  et  $\sigma$ . Préciser le signe de  $\beta$ .

Donner sans démonstration l'expression de  $v_6$  en fonction de  $\beta$  et  $e_6$ .

B – 2.2) Etablir l'expression de  $v_3$  en fonction de  $v_5$ ,  $v_6$ ,  $R_2$  et  $R_3$ .

Quelle est la fonction réalisée par ce bloc ?

B – 2.3) En déduire l'expression de  $v_3$  en fonction de  $\beta$ ,  $e_5$ ,  $e_6$ ,  $R_2$  et  $R_3$ .

B – 2.4) Quelle est la valeur de  $v_3$  quand le faisceau laser est sur la piste ?

B – 2.5) Quel est le signe de  $v_3$  :

B – 2.5.a) quand le faisceau laser est à droite de la piste ?

B – 2.5.b) quand le faisceau laser est à gauche de la piste ?

B – 2.6) A partir de la description générale du système, indiquer le rôle de cette structure dans le fonctionnement du lecteur de disque.

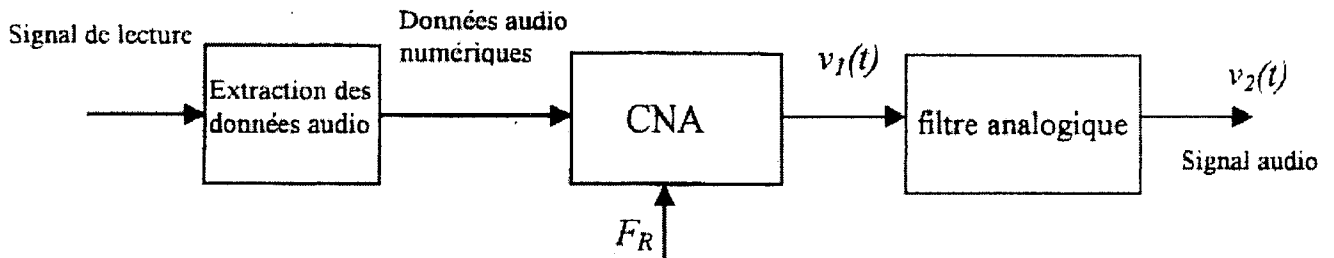
### III - Étude de la restitution des informations d'un CD Audio

B – 3.1) On rappelle qu'un signal audio hifi est caractérisé par un spectre limité par les fréquences  $f_{\min} = 20$  Hz et  $f_{\max} = 20$  kHz.

Lors de l'enregistrement du CD, le signal est échantillonné et bloqué avec une fréquence d'échantillonnage  $F_E = 44,4$  kHz. Chaque échantillon est ensuite mémorisé.

Justifier que la valeur choisie pour  $F_E$  correspond à un échantillonnage sans perte d'information.

B – 3.2) La chaîne de restitution du signal analogique audio à partir des données numériques est donnée ci-dessous :



Cette chaîne utilise un convertisseur numérique-analogique 16 bits, pouvant fournir une tension comprise entre les valeurs extrêmes  $-5$ V et  $+5$ V.

Dans cette question, on suppose que les données numériques sont converties à une fréquence égale à celle utilisée lors de l'enregistrement ( $F_R = F_E$ )

Déterminer la valeur du quantum du CNA utilisé, ainsi que la période d'échantillonnage.



**Partie A**  
**Questions A.2.5, A.2.6 et A.2.8**

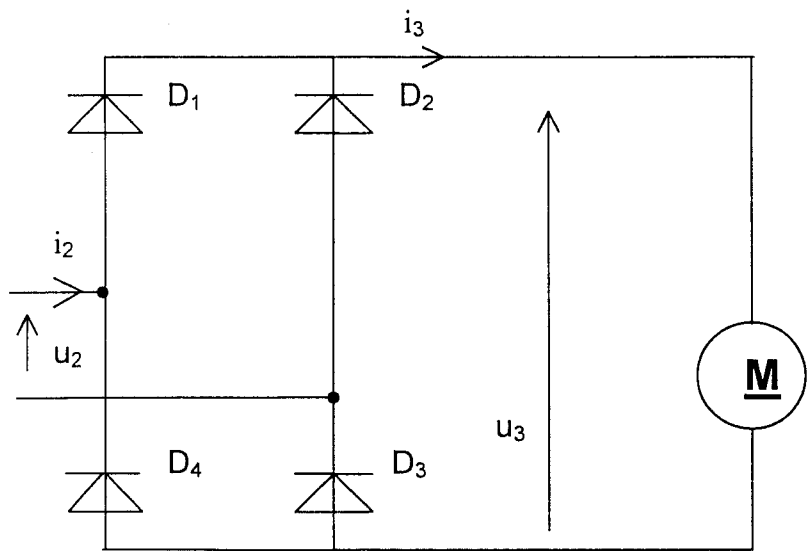


Figure 1

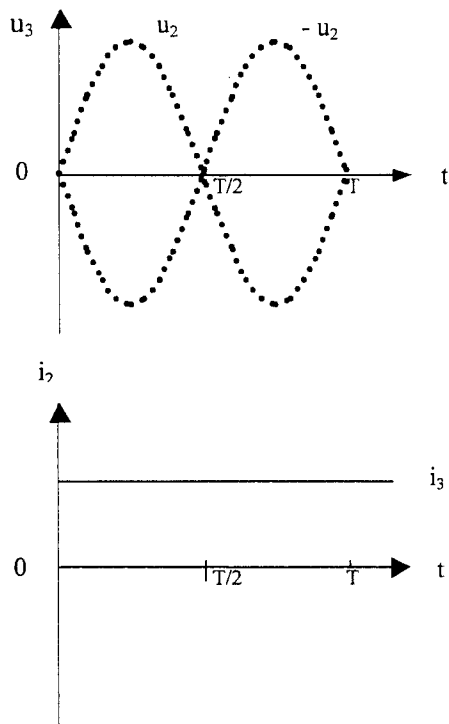


Figure 2

**Partie B**  
**Question B.1.3**

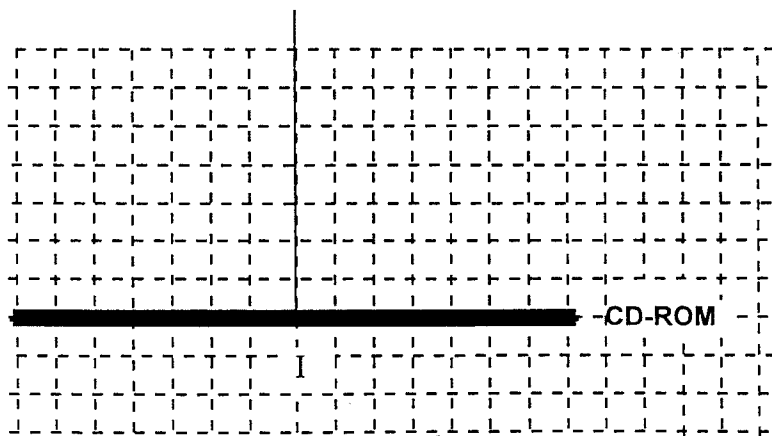


Figure 3