

SECTION : SCIENCES TECHNIQUES

EPREUVE : TECHNOLOGIE

DURÉE : 4 heures

COEFFICIENT : 3

CONSTITUTION DU SUJET

- Un dossier technique : pages 1/5, 2/5, 3/5, 4/5 et 5/5.
- Un dossier réponses : pages 1/8, 2/8, 3/8, 4/8, 5/8, 6/8, 7/8 et 8/8.

TRAVAIL DEMANDE

- A. Partie génie mécanique : pages 1/8, 2/8, 3/8 et 4/8 (10 points).
- B. Partie génie électrique : pages 5/8, 6/8, 7/8 et 8/8 (10 points).

Observation : Aucune documentation n'est autorisée. L'utilisation de la calculatrice est permise.

TAPIS DE COURSE

I- Présentation

Le tapis de course schématisé par la figure ci-contre est un système complet de fitness. Il permet à l'utilisateur de pratiquer le sport de course à domicile.

II- Fonctionnement

L'utilisateur court sur un tapis mobile entraîné dans le sens inverse de la course. La vitesse de déplacement du tapis est réglable pour permettre au coureur de changer son rythme de course tout en restant sur place. Le système propose quatre programmes pré-réglés en fonction des fréquences cardiaques.

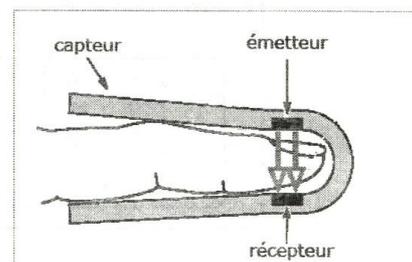
La gestion du tapis est réalisée comme suit :

- Le tapis roulant est initialement entraîné à une vitesse faible (Prog. 1 par défaut).
- L'utilisateur peut changer le programme de fonctionnement à volonté pour varier la vitesse.
- Après deux minutes de fonctionnement, trois diodes électroluminescentes signalent l'efficacité du programme choisi par comparaison avec la fréquence cardiaque de l'utilisateur.
- La console informe en permanence l'utilisateur de sa fréquence cardiaque.
- Pour développer plus d'effort, l'utilisateur peut régler l'inclinaison du tapis roulant (ce cas ne fait pas partie de l'étude).

III- Détection du rythme cardiaque

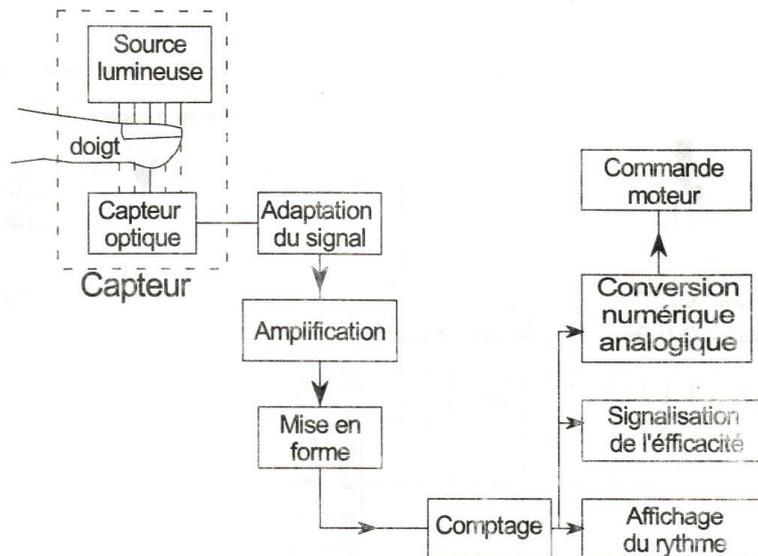
a- Principe

L'activité du cœur provoque la circulation du sang à travers tout l'organisme selon un rythme cardiaque donné. On exploite la variation de la transparence du doigt, due à la circulation sanguine, pour détecter ce rythme en utilisant un capteur optique comme le montre la figure ci-contre.



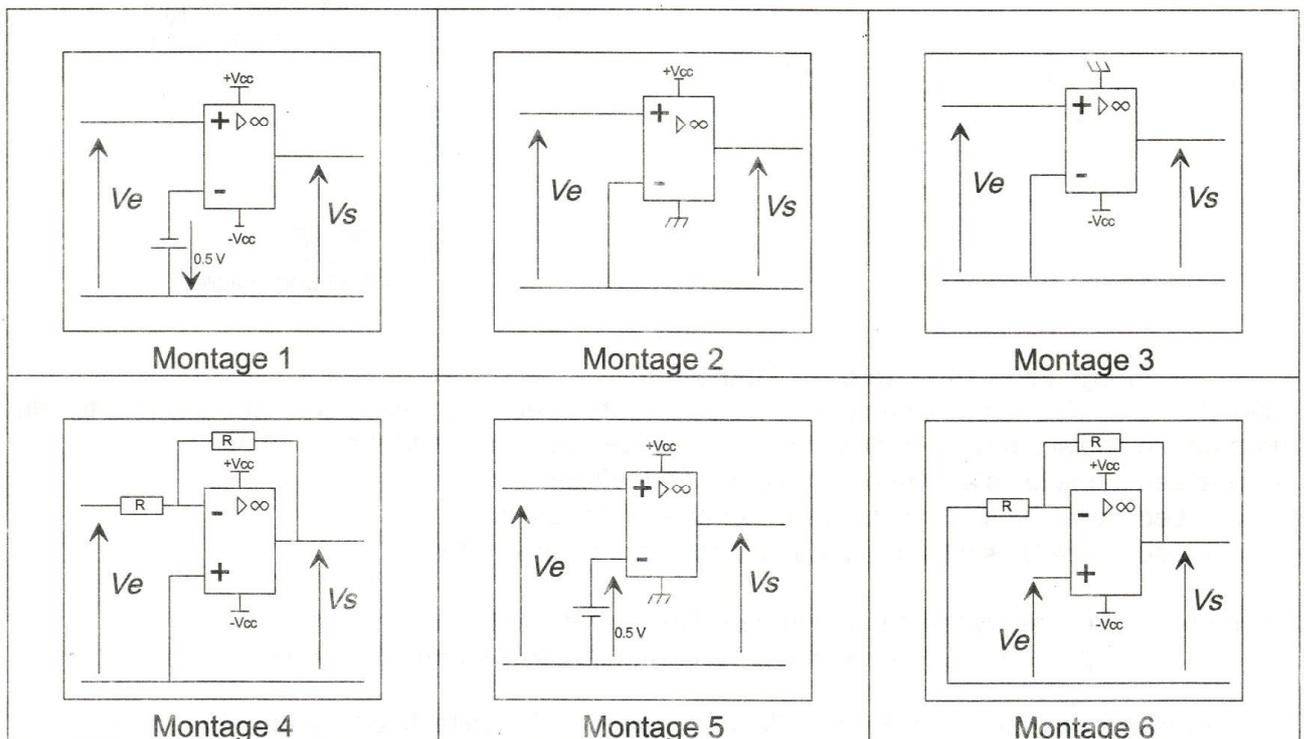
b- Schéma synoptique

La carte électronique du système peut être représentée par le schéma synoptique suivant :



c- Mise en forme du signal issu du capteur

Une fois adapté et amplifié, le signal issu du capteur optique doit être mis en forme par l'un des montages électroniques à base d'A.L.I. suivants :

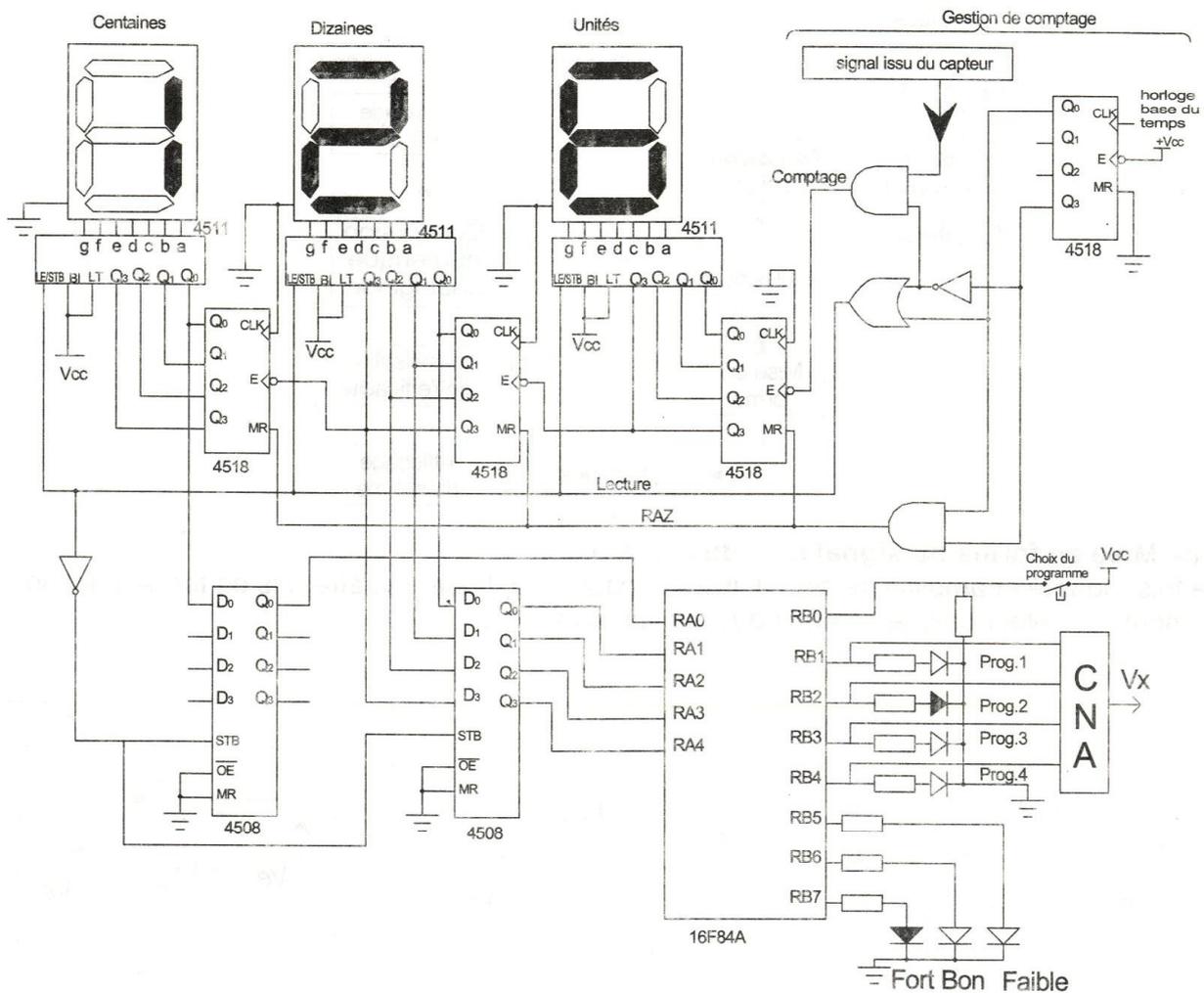


d- Comptage des impulsions du rythme cardiaque

Pour connaître le nombre des impulsions cardiaques par minute, on procède comme suit :

- comptage des impulsions issues du capteur optique, durant une minute ;
- lecture et affichage du nombre des impulsions comptées ;
- remise à zéro (RAZ) du compteur. Puis, un nouveau cycle de comptage recommence.

Le schéma de la carte de commande du système est le suivant :



e- Affichage de la zone de travail cardiaque

Durant l'exercice d'entraînement physique, l'utilisateur se renseigne sur l'efficacité du programme choisi par trois diodes électroluminescentes fonctionnant comme suit :

- une Led jaune D1 s'allume pour un exercice inefficace (faible);
- une Led verte D2 s'allume pour un exercice efficace (Bon) ;
- une Led rouge D3 s'allume pour un exercice surpuissant (fort).

On note F_c : fréquence cardiaque de l'utilisateur en battements/minute
 F_p : fréquence cardiaque préprogrammée en battements/minute

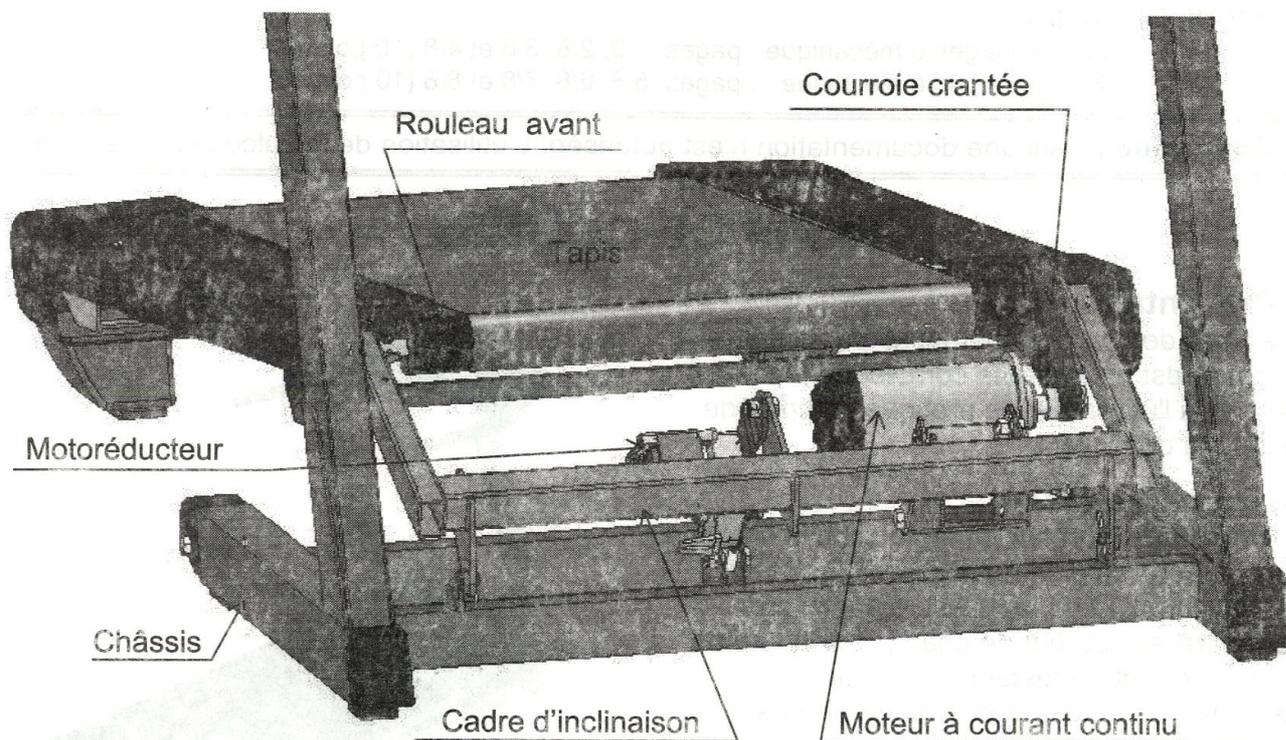
Une comparaison entre F_c et F_p est effectuée pour savoir quelle diode led doit être allumée. Le choix du programme et le contrôle de l'efficacité de l'exercice relatif sont gérés par un microcontrôleur PIC 16F84A.

IV-Description de la partie opérative

L'étude de la partie opérative portera principalement sur la fonction technique " déplacer le tapis" assurée par le système d'entraînement du tapis de course représenté sur le dessin d'ensemble à la page 5/5.

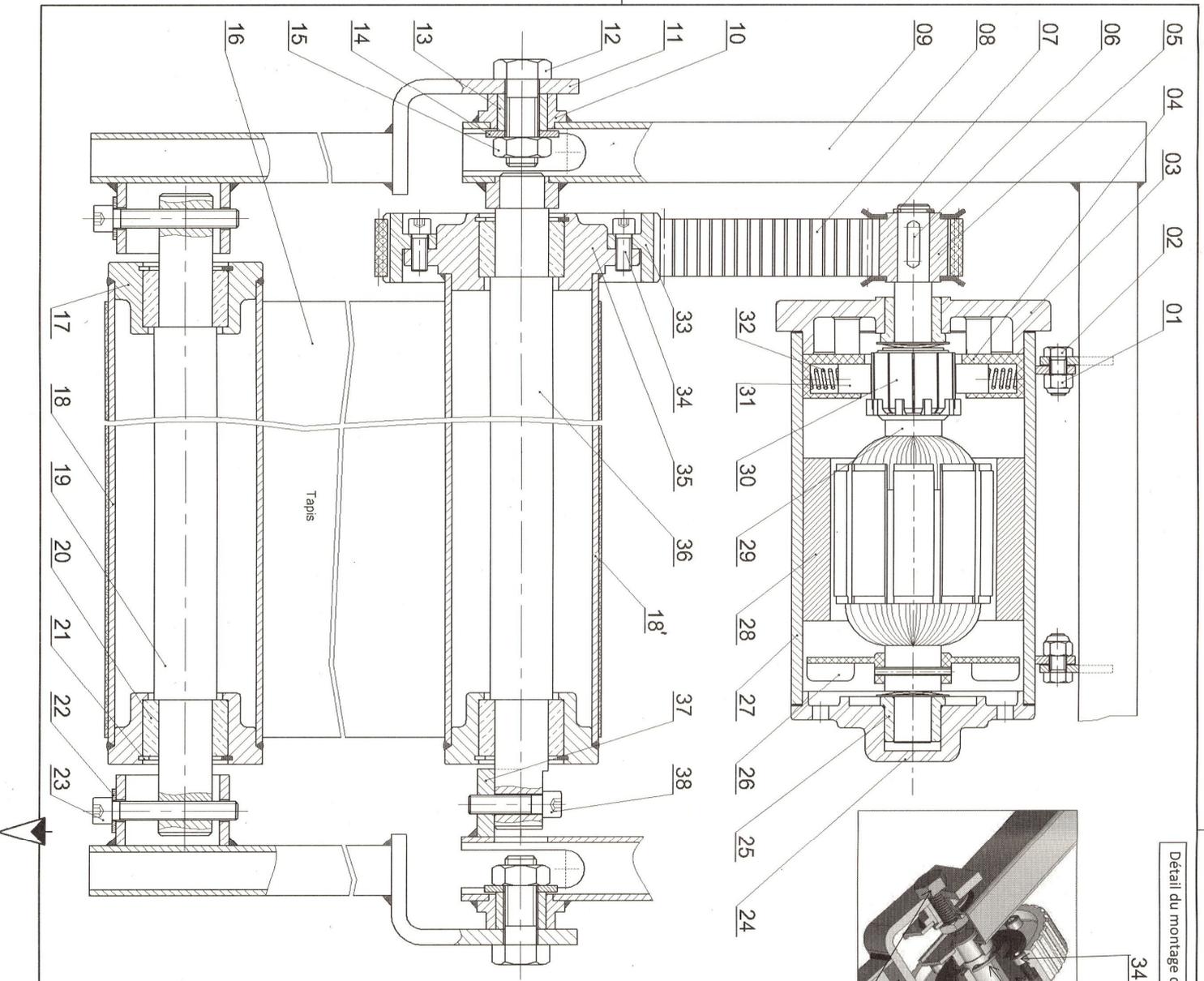
La poulie flasquée (5), encastrée sur l'arbre moteur (29), transmet le mouvement de rotation au rouleau avant grâce à la courroie crantée (8) et la poulie réceptrice (33). La tension du tapis est assurée par le recul du rouleau arrière (18).

La tension de la courroie crantée est assurée par la variation de l'inclinaison du moteur à courant continu. L'inclinaison du tapis est produite par un motoréducteur monté entre le cadre d'inclinaison articulé (9) et le châssis comme le montre la figure suivante :



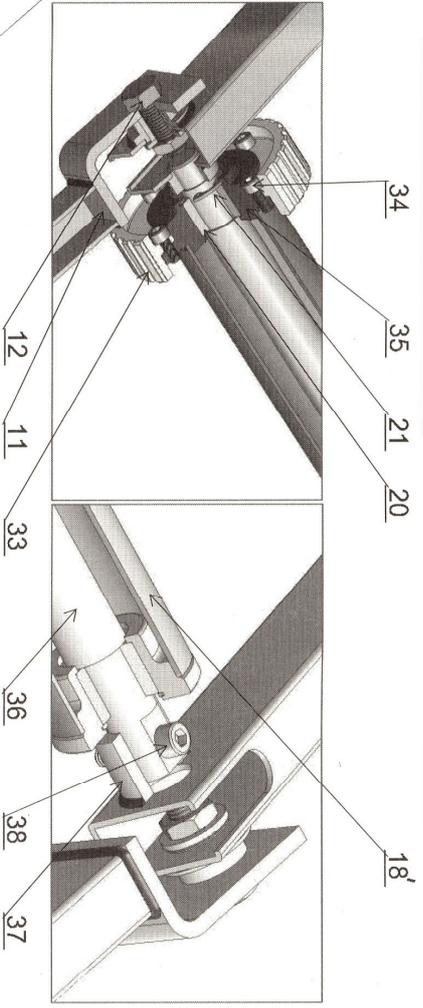
V- Eléments standards

Anneaux élastiques pour arbres					Anneaux élastiques pour alésages				
c: espace libre nécessaire au montage					c: espace libre nécessaire au montage				
d	e	c	f	g	D	E	C	F	G
15	1	23,2	1,1	14,3	20	1	10,6	1,1	21
17	1	25,6	1,1	16,2	40	1,75	27,4	1,85	42,5
20	1,2	29	1,3	19	60	2	44,4	2,15	63



Détail du montage de la poulie réceptrice (33)

Détail du montage de l'arbre rouleau avant (36)



38	01	Vis à tête cylindrique à six pans creux M6	19	01	Arbre rouleau arrière
37	01	Support	18	02	Rouleau
36	01	Arbre rouleau avant	17	03	Boîtier soudé
35	01	Boîtier porte poulie	16	01	Tapis
34	04	Vis à tête cylindrique à six pans creux M5	15	02	Ecrou hexagonal M10
33	01	Poulie réceptrice	14	02	Rondelle plate
32	02	Ressort balai	13	02	Bague d'articulation
31	02	Balai	12	02	Vis à tête hexagonale M10
30	01	Collecteur	11	01	Chassis mécano-soudé
29	01	Arbre moteur	10	02	Embout soudé d'articulation
28	01	Inducteur	09	01	Cadre d'inclinaison
27	01	Corps	08	01	Courroie crantée
26	01	Ventilateur	07	01	Anneau élastique pour arbre
25	02	Bague de guidage à collerette	06	01	Clavette forme A
24	01	Flasque arrière	05	01	Poulie flasquée
23	02	Vis à tête cylindrique à six pans creux M6	04	01	Porte balai
22	02	Rondelle plate	03	01	Flasque avant
21	04	Anneau élastique pour alésage	02	02	Vis à tête hexagonale M5
20	04	Bague de guidage	01	02	Ecrou frein M5
Rep	Nb	Designation	Rep	Nb	Designation

Système d'entraînement du Tapis

Echelle 3 : 4

Tapis de course

Format A3

Dossier Technique

Page 5 / 5

A-PARTIE GÉNIE MÉCANIQUE

1- Analyse fonctionnelle

En se référant au dossier technique du système

1-1- Justifier l'utilisation de la courroie crantée (08)

.....

1-2- La poulie (05) est flasquée ; justifier la présence des flasques

.....

1-3- Réglage de la tension du tapis :

L'utilisation prolongée du tapis provoque sa dilatation d'où la nécessité de régler sa tension.

a- Expliquer brièvement comment tendre le tapis (16)

.....

b- On donne le pas de la vis (23) $p=1\text{mm}$

b-1- Donner l'expression du déplacement :

b-2- Déterminer le nombre de tours de la vis (23) n_{23} pour faire reculer le rouleau arrière de 3mm :

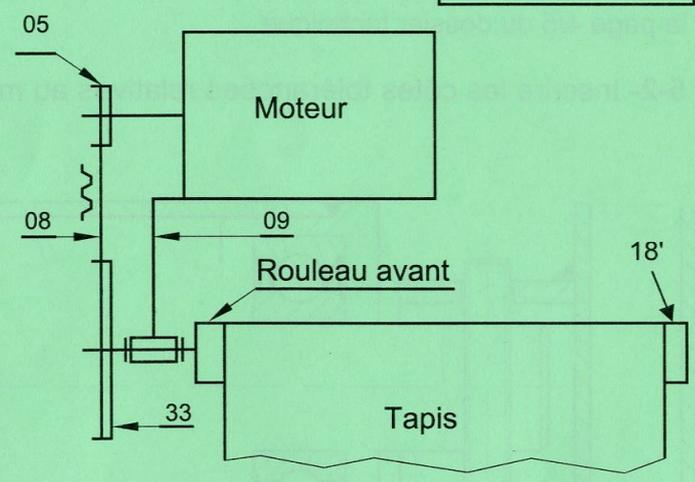
.....

$n_{23} = \dots\dots\dots$

2- Etude cinématique

L'objectif de l'étude est de déterminer la vitesse de rotation maximale du moteur électrique N_{29} .

- Le tapis est réglé à l'horizontale et se comporte comme une courroie.
- La vitesse maximale de défilement du tapis (16) : $V_{16/\text{châssis}} = 10 \text{ Km/h}$ (vitesse maximale du coureur autorisée par le tapis).
- Le diamètre d'enroulement du tapis sur le rouleau avant : $d_{(18')} = 50 \text{ mm}$.
- Le diamètre primitif de la poulie réceptrice (33) : $dp_{33} = 90 \text{ mm}$.
- Le diamètre primitif de la poulie motrice (05) : $dp_{05} = 30 \text{ mm}$.



2 – 1- Déterminer la vitesse angulaire maximale du rouleau avant (18') : $\omega_{18'}$

.....

$\omega_{18'} = \dots\dots\dots \text{rd/s}$

2 – 2- Déduire la vitesse de rotation du rouleau avant (18') : $N_{18'}$

..... $N_{18'} = \dots \dots \dots \text{tr/min}$

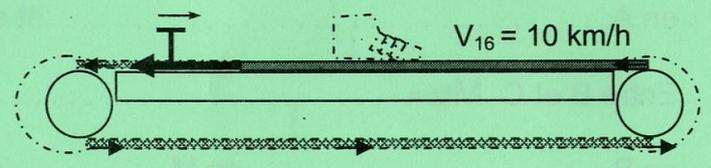
2 – 3- Calculer le rapport de réduction du système poulies-courroie crantée $r_{5/33}$:

..... $r_{5/33} = \dots \dots$

2 – 4- En déduire la vitesse de rotation du moteur N_{29} .

..... $N_{29} = \dots \dots \dots \text{tr/min.}$

2 – 5- Calcul de puissance
Le couple d'entraînement du rouleau est engendré par une charge tangentielle $T = 200\text{N}$.

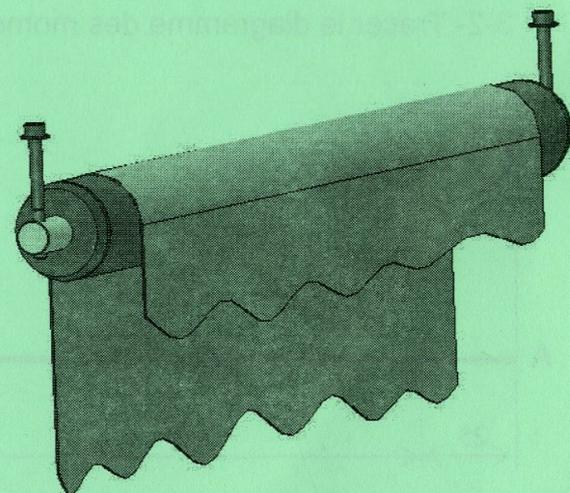


Calculer la puissance appliquée au niveau du rouleau (18') nécessaire pour entraîner le tapis :

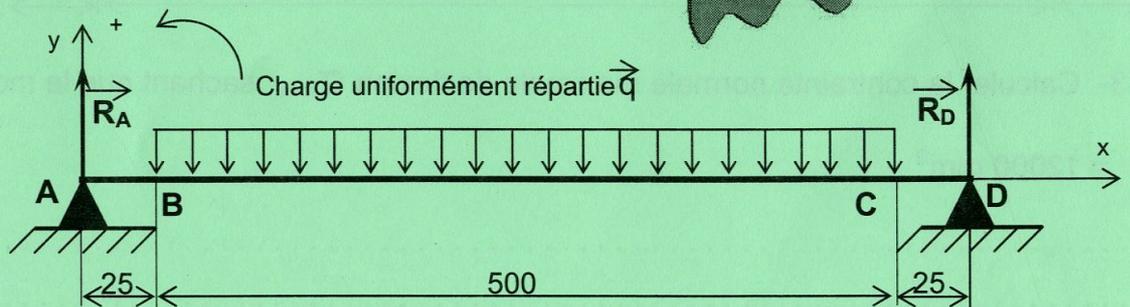
..... $P = \dots \dots \dots$

3- Etude comportementale

Le rouleau arrière (18) est supposé sollicité à la flexion plane simple sous l'action du tapis.
Le tapis tendu exerce une charge uniformément répartie sur une partie de la longueur du rouleau.
La charge équivalente Q est estimée à 400N , le tapis est de largeur 500 mm .
Le rouleau et son arbre sont assimilés à une poutre cylindrique modélisée comme suit :

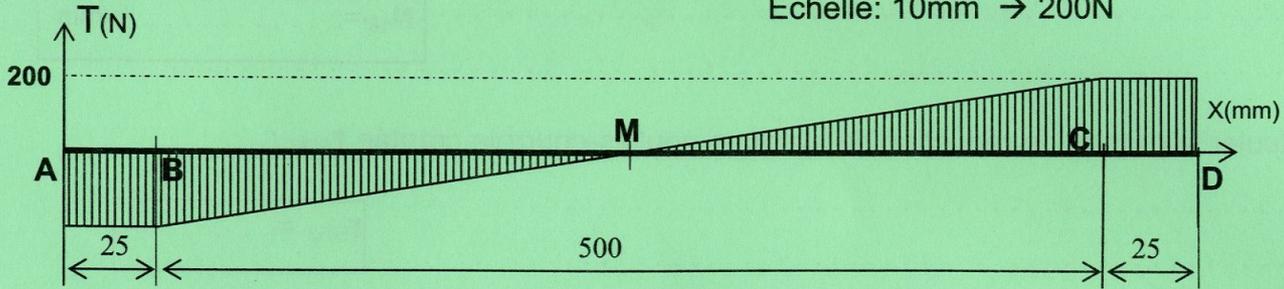


$$\|\vec{R}_A\| = \|\vec{R}_D\| = 200\text{N}$$



On donne le diagramme des efforts tranchant

Echelle: 10mm → 200N



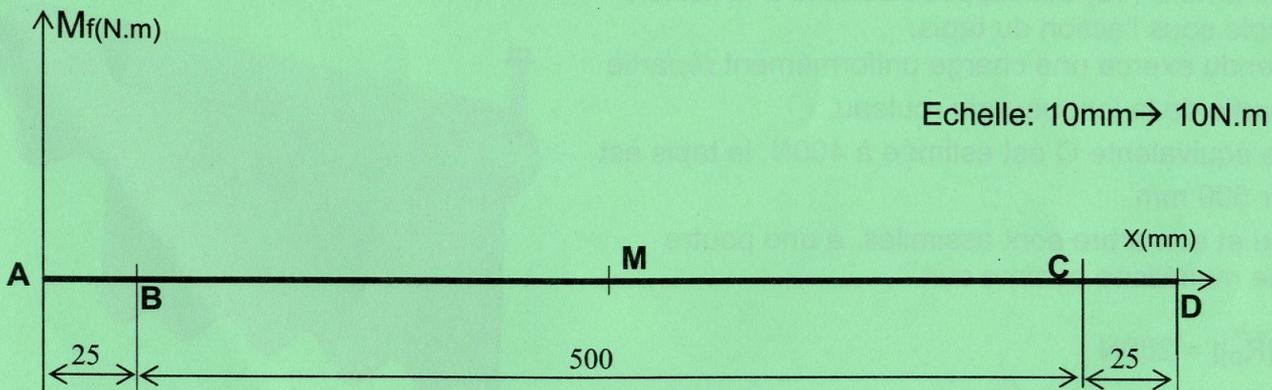
3-1- Ecrire pour chaque zone l'expression du moment fléchissant et calculer ses valeurs aux points extrêmes.

Entre A et B $M_{fz} = \dots\dots\dots$
 en A. $\dots\dots\dots$ et en B $\dots\dots\dots$

Entre B et C $M_{fz} = \dots\dots\dots$
 en B. $\dots\dots\dots$, en M $\dots\dots\dots$ et en C $\dots\dots\dots$

Entre C et D $M_{fz} = \dots\dots\dots$
 en C. $\dots\dots\dots$ et en D $\dots\dots\dots$

3-2- Tracer le diagramme des moments fléchissant le long de la poutre :



3-3- Calculer la contrainte normale maximale de flexion σ_{max} sachant que le module de flexion

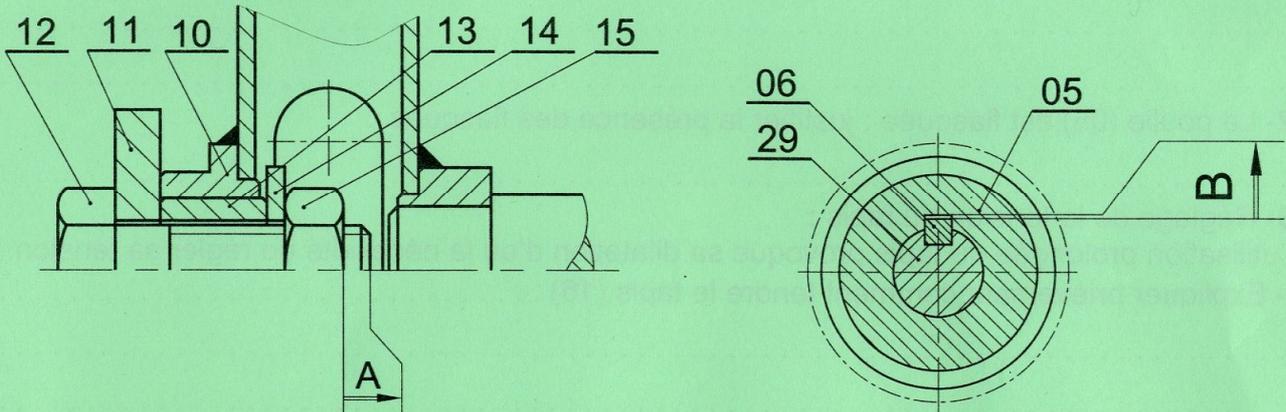
$$\frac{I_{Gz}}{v} = 12000 \text{ mm}^3$$

$\dots\dots\dots$
 $\dots\dots\dots$

$$\sigma_{max} = \dots\dots\dots \text{N/mm}^2$$

4- Cotation fonctionnelle

Tracez les chaînes de côtes qui installent les conditions A et B

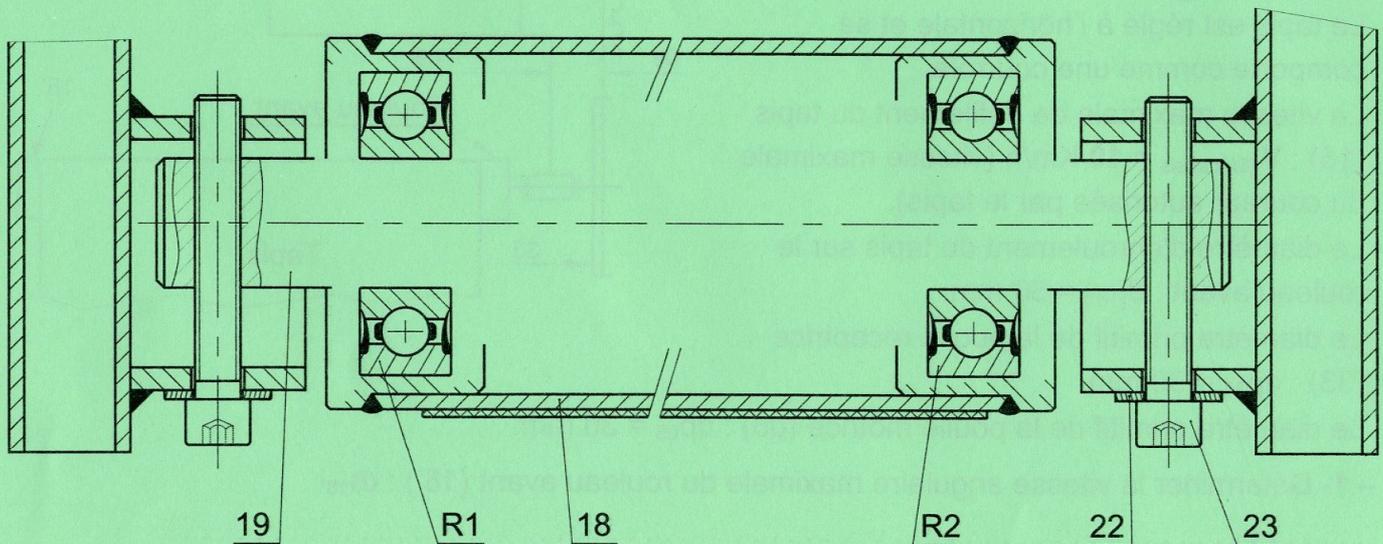


5- Conception

On se propose d'assurer le guidage en rotation du rouleau (18) par deux roulements à billes à contact radial R1 et R2 (type BC) étanches des deux côtés.

5-1- Compléter à l'échelle du dessin le montage des roulements en vous aidant des éléments standards de la page 4/5 du dossier technique.

5-2- Incrire les côtes tolérancées relatives au montage des roulements.



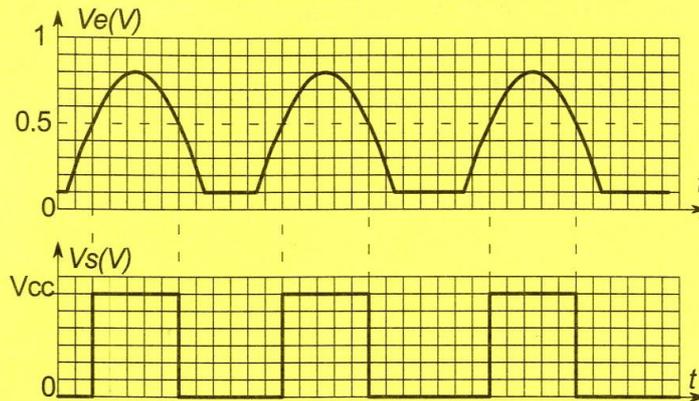
Echelle : 1 : 1

B- PARTIE GENIE ELECTRIQUE

1- Etude de la mise en forme du signal

Après adaptation et amplification du signal délivré par le capteur photo-résistance, il est mis en forme avec un montage à base d'amplificateur linéaire intégré.

Les signaux avant et après la mise en forme sont les suivants:



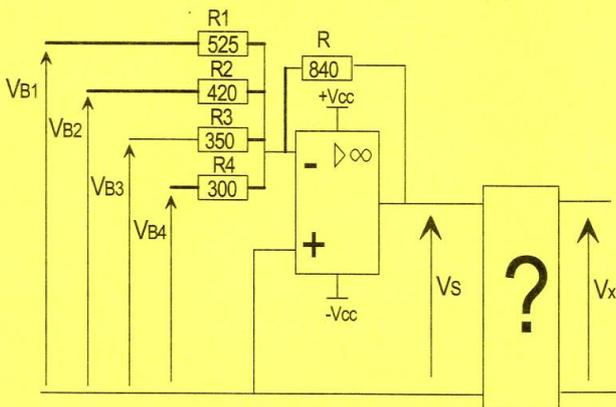
a- Déduire la valeur de la tension d'entrée pour laquelle la tension de sortie bascule de 0 V à +Vcc et inversement.

.....

b- En se référant au tableau des différents montages à base d'A.L.I donnés à la page 2/5 du dossier technique, quel est le montage permettant d'aboutir au résultat ci-dessus?

.....

2- Etude du convertisseur numérique analogique



a- exprimer Vs en fonction de V_{B1} , V_{B2} , V_{B3} et V_{B4} .

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

b- Compléter le tableau ci-dessous en calculant la valeur de la tension Vs pour les différentes valeurs des tensions appliquées à l'entrée.

V_{B1}	V_{B2}	V_{B3}	V_{B4}	V_s
0 V	0 V	0 V	5 V	.....
0 V	0 V	5 V	0 V	.....
0 V	5 V	0 V	0 V	.....
5 V	0 V	0 V	0 V	.....

c- En se référant au tableau des montages à base d'A.L.I donné à la page 2/5 du dossier technique, choisir le montage convenable permettant d'avoir $V_x = -V_s$.

.....

3- Asservissement de vitesse

La vitesse de rotation n (en tr/min) du moteur est liée à la tension d'alimentation U et au couple T (en Nm) qu'il fournit par la relation : $n = 15.U - 25.T$

Le moteur est dit « à vide » s'il ne fournit aucun couple, et « en charge » lorsqu'il fournit un couple $T = 6$ Nm.

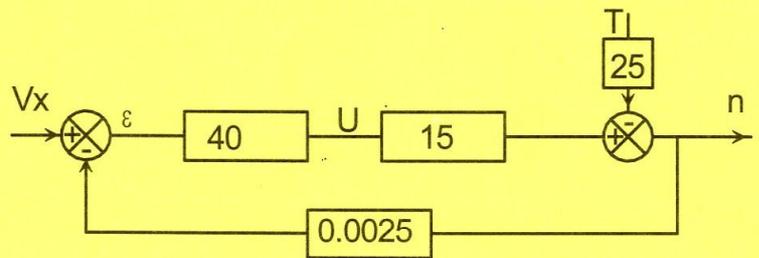
a- Pour une tension d'alimentation $U = 200$ V, calculer la vitesse de rotation à vide n_0 et en charge n_1 . En déduire la variation relative de la vitesse due à la charge $\Delta n_1/n_0$ en % avec $\Delta n_1 = n_0 - n_1$.

.....

.....

.....

b- Pour améliorer le comportement de ce moteur vis-à-vis de la charge, on asservit sa vitesse selon le schéma fonctionnel ci-contre. Entourer sur ce schéma fonctionnel les blocs qui traduisent l'équation $n = 15.U - 25.T$.



c- Le moteur n'est pas chargé ($T=0$). Etablir la relation entre n et V_x et en déduire la valeur de la consigne V_{x0} qui donne une vitesse de rotation $n_0 = 3000$ tr/min.

.....

.....

.....

.....

d- Exprimer la sortie n en fonction de la consigne V_x et du couple fourni T pour le moteur fonctionnant en charge.

.....

.....

.....

e- Pour la valeur de la consigne V_{x0} calculée précédemment, calculer la nouvelle valeur n_2 de la vitesse en charge et en déduire la nouvelle variation relative de la vitesse $\Delta n_2/n_0$ en %.

.....

.....

f- Comparer les deux variations $\Delta n/n_0$ calculées en (a-) et (e-) puis en déduire l'intérêt de la solution mise en œuvre.

.....

.....

4- Etude de la base de temps

On se propose de faire l'étude de la fonction « gestion de comptage » (voir le schéma structurel donné à la page 3/5 du dossier technique) à base de bascules D en mode synchrone

a- Compléter la table de vérité du compteur synchrone modulo 10:

H	Etat (n)				Etat (n+1)				Sorties		
	Q ₃	Q ₂	Q ₁	Q ₀	Q ₃	Q ₂	Q ₁	Q ₀	Comp	Lect	Raz
↑	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
↑	0	0	0	1					1	1	0
↑	0	0	1	0					1	1	0
↑	0	0	1	1					1	1	0
↑	0	1	0	0					1	1	0
↑	0	1	0	1					1	1	0
↑	0	1	1	0					1	1	0
↑	0	1	1	1					1	1	0
↑	1	0	0	0					0	0	0
↑	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1

Table de fonctionnement D'une bascule D

	D
ε	1
δ	0
μ ₀	0
μ ₁	1

b- Compléter les tableaux de Karnaugh et les équations des différentes entrées D₀ et D₁ des bascules 0 et 1 et des sorties : comptage (Comp), lecture (Lect) et remise à zéro (Raz) :

		Q_1Q_0			
		00	01	11	10
Q_3Q_2	00				
	01				
	11				
	10				

D₀

		Q_1Q_0			
		00	01	11	10
Q_3Q_2	00				
	01				
	11				
	10				

D₁

D₀ =

D₁ =

D₂ = $Q_2 \oplus (Q_1 \cdot Q_0)$

D₃ = $Q_0 \cdot Q_1 \cdot Q_2 + \overline{Q_0} \cdot Q_3$

		Q_1Q_0			
		00	01	11	10
Q_3Q_2	00				
	01				
	11				
	10				

Comp

		Q_1Q_0			
		00	01	11	10
Q_3Q_2	00				
	01				
	11				
	10				

Lect

		Q_1Q_0			
		00	01	11	10
Q_3Q_2	00				
	01				
	11				
	10				

Raz

Comp =

Lect =

Raz =

5- Etude de la carte d'affichage et de commande

Sur la console de commande on trouve :

- ✓ Un bouton poussoir pour choisir le programme d'entraînement
- ✓ 4 diodes Leds pour indiquer le numéro du programme choisi
- ✓ 3 diodes Leds pour renseigner sur l'efficacité du programme choisi

Pour gérer le fonctionnement des différents éléments de la carte de commande, on utilise un microcontrôleur Pic 16F84 dont le programme en Mikropascal est le suivant :

Programme	commentaire
program affichage;	//Nom du programme
var Ant,n,xp,Fp :integer;	//Déclaration des variables
begin	//Début programme
trisa:=\$ff; trisb:=\$01; portb:=0; n:=1;	//Configuration des entrées /sorties
delay_ms(120000);	//Attente de deux minutes
while true do begin	//Début boucle
if Button(PORTB, 0, 1, 0) then Ant := 255; if Ant and Button(PORTB, 0, 1, 1) then	//Détection du front montant du signal appliquée sur le portb.0
begin n :=n + 1; if n=5 then n:=1; Ant := 0; end ; if n=1 then PORTb.1:= 1 else portb.1:=0; if n=2 then PORTb.2:= 1 else portb.2:=0; if n=3 then PORTb.3:= 1 else portb.3:=0; if n=4 then PORTb.4:= 1 else portb.4:=0; Fp:= 60+n*20;	//Choix du programme rythme
Xp:=porta.0*100+(porta.1+porta.2*2+porta.3*4+porta.4*8)*10; if xp<(Fp-10) then portb.5:=1 else portb.5:=0; if ((xp>=(Fp-10)) and (xp<(Fp+10))) then portb.6:=1 else portb.6:=0; if (xp>= (Fp+10)) then portb.7:=1 else portb.7:=0;	//Renseignement sur l'efficacité du programme choisi
end ;	//Fin boucle
end.	//Fin programme

En se référant au schéma structurel donné à la page 3/5 du dossier technique et au programme Mikropascal ci-dessus, compléter le tableau ci-dessous pour différents rythmes cardiaques (Fc) du coureur en :

- écrivant Fc en BCD ou en décimal ;
- calculant Xp et Fp ;
- cochant la case correspondante à la diode led allumée.

Fc	Centaines				Dizaines				Unités				n	Xp	Fp	sorties		
	QC3	QC2	QC1	QC0	QB3	QB2	QB1	QB0	QA3	QA2	QA1	QA0				L1	L2	L3
	-	-	-	RA0	RA4	RA3	RA2	RA1	-	-	-	-				RB5	RB6	RB7
64	.....	.....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	1	60	....		
126	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	2	....	....			X
.....	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	4	....	140			