

### CONSTITUTION DU SUJET

- Un dossier technique pages : 1/7, 2/7, 3/7, 4/7, 5/7, 6/7 et 7/7.
- 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 mécanique pages : 1/8, 2/8, 3/8 et 4/8. (10 points)
- B. Partie électricité 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.

## Caméra mobile pour événements sportifs

### I- Présentation

En athlétisme, l'événement qui attire l'attention d'un grand nombre de téléspectateurs est l'épreuve du 100m masculin, notamment lors des jeux olympiques.

Afin de retransmettre par vidéo cet événement et d'assurer une meilleure qualité d'image, une caméra mobile (fig.1) est fixée sur un chariot se déplaçant sur des rails parallèlement à la piste de course (fig.2).

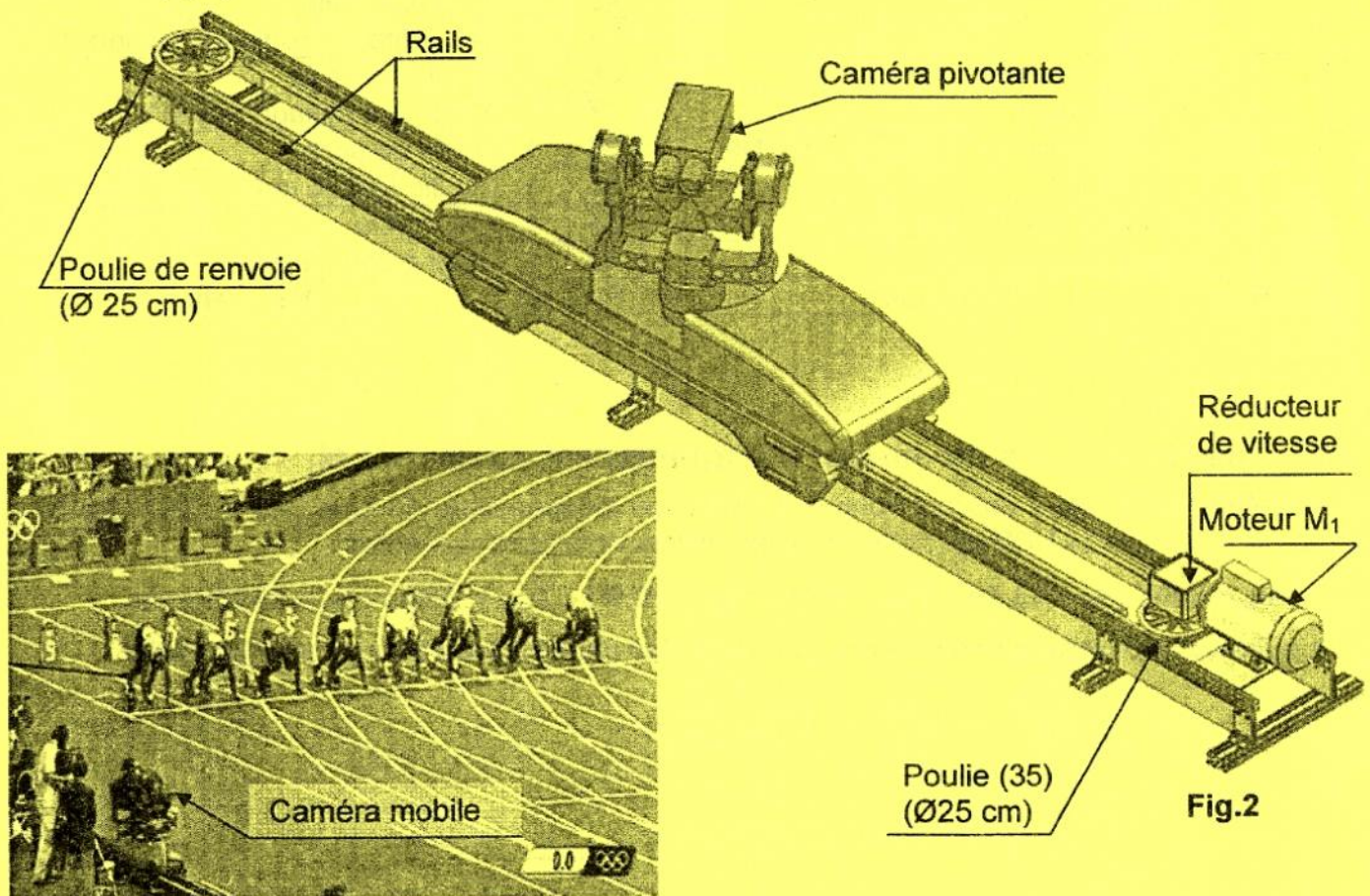


Fig.1

Fig.2



La caméra doit pouvoir pivoter d'un angle de  $25^\circ$  pour permettre de voir l'ensemble des athlètes au départ (fig.3) puis suivre la course de côté (fig.4).

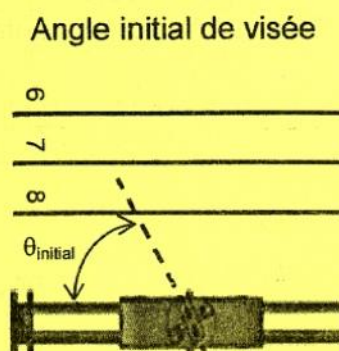


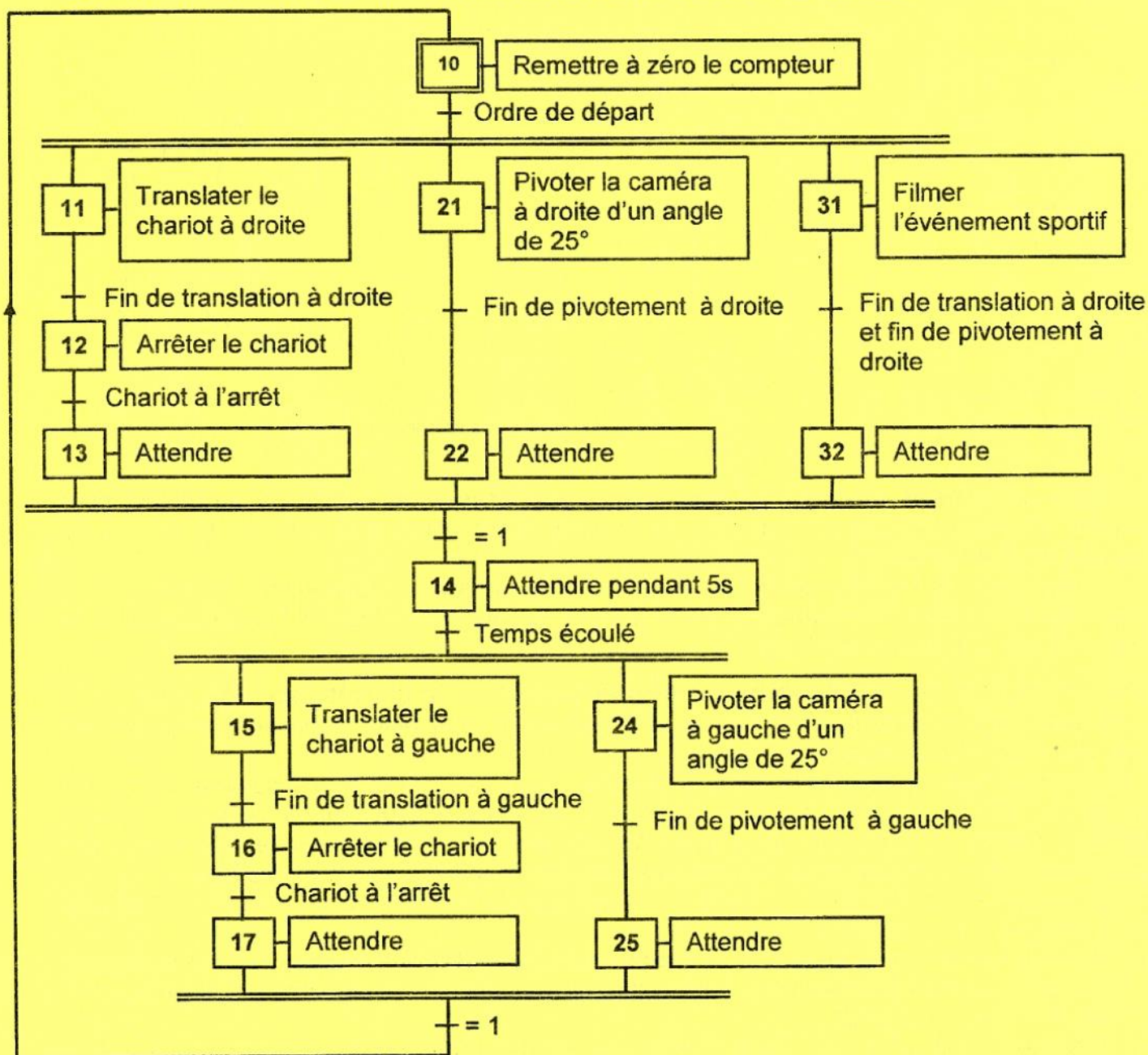
Fig.3



Fig.4

## II - Fonctionnement

Le fonctionnement de la caméra mobile est décrit par le GRAFCET suivant :



**N.B :** Pour des raisons de simplification du GRAFCET, le cas d'un faux départ des coureurs ne fera pas l'objet de cette étude.

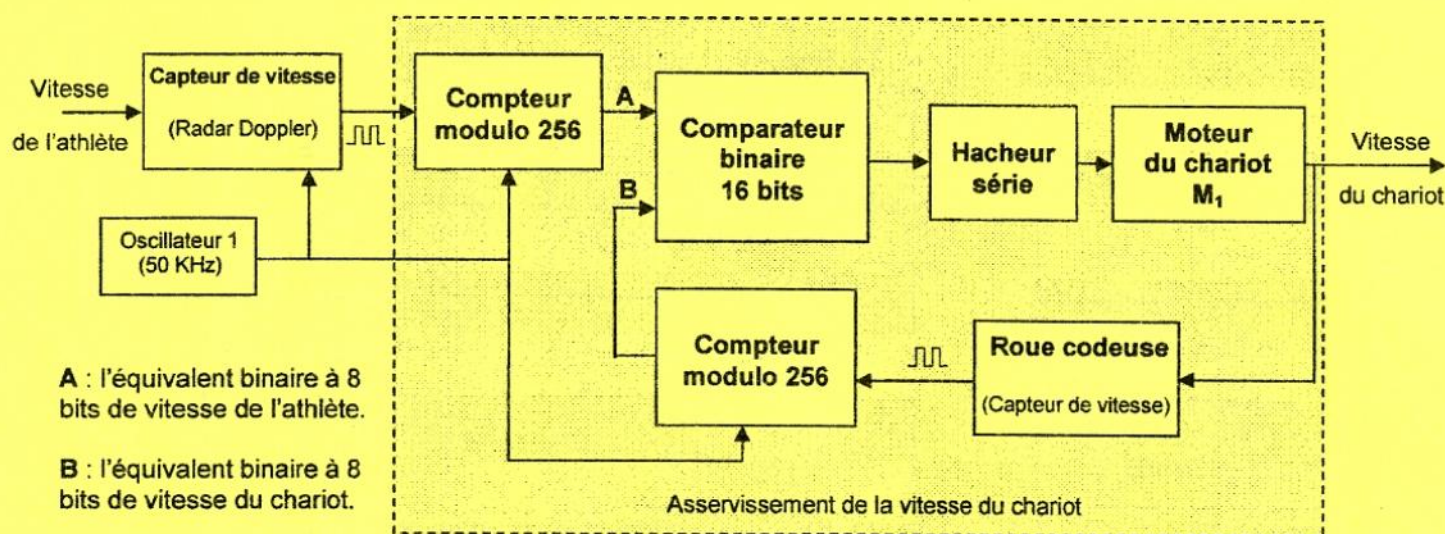


### III - Tableau d'identification des actionneurs, des pré-actionneurs et des capteurs

Actions		Actionneurs	Pré-actionneurs	capteurs
Translater le chariot à droite		M <sub>1</sub> : Moteur à courant continu	KM	S <sub>D</sub>
Translater le chariot à gauche		E : Electro-aimant	KA	
		M <sub>1</sub> : Moteur à courant continu	KM	S <sub>G</sub>
Chariot à l'arrêt			Capteur centrifuge : C <sub>F</sub> = 1	
Pivoter la caméra	à droite	M <sub>2</sub> : Moteur pas à pas	Compteur : CTR	N <sub>1</sub> = 25
	à gauche			N <sub>2</sub> = 50
Filmer l'événement		Caméra	Fm	
Ordre de départ				S <sub>1</sub>

### IV - Asservissement de la vitesse du chariot

Le chariot est entraîné par le moteur M<sub>1</sub> dont sa vitesse de rotation est asservie comme le montre le schéma ci-dessous.



Les deux capteurs mesurent en permanence les vitesses de l'athlète et du chariot pour pouvoir les comparer. Le résultat de la comparaison est utilisé pour agir sur la vitesse de rotation du moteur M<sub>1</sub>.

Un oscillateur non représenté délivre, en autonomie, un signal rectangulaire. Le niveau haut de ce signal permet la commande du radar Doppler. Le niveau bas permet l'arrêt du radar et la remise à zéro des deux compteurs.

### V- Description du mécanisme de déplacement de la caméra sur les rails

Le dessin d'ensemble (page 7/7 du dossier technique) représente le mécanisme qui permet le déplacement de la caméra sur les rails.

Le déplacement de la caméra est assuré par le moteur électrique M<sub>1</sub> accouplé au réducteur de vitesse (49, 11, 16, 25, 42) qui, à son tour, transmet le mouvement au renvoi d'angle (26,26'). L'arbre de sortie (36) lié à la poulie (35) entraîne le câble-courroie (38) auquel est accroché le chariot porteur de la caméra provoquant ainsi son roulement sur les rails.

Le mouvement de rotation à la sortie du renvoi d'angle est transmis à la poulie (35) suivant deux vitesses à sens inversés :

- ✓ **Vitesse lente pour la phase de poursuite :** la bobine (61), non excitée, libère le levier (56) qui est alors attiré à droite par le ressort (60) provoquant ainsi le crabotage du baladeur (45, 46, 54) avec la roue (42).
- ✓ **Vitesse rapide pour la phase de retour** (position du baladeur sur le dessin d'ensemble p. 7/7): la bobine (61), excitée, attire le levier (56) à gauche permettant le crabotage du baladeur avec le pignon arbré (49).



## VI- Nomenclature

32		Cales de réglage
31	1	Bague entretoise
30	2	Roulement à billes BC
29	1	Arbre intermédiaire
28	1	Plaque
27	2	Clavette parallèle
26	2	Pignon conique
25	1	Pignon $m=1.25$ $Z_{25}=24$
24	1	Arbre intermédiaire
23	1	Vis à tête hexagonale M6
22	1	Rondelle plate
21	1	Roulement à deux rangées de billes
20	1	Anneau élastique pour alésage
19	3	Clavette parallèle forme A
18	1	Arbre intermédiaire
17	1	Coussinet à collerette
16	1	Pignon $m=1.25$ $Z_{16}=24$
15	1	Corps
14	2	Bouchon
13	1	Bague entretoise
12	1	Pied de positionnement
11	1	Roue dentée $m=1.25$ $Z_{11}=...$
10	1	Carter
9	1	Roulement à deux rangées de billes
8	2	Plateau
7	6	Broche
6	1	Gaine en caoutchouc
5	2	Rondelle plate
4	2	Vis à tête cylindrique à six pans creux M5
3	1	Arbre moteur
2	2	Clavette parallèle forme A
1	1	Moteur électrique $M_1$
Rp	Nb	Désignation

63	1	Coussinet à collerette
62	2	Tampon
61	1	Bobine
60	1	Ressort de rappel
59	1	Vis Q M4
58	1	Écrou hexagonal M6
57	1	Vis sans tête à téton long M6
56	1	Levier
55	1	Coussinet
54	1	Coussinet
53	4	Vis à tête hexagonale M8
52	1	Couvercle
51	1	Joint à lèvres
50	2	Roulement à une rangée de billes BC
49	1	Pignon arbré $m=1.25$ $Z_{49}=60$
48	1	Cage à aiguilles
47	7	Vis à tête cylindrique à six pans creux M6
46	1	Crabot
45	1	Crémaillère
44	1	Axe
43	1	Pignon
42	1	Roue dentée $m=1.25$ $Z_{42}=48$
41	1	Écrou à encoches
40	1	Rondelle frein
39	2	Roulement à rouleaux coniques
38	1	Câble-courroie
37	1	Vis à tête hexagonale M10
36	1	Arbre de sortie
35	1	Poulie $D=250$ mm
34	1	Couvercle
33	1	Joint à deux lèvres
Rp	Nb	Désignation

## VII - Caractéristiques du moteur d'entraînement du chariot $M_1$

Le moteur utilisé est à courant continu à excitation indépendante du type LAK 2112MA de la série FR 154 code 241-BB ayant les caractéristiques nominales suivantes :

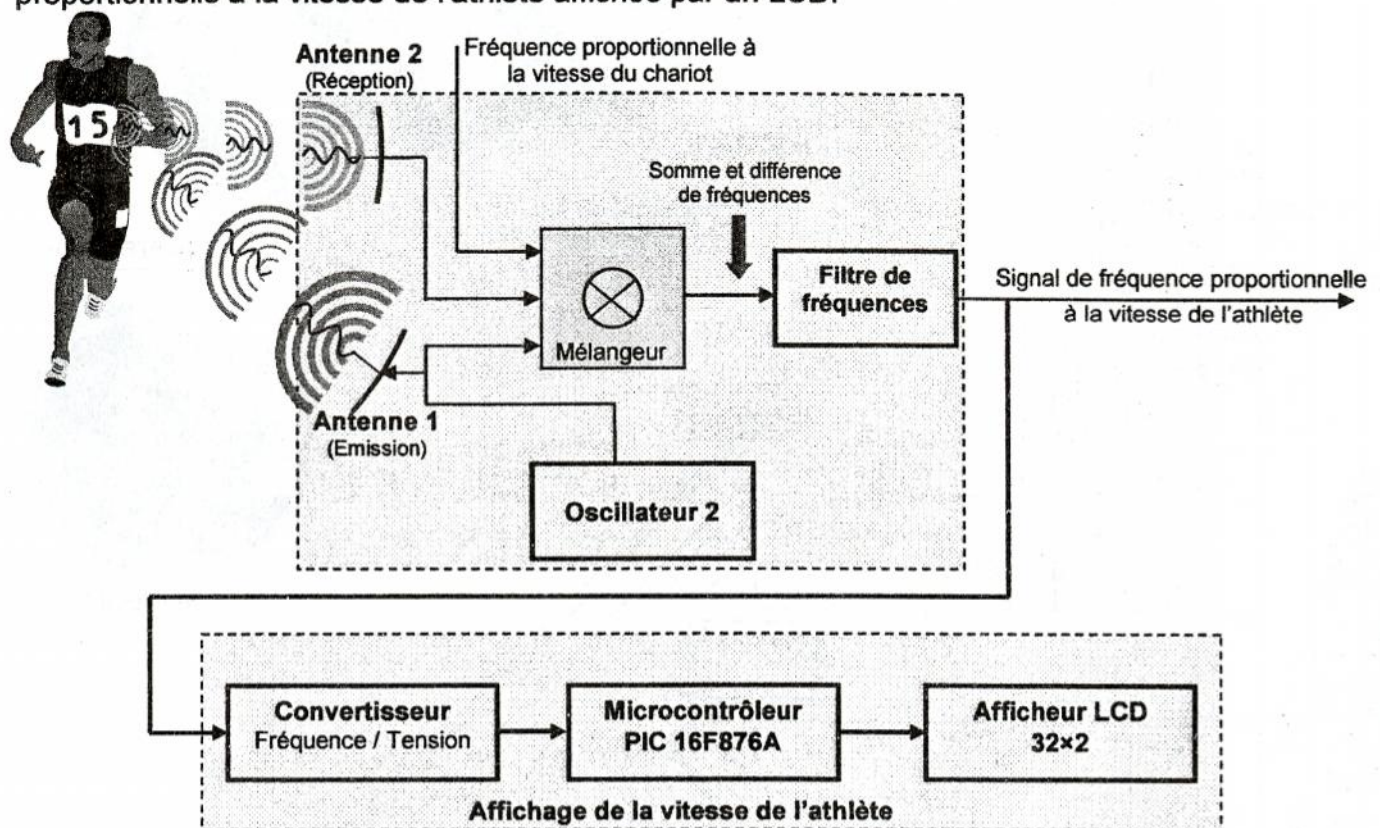
$U_N = 500V$  ;  $I_N = 13,4A$  ;  $P_{uN} = 5KW$  ;  $\eta_N = 70,9\%$  ;  $T_{uN} = 29Nm$  ;  $n_N = 1660tr/min$ .

La puissance d'excitation considérée comme pertes par effet joule inducteurs  $P_{je} = 420W$ .



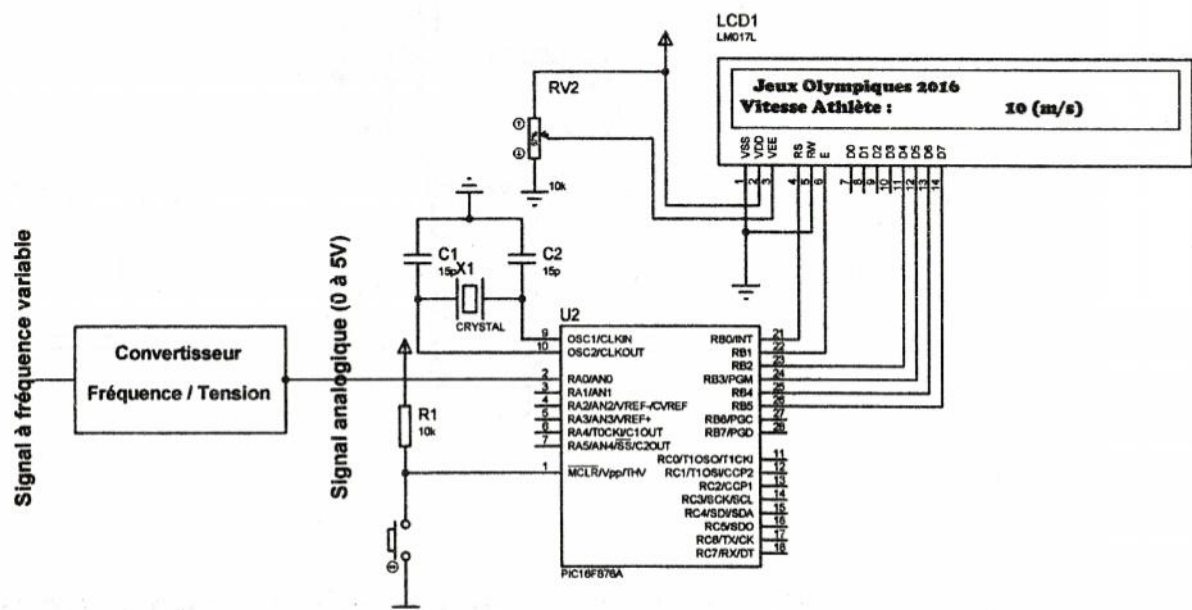
## VIII - Schéma de principe du radar Doppler

Une carte électronique à base d'un radar Doppler délivre un signal de fréquence " $\Delta f$ " proportionnelle à la vitesse de l'athlète affichée par un LCD.



## IX - Circuit d'affichage de la vitesse de l'athlète

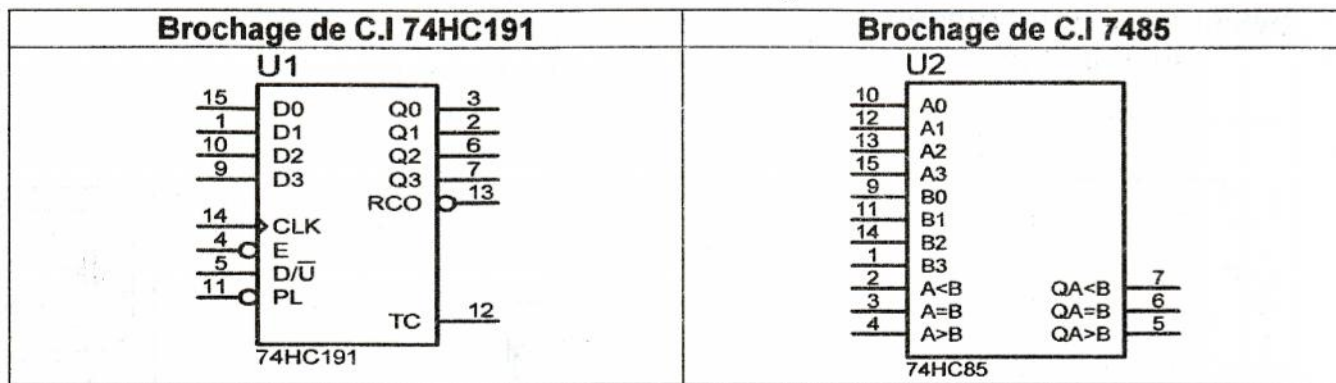
L'affichage de l'événement sportif et de la vitesse de l'athlète est réalisé par un afficheur LCD commandé par un microcontrôleur du type **PIC16F876A**. La broche RA0/AN0 est reliée à la sortie du convertisseur fréquence/tension délivrant une tension proportionnelle à la vitesse de l'athlète.



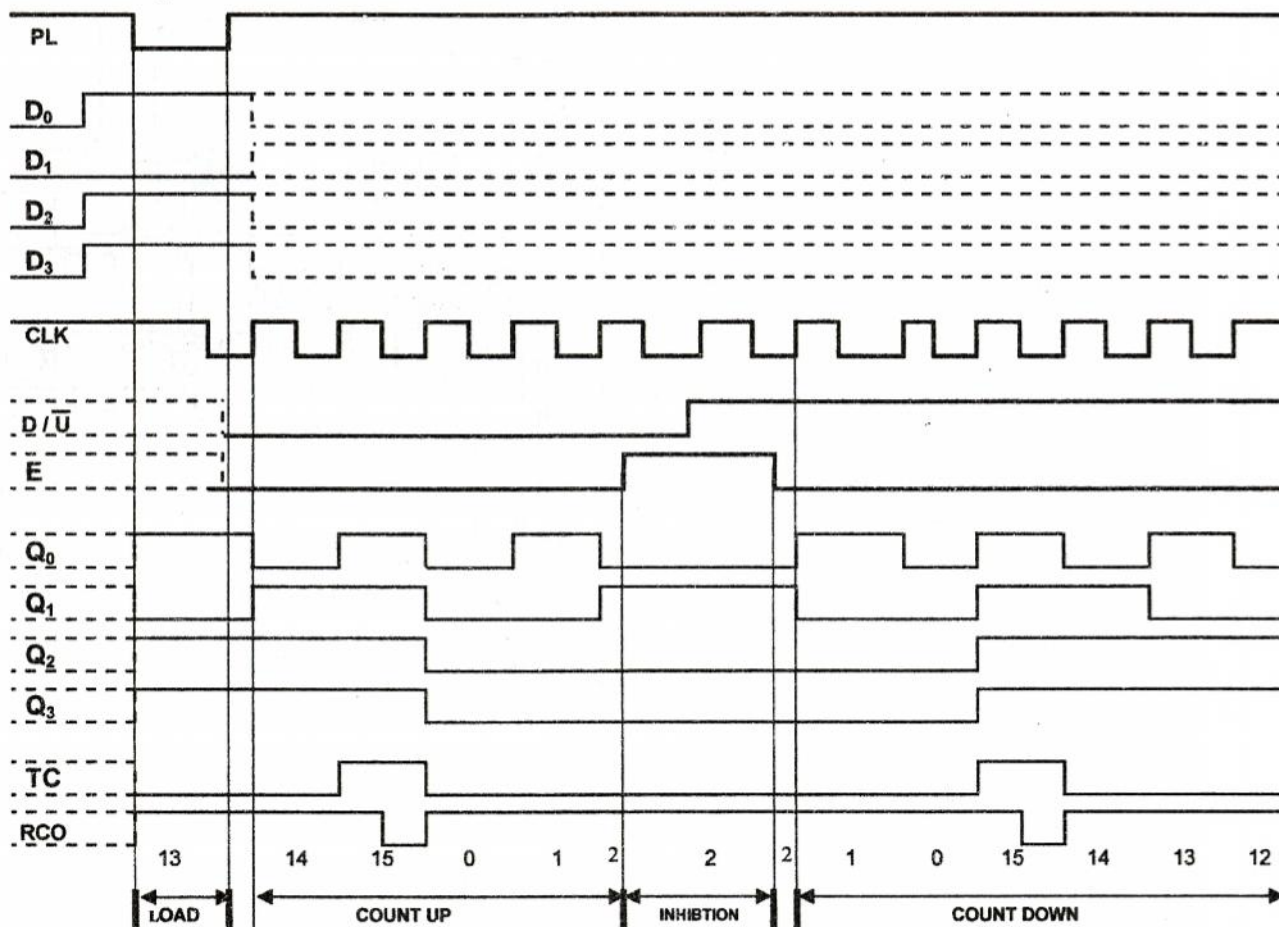
### Exemples d'instructions spécifiques au mikroPascal Pro

- `Lcd_Out(1, 3, 'Bonjour');` // Ecriture de « Bonjour » sur l'LCD à partir de la ligne 1, colonne 3
- `valeur_affichage : string[3];` // Chaîne de 3 caractères
- `byteToStr(vitesse,valeur_affichage);` // Conversion d'un octet « vitesse » en texte
- `adc_value:= ADC_Read(1);` // Lecture sur le canal 1 après initialisation de la conversion

## X - Document constructeur des circuits intégrés utilisés



**Chronogramme de fonctionnement du C.I 74HC191**

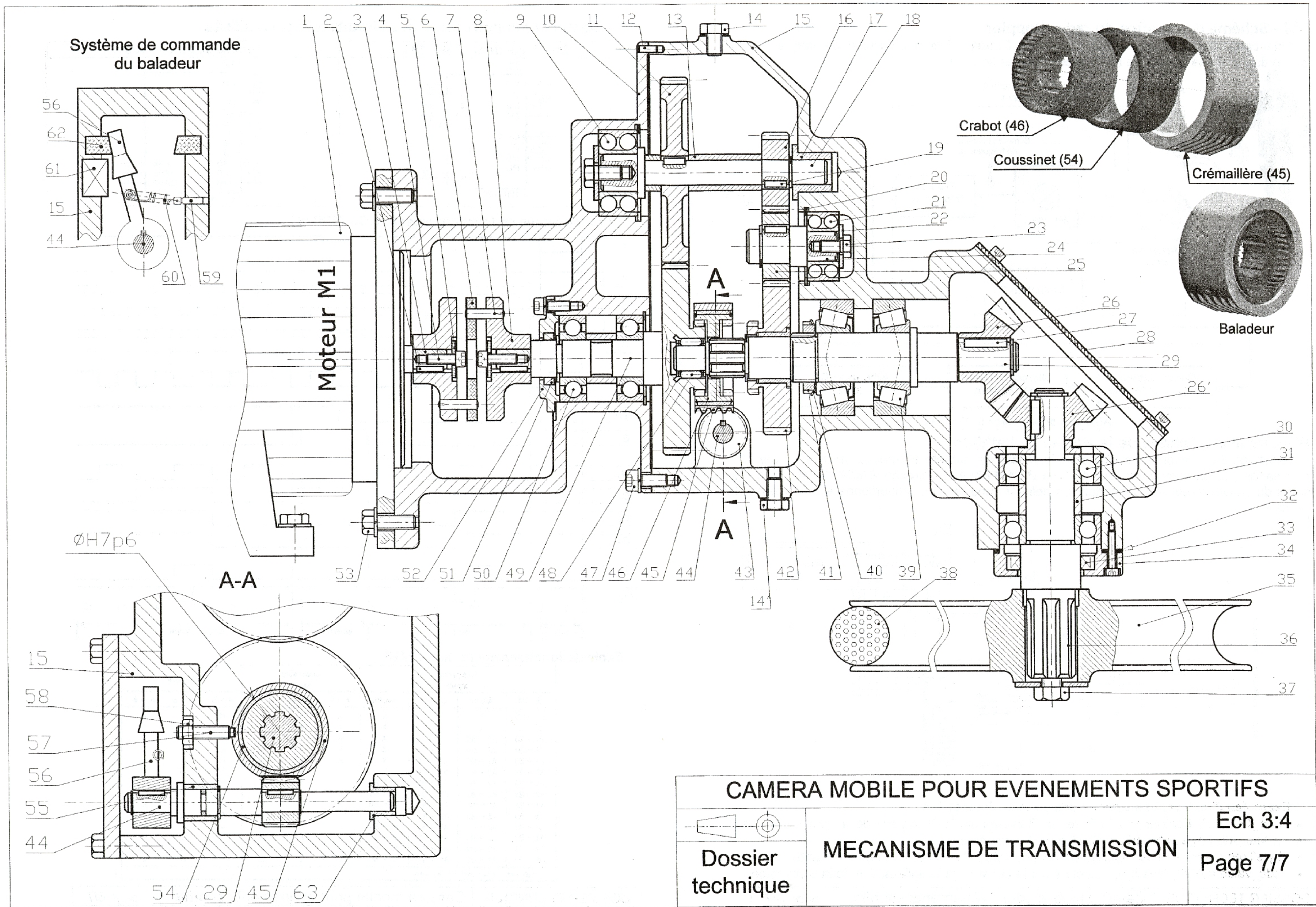


**Table de fonctionnement du C.I 7485**

Comparing Inputs				Cascading Inputs			Outputs		
A3, B3	A2, B2	A1, B1	A0, B0	A > B	A < B	A = B	A > B	A < B	A = B
A3 > B3	X	X	X	X	X	X	H	L	L
A3 < B3	X	X	X	X	X	X	L	H	L
A3 = B3	A2 > B2	X	X	X	X	X	H	L	L
A3 = B3	A2 < B2	X	X	X	X	X	L	H	L
A3 = B3	A2 = B2	A1 > B1	X	X	X	X	H	L	L
A3 = B3	A2 = B2	A1 < B1	X	X	X	X	L	H	L
A3 = B3	A2 = B2	A1 = B1	A0 > B0	X	X	X	H	L	L
A3 = B3	A2 = B2	A1 = B1	A0 < B0	X	X	X	L	H	L
A3 = B3	A2 = B2	A1 = B1	A0 = B0	H	L	L	H	L	L
A3 = B3	A2 = B2	A1 = B1	A0 = B0	L	H	L	L	H	L
A3 = B3	A2 = B2	A1 = B1	A0 = B0	L	L	H	L	L	H
A3 = B3	A2 = B2	A1 = B1	A0 = B0	X	X	H	L	L	H
A3 = B3	A2 = B2	A1 = B1	A0 = B0	H	H	L	L	L	L
A3 = B3	A2 = B2	A1 = B1	A0 = B0	L	L	L	H	H	L

H = High Level, L = Low Level, X = Don't Care





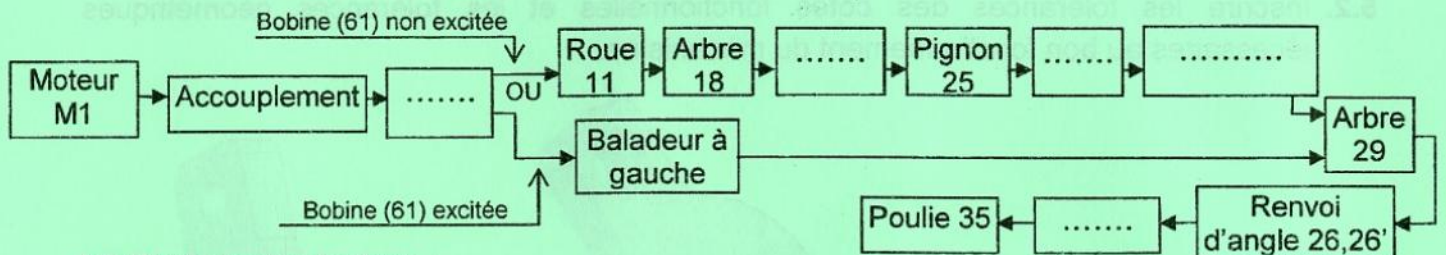


## A- PARTIE MECANIQUE

### 1- Etude fonctionnelle :

L'étude se limite au mécanisme de transmission ; voir le dessin d'ensemble à la page (7/7) du dossier technique.

1.1. Compléter la chaîne cinématique assurant la transmission de mouvement du moteur (1) à la poulie (35) en indiquant le nom et le repère des composants manquants.



### 1.2. Etude technologique :

1.2.1. Donner le type d'accouplement {2, 3, 4, 5, 6, 7, 8} : .....

1.2.2. Donner le rôle :

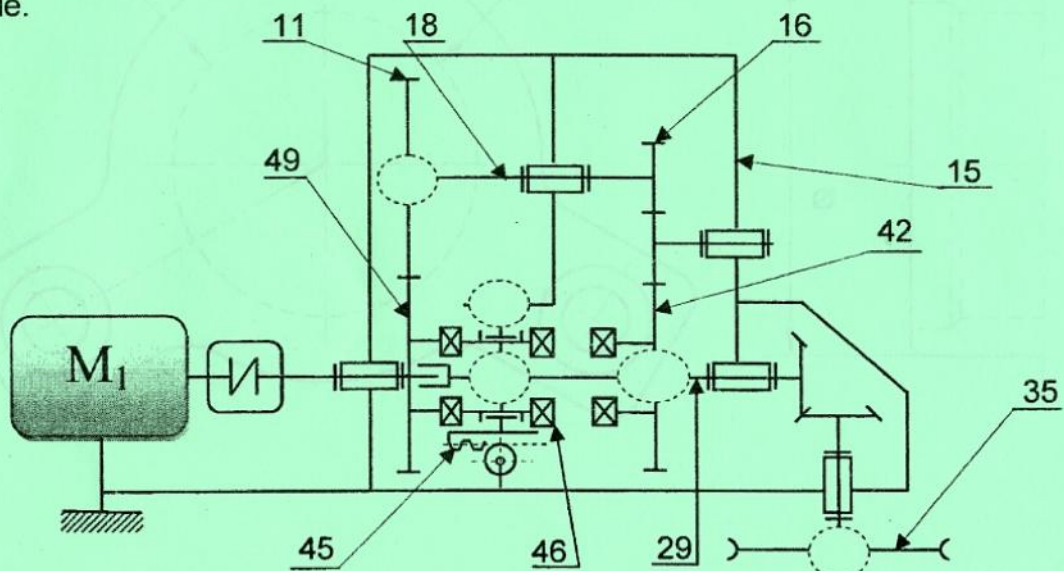
- de la pièce (14) : .....
- de la pièce (14') : .....

1.2.3. Donner les noms et les repères des pièces qui contribuent au guidage en translation de la crémaillère (45).

1.3. Indiquer sur le tableau suivant, les noms et les repères des éléments et/ou les surfaces assurant la mise et le maintien en position des assemblages proposés.

	Mise en position	Maintien en position
Assemblage du carter (10) avec le corps (15)	.....	.....
Assemblage du moteur (1) avec le carter (10)	.....	.....

1.4. Compléter le schéma cinématique ci-dessous selon la position indiquée par le dessin d'ensemble.





## 2- Etude du réducteur :

On donne le diamètre de la poulie (35),  $D_{35} = 250\text{mm}$ .

**Phase 1 : Vitesse rapide** ; La vitesse de déplacement de la caméra  $V_{\text{Maxi}} = 20\text{m/s}$ .

2.1. Calculer la vitesse de rotation  $N_{35\text{Maxi}}$  de la poulie (35).

$N_{35\text{Maxi}} = \dots\dots\dots \text{tr/mn}$

2.2. En déduire la vitesse de rotation du moteur (1).

$N_1 = \dots\dots\dots \text{tr/mn}$

**Phase 2 : Vitesse lente**; La vitesse de déplacement de la caméra  $V_{\text{mini}} = 10\text{m/s}$ .

2.3. Calculer la vitesse de rotation  $N_{35\text{mini}}$  de la poulie (35).

$N_{35\text{mini}} = \dots\dots\dots \text{tr/min}$

2.4. Sachant que la vitesse de rotation du moteur (1)  $N_1 = 1528 \text{ tr/min}$ , calculer le nombre de dents de la roue (11).

$Z_{11} = \dots\dots\dots$

## 3- Choix de matériaux de l'arbre de sortie (36) :

L'encombrement et la masse du mécanisme de transmission exigent que le diamètre de l'arbre (36) ne dépasse pas 16mm.

3.1. Sachant que l'arbre (36) transmet un couple maximal  $C_{\text{Maxi}} = 40\text{Nm}$ , déterminer la contrainte tangentielle maximale  $\tau_{\text{Maxi}}$  due à sa torsion.

$\tau_{\text{Maxi}} = \dots\dots\dots$



3.2. Le constructeur doit choisir au moins un type d'acier du tableau ci-dessous qui vérifie les deux conditions de  $d_{36\text{Maxi}}$  et  $C_{\text{Maxi}}$  avec un coefficient de sécurité  $s=5$ .

3.2.1. Compléter sur le tableau la valeur de  $R_{pg}$  relative à chaque type d'acier, sachant que  $R_{eg} = \frac{1}{2} R_{e\text{mini}}$

Acier	Z120M12	20M5	10NC6	25CD4
$R_{e\text{mini}}$ (N/mm <sup>2</sup> )	315	490	615	785
$R_{pg}$ (N/mm <sup>2</sup> )	.....	.....	.....	.....

3.2.2. Citer le ou les types d'acier qui conviennent.

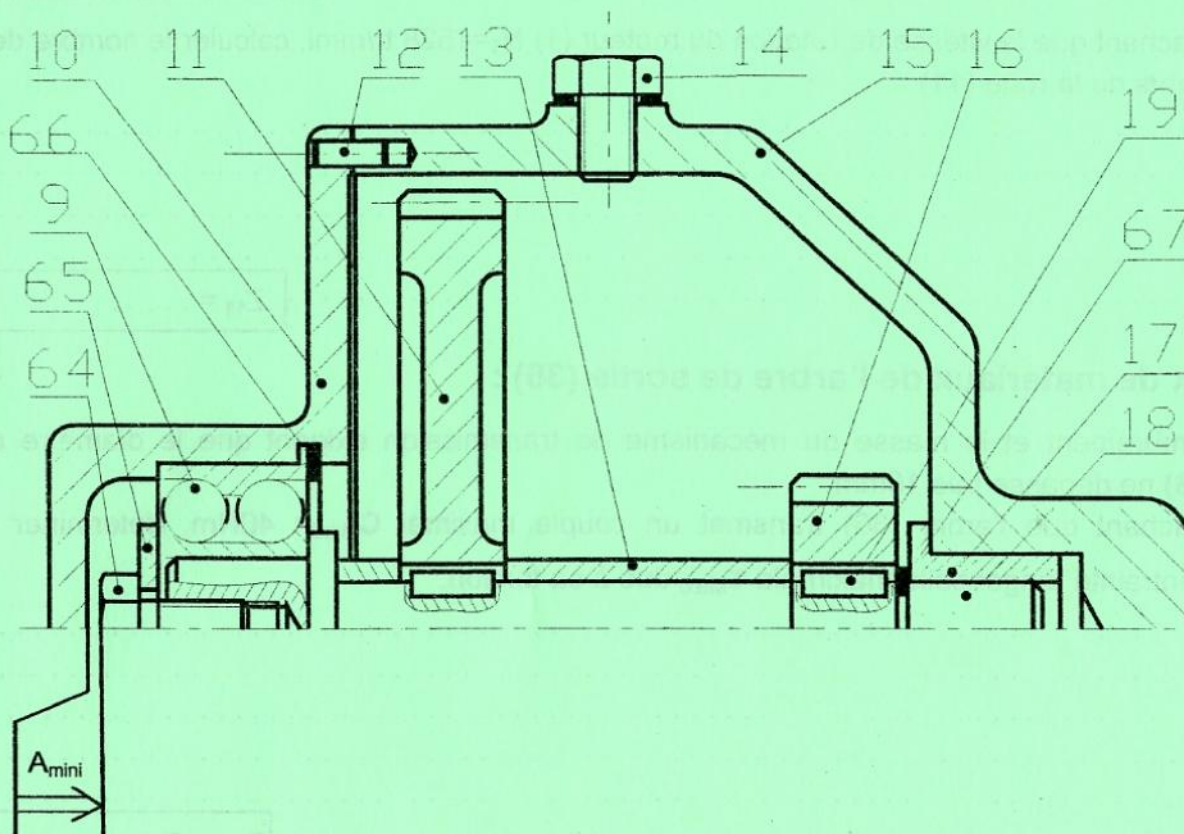
3.2.3. Justifier votre réponse.

#### 4- Cotation fonctionnelle :

4.1. Le montage du roulement (9) exige un Jeu latéral au niveau de sa bague extérieure. Donner la position de ce jeu dans les cas où :

- A est mini : .....
- A est Maxi : .....

4.2. Tracer la chaîne de cotes relative à la cote condition  $A_{\text{mini}}$ .






## 5- Représentation graphique du couvercle (34) :

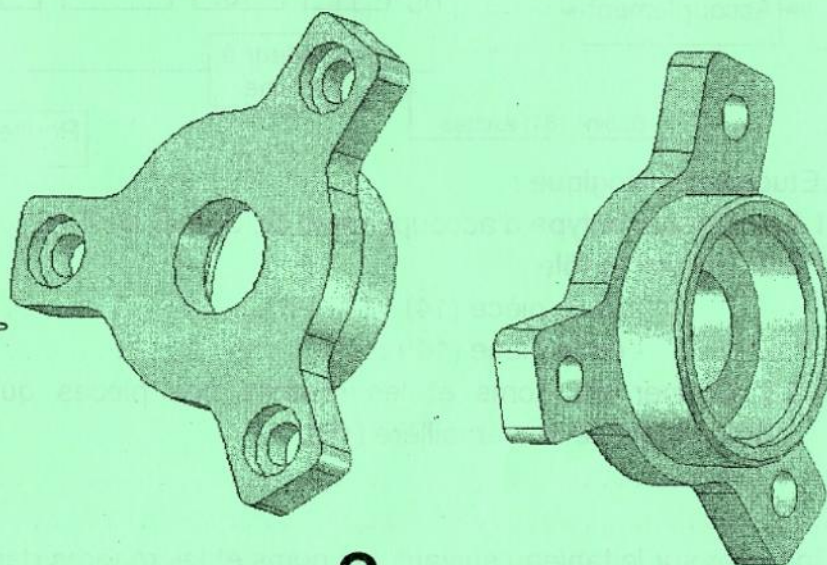
Se référer, dans cette partie, au dossier technique page (7/7).

5.1. Compléter la représentation du couvercle (34) à l'échelle du dessin par :

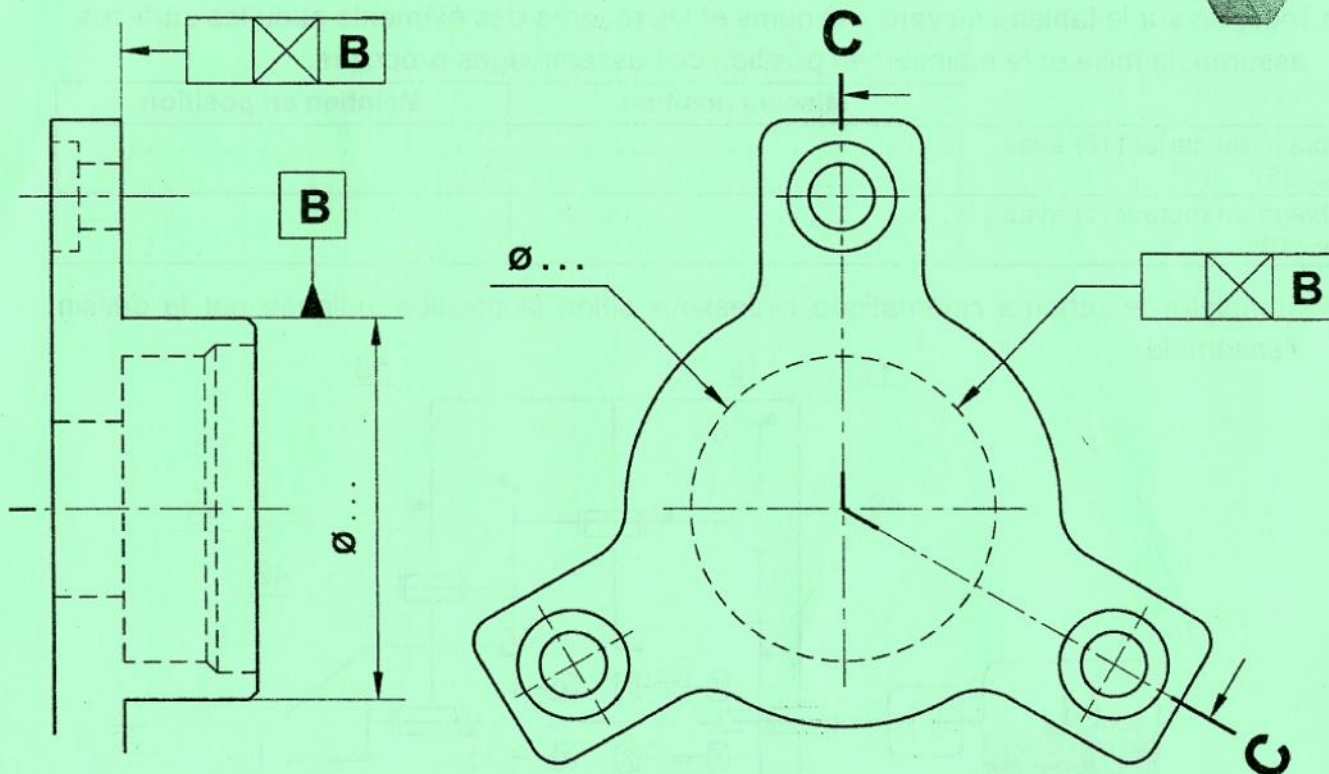
- la vue de face en coupe **C-C** sans détails cachés ;
- la vue de gauche.

5.2. Inscrire les tolérances des cotes fonctionnelles et les tolérances géométriques nécessaires au bon fonctionnement du mécanisme.

Couvercle en 3D 



**C-C**

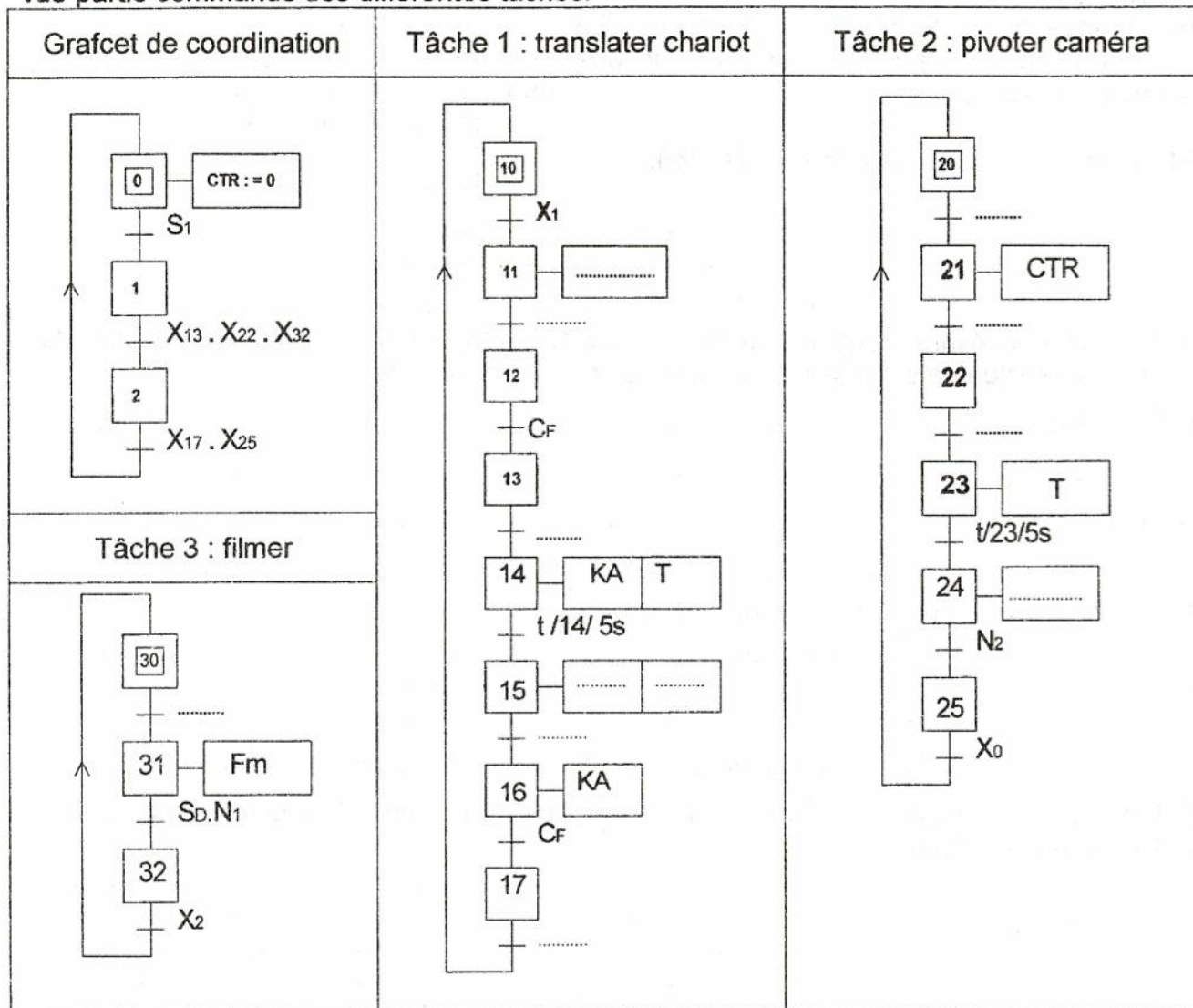




## B- PARTIE ELECTRICITE

### 1 - Synchronisation des différentes tâches

En se référant aux pages 2/7 et 3/7 du dossier technique, compléter les grafquets d'un point vue partie commande des différentes tâches.



### 2 - Etude du moteur $M_1$

Le moteur  $M_1$ , dont les caractéristiques nominales sont indiquées à la page 4/7 du dossier technique, développe un couple utile  $T_{uF} = 20Nm$  à une vitesse de rotation  $n_F = 1528tr/min$  au point de fonctionnement  $P_F$ .

2 -1- Déterminer, pour le point de fonctionnement  $P_F$ , la puissance utile  $P_{uF}$ .

.....

2- 2- Le courant absorbé  $I_F = 9,52A$  et le rendement  $\eta_F = 68\%$ . Déterminer pour le point de fonctionnement "P<sub>F</sub>" :

a- la puissance totale absorbée par le moteur  $P_{aF}$ .

.....

b- la tension  $U_F$  à appliquer aux bornes de l'induit du moteur.

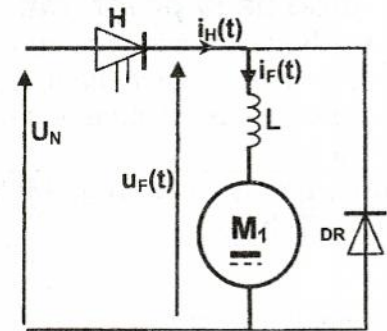
.....



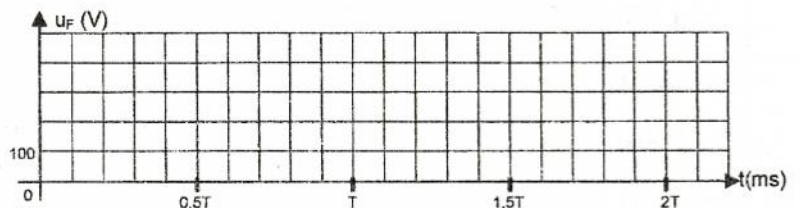
### 3 - Etude du hacheur série

La variation de la vitesse du moteur  $M_1$  est assurée par un hacheur série dont le schéma est ci-contre.

3-1- La tension d'alimentation  $U_N$  du hacheur est égale à **500V**. Déterminer le rapport cyclique " $\alpha$ " pour que la valeur moyenne de la tension aux bornes de l'induit soit égale à 450V ( $U_{Fmoy} = 450V$ ).



3-2- En tenant compte de la valeur du rapport cyclique trouvé en 3-1, représenter, à l'échelle, le graphe de la tension  $u_F(t)$  sur le repère ci-contre.



### 4 - Etude du circuit de commande du hacheur

Se référer, dans cette partie, à la page 6/7 du dossier technique.

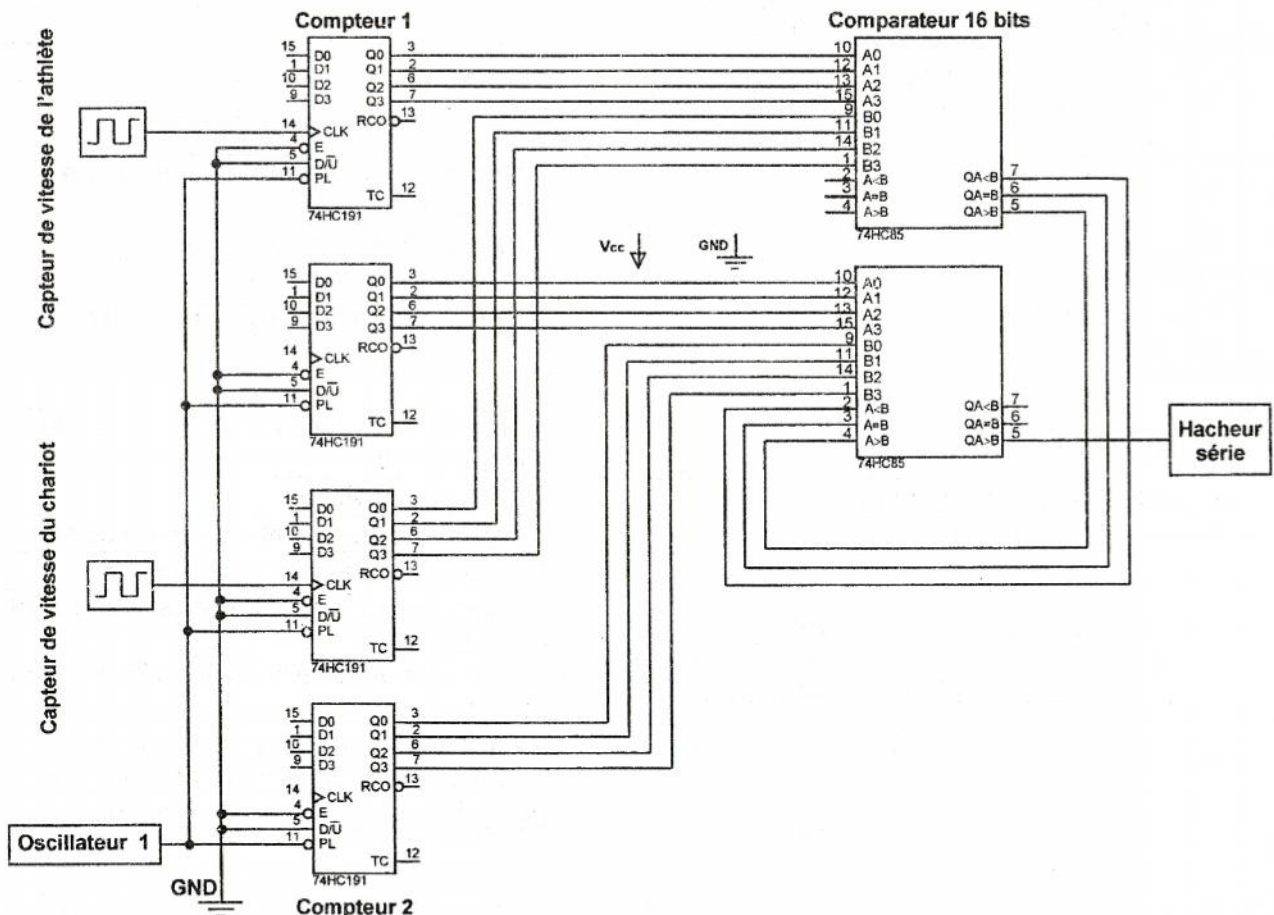
4-1- Donner l'état logique de l'entrée PL et la combinaison des entrées de préchargement permettant la remise à zéro du circuit intégré 74191.

PL = .....

$D_0D_1D_2D_3 = \dots\dots\dots$

4-2- Compléter le schéma du circuit de commande du hacheur :

- a- en mettant en cascade les deux circuits intégrés de chaque compte ;
- b- en reliant les entrées de préchargement " $D_0D_1D_2D_3$ " au niveau logique correspondant ;
- c- en reliant les entrées " $A < B$  ;  $A = B$  ;  $A > B$ " du comparateur au niveau logique correspondant.





## 5- Etude de la programmation du microcontrôleur

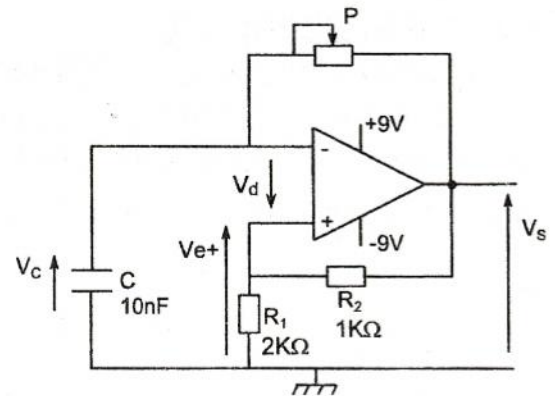
En se référant au schéma structurel du circuit d'affichage de la vitesse de l'athlète à la page 5/7 du dossier technique, compléter ci-dessous le programme en langage mikroPascal Pro conformément aux commentaires donnés. Les broches non utilisées sont considérées comme des entrées.

Programmation en langage Mikropascal	Commentaires
program Affichage;	
var	
var_conversion: word;	// 2 octets car le résultat de conversion est sur 10 bits
var_calcul:real;	// Variable du type réel
vitesse:byte;	// 1 octet car la vitesse réelle ne dépasse pas 15m/s
vitesse_affichee:.....;	// Chaîne de 3 caractères pour afficher la vitesse
// Connections de l'LCD	
var LCD_RS:sbit at PORTB.0;	
var LCD_EN:sbit at PORTB.1;	
var LCD_D4:sbit at PORTB.2;	
var LCD_D5:sbit at PORTB.3;	
var LCD_D6:sbit at PORTB.4;	
var LCD_D7:sbit at PORTB.5;	
var LCD_RS_Direction:sbit at TRISB.0;	
var LCD_EN_Direction:sbit at TRISB.1;	
var LCD_D4_Direction:sbit at TRISB.2;	
var LCD_D5_Direction:sbit at TRISB.3;	
var LCD_D6_Direction:sbit at TRISB.4;	
var LCD_D7_Direction:sbit at TRISB.5;	
begin	
adcon1:=%10001110;	// Choix de RA0/AN0 en tant qu'entrée analogique
adc_init();	// Initialisation du module CAN
LCD_init();	// Initialisation de l'LCD
LCD_CMD( LCD_CURSOR_OFF);	// Désactivation du curseur de l'LCD
while true do	
begin	
var_conversion:=.....;	// Lecture de la valeur fournie par le CAN sur le canal 0
var_calcul:=(var_conversion* 30)/1023;	// Calcul de la vitesse
vitesse:=byte(var_calcul);	// Transformation de la vitesse en octet
.....(vitesse,vitesse_affichee);	// Conversion de la vitesse en texte
.....(.....,'Jeux Olympiques 2016');	// Affichage du texte à partir de la ligne1 et colonne2
.....(.....,'Vitesse Athlete:');	// Affichage du texte à partir de la ligne2 et colonne1
.....(2,24,.....);	// Affichage de la valeur de la vitesse
.....(.....,'.....');	// Affichage de l'unité de la vitesse ('m/s') à partir de la ligne 2 et la colonne 28
end;	
end.	



## 5- Etude de l'oscillateur 1

L'oscillateur 1, utilisé dans la carte d'asservissement de la vitesse du chariot (page 3 / 7 du dossier technique), est un circuit multivibrateur astable à base d'amplificateur linéaire intégré. Ce dernier est supposé parfait et polarisé par une alimentation symétrique  $\pm 9V$ .



5-1 : Exprimer la relation  $V_{e+} = f(V_s, R_1, R_2)$ .

5-2 : Dédurre les expressions des tensions seuils " $V_H$  et  $V_L$ " de la tension  $V_{e+}$  en fonction de  $R_1$ ,  $R_2$  et la tension de saturation " $V_{sat}$ " dans les deux cas suivants :

a- Si  $V_d > 0 \Rightarrow$  .....

b- Si  $V_d < 0 \Rightarrow$  .....

5-3 : Déterminer les valeurs de  $V_H$  et  $V_L$  si  $\pm V_{sat} = \pm 9V$ .

5-4 : L'expression de la période du signal de sortie est  $T = 2.P.C.\ln(1 + 2. \frac{R_1}{R_2})$ .

Déterminer alors la valeur de la résistance "P" à choisir pour que la fréquence du signal de sortie soit égale à 50KHz ( $f = 50KHz$ ).

5-5 : Représenter, à l'échelle, l'allure du signal de sortie sachant que le condensateur est initialement déchargé.

