

❖ **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 demandé**

A- PARTIE MECANIQUE : pages : 1/8 – 2/8 – 3/8 et 4/8 (10 points).

B- PARTIE ELECTRICITE : 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.

FAUTEUIL ROULANT ELECTRIQUE

1. Présentation

Le fauteuil roulant électrique (figure 1) est conçu pour permettre aux personnes, ayant des difficultés à marcher, de se déplacer en autonomie.

2. Description

Le fauteuil est équipé principalement de (d') :

- un boîtier de commande ;
- un coffret renfermant la carte de commande du système ;
- un motoréducteur équipé d'un frein à manque de courant pour chacune des deux roues arrière ;
- deux leviers, non indiqués, permettant de libérer respectivement les deux roues arrière afin de pouvoir pousser manuellement le fauteuil par un accompagnateur.



figure 1

3. Organisation matérielle de la carte de commande

La variation de vitesse des deux moteurs est assurée par une carte à base d'un microcontrôleur du type 16F877A. L'interfaçage entre ce dernier et les deux moteurs est assuré par deux cartes MD03. (figure 2)

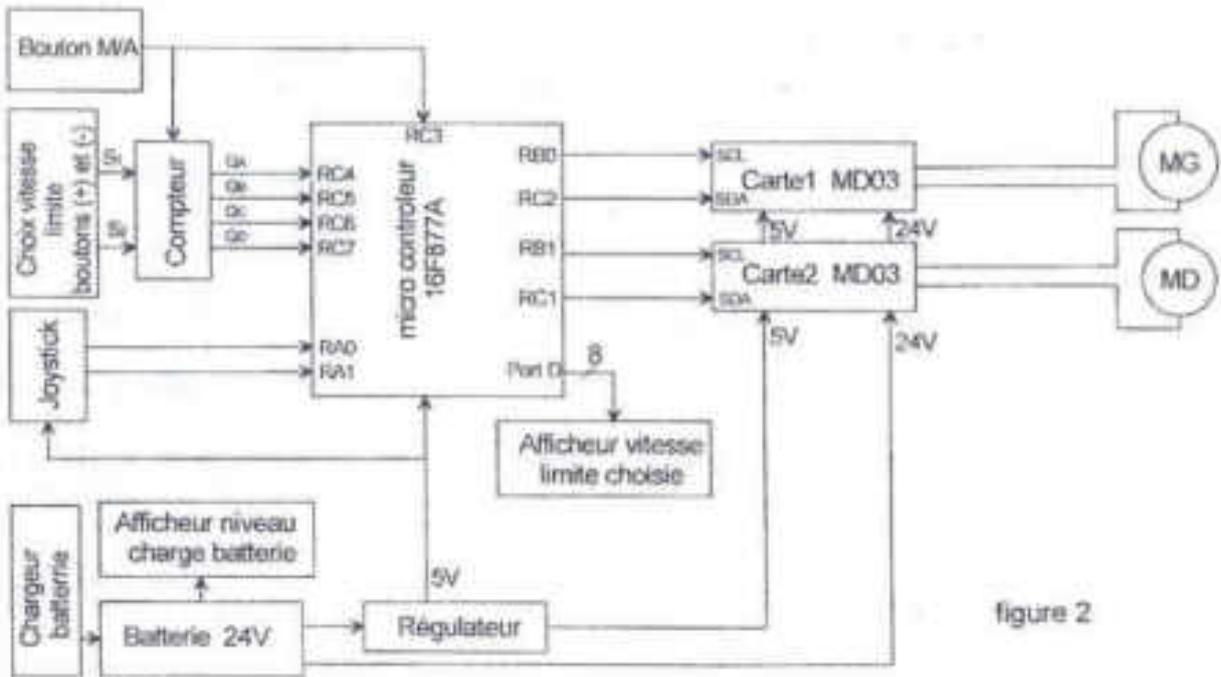


figure 2

4. Présentation du boîtier de commande (figure 3)

Le boîtier de commande comporte :

- un bouton marche/arrêt M/A ;
- deux boutons (+) et (-) permettant de fixer la vitesse limite de déplacement du fauteuil ;
- un JOYSTICK permettant de gérer le déplacement du fauteuil ;
- une série de 5 diodes LED (H1 à H5) pour afficher le niveau de charge de la batterie ;
- une série de 8 diodes LED (D1 à D8) pour afficher la vitesse limite choisie.

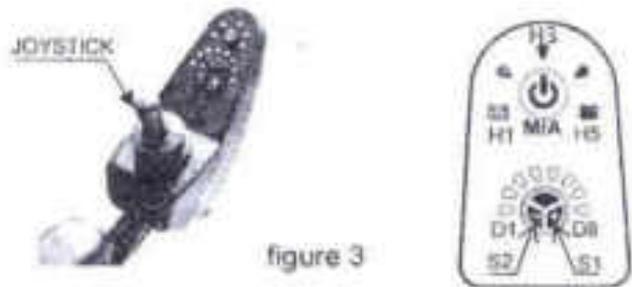


figure 3

5. Affichage du niveau de charge de la batterie

Un afficheur à cinq diodes électroluminescentes (LED) permet à l'utilisateur de savoir, en temps réel, le niveau de charge de la batterie. Les LED sont branchées sur un circuit à base d'amplificateurs linéaires intégrés "A.L.I." (figure 4).

Lorsque la batterie est complètement chargée ($V_{bat} = 27\text{ V}$), les cinq diodes LED sont allumées. Au fur et à mesure que la batterie se décharge, le nombre de diodes allumées diminue jusqu'à l'extinction de toutes les diodes. La batterie est considérée déchargée lorsque $V_{bat} = 19,5\text{ V}$. Les A.L.I utilisés sont supposés parfaits.

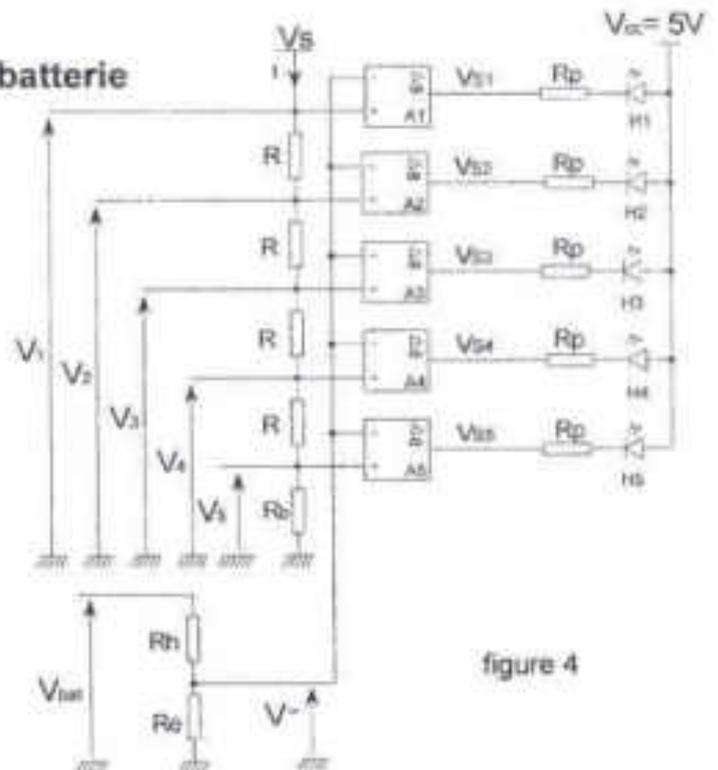


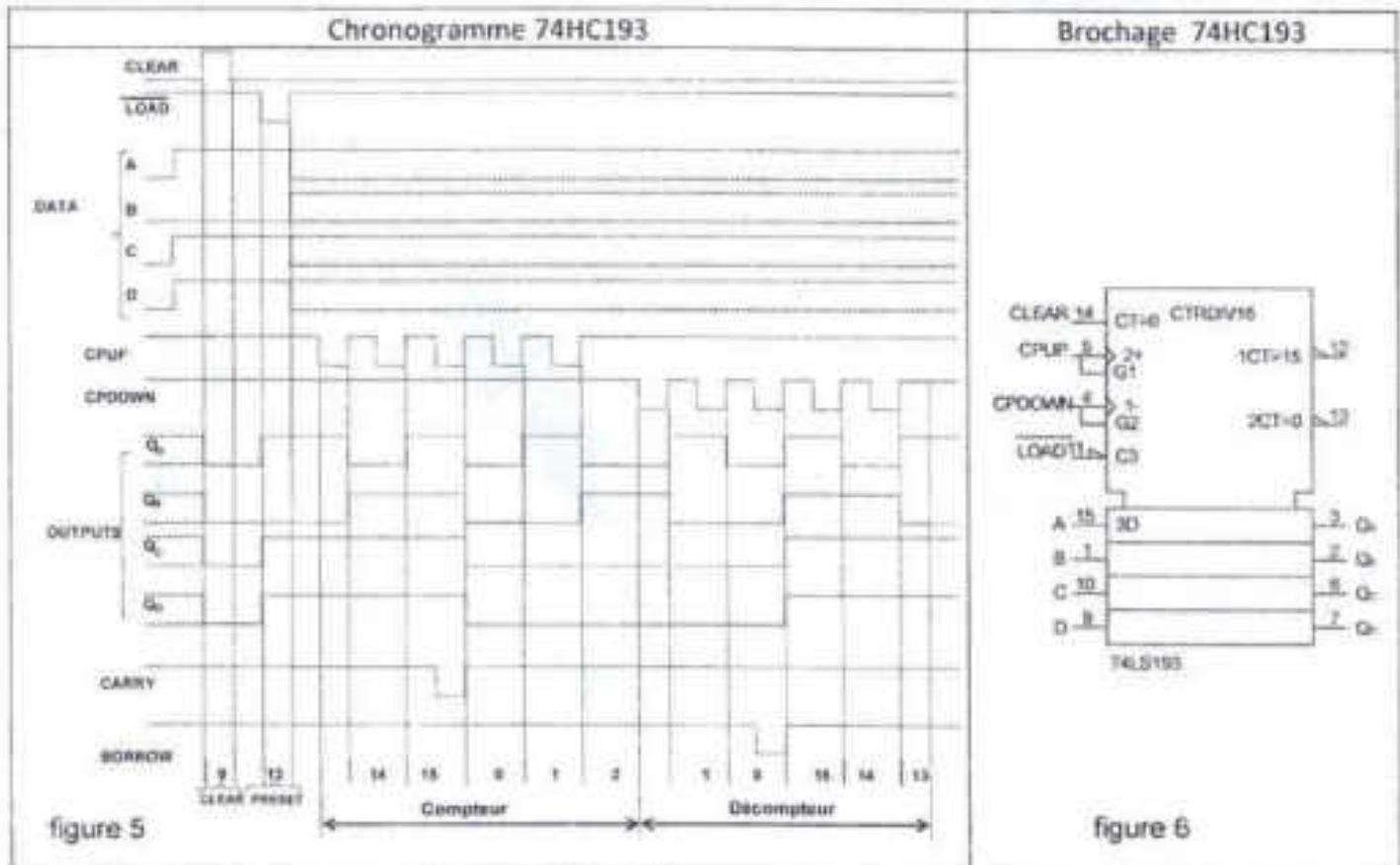
figure 4

6. Choix de la vitesse limite

La vitesse maximale de déplacement du fauteuil est de 6Km/h. L'utilisateur a la possibilité de choisir une parmi huit vitesses limites à ne pas dépasser :

- la mise sous tension par action sur le bouton "M/A" (figure 3), allume la diode LED (D_1) et fixe la vitesse limite à 0,75 Km/h soit 1/8 de la vitesse maximale ;
- chaque impulsion sur le bouton "S₁" augmente la vitesse limite de 0,75 Km/h et allume une diode LED tout en conservant l'allumage des diodes précédentes ;
- chaque impulsion sur le bouton "S₂" diminue la vitesse limite de 0,75 Km/h et éteint uniquement une seule diode LED ;
- en conclusion, la vitesse limite est égale au nombre de diodes allumées multiplié par 0,75Km/h.

Les impulsions générées par les deux boutons "S₁" et "S₂" sont appliquées aux entrées d'horloge d'un compteur 74HC193 dont on donne, ci-dessous, son chronogramme et son schéma de brochage.



7. Description de la partie opérative (Voir dessin d'ensemble page 7/7)

En mode de fonctionnement normal, la transmission de la puissance motrice à chacune des deux roues est assurée par un réducteur à deux étages à dentures droites (8,24) et (25,27).

Au repos, pour des raisons de sécurité, le fauteuil est automatiquement arrêté par deux freins à manque de courant.

En mode de fonctionnement manuel, l'accompagnateur pousse librement le fauteuil suite au débrayage des roues arrière. Ceci est assuré par l'action sur le levier de commande (45) relatif à chaque roue. Ce levier agit sur le piston (39), permettant le rapprochement des quatre billes (29) d'où le débrayage de l'arbre de sortie (30).

8. Nomenclature

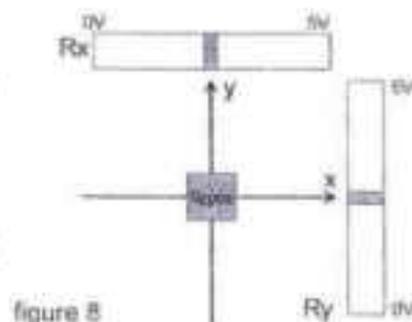
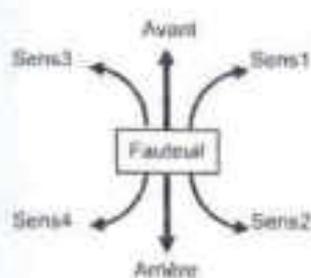
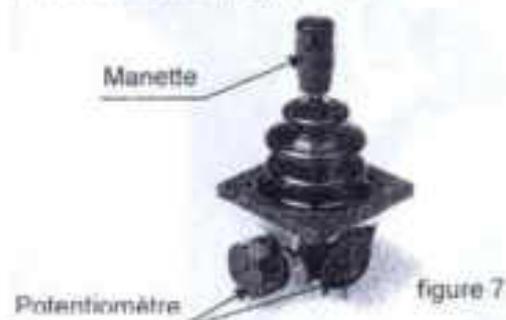
1	1	Moteur électrique	
2	1	Arbre moteur	
3	1	Flasque moteur	
4	2	Roulement à une rangée de billes	Type BC
5	2	Anneau élastique pour arbre	
6	1	Carter	
7	1	Clavette parallèle forme A	
8	1	Pignon arbré	Z = 13, m = 1,25
9	1	Anneau élastique pour alésage	
10	1	Corps du réducteur	
11	1	Roulement à deux rangées de billes	Type BE
12	1	Disque frein	
13	2	Garniture	
14	1	Plateau mobile	
15	4	Pied de positionnement	
16	1	Couvercle	
17	3	Ecrou hexagonal	Hm M4
18	3	Axe de guidage	
19	3	Rondelle plate	
20	1	Anneau élastique pour arbre	
21	1	Bobine	
22	3	Ressort	
23	1	Corps porte bobine	
24	1	Roue dentée	Z = 80, m = 1,25
25	1	Pignon arbré intermédiaire	Z = 12, m = 2
26	2	Roulement à une rangée de billes	Type BC
27	1	Roue dentée	Z = 52, m = 2
28	1	Roulement à une rangée de billes	Type BC
29	4	Bille	4 billes à 90°
30	1	Arbre de sortie	
31	1	Rondelle	
32	1	Ressort	
33	1	Joint à deux lèvres	
34	7	Vis à tête cylindrique à six pans creux	CHC M4-15
35	7	Vis à tête cylindrique à six pans creux	CHC M4-15
36	2	Anneau élastique pour arbre	
37	1	Anneau élastique pour arbre	
38	1	Anneau élastique pour alésage	
39	1	Piston	
40	1	Joint à deux lèvres	
41	1	Roulement à une rangée de billes	Type BC
42	1	Anneau élastique pour arbre	
43	2	Anneau élastique pour arbre	
44	1	Clavette parallèle forme A	
45	1	Levier de commande	
46	1	Axe	
Rep	Nbre	Désignation	Observations
Echelle 1 : 1		MOTO-REDUCTEUR	

9. Gestion de déplacement du fauteuil

9.1. Fonctionnement du JOYSTICK (figure 7)

Le déplacement du fauteuil est assuré par la manoeuvre de la manette du Joystick. Celle-ci agit sur deux potentiomètres, supposés parfaitement linéaires, permettant de varier les vitesses de rotation, dans les deux sens, des deux moteurs liés aux deux roues arrière du fauteuil.

Les inclinaisons de la manette du joystick selon les deux axes "x" et/ou "y" (figure 8) donnent deux tensions analogiques V_x et V_y appliquées respectivement aux entrées RA0 et RA1 du microcontrôleur (figure 3).



Le tableau ci-dessous définit l'état du fauteuil et celui des deux moteurs MG (moteur gauche) et MD (moteur droite) en fonction des tensions V_x et V_y .

Tension V_x	Tension V_y	Etat fauteuil	Sens rotation moteur		Vitesse proportionnelle à α	
			MG	MD	n_{MG}	n_{MD}
$2V < V_x < 3V$	$2V < V_y < 3V$	Repos	arrêt	arrêt	0	0
	$V_y < 2V$	Déplacement arrière	arrière	arrière	α_y	α_y
	$V_y > 3V$	Déplacement avant	avant	avant	α_y	α_y
$V_x > 3$	$V_y > 2.5V$	Virage sens (1)	avant	arrêt	α_x	0
	$V_y < 2.5V$	Virage sens (2)	arrière	arrêt	α_x	0
$V_x < 2$	$V_y > 2.5V$	Virage sens (3)	arrêt	avant	0	α_x
	$V_y < 2.5V$	Virage sens (4)	arrêt	arrière	0	α_x

9.2. Carte d'interfaçage MD03

La carte MD03 est un variateur de vitesse 50V-20A. Plusieurs modes de commande de cette carte sont possibles.

La commande des deux moteurs du fauteuil conduit à choisir le mode analogique 0-5V.

Le sens de rotation de chaque moteur dépend du niveau logique de l'entrée SCL de chaque carte.

La vitesse de rotation de chaque moteur dépend de la tension moyenne U_M qui varie en fonction de la largeur des impulsions appliquées à l'entrée SDA de chaque carte.

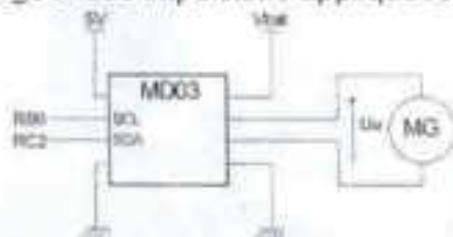
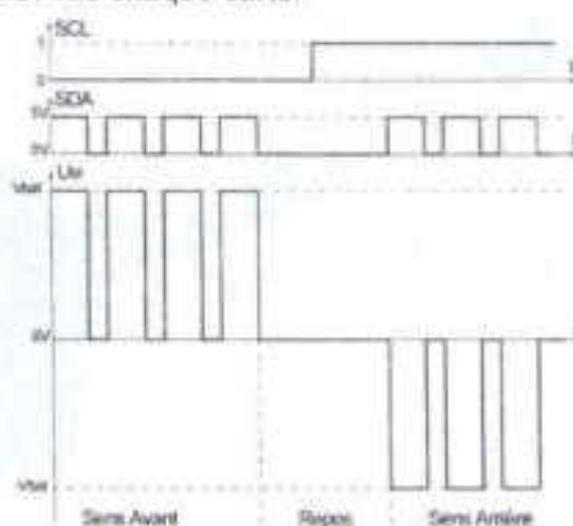


figure 9



10. Schéma de simulation de la carte de commande

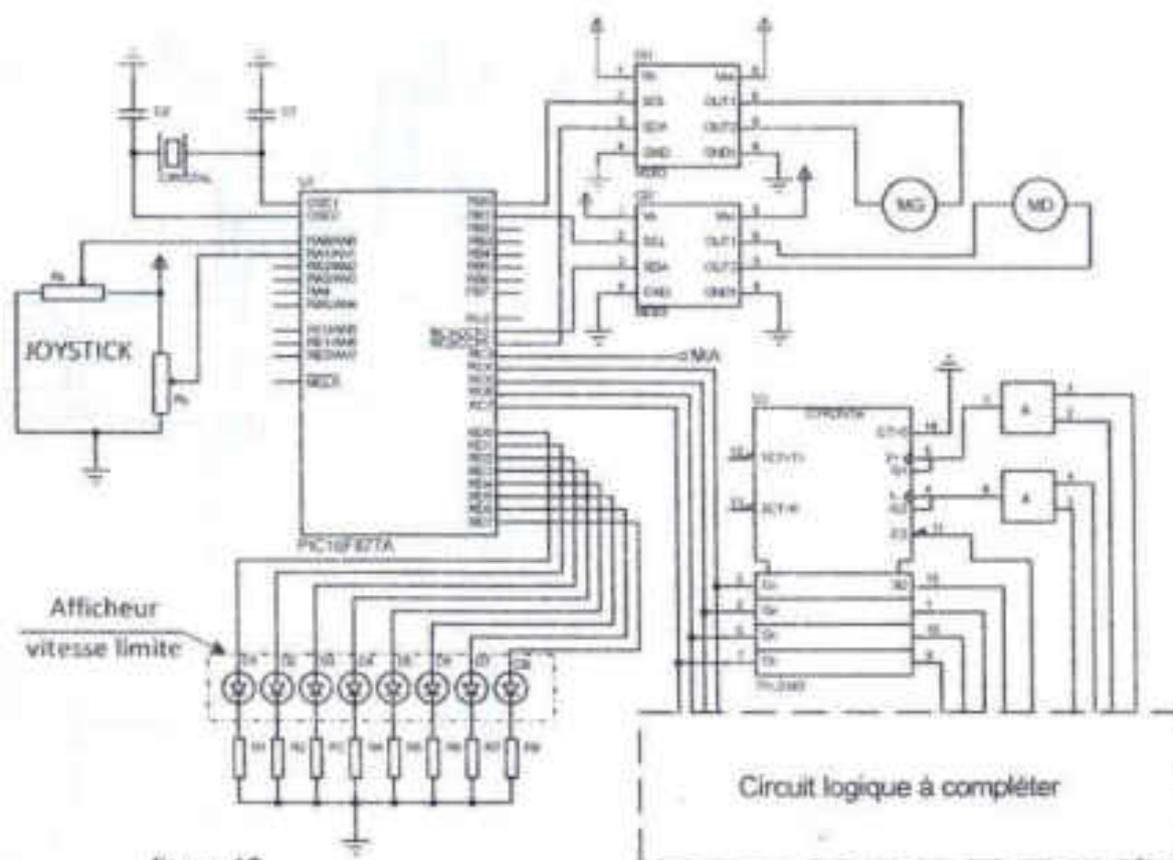


figure 10

11. Caractéristiques des moteurs

Les deux moteurs MD et MG qui entraînent les roues arrière du fauteuil sont identiques. Ils sont à courant continu à aimant permanent.

On donne ci-dessous un extrait du document constructeur LEROY SOMER.

• Moteur MBT - IP 40 - Classe F - Excitation par aimants permanents

• Moteur non ventilé IC 41
Service S1 - Température ambiante $\leq 40\text{ }^{\circ}\text{C}$



Type	Puissance utile	Vitesse	Couple	Rendement	Tension
	kW	min ⁻¹	N.m	%	V
MBT 65 M	0.07	2 200	0.22	70	12
MBT 65 L	0.09	2 400	0.28	73	24
MBT 82 S	0.15	2 500	0.49	76	24
MBT 82 M	0.2	2 500	0.65	81	24
MBT 82 L	0.25	3 000	0.81	83	24
MBT 82 IL	0.3	3 000	0.98	85	24
MBT 1141 S	0.25	3 000	0.78	72	12
MBT 1141 M	0.37	3 000	1.2	84	24
MBT 1141 L	0.55	3 000	1.75	88	24
MBT 1141 VL	0.72	3 000	2.45	84	24

Section N° d'inscription Série

Nom et prénom

Date et lieu de naissance

Signature des surveillants

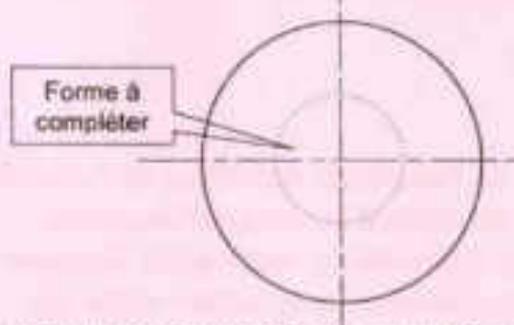
A- PARTIE MECANIQUE

1. Analyse fonctionnelle

1.1. Le système est en position embrayée, compléter la chaîne cinématique ci-dessous par les repères des pièces principales qui assurent la transmission du mouvement de rotation de l'arbre moteur (2) à la roue du fauteuil.



1.2. Compléter à main levée, sur la figure ci-contre, la forme intérieure du disque frein (12) au niveau de sa liaison avec l'arbre (8).

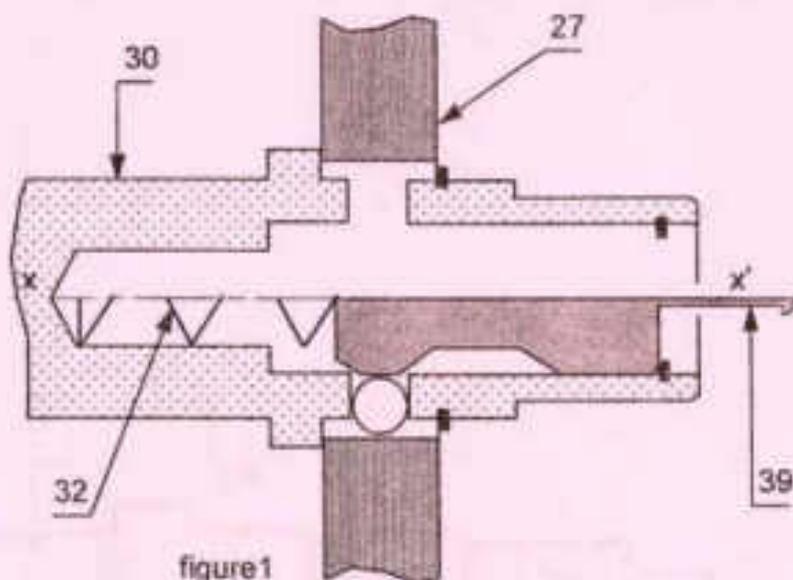


1.3. Qu'appelle-t-on cette forme ?

1.4. Etude de l'embrayage

Le dispositif d'embrayage (figure 1) est représenté schématiquement en position embrayé au-dessous de l'axe xx' .

Compléter sa représentation au-dessus de l'axe xx' en position débrayé par la mise en place du demi-piston (39), du ressort (32) et des billes.



1.5. Etude des assemblages

Compléter le tableau suivant par la forme et/ou l'élément, avec son repère, réalisant chaque assemblage.

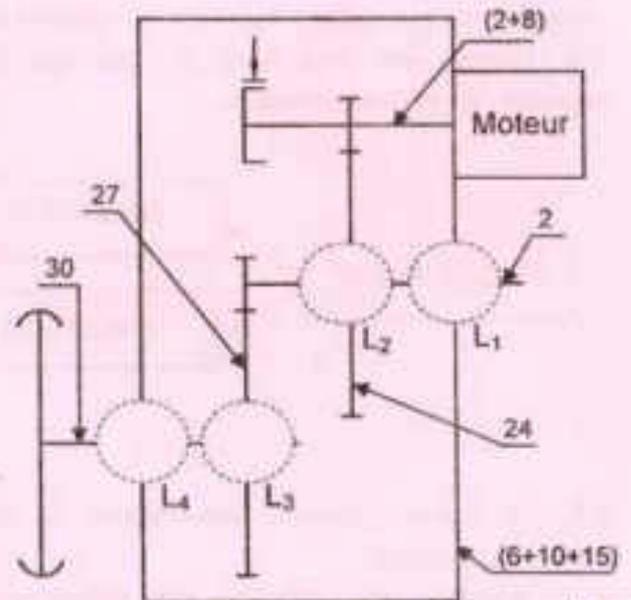
	Mise en Position (MIP)	Maintien en Position (MAP)
Assemblage du couvercle (16) avec le corps du réducteur (10).
Assemblage du corps porte bobine (23) avec le couvercle (16).

2. Etude cinématique

2.1. Schéma cinématique

En se référant au dessin d'ensemble :

- a. Compléter le schéma cinématique ci-contre du motoréducteur en position "embrayé".
- b. En position "débrayé", quelle sera la liaison L_3 .



2.2. Choix du moteur

La vitesse maximale du fauteuil imposée par le cahier des charges fonctionnel $V_{max} = 6 \text{ km/h}$. La puissance nécessaire transmise à la roue pour avancer le fauteuil à la vitesse maximale est $P_{Roue} = 140 \text{ W}$. Le diamètre de la roue arrière $d_R = 350 \text{ mm}$.

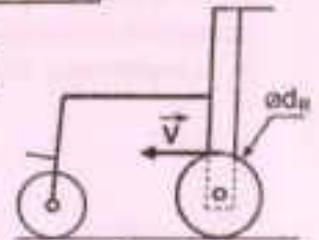


figure2

- a. Déterminer la vitesse angulaire ω_R de la roue arrière.

$\omega_R = \dots\dots\dots$

- b. Déterminer la vitesse de rotation N_R de la roue arrière.

$N_R = \dots\dots\dots$

- c. Déterminer le rapport global r_g du réducteur.

$r_g = \dots\dots\dots$

- d. Déduire dans ce cas la vitesse de rotation maximale N_m du moteur.

$N_m = \dots\dots\dots$

- e. Sachant que le rendement du réducteur $\eta=0,72$, quelle puissance minimale P_{min} que le moteur produit pour l'avancement du fauteuil.

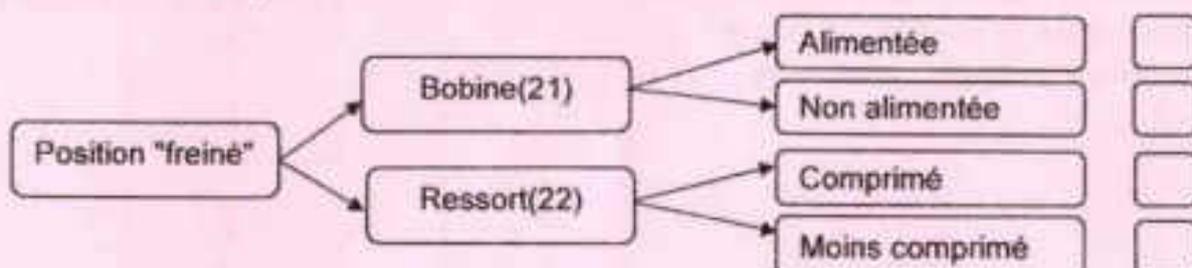
$P_{min} = \dots\dots\dots$

- f. En se référant au tableau à la page 6/7 du dossier technique, choisir le type du moteur qui convient le mieux.

3. Etude du frein

Le système est équipé d'un frein à manque de courant (voir dessin d'ensemble).

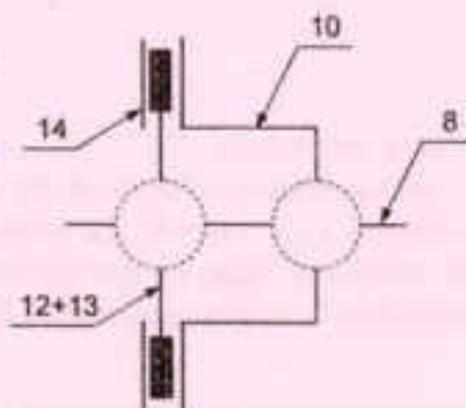
3.1. Mettre une croix dans la case qui convient afin que le graphe ci-dessous décrive la position "freiné" du système.



3.2. La figure ci-contre schématise la position "non freiné" du système.

a. Compléter les liaisons qui manquent par leurs symboles normalisés.

b. Quelle sera la liaison (8/10) en position "freiné" ?



3.3. On donne l'expression du couple de freinage $C_f = \frac{2}{3} N \cdot f \cdot n \cdot \frac{(R^2 - r^2)}{(R^2 + r^2)}$ et la valeur de l'effort presseur d'un ressort (22) $F_{22} = 15 \text{ N}$.

Les dimensions sont à relever sur le dessin d'ensemble à la page 7/7 du dossier technique.

a. Pour un couple de freinage $C_f = 0.8 \text{ Nm}$, calculer le coefficient de frottement f .

.....

.....

.....

.....

.....

$f = \dots\dots\dots$

b. Choisir le type d'acier qui convient pour les pièces (10) et (14) afin de produire ce couple de freinage en cochant la case correspondante.

Acier	Coefficient "f" Acier /garniture	
GE335	0.4	<input type="checkbox"/>
GC25	0.35	<input type="checkbox"/>
38Cr2	0.3	<input type="checkbox"/>

4. Cotation fonctionnelle

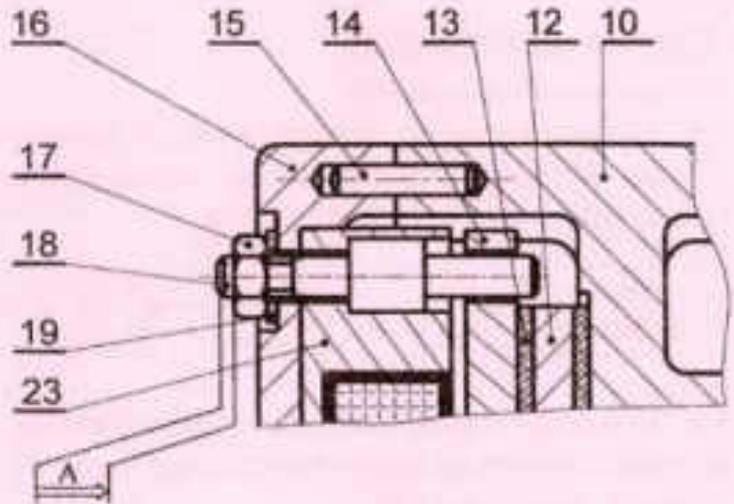
En se référant au dessin d'ensemble et au dessin partiel ci-contre.

4.1. Tracer la chaîne de cotes minimale relative à la condition A.

4.2. Ecrire les équations de A_{max} et A_{min} .

$A_{max} = \dots\dots\dots$

$A_{min} = \dots\dots\dots$



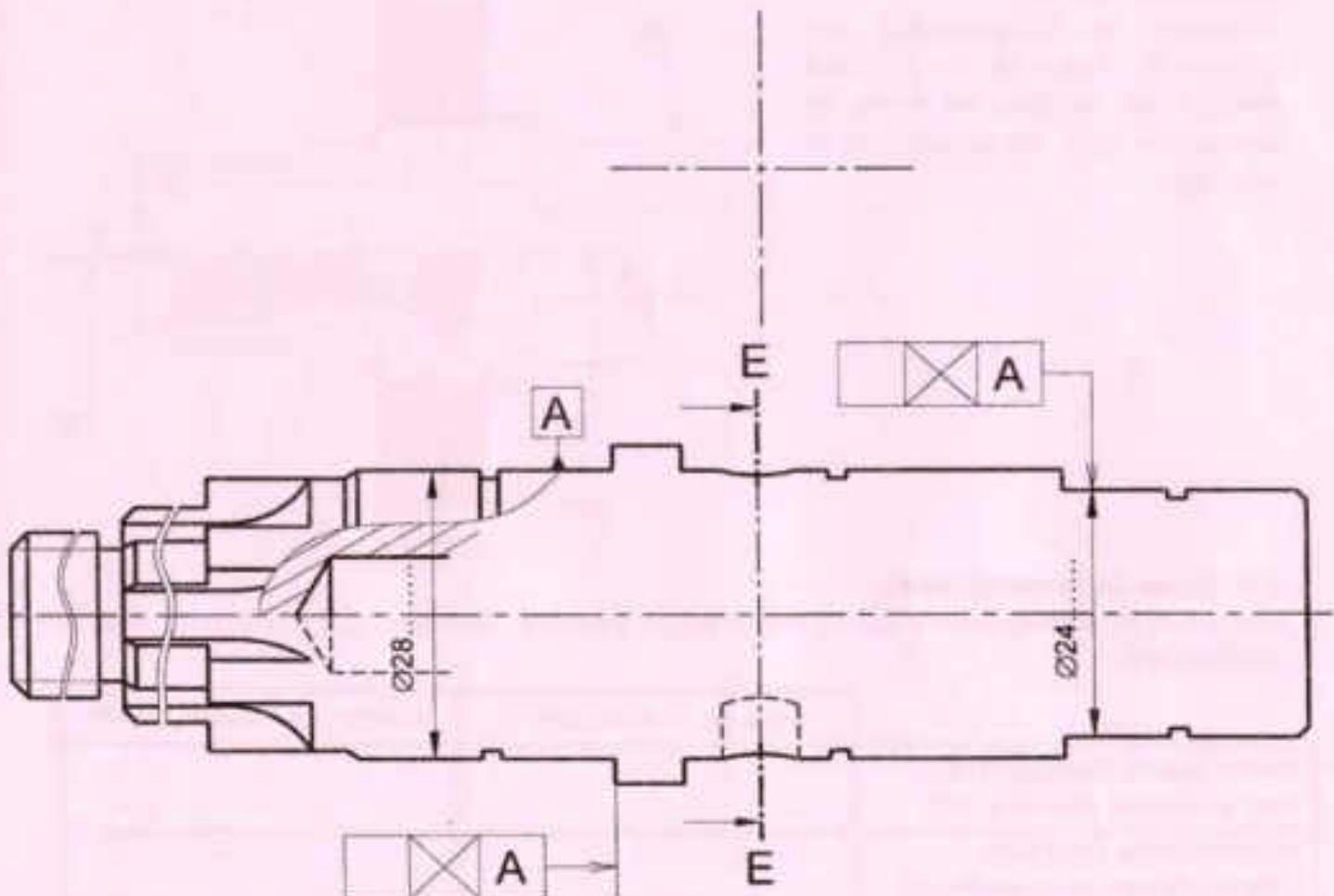
5. Dessin de définition de l'arbre(30)

En se référant au dessin d'ensemble.

5.1. Compléter à l'échelle 3:2 le dessin de définition de l'arbre (30) en demi-coupe locale.

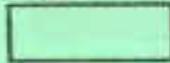
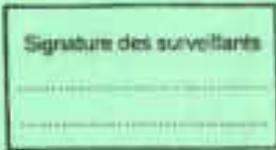
5.2. Représenter la section sortie E-E.

5.3. Mettre en place les tolérances géométriques et dimensionnelles demandées.





Section : _____ N° d'inscription : _____ Série : _____
 Nom et prénom : _____
 Date et lieu de naissance : _____



B- PARTIE ELECTRICITE

1. Contrôle du niveau de charge de la batterie

Le circuit de commande de l'afficheur à LED permet de contrôler le niveau de charge de la batterie (voir figure 4 page 2/7 du dossier technique). On donne :

$R_h = 12K\Omega ; R_e = 3K\Omega ; R_b = 16 K\Omega ; R = 1K\Omega ; V_s = 5V$

1.1. Exprimer la tension V aux entrées inverseuses des A.L.I en fonction de V_{bat} , R_h et R_e .

.....

1.2. Calculer la valeur de V dans les deux cas suivants :

a. Lorsque la batterie est complètement chargée, $V_{bat} = 27V$.

.....

b. Lorsque $V_{bat} = 19,5 V$.

.....

1.3. Démontrer que l'expression du courant est : $I = \frac{V_s}{4R + R_b}$. Calculer sa valeur.

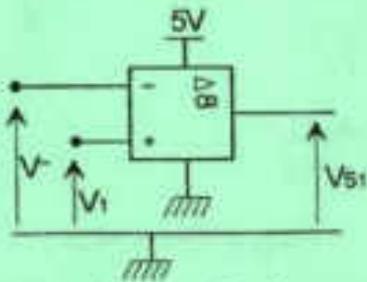
.....

1.4. Exprimer V_5 en fonction de R_b et I . Calculer sa valeur.

.....

1.5. Les Amplificateurs Linéaires Intégrés (A1, A2, ..., A5) utilisés sont supposés parfaits. Ils sont polarisés entre 0 et 5V et fonctionnent en comparateurs.

a. Compléter le tableau ci-dessous par les valeurs de la tension V_{s1} .



	$V > V_1$	$V < V_1$
$V_{s1} (V)$		

b. Les tensions appliquées aux entrées non inverseuses des différents A.L.I. sont :

$V_1 = 5V ; V_2 = 4.75V ; V_3 = 4.5V ; V_4 = 4.25V ; V_5 = 4V$

Compléter le tableau ci-dessous par les valeurs des tensions et par les états logiques des LED.

$V_{bat}(V)$	$V(V)$	$V_{s1}(V)$	$V_{s2}(V)$	$V_{s3}(V)$	$V_{s4}(V)$	$V_{s5}(V)$	H1	H2	H3	H4	H5
27	5,4	0	0	0	0	0					
24	4,8						0	1	1	1	1
19,5		5	5	5	5	5	0	0	0	0	0

2. Etude du moteur à courant continu MG

Se référer, dans cette partie à la page 5/7 du dossier technique.

Dans cette étude les pertes par effet joule dans l'induit sont supposées nulles ($R_a = 0$)

2.1. Montrer que la vitesse de rotation du moteur s'écrit sous la forme $n = K.U_M$, avec K une constante.

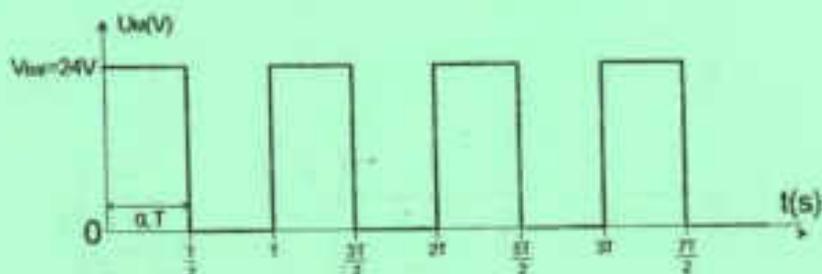
.....

.....

2.2. Calculer la valeur de la constante K en $\text{tr.s}^{-1}.\text{V}^{-1}$ lorsque la valeur moyenne de la tension appliquée à l'induit $U_M = V_{\text{bat}} = 24\text{V}$ et la vitesse de rotation mesurée $n = 2460 \text{ tr/min}$.

.....

On donne, ci-contre, l'oscillogramme de la tension $U_M(t)$ délivrée par la carte MD03 et appliquée à l'induit du moteur MG lorsque (SCL = 0).



2.3. Exprimer la tension moyenne U_M en fonction du rapport cyclique " α " et de la tension V_{bat} .

.....

2.4. Dédire l'expression de la vitesse de rotation " n " du moteur en fonction de K, α et V_{bat} .

.....

2.5. A partir de l'oscillogramme ci-dessus, déduire la valeur de " α " et calculer la valeur moyenne de la tension U_M .

.....

.....

2.6. L'expression de " α " en fonction de la tension V_x délivrée par le potentiomètre (Rx) du JOYSTICK et de la valeur décimale à la sortie du compteur $(N)_{10}$ est : $\alpha = \left[\left(\frac{V_x}{2,5} - 1 \right) \right] \times \frac{(N)_{10}}{8}$

La tension $V_{\text{bat}} = 24\text{V}$. Compléter, pour différentes valeurs de V_x et $(N)_{10}$, le tableau ci-dessous :

V_x (V)	1,5	2,5	5
N	2	6	8
α			
n (tr/min)			

2.7. Le moteur utilisé est du type MBT 82M de la série MBT- IP40. En se référant à l'extrait du document constructeur (p. 6/7 du dossier technique). Déterminer la valeur du courant nominal (I_n).

.....

.....

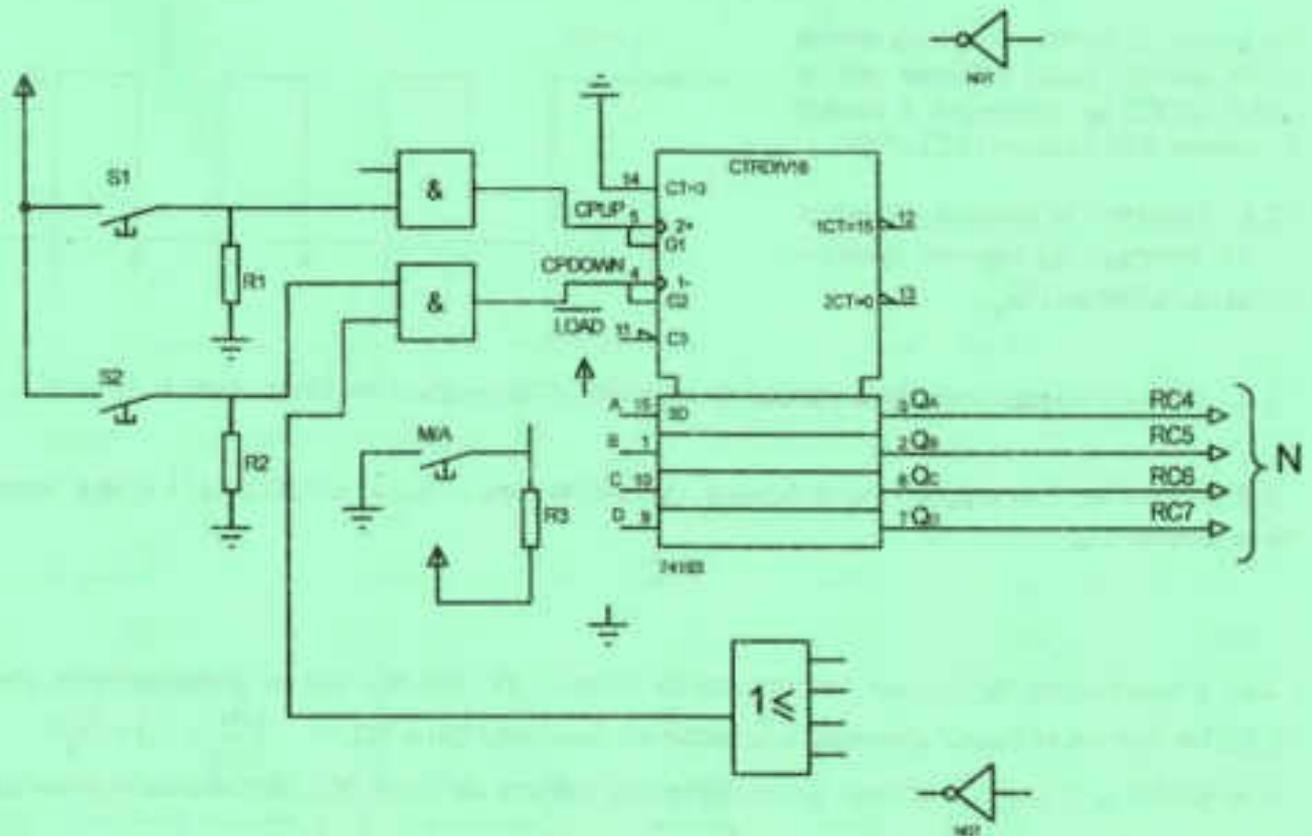
.....

3. Etude du compteur

Se référer, dans cette partie, à la page 3/7 du dossier technique.

3.1. Une fois la sortie du compteur est à $(8)_{10} = (1000)_2$, les actions sur "S₁" n'ont aucun effet sur le compteur. Déterminer alors l'équation logique de l'entrée d'horloge CPUP en fonction de S₁ et Q_D et compléter le logigramme de l'entrée CPUP sur le schéma ci-dessous.

3.2. Pour que les actions sur "S₂" n'aient aucun effet sur le compteur lorsqu'il est à $(1)_{10} = (0001)_2$, l'équation logique de l'entrée d'horloge CPDOWN doit être $CPDOWN = S_2 \cdot (Q_D + Q_C + Q_B + \overline{Q_A})$. Compléter le logigramme de l'entrée CPDOWN.



3.3. Compléter les liaisons électriques de l'entrée \overline{LOAD} et des entrées de préchargement (A, B, C et D).

3.4. Déterminer en Km/h la vitesse limite de déplacement du fauteuil (V_{lim}) choisie par l'utilisateur lorsque seulement les diodes LED : D1, D2, D3, D4 et D5 sont allumées.

$V_{lim} = \dots\dots\dots$

4. Programmation du microcontrôleur (voir pages 5/7 et 6/7 du dossier technique)

Le programme de gestion de déplacement du fauteuil est constitué de quatre procédures et d'une boucle infinie.

NE RIEN ECRIRE ICI

- 4.1 Compléter la procédure "Initialisation" en configurant chaque registre TRIS. Les broches des ports du circuit 16F877A non connectées sont considérées comme des entrées.
- 4.2 Compléter la "procédure avant_arriere" dans le programme par la configuration du port B.
- 4.3 Compléter la "procédure droite_gauche" par les signes de comparaison (<, >, =) de Vx et de Vy permettant d'obtenir les sens de déplacement ou virage du fauteuil.

<pre> Program fauteuil; Var Vx, Vy : real; Alphax, alphay: real; N, i, x : byte; Marche: sbit at RC3_bit; Procedure calcul(); Begin N:= portc.4 +2*portc.5 +4*portc.6+8*portc.7; X:= 1; For i:=1 to Qn do x:= 2*x; Portd:=x-1; Vx:=Adc_read(0)*5/1023; Vy:=Adc_read(1)*5/1023; Alphax:= abs(((Vx/2.5)-1)*255); Alphay:=abs(((Vy/2.5)-1)*255); End; Procedure avant_arriere(); Begin If ((Vx<3) and (Vx> 2)) then Begin If ((Vy<3) and (Vy> 2)) then Begin PWM1_Set_Duty(0); PWM2_Set_Duty(0) End Else if (Vy<2) then Begin Portb:=; PWM1_Set_Duty(alphay); PWM2_Set_Duty(alphay) End Else Begin Portb:=; PWM1_Set_Duty(alphay); PWM2_Set_Duty(alphay) End; End; End; </pre>	<pre> Procedure droite_gauche(); Begin If (Vx.....3) then // Virage sens1 ou sens2 Begin PWM1_Set_Duty(alphax); PWM2_Set_Duty(0); If (Vy.....2.5) then portb:= \$03 else portb:= \$00; End; If (Vx.....2) then // Virage sens3 ou sens4 Begin PWM1_Set_Duty(0); PWM2_Set_Duty(alphax); If (Vy.....2.5) then portb:= \$00 else portb:= \$03 ; End; End; Procedure initialisation; Begin PWM1_Init(10000); PWM2_Init(10000); PWM1_Start(); PWM2_Start(); TRISA:= \$.....; TRISB:= \$.....; TRISC:= \$.....; TRISD:= \$.....; PortD:= \$00; PWM1_Set_Duty(0); PWM2_Set_Duty(0); End; Begin // Programme principal initialisation; While true do Begin If (marche = true) then Begin Calcul; avant_arriere; Droite_gauche; End Else initialisation; End; End. </pre>
---	---