

RÉPUBLIQUE TUNISIENNE MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION	EXAMEN DU BACCALAURÉAT		Session principale	2024
	Épreuve : Technologie	(NOUVEAU RÉGIME)	Section : Sciences Techniques	
	Durée : 4h		Coefficient de l'épreuve : 3	

N° d'inscription

--	--	--	--	--	--

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 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.

BUS ELECTRIQUE



Fig. 1

1. Présentation

Le bus électrique (figure 1) est utilisé dans le domaine du Transport Public. Il offre une alternative plus propre et plus durable aux bus traditionnels à essence ou diesel. Il fonctionne avec l'énergie électrique et contribue à réduire les émissions des gaz à effet de serre et la pollution sonore dans les villes.

2. Rampe électrique pour personnes à mobilité réduite

Afin d'assurer le confort maximal des passagers, le bus électrique est équipé d'une rampe électrique (figure 2) permettant de faciliter l'accessibilité des personnes à mobilité réduite. L'entraînement en translation de cette rampe est assuré par deux vérins électriques **V1** et **V2**.

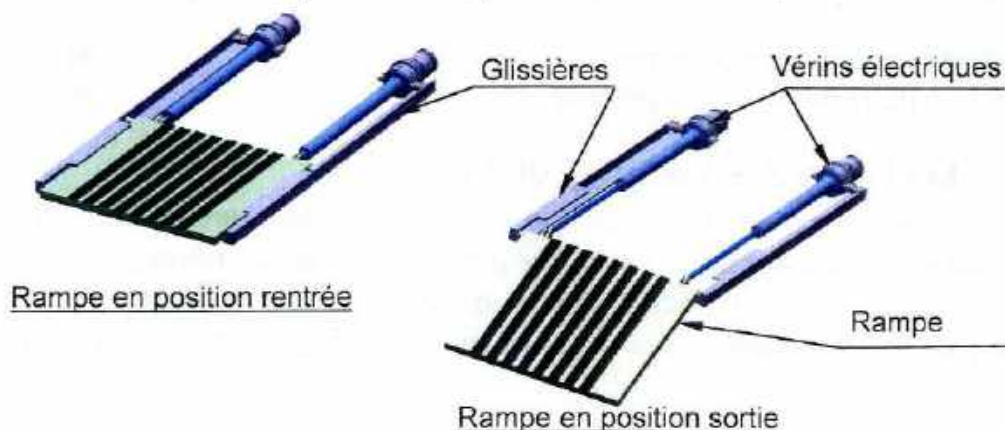


Fig. 2

2.1. Carte de commande de la rampe électrique

La carte de commande permet d'assurer le fonctionnement synchronisé des deux vérins électriques V1 et V2 afin d'éviter le blocage de la rampe.

Ce blocage peut avoir lieu lorsqu'un vérin se déplace plus vite que l'autre ; il apparaît alors un coincement du mécanisme qui empêche la rampe de se déplacer.

Pour contrôler le déplacement de la rampe, chaque vérin est équipé d'un encodeur magnétique délivrant une impulsion à chaque déplacement linéaire de la tige du vérin de 1mm.

Chaque front montant généré entraîne le comptage d'une impulsion.

La figure 3 représente le schéma synoptique de la carte de commande des vérins V1 et V2.

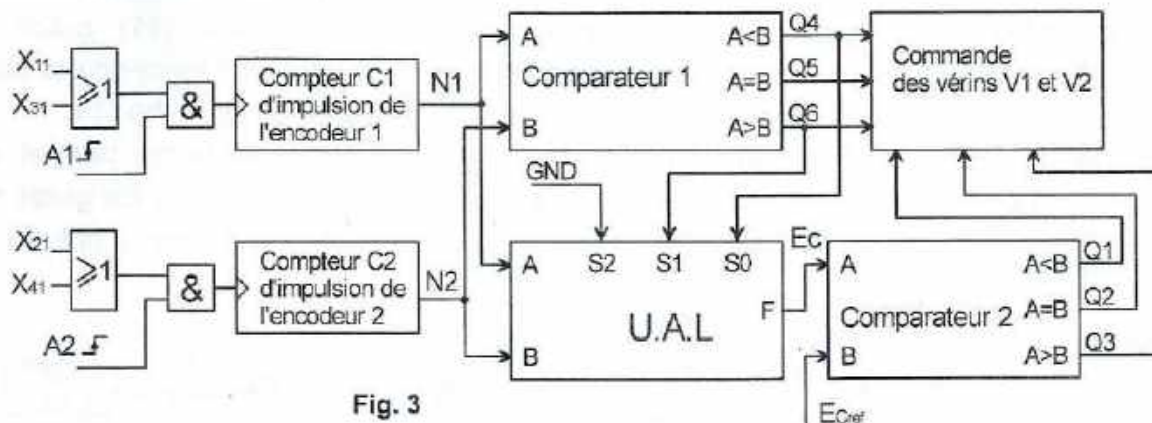


Fig. 3

- **Ec** : nombre binaire représentant le décalage mesuré entre le déplacement des deux tiges des vérins ;
- **Ec_{ref}** : nombre binaire représentant un décalage de 10 mm entre les deux tiges des deux vérins ;
- **N1, N2** : nombres binaires d'impulsions générées respectivement par l'encodeur 1 du vérin V1 et l'encodeur 2 du vérin V2 ;

2.2. Description du fonctionnement de la rampe électrique

L'appui sur la touche avance rampe ($S_r = 1$) du pupitre de commande par le chauffeur du bus entraîne la sortie simultanée des tiges des deux vérins V1 et V2 entraînés respectivement par les moteurs Mt1 et Mt2 ; les deux compteurs d'impulsions C1 et C2 s'incrémentent à chaque front montant généré respectivement par l'encodeur 1 et l'encodeur 2.

L'action des deux capteurs ℓ_{11} et ℓ_{21} de fin de course des vérins V1 et V2 entraîne l'arrêt des moteurs Mt1 et Mt2 et la remise à zéro des deux compteurs d'impulsions ($C1 = 0$ et $C2 = 0$).

L'appui sur la touche recul rampe ($R_r = 1$) du pupitre de commande par le chauffeur du bus provoque le recul simultané des tiges des deux vérins V1 et V2 entraînés par les moteurs Mt1 et Mt2 ; les deux compteurs d'impulsions C1 et C2 s'incrémentent à chaque front montant généré par l'encodeur.

L'action des deux capteurs ℓ_{10} et ℓ_{20} de fin de course des vérins V1 et V2 entraîne l'arrêt des moteurs et la remise à zéro des compteurs C1 et C2 de nouveau ;

Lors de l'avance ou du recul de la rampe, si le décalage « Ec » mesuré entre les deux tiges des vérins V1 et V2 est supérieur ou égal à 10mm ($Q2=1$ ou $Q3=1$), il faut stopper le vérin en avance. Ce vérin est remis en marche lorsque le décalage redevient nul $Ec = (0000)_2 = (0)_{10}$ c'est-à-dire $Q5=1$.

3. Etude du vérin électrique

3.1. Présentation du mécanisme

La zone de l'étude de la partie génie mécanique intéresse l'un des vérins électriques (Figure 4). Ce vérin est un mécanisme standard pouvant servir pour multiple applications industrielles.

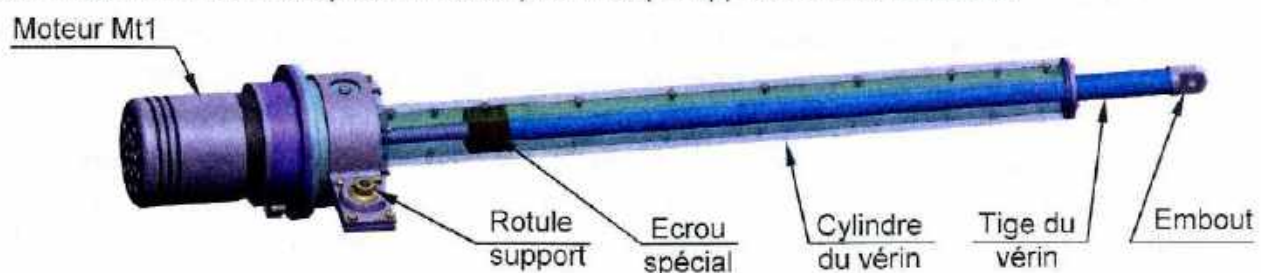


Fig. 4 : Vérin électrique en 3D

La sortie et la rentrée de la rampe du bus sont assurées par deux vérins électriques identiques. Chaque vérin est lié du côté moteur au châssis (glissière) à l'aide d'une rotule évitant ainsi tout coincement. Sur l'extrémité de la tige est fixé un embout permettant une articulation avec la rampe coulissante.

3.2. Description du fonctionnement du vérin

Le vérin électrique est défini graphiquement par le dessin d'ensemble page (7/7) et les représentations des modélisations en 3D. Le mouvement de rotation, nécessaire au fonctionnement du vérin, est produit par un moteur électrique à courant continu à double sens de rotation. L'arbre moteur (32) transmet son mouvement au pignon arbré (31) grâce à l'accouplement (27, 28, 29) guidé en rotation par les coussinets (26). Un train épicycloïdal plan permet de réduire la vitesse de rotation et l'adapter au mouvement de l'arbre de sortie (11).

L'arbre (11), portant un filetage carré, de longueur suffisante constitue une vis qui permet de transformer la rotation en translation de l'écrou en bronze (8). L'ensemble {8, 6, 2, 1} est guidé en translation par le cylindre du vérin (7) et les deux lames (9). Le bouchon (17) permet d'obturer le trou de graissage de l'ensemble.

3.3. Nomenclature

Rep.	Nb.	Désignation
01	1	Embout
02	1	Tige du vérin
03	1	Couvercle
04	20	Vis à tête hexagonale
05	4	Goupille épaulée
06	2	Goupille élastique
07	1	Cylindre du vérin
08	1	Ecrou spécial
09	2	Lame de guidage
10	16	Vis à tête fendue
11	1	Arbre de sortie
12	1	Ecrou fendu
13	2	Coussinet à collerette
14	1	Clavette parallèle
15	1	Carter
16	3	Axe

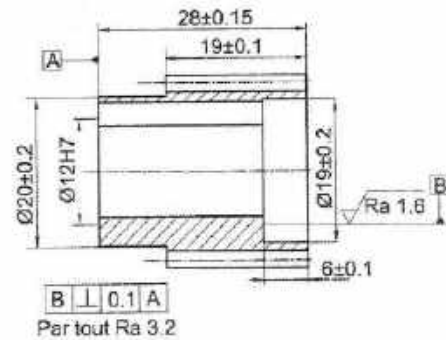
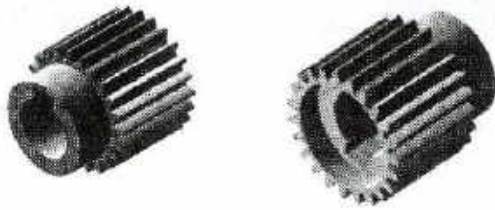
Rep.	Nb.	Désignation
17	1	Bouchon
18	1	Support pignons
19	4	Goupille cannelée
20	6	Coussinet à collerette
21	1	Couronne ; $Z_{21} = 103$ dents
22	3	Pignon ; $Z_{22} = 40$ dents
23	8	Vis à tête hexagonale
24	3	Anneau élastique pour arbre
25	1	Boîtier
26	2	Coussinet à collerette
27	1	Ecrou fendu
28	2	Vis de pression
29	1	Manchon d'accouplement
30	2	Clavette parallèle
31	1	Pignon arbré ; $Z_{31} = 23$ dents
32	1	Arbre moteur

3.4. Problème posé

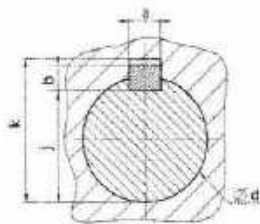
Face à une concurrence de plus en plus importante, l'entreprise qui produit les vérins électriques se trouve confronter à un problème de compétitivité. Il devient nécessaire de revoir le prix de revient du produit. L'entreprise conduit une étude technico-économique qui débouche sur une révision de la conception du mécanisme à fin de réduire le coût de fabrication. Le passage par une analyse approfondie des points de vues fonctionnelle, structurelle et comportementale permet d'aider à résoudre le problème et localiser l'intervention des modifications à apporter.

3.5. Ressources

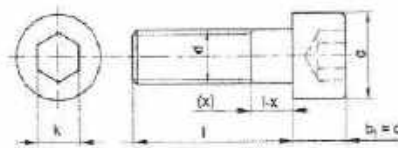
Dessin de définition du pignon (33)



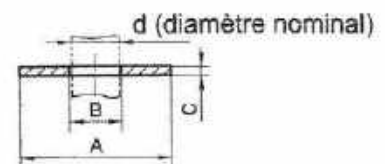
Eléments standards



Clavette parallèle forme A				
d	a	b	j	k
10 à 12	4	4	d-2.5	d+1.8
12 à 17	5	5	d-3	d+2.3



Vis cylindrique à six pans creux			
d	c	k	l
5	8.5	4	8 à 16
6	10	5	10 à 18



Rondelle plate large			
d	A	B	C
5	16	5.5	1
6	18	7	1.2

4. Tableau d'identification des entrées et des sorties

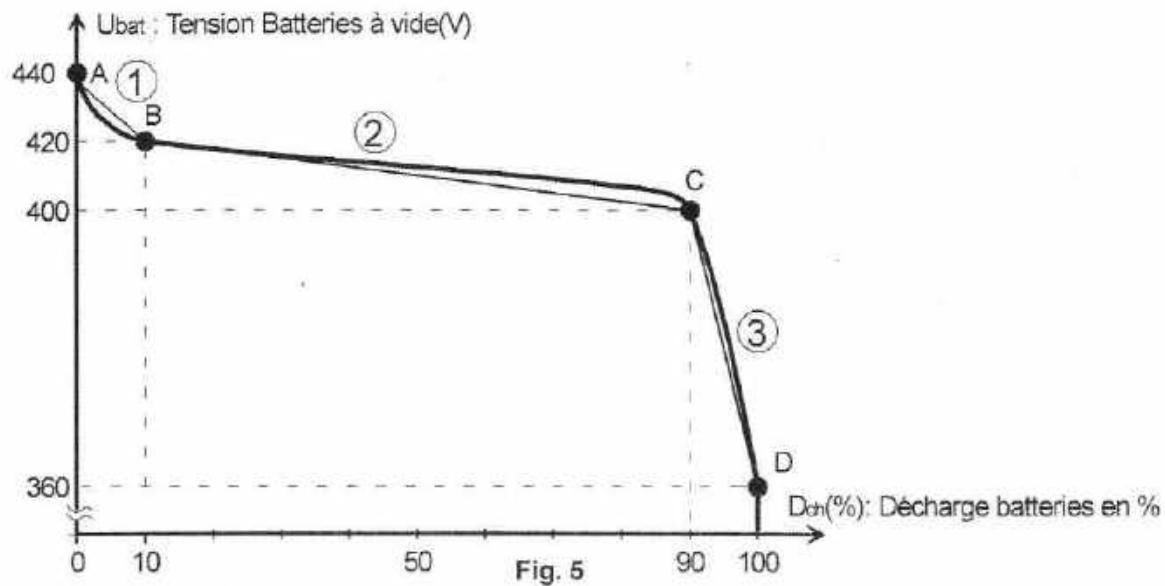
Actions		Actionneurs	Préactionneurs	Capteurs
Sortie et recul de la rampe électrique	avance/recul du piston du vérin V1	Moteur à courant continu Mt1	Avance : KM11	ℓ_{11}
			Recul : KM12	ℓ_{10}
	avance/recul du piston du vérin V2	Moteur à courant continu Mt2	Avance : KM21	ℓ_{21}
			Recul : KM22	ℓ_{20}
Comptage du nombre d'impulsions générées par l'encodeur 1 du vérin V1		Compteur : C1		
Comptage du nombre d'impulsions générées par l'encodeur 2 du vérin V2		Compteur : C2		
Génération d'une impulsion sur la voie A1 pour une course de 1mm du vérin V1		Encodeur 1		A1
Génération d'une impulsion sur la voie A2 pour une course de 1mm du vérin V2		Encodeur 2		A2
Ordre de sortie rampe électrique				Sr
Ordre de recul rampe électrique				Rr

5. Module de gestion de la charge des batteries du bus

Pour permettre au conducteur de savoir, en temps réel, le niveau de charge des batteries, on propose deux montages simplifiés l'un à base d'A.L.I et l'autre à base d'un microcontrôleur. Lorsque les batteries sont complètement chargées, quatre diodes électroluminescentes sont allumées et, au fur et à mesure que les batteries se déchargent, le nombre de diodes allumées

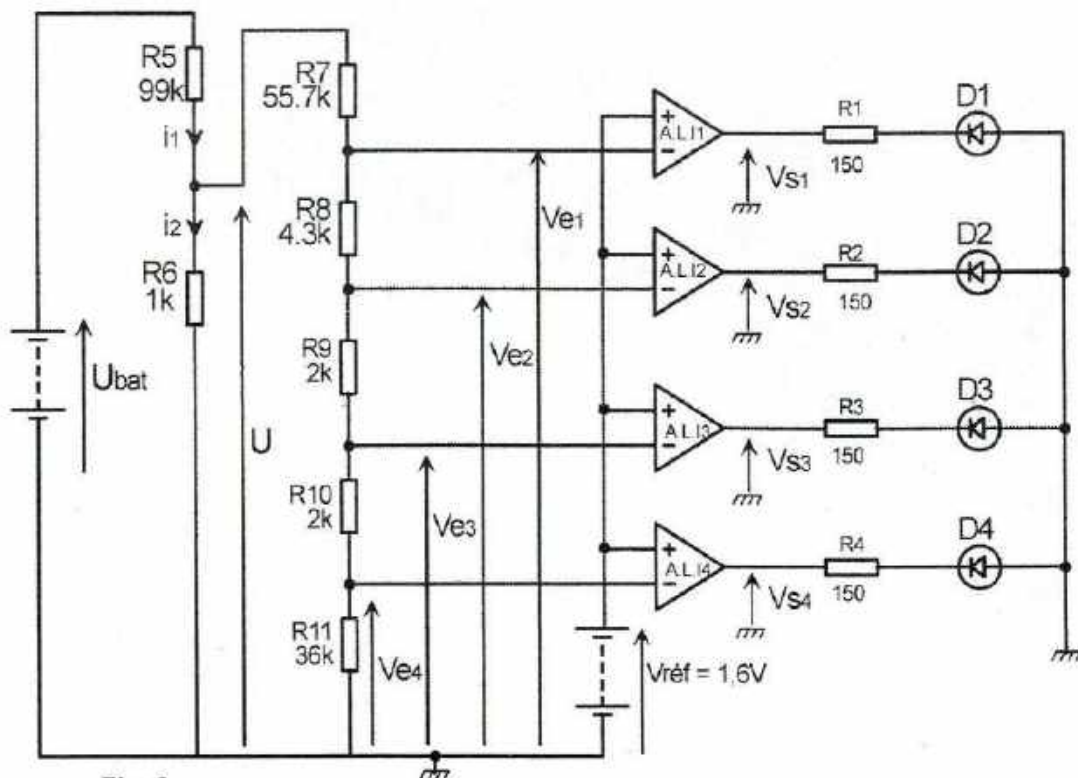
diminue jusqu'à extinction de toutes les diodes lorsque les batteries sont complètement déchargées.

On donne ci-dessous la variation de la tension à vide des batteries en fonction de la décharge en %. Cette caractéristique est obtenue suite à des essais à vide.



- Pour $U_{bat} < 360V$, les batteries sont totalement déchargées et aucune diode n'est allumée ;
- Pour $U_{bat} \geq 440V$, les batteries sont totalement chargées et les quatre diodes s'allument ;
- Pour $360V \leq U_{bat} < 440V$, la décharge varie selon la caractéristique subdivisée en trois zones qui sont assimilées à trois segments de droite :
 - Zone ① : $\Rightarrow$ trois diodes "D1, D2, D3" s'allument ;
 - Zone ② : $U_{bat} = 420 - (D_{ch}(\%) - 10)/4 \Rightarrow$ deux diodes "D1 et D2" s'allument ;
 - Zone ③ : $U_{bat} = 760 - 4 \times D_{ch}(\%) \Rightarrow$ une seule diode "D1" s'allume.

5.1. Solution câblée : Montage à base d'A.L.I



5.2. Solution programmée : Montage à base de microcontrôleur

Le montage ci-dessous permet aussi d'afficher sur un L.C.D la tension à vide aux bornes des batteries et le niveau de la charge approximative en %.

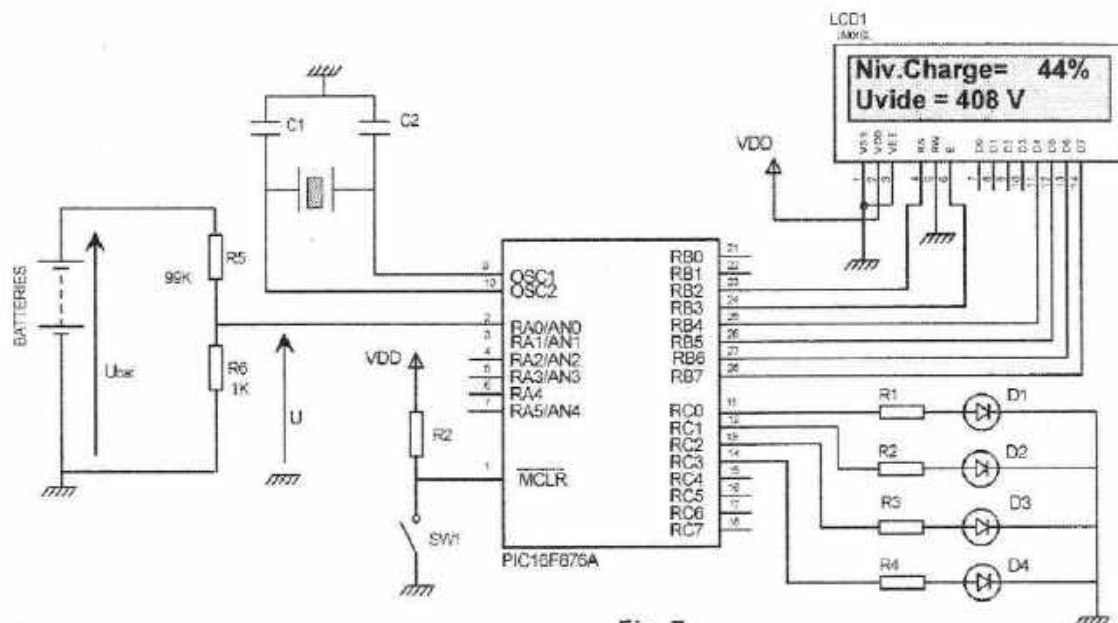
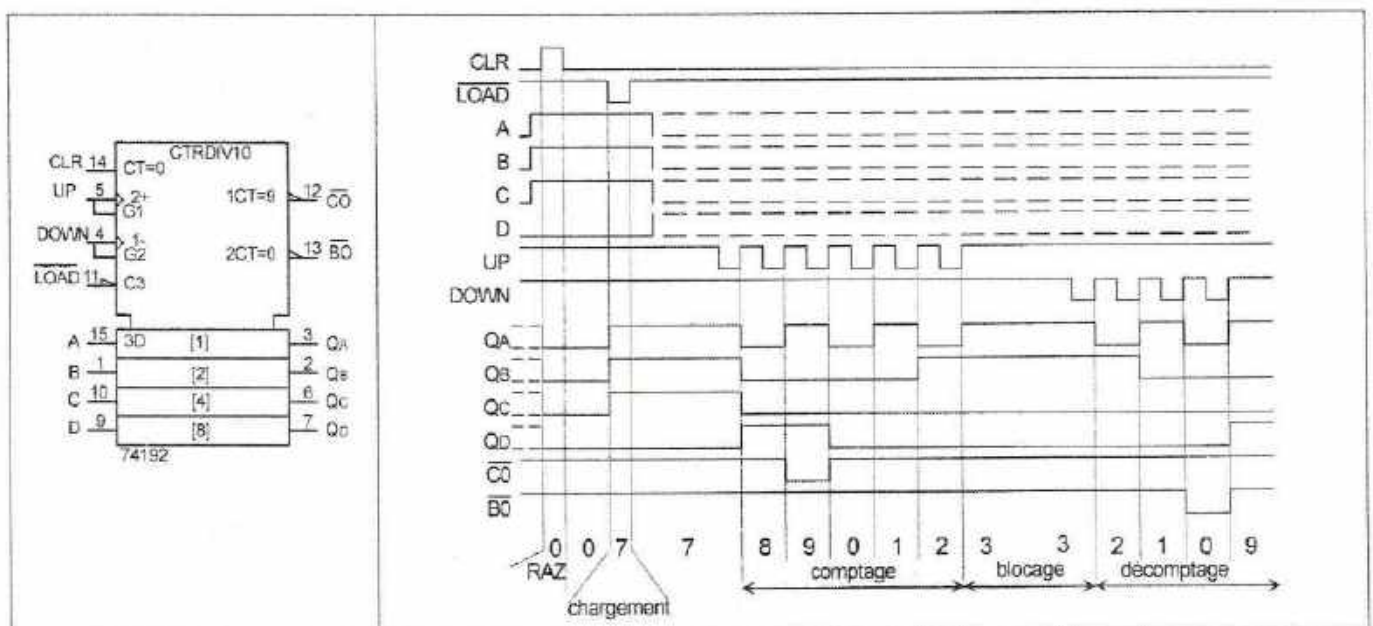


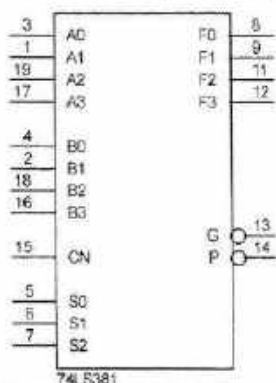
Fig. 7

6. Extrait des documents constructeurs

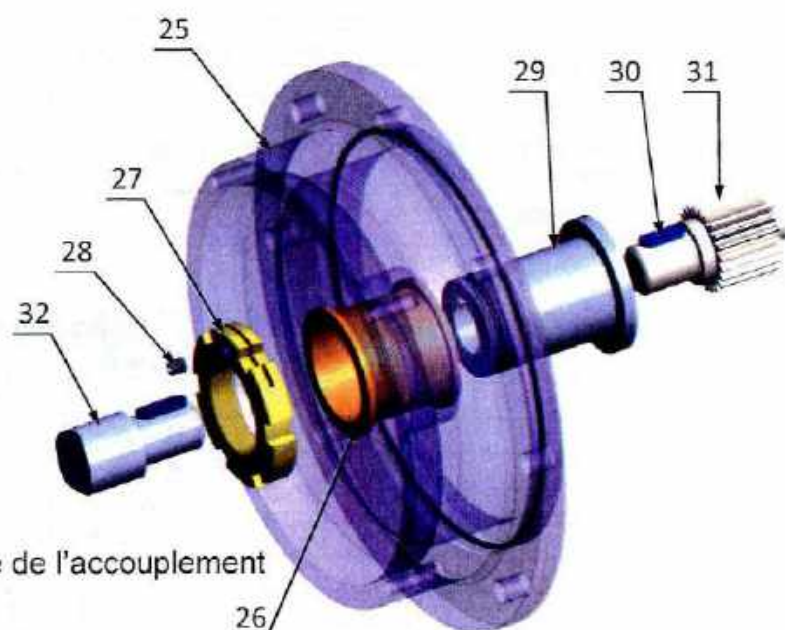
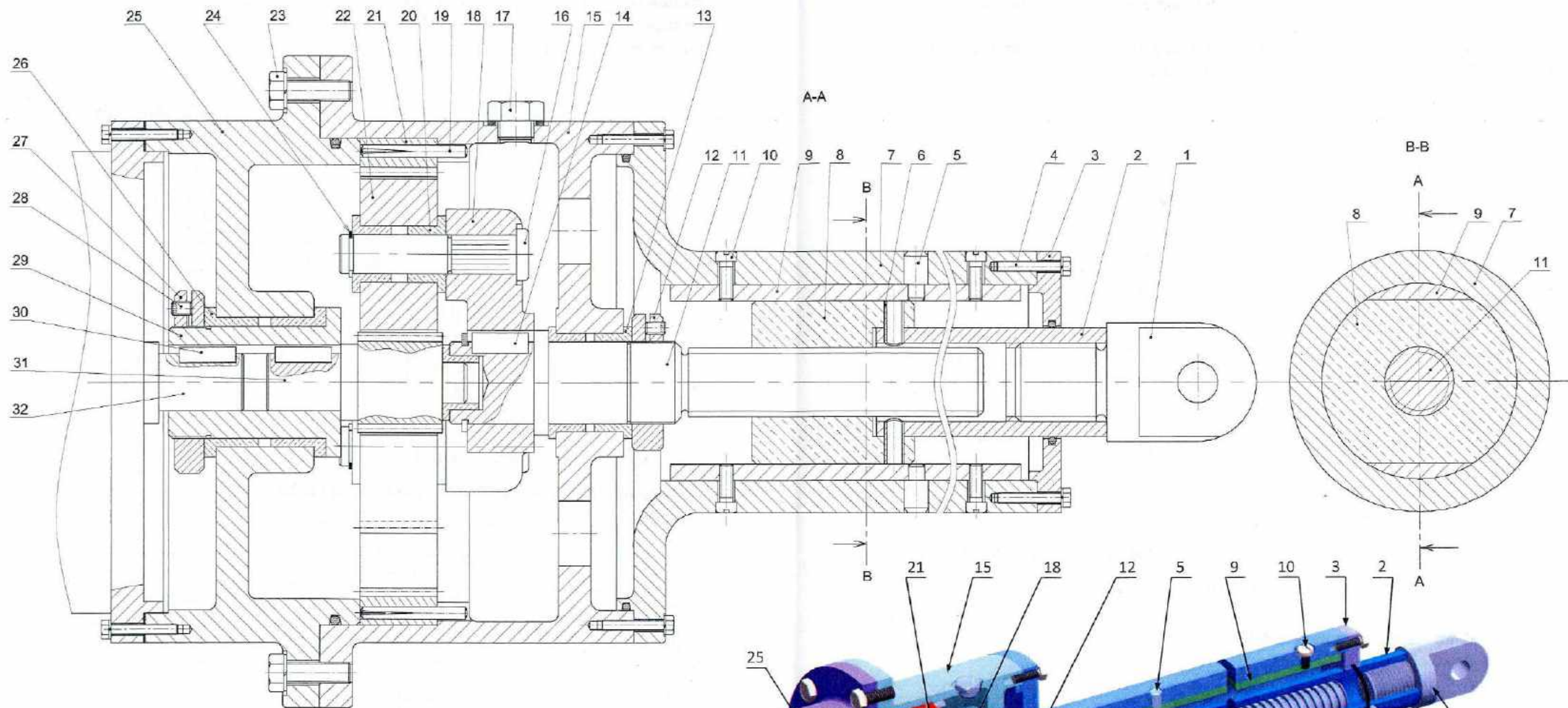
Compteur/Décompteur synchrone décimal «74192»



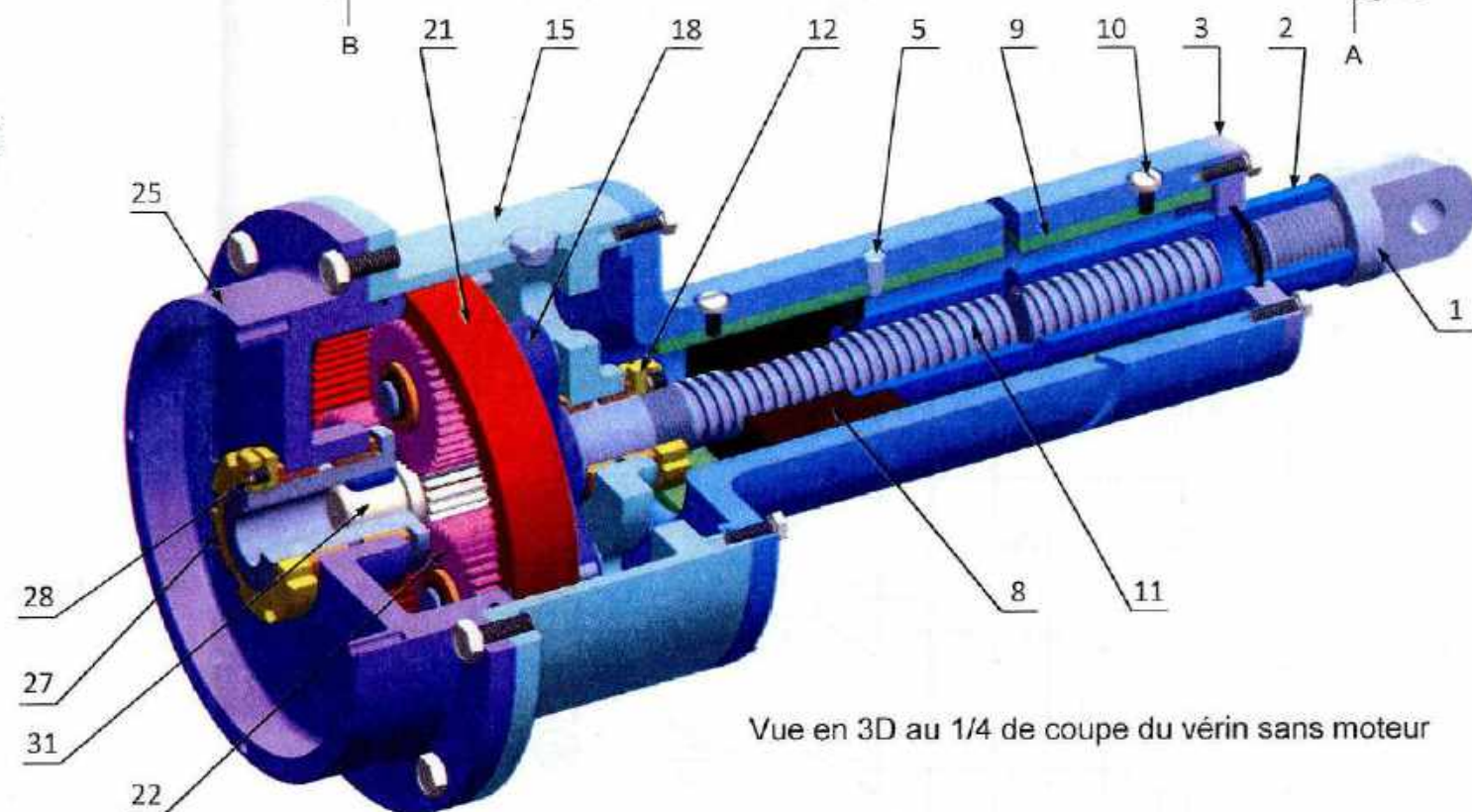
Unité arithmétique et logique



Entrées de sélection			Opération réalisée	
S2	S1	S0	C _N = 0	C _N = 1
0	0	0	F = 0000	
0	0	1	F = B - A - 1	F = B - A
0	1	0	F = A - B - 1	F = A - B
0	1	1	F = A + B	F = A + B + 1
1	0	0	F = A XOR B	
1	0	1	F = A OU B	
1	1	0	F = A ET B	
1	1	1	F = 1111	



Vue éclatée de l'accouplement



Vue en 3D au 1/4 de coupe du vérin sans moteur

Echelle: 1:1



BUS ELECTRIQUE

VERIN ELECTRIQUE

D. T: page 7/7



A. PARTIE GÉNIE MÉCANIQUE

A.1. Analyse fonctionnelle

En se référant au dessin d'ensemble du dossier technique page 7/7, compléter sur la vue en 3D ci-dessous les fonctions techniques ou les processeurs associés.

Train épicycloïdal (14, 16, 18, 19, 21, 22, 31)

FT2 :

FT23 : Guider en rotation le pignon (22) par rapport à l'axe (16)

Accouplement (27, 28, 29) et clavettes (30)

FT1 :

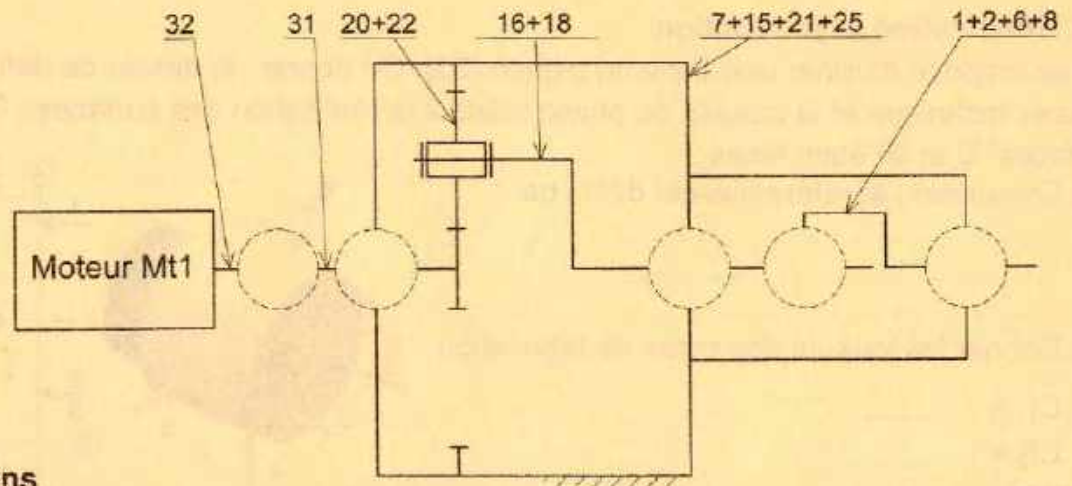
Vis (11) et écrou (8)

FT4 :

A.2. Analyse structurelle et conception

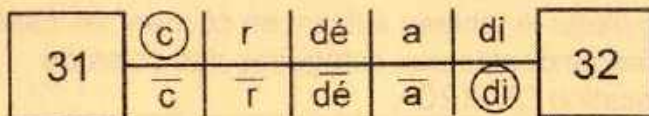
2.1. Schéma cinématique

Compléter le schéma cinématique ci-dessous par les symboles des liaisons et celui de l'accouplement.



2.2. Caractère des liaisons

Compléter le graphe des caractères ci-dessous de la liaison entre (31) et (32) en entourant les éléments correspondants manquants.



c	Complète
r	Rigide
dé	Démontable
a	Par adhérence
di	Directe

c	Partielle
r	Elastique
dé	Non démontable
a	Par obstacle
di	Indirecte

2.3. Donner le type du matériau des coussinets (26). Justifier ce choix.

2.4. Donner le rôle de l'écrou fondu (27) et la vis sans tête (28)

2.5. Résistance des matériaux

Dans cette étude on s'intéresse au dimensionnement du pignon arbré (31) accouplé à l'arbre moteur (32). Sous l'effet du couple moteur et du couple résistant, ce pignon arbré (31) est sollicité à la torsion simple et assimilé à une poutre cylindrique à section pleine de diamètre « d ».

- a. Sachant que le moteur tourne à une vitesse de rotation $N_m=3000$ tr/min est de puissance $P_m=1KW$, calculer le couple moteur C_m .

$C_m =$

- b. A partir de la condition d'équilibre en rotation du pignon arbré (31), en déduire le moment de torsion M_t .

$M_t =$

- c. Le pignon arbré (31) est en acier de limite élastique au glissement $Reg = 150$ MPa. En prenant un coefficient de sécurité $s = 5$, déterminer le diamètre de ce pignon arbré pour qu'il résiste en toute sécurité.

$d_{min} =$

- d. En se référant au dessin d'ensemble, relever la valeur du plus petit diamètre du pignon arbré (31) et conclure en mettant une croix dans la case correspondante.

d mesuré	Résiste	Ne résiste pas
.....		

2.6. Etude cinématique

Il s'agit, dans cette partie de vérifier la vitesse maximale de déplacement de la rampe $V_{max}=40$ mm/s imposée dans le cahier de charges.

On donne la formule de Willis : $\frac{\omega_s/\psi_s}{\omega_e/\psi_e} = \frac{\omega_s/\psi_s - \omega_{ps}/\psi_0}{\omega_e/\psi_e - \omega_{ps}/\psi_0} = (-1)^k \frac{\text{Produit des } Z_{menantes}}{\text{Produit des } Z_{menées}}$

et toutes les roues dentées ont le même module « m ». (ω_e : Vitesse angulaire d'entrée ; ω_s : Vitesse angulaire de sortie ; 0 : Bâti fixe ; ψ_s : porte satellites).

- a. Relier les repères des pièces par leurs désignations

(22) •

• Satellites

(21) •

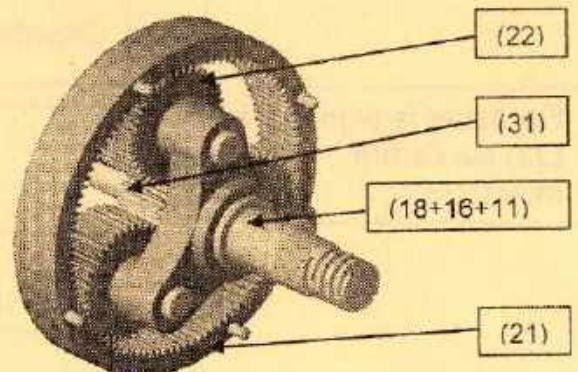
• Planétaire

(18+16+11) •

• Planétaire (couronne)

(31) •

• Porte satellites



Ne rien écrire ici

- b. En utilisant la formule de Willis pour le train épicycloïdal, démontrer que le rapport de transmission entre le porte satellites et le pignon arbré (31) est $r_{31-11} = \frac{z_{31}}{z_{21} + z_{31}}$

- c. Calculer le rapport de transmission r_{31-11}

$r_{31-11} =$

- d. En déduire la vitesse de rotation de la vis (11). On donne $N_m = 3000$ tr/min

$N_{11} =$

- e. Calculer la vitesse de translation de l'embout (1) sachant que la vis (11) est à 1 seul filet de pas = 4 mm.

$V_1 =$

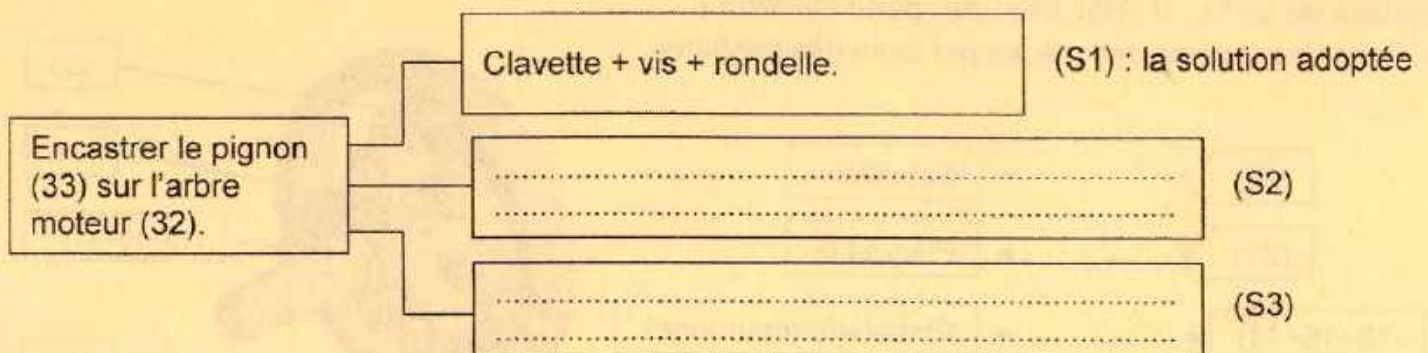
- f. Vérifier la satisfaction de la condition du cahier de charges relative à la vitesse de déplacement de la rampe.

2.7. Conception

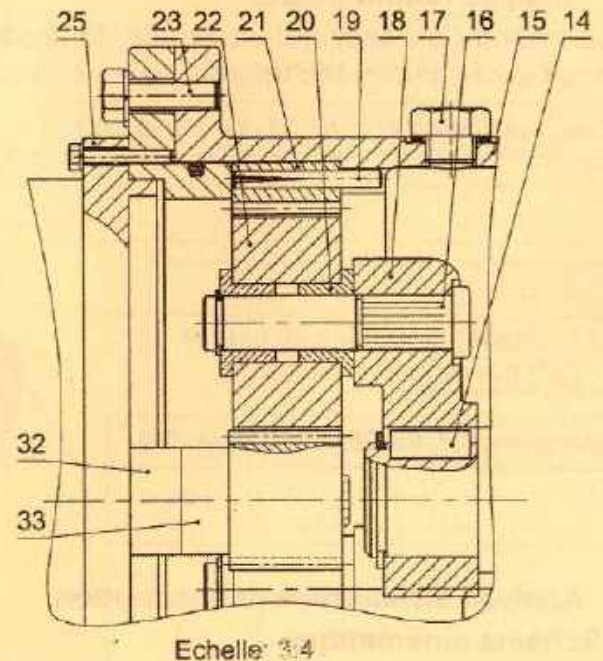
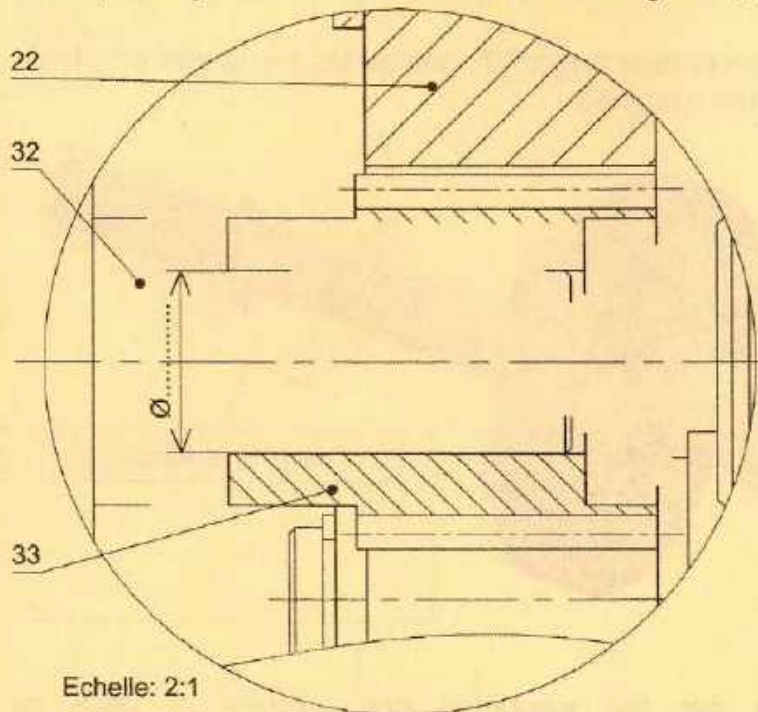
Pour résoudre le problème posé à la page 3/7 du dossier technique, le constructeur propose d'apporter une modification sur la conception du vérin. Cette modification consiste à :

- Enlever l'accouplement (27, 28, 29) et les deux coussinets (26).
- Simplifier la forme du boîtier (25).
- Remplacer le pignon arbré (31) par un nouveau pignon (33) monté directement sur l'arbre moteur (32) voir dossier technique page 4/7.

- a. Compléter le FAST partiel de conception ci-dessous en proposant deux autres solutions qui assurent l'encastrement de (33) avec (32).



- b. Compléter à l'échelle 2 : 1 le dessin représentant la solution adoptée S1 (Clavette parallèle forme A, Vis à tête cylindrique à six pans creux et rondelle plate large). Voir dossier technique page 4/7.
- c. Indiquer l'ajustement nécessaire au montage du pignon (33) sur (32).



A.3. Réalisation et production

On se propose d'usiner une série du pignon (33). On donne : le dessin de définition à la page 4/7 du dossier technique et le croquis de phase relatif à la réalisation des surfaces : ①, ② et ③. Les surfaces ④ et ⑤ étant finies.

3.1. Compléter ; le référentiel est défini par :

-
-
-

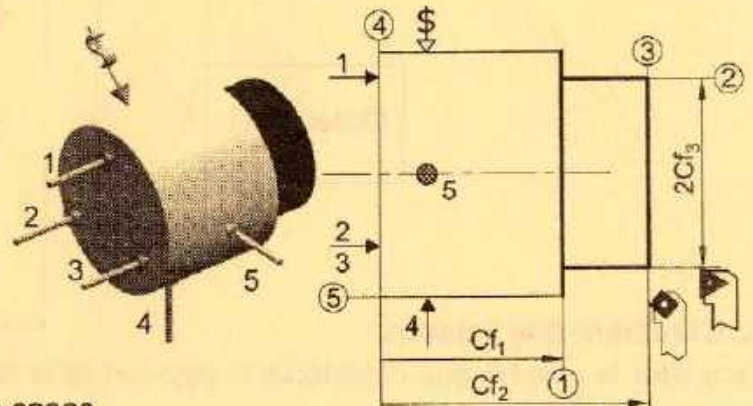
3.2. Donner les valeurs des cotes de fabrication

- $Cf_1 =$
- $Cf_2 =$
- $2Cf_3 =$

3.3. Compléter le tableau suivant en cochant les cases

correspondantes aux opérations d'usinage des surfaces ② et ③ du pignon (33).

Surfaces	Opérations
②	Alésage
	Chariotage
	Filetage
③	Dressage
	Chariotage
	Chanfreinage



3.4. Compléter le tableau suivant en cochant les cases correspondantes aux catégories des cotes de fabrication Cf_1 et $2Cf_3$.

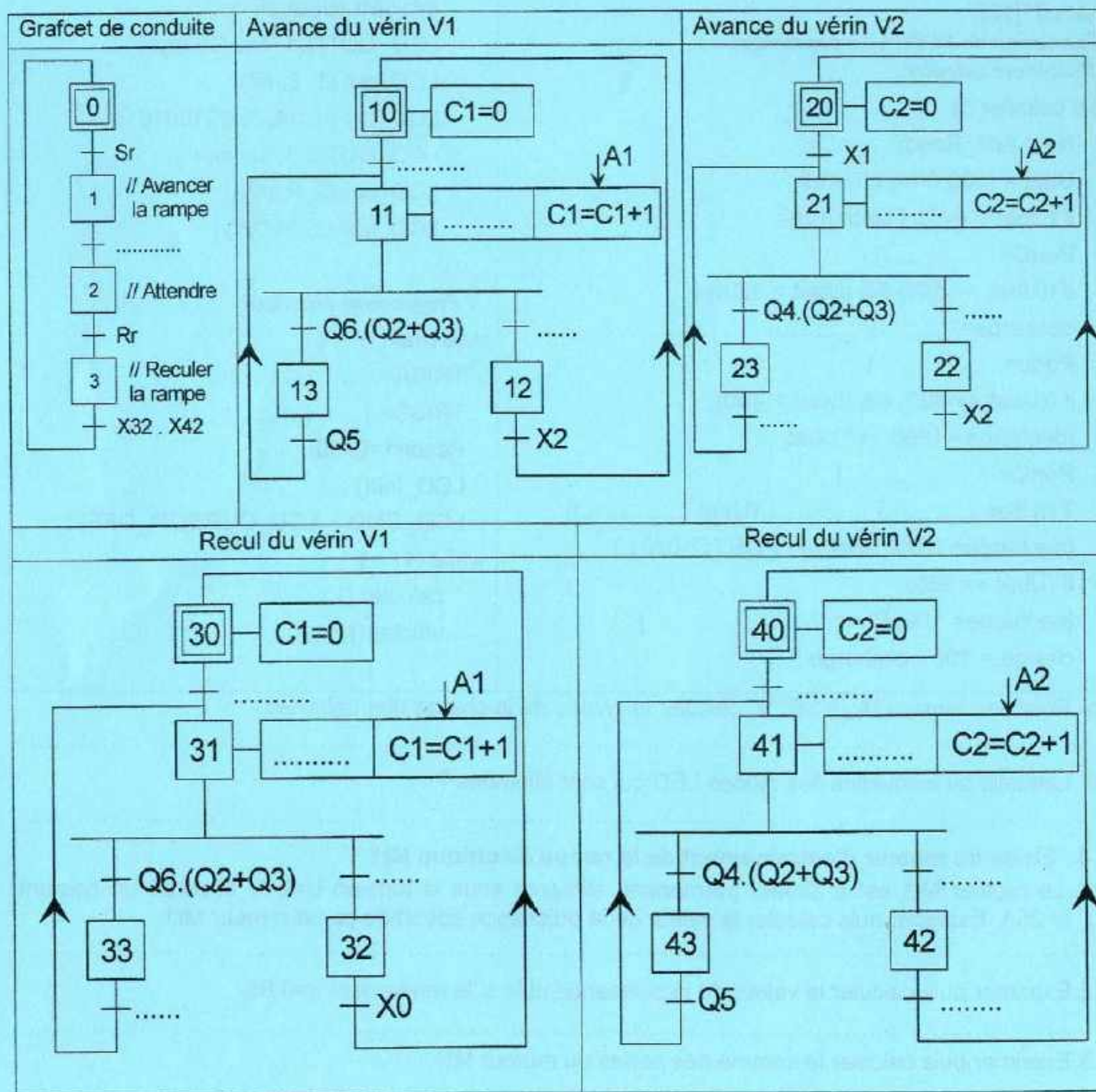
Cote de fabrication	Catégories
Cf_1	Cote machine
	Cote outil
	Cote appareillage
$2Cf_3$	Cote machine
	Cote outil
	Cote appareillage

3<

B. PARTIE GÉNIE ÉLECTRIQUE

B.1. Grafset synchronisé

1.1. En se référant aux pages 1/7, 2/7 et 4/7 du dossier technique, compléter le grafset synchronisé d'un point de vue de la partie commande décrivant le fonctionnement de la rampe électrique.



1.2. Ces graficets sont gérés par un microcontrôleur type PIC 16F876A

Déterminer l'équation d'activation et l'équation de désactivation de l'étape 43

$A_{43} =$

$D_{43} =$

1.3. Traduire ces deux équations en instructions MikroC

.....

.....

B.2. Etude de la carte de commande de la rampe électrique

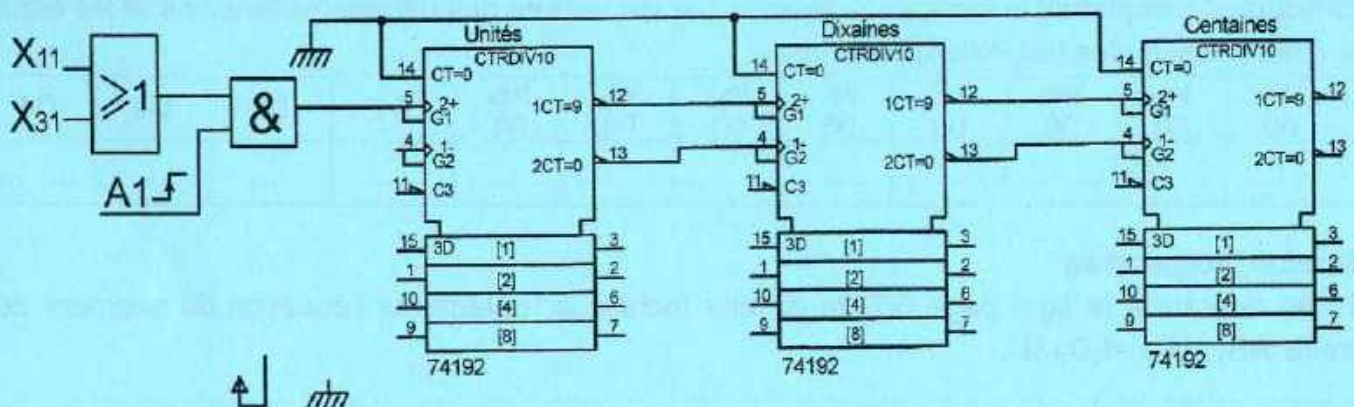
2.1. En se référant à l'extrait du document constructeur page 6/7 du dossier technique, répondre par vrai ou faux aux propositions données dans le tableau ci-dessous.

Proposition	Vrai ou Faux
Le circuit 74192 est un compteur binaire	
L'entrée $\overline{LOAD}$ est une entrée de préchargement synchrone	
L'entrée CLR est une entrée de remise à zéro asynchrone	
Le circuit 74192 se bloque si $Up=DOWN=1$	
Le circuit 74192 fonctionne en mode décompteur si l'horloge est appliquée à DOWN et $Up=0$.	

2.2. En se référant au paragraphe 2.1 page 2/7 et au document constructeur page 6/7 du dossier technique, déterminer le nombre d'impulsions (N) générées par chacun des deux encodeurs magnétiques pour une course maximale de 80cm.

2.3. En déduire le modulo (M) de chacun des compteurs C1 et C2.

2.4. Compléter le circuit logique du compteur d'impulsions C1 en ajoutant la ou les portes logiques nécessaires.



2.5. En se référant au paragraphe 2.1 page 2/7 et au document constructeur de l'U.A.L page 6/7 du dossier technique, analyser le fonctionnement de la carte de commande en complétant le tableau ci-dessous sachant que $E_{c_{réf}} = (1010)_2 = (10)_{10}$, $\ell_{11}=0$ et $\ell_{21}=0$.

	Comparateur 1 (0 ou 1)			U.A.L (74381)		Comparateur 2 (0 ou 1)			État des moteurs (marche ou arrêt)	
	Q4	Q5	Q6	Opération réalisée ($C_N = 1$)	Résultat du calcul	Q1	Q2	Q3	Moteur Mt1	Moteur Mt2
$N1 < N2$	1	.....	0	.....	$E_c = (0101)_2 = (5)_{10}$	1	0	0	Marche	Marche
$N1 > N2$	0	.....	.....	.....	$E_c = (1001)_2 = (9)_{10}$	.....	.....	0	.....	.....
$N1 < N2$	.....	0	.....	$E_c = N2 - N1$	$E_c = (1010)_2 = (10)_{10}$	0	1	0	.....	Arrêt
$N1 > N2$	.....	0	.....	.....	$E_c = (1010)_2 = (10)_{10}$	.....	.....	0	.....	.....

B.3. Etude du module de gestion de la charge des batteries

3.1. Solution câblée

Se référer, dans cette partie, aux pages 4/7 et 5/7 du dossier technique.

a. Quel est le régime de fonctionnement des A.L.I utilisés ?

.....

b. Exprimer U en fonction de U_{bat} en supposant que $i_1=i_2$.

.....

c. Exprimer chacune des tensions Ve_1 , Ve_2 , Ve_3 et Ve_4 en fonction de U, R7, R8, R9, R10 et R11.

$Ve_1 =$ $Ve_2 =$

$Ve_3 =$ $Ve_4 =$

d. Les A.L.I sont supposés parfaits et polarisés par les tensions $\pm 12V$.

Pour $U_{bat} = 410V$, analyser le fonctionnement du circuit de la figure 6 page 5/7 du dossier technique en complétant le tableau ci-dessous par les valeurs des différentes tensions et les états des différentes diodes (allumée ou éteinte).

U(v)	Ve_1 (V)	Ve_2 (V)	Ve_3 (V)	Ve_4 (V)	Vs_1 (V)	Vs_2 (V)	Vs_3 (V)	Vs_4 (V)	D1	D2	D3	D4
4,1												

3.2. Solution programmée

a. En se référant à la fig.5 page 5/7 du dossier technique, déterminer l'équation du segment de droite [AB] : $U_{bat} = f(D_{ch}\%)$.

.....

.....

.....

.....

- b. En se référant aux pages 5/7 et 6/7, compléter les lignes d'instructions du programme en MikroC, permettant le calcul et l'affichage de l'état de charge des batteries et la tension à vide entre leurs bornes.

<pre>//Déclaration des variables unsigned int Nv ; float Ubat, decharge, charge; char aff[12]; char aff1[12]; //Connexion de LCD (A ne pas traiter) // Procédure calculer void calculer () { Nv = Adc_Read(.....) ; Ubat = (500.0*Nv)/1023.0 ; if (Ubat > 440) { decharge=; PortC=.....;} if ((Ubat <= 440) && (Ubat > 420)) { decharge=.....; PortC=.....; } if ((Ubat <= 420) && (Ubat > 400)) {decharge= 1690 - 4* Ubat; PortC=; } if ((Ubat) (Ubat)) {decharge= (760- Ubat)/4 ; PORTC=0x01;} if (Ubat <= 360) {decharge= 100; Portc=.....; } charge = 100 - decharge ; }</pre>	<pre>// Procédure afficher void afficher () { IntToStr (charge,aff); IntToStr (Ubat,aff1); LCD_OUT(1,1,"Niv.Charge="); LCD_out (1, 8, aff) ; LCD_chr (1, 14, 0b00100101); LCD_OUT(2,1,"Uvide="); LCD_out (2, 8,aff1) ; LCD_out (2, 14,"V") ; } // Programme principal void main () { TRISA=.....; TRISC=.....; Adcon1=0x80; LCD_Init() ; LCD_CMD (_LCD_CURSOR_OFF); while (1) { calculer () ; afficher(); } }</pre>
---	--

- c. Pour une tension $U_{bat} = 380 \text{ V}$, calculer le niveau de la charge des batteries
-

- d. Laquelle ou lesquelles des diodes LED qui sont allumées ?
-

B.4. Etude du moteur d'entrainement de la rampe électrique Mt1

- 4.1. Le moteur Mt1 est à aimant permanent, alimenté sous la tension $U=24\text{V}$ absorbe un courant $I=25\text{A}$. Exprimer puis calculer la valeur de la puissance absorbée par le moteur Mt1.
-

- 4.2. Exprimer puis calculer la valeur de la puissance utile si le rendement $\eta=0,85$.
-

- 4.3. Exprimer puis calculer la somme des pertes du moteur Mt1.
- $\Sigma \text{pertes} =$

- 4.4. Exprimer puis calculer la valeur du couple utile si la vitesse de rotation est de 3000tr/min.
-