


<b>RÉPUBLIQUE TUNISIENNE</b> <b>MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION</b> <b>EXAMEN DU BACCALAURÉAT</b> <b>SESSION 2020</b>	<b>Session principale</b>	
	 Épreuve : <b>Technologie</b>	Section : <b>Sciences Techniques</b>
	Durée : <b>4h</b>	Coefficient de l'épreuve : <b>3</b>

β β β β β β

### 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

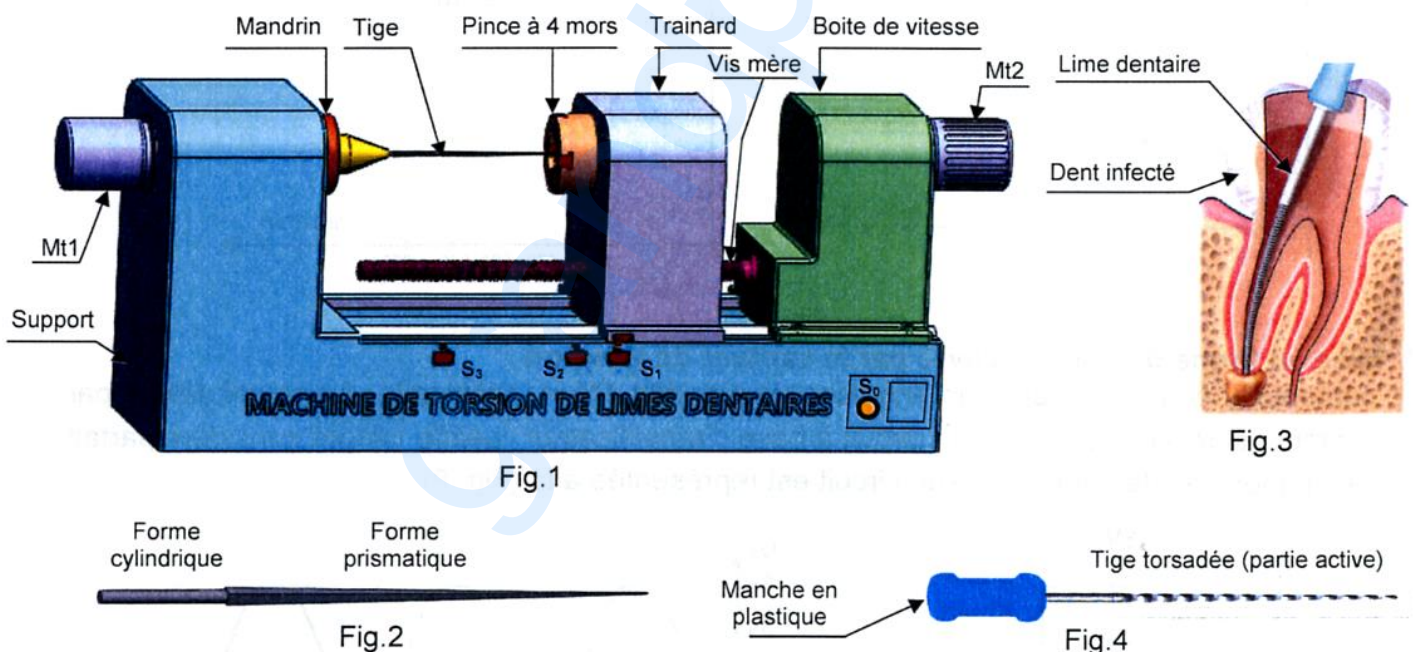
- A. Partie génie mécanique : pages 1/8, 2/8, 3/8 et 4/8 (10 points).
- B. Partie génie électrique : pages 5/8, 6/8, 7/8 et 8/8 (10 points).

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

## MACHINE DE TORSION DE LIMES DENTAIRES

### 1. Présentation

La machine (Fig.1) est destinée à la torsion des tiges meulées (Fig.2) afin d'avoir des limes dentaires utilisées par les dentistes pour le traitement d'une dent infectée (Fig.3). La lime est composée d'une manche en plastique et d'une tige torsadée en acier inoxydable représentant sa partie active (Fig.4).



Le serrage de la tige meulée au niveau de sa forme cylindrique (Fig.2) est assuré par le mandrin. L'opération de torsadage est assurée par la rotation du mandrin entraîné par le moteur Mt1, le blocage de la tige au niveau de sa forme prismatique par la pince à 4 mors et l'avance et le recul du trainard. Le déplacement du trainard est assuré par un système vis-écrou et une boîte de vitesses accouplée au moteur Mt2.

## 2. Description de fonctionnement du mécanisme d'avance et de recul du trainard

L'avance et le recul du trainard sont assurés par un système vis-écrou et un guidage prismatique (Fig.1).

L'écrou est fixé sur le trainard et la vis est animée d'un mouvement de rotation à l'aide de la boîte de vitesses (page 7/7 du dossier technique).

Le mouvement de rotation de l'arbre moteur (1) est transmis vers la vis mère (36) à travers un ensemble de roues dentées et l'un des deux embrayages E1 ou E2 selon la vitesse de déplacement du trainard.

## 3. Nomenclature

Rep.	Nbr.	Désignation
1	1	Arbre moteur
2	1	Vis de pression
3	7	Vis CHc
4	1	Support moteur
5	1	Flasque droite
6	1	Pignon Z = 30
7	1	Carter
8	2	Cloche
9	2	Bague collectrice
10	1	Pignon Z = 54
11	1	Clavette disque
12	2	Roulement BC
13	1	Bague entretoise
14	1	Anneau élastique
15	1	Rondelle spéciale
16	4	Disque intérieur
17	4	Disque extérieur
18	5	Vis CHc
19	1	Roue dentée Z = 113
20	1	Manchon cannelé
21	12	Vis CHc
22	4	Roulement BC
23	3	Bague entretoise

Rep.	Nbr.	Désignation
24	1	Arbre
25	4	Clavette parallèle
26	2	Anneau élastique
27	2	Bobine (KA2, KA3)
28	2	Roulement BC
29	2	Anneau élastique
30	1	Pignon arbré Z = 35
31	1	Flasque gauche
32	1	Roulement à aiguilles
33	1	Roue dentée Z = 94
34	1	Vis CHc
35	1	Bouchon de remplissage
36	1	Vis mère
37	2	Roulement BC
38	1	Couvercle
39	1	Pignon arbré Z = 104
40	2	Plateau de pression
41	2	Support bobine
42	1	Roue dentée Z = 118
43	1	Bague à collerette
44	4	Vis CHc
45	1	Clavette parallèle



#### 4. Fonctionnement de la machine

Le trainard étant en position initiale ( $S_1$  actionné). La mise manuelle d'une tige meulée dans le mandrin et l'appui sur  $S_0$  entraîne le fonctionnement de la machine qui est décrit par le GRAFCET de conduite ci-dessous.

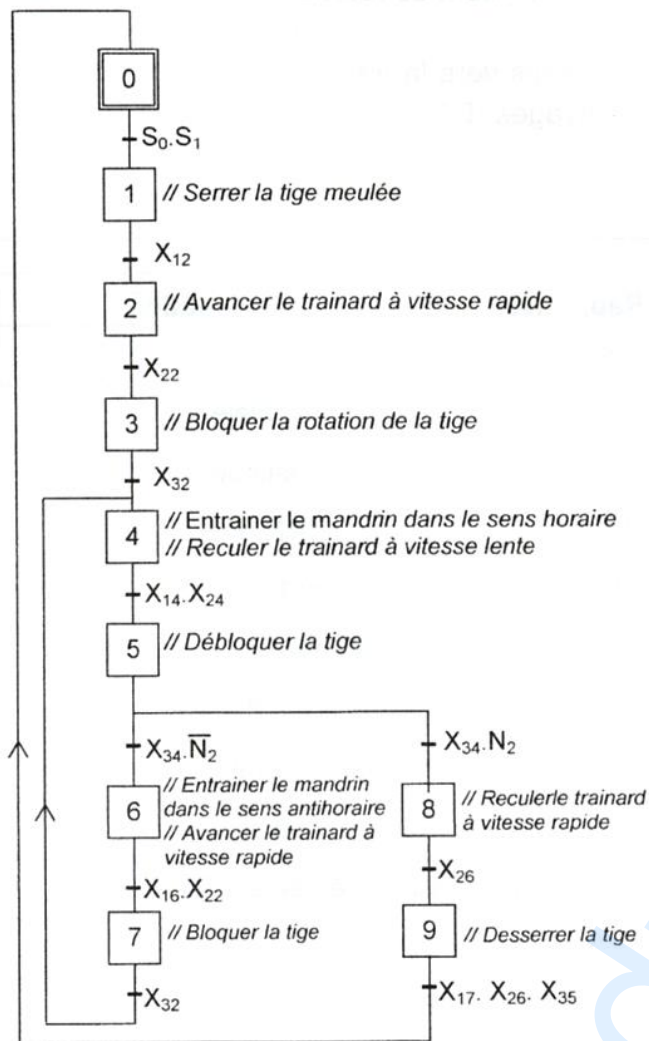


Fig.5

##### Tâche 1 : Mandrin

L'étape 1 du grafcet de conduite enclenche successivement les actions suivantes :

- La tige meulée est serrée par les mors du mandrin ( $S_4=1$ ) puis une étape d'attente est activée.
- L'étape 4 du grafcet de conduite permet d'entraîner en rotation le mandrin en sens horaire effectuant continuellement 12 tours ( $N_1=1$ ). Puis, une étape d'attente est activée.
- Si ( $X_6 = 1$ ), alors le mandrin effectue 12 tours en sens antihoraire ( $\bar{N}_1 = 1$ ). Puis, une étape d'attente est activée.
- L'étape 4 permet d'activer l'étape 13.
- Si ( $X_9 = 1$ ), la lime est desserrée jusqu'à ce que  $S_4$  soit non actionné ( $\bar{S}_4 = 1$ ) Puis, une étape d'attente est activée.
- Le grafcet de la tâche 1 est initialisé par l'étape 0 du grafcet de conduite.

##### Tâche 2 : Trainard

L'étape 2 du grafcet de conduite enclenche successivement les actions suivantes :

- Le trainard avance à une vitesse rapide jusqu'au capteur  $S_3$ . Puis, une étape d'attente est activée.
- L'étape 4 du grafcet de conduite permet de reculer le trainard à une vitesse lente jusqu'au capteur  $S_2$ . Puis une étape d'attente est activée.

- Si ( $X_6 = 1$ ), la séquence reprend : avance puis recul du trainard selon les vitesses déjà prescrites ;
- Si ( $X_8 = 1$ ), le trainard recule rapidement jusqu'à  $S_1$  puis une étape d'attente est activée.
- Le grafcet de la tâche 2 est initialisé par l'étape 0 du grafcet de conduite.

##### Tâche 3 : Pince

L'étape 3 du grafcet de conduite enclenche successivement les actions suivantes :

- La pince bloque la tige meulée par la sortie de ses quatre mors jusqu'à l'action du capteur  $S_5$ . Puis, une étape d'attente est activée. La tige reste bloquée pendant cette étape.
- L'étape 5 du grafcet de conduite permet de débloquent la tige en ouvrant la pince jusqu'à ce que le capteur  $S_5$  soit non actionné ( $\bar{S}_5 = 1$ ). Ensuite, une étape d'attente est activée.
- Si ( $X_7 = 1$ ), la séquence reprend : blocage puis déblocage de la tige.
- Si ( $X_9 = 1$ ), une étape d'attente est activée.
- Le grafcet de la tâche 3 est initialisé par l'étape 0 du grafcet de conduite.

### 5. Choix technologique

ENTREES	
Désignation	Fonction
S <sub>0</sub>	Départ cycle
S <sub>1</sub>	Trainard en position initiale
S <sub>2</sub>	Fin de la torsion
S <sub>3</sub>	Trainard en position finale
S <sub>4</sub>	Tige serrée
S <sub>5</sub>	Tige bloquée
S <sub>6</sub>	Détecteur de tours du mandrin
N <sub>1</sub>	12 tours du mandrin effectués
N <sub>2</sub>	3 opérations de torsion effectuées

SORTIES		Fonction
Actionneur	Pré-actionneur	
Moteur à courant continu Mt1	KM1	Entrainer le mandrin dans le sens horaire
	KM2	Entrainer le mandrin dans le sens antihoraire
Moteur à courant continu Mt2	KM3	Avancer le trainard
	KM4	Reculer le trainard
Electro-aimant	KA1	Serrer la tige meulée
Embrayage E1	KA2	Vitesse rapide du trainard
Embrayage E2	KA3	Vitesse lente du trainard
Moto-pompe hydraulique	KA4	Bloquer la tige meulée
C1	-	Compter le nombre de tours du mandrin
C2	-	Compter le nombre d'opérations de torsion

**N.B :** Au début de chaque opération de torsion, le capteur S<sub>6</sub>=1. Les 12 tours du mandrin correspondent à 12 détections consécutives de ce capteur.

### 6. Etude du moteur Mt1

Le moteur Mt1 est à courant continu à excitation indépendante ( $U_{ex} = \text{constante}$ ) dont les caractéristiques  $T_u = f(n)$  et  $I = f(n)$ , présentées à la (fig. 6), sont représentées à une tension d'induit constante  $U = 36V$ .

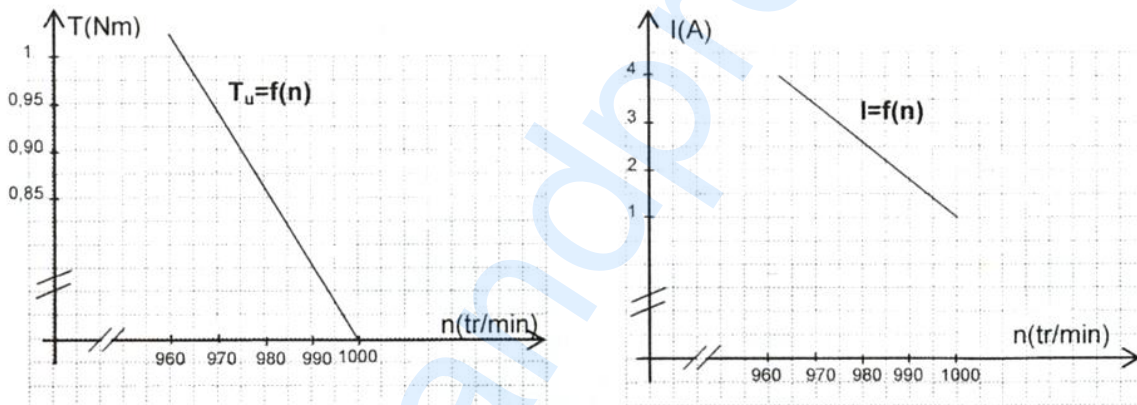


Fig. 6

### 7. Mise en forme du signal délivré par le capteur de position

Le capteur S<sub>6</sub> convertit la position angulaire du mandrin en une tension  $U_1$ . Le signal délivré par ce capteur est mis en forme par un circuit à base d'amplificateur linéaire intégré considéré parfait (Fig.7). La tension de sortie  $U_2$  de ce circuit est représentée à la (Fig. 8).

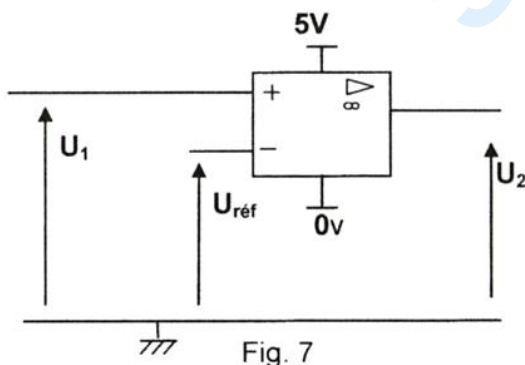


Fig. 7

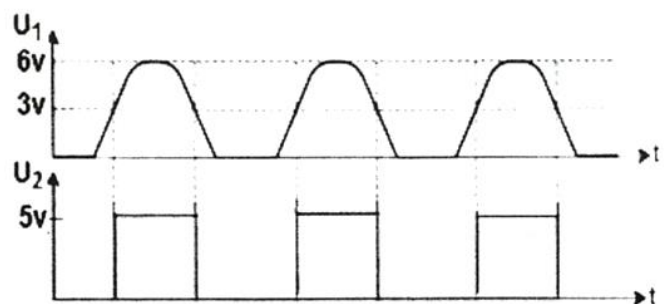


Fig. 8



### 8. Comptage du nombre de tours du mandrin

Le comptage du nombre de tours du mandrin est assuré par une carte électronique à base de circuit intégré 74193 (Fig.9). Le tableau suivant présente le mode de fonctionnement du compteur/décompteur, les états du multiplexeur, du comparateur et du moteur en fonction de l'état des variables  $X_{13}$  et  $X_{15}$  associées aux étapes 13 et 15 du grafcet de la tâche « Mandrin ».

Grafcet tâche "Mandrin"		C.I 74193	MUX 74157		Comparateur 7485	Moteur Mt1
$X_{13}$	$X_{15}$		$\bar{A}/B$	Y		
1	0	Comptage	0	$A_M$	$A_c < B_c$	Rotation horaire
0	0	Blocage	1	$B_M$	$A_c = B_c$	Arrêt
0	1	Décomptage	1	$B_M$	$A_c > B_c$	Rotation anti-horaire
0	0	Blocage	1	$B_M$	$A_c = B_c$	Arrêt

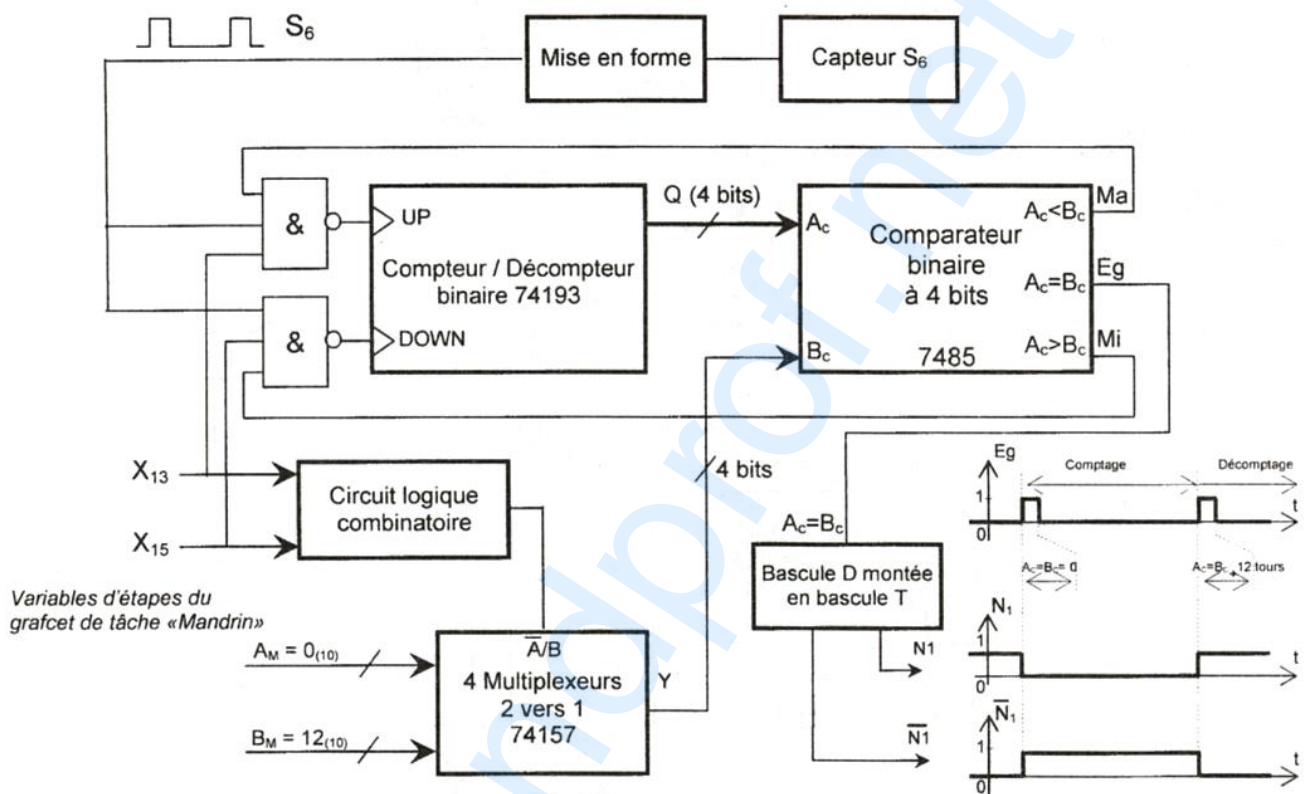


Fig. 9

### 9. Compteur / Décompteur binaire synchrone 74193

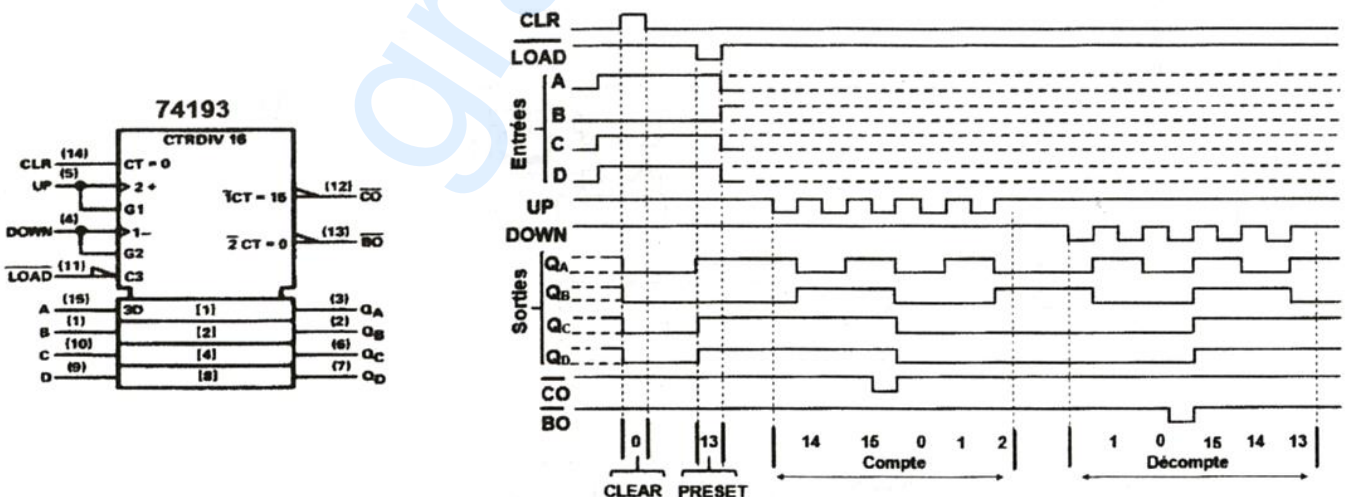


Fig. 10

### 10. Quadruple multiplexeurs (2 vers 1) 74157

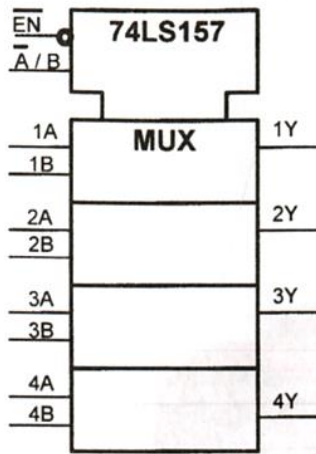


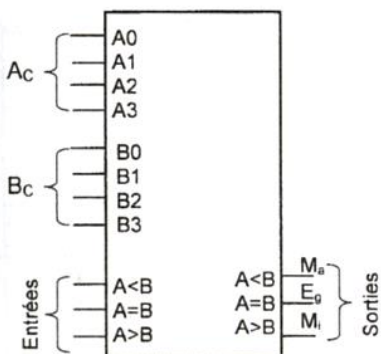
Table de fonctionnement

$\overline{EN}$	$\overline{A/B}$	A	B	Y
H	X	X	X	L
L	L	L	X	L
L	L	H	X	H
L	H	X	L	L
L	H	X	H	H

L : Low "0"  
H : High "1"  
X : 0 ou 1 "φ"

Fig. 11

### 11. Table de fonctionnement du circuit 7485



7485 Fig. 12

Entrées des nombres				Entrées de mise en cascade			Sorties		
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	1	0	0
A3 < B3	x	x	x	x	x	x	0	1	0
A3 = B3	A2 > B2	x	x	x	x	x	1	0	0
A3 = B3	A2 < B2	x	x	x	x	x	0	1	0
A3 = B3	A2 = B2	A1 > B1	x	x	x	x	1	0	0
A3 = B3	A2 = B2	A1 < B1	x	x	x	x	0	1	0
A3 = B3	A2 = B2	A1 = B1	A0 > B0	x	x	x	1	0	0
A3 = B3	A2 = B2	A1 = B1	A0 < B0	x	x	x	0	1	0
A3 = B3	A2 = B2	A1 = B1	A0 = B0	1	0	0	1	0	0
A3 = B3	A2 = B2	A1 = B1	A0 = B0	0	1	0	0	1	0
A3 = B3	A2 = B2	A1 = B1	A0 = B0	0	0	1	0	0	1
A3 = B3	A2 = B2	A1 = B1	A0 = B0	x	x	1	0	0	1
A3 = B3	A2 = B2	A1 = B1	A0 = B0	1	1	0	0	0	0
A3 = B3	A2 = B2	A1 = B1	A0 = B0	0	0	0	1	1	0

### 12. Commande par microcontrôleur Pic 16F876A

Dans le but de diminuer le temps mis par le mandrin en effectuant 12 tours dans le sens anti-horaire, une carte électronique à base de PIC 16F876A (Fig. 13) est utilisée pour augmenter la vitesse du moteur Mt1. Ainsi, le temps mis par le trainard quand il avance de S<sub>2</sub> à S<sub>3</sub> coïncide à celui mis par ce moteur.

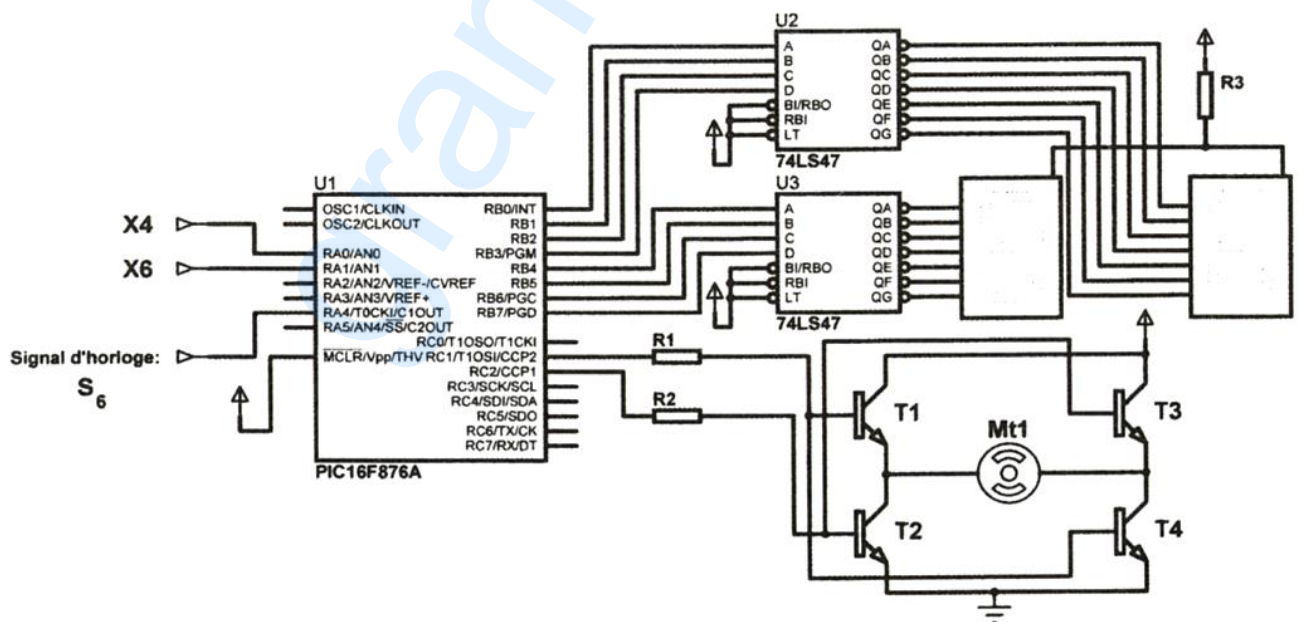
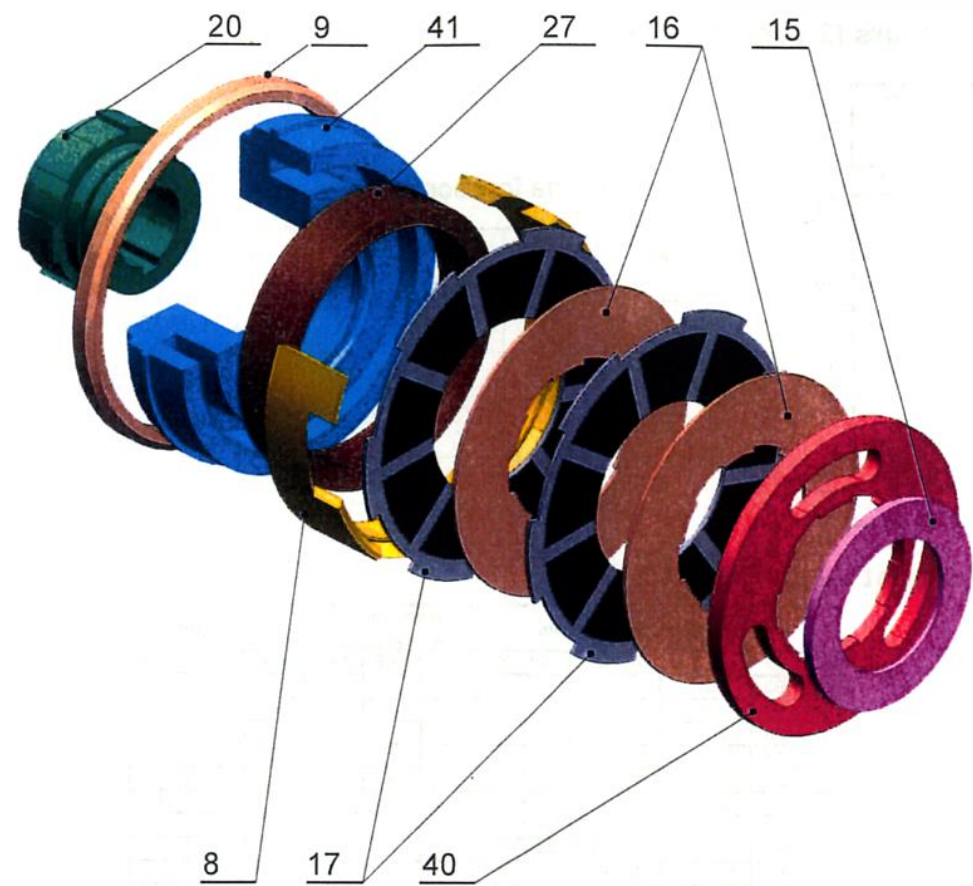
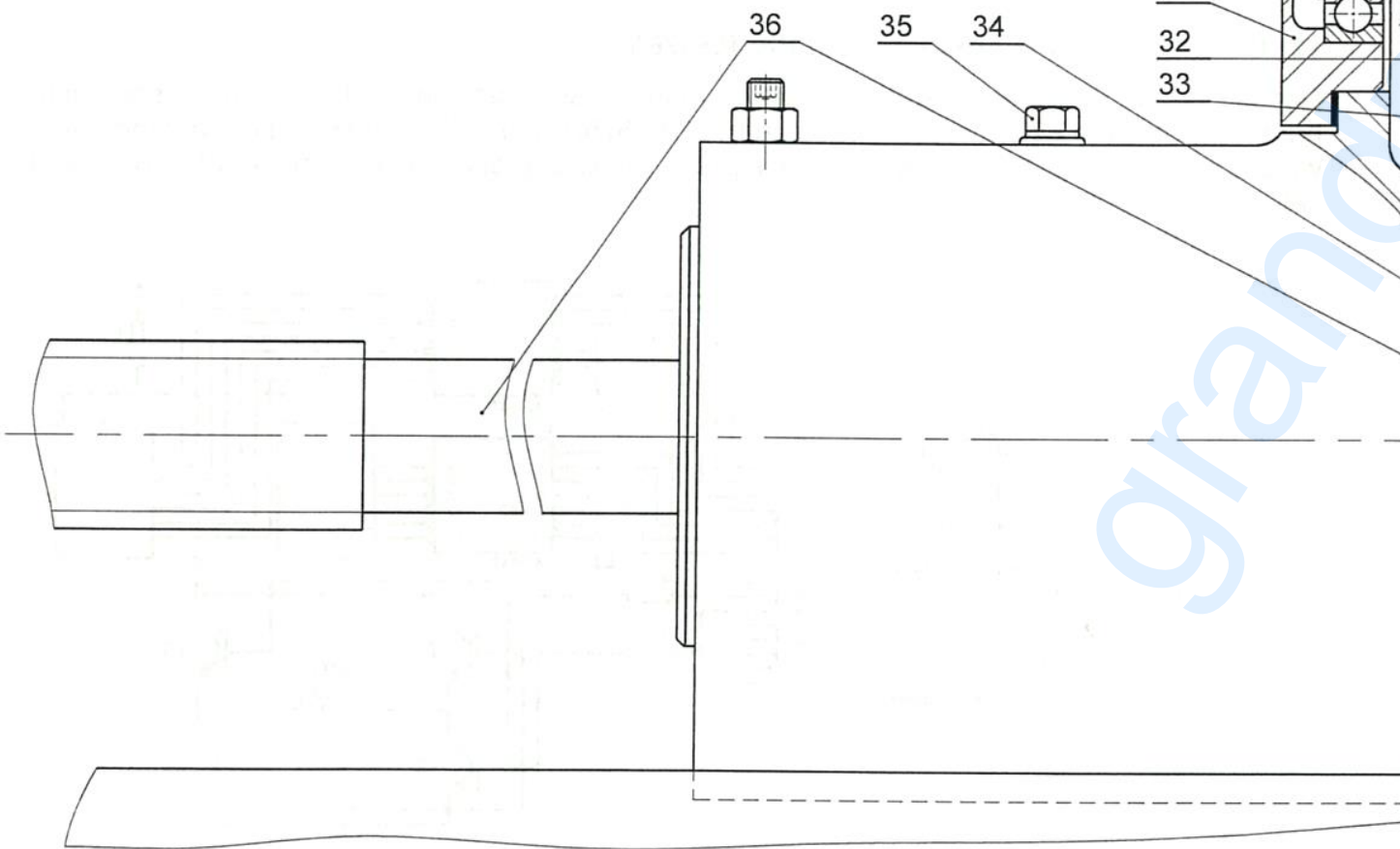
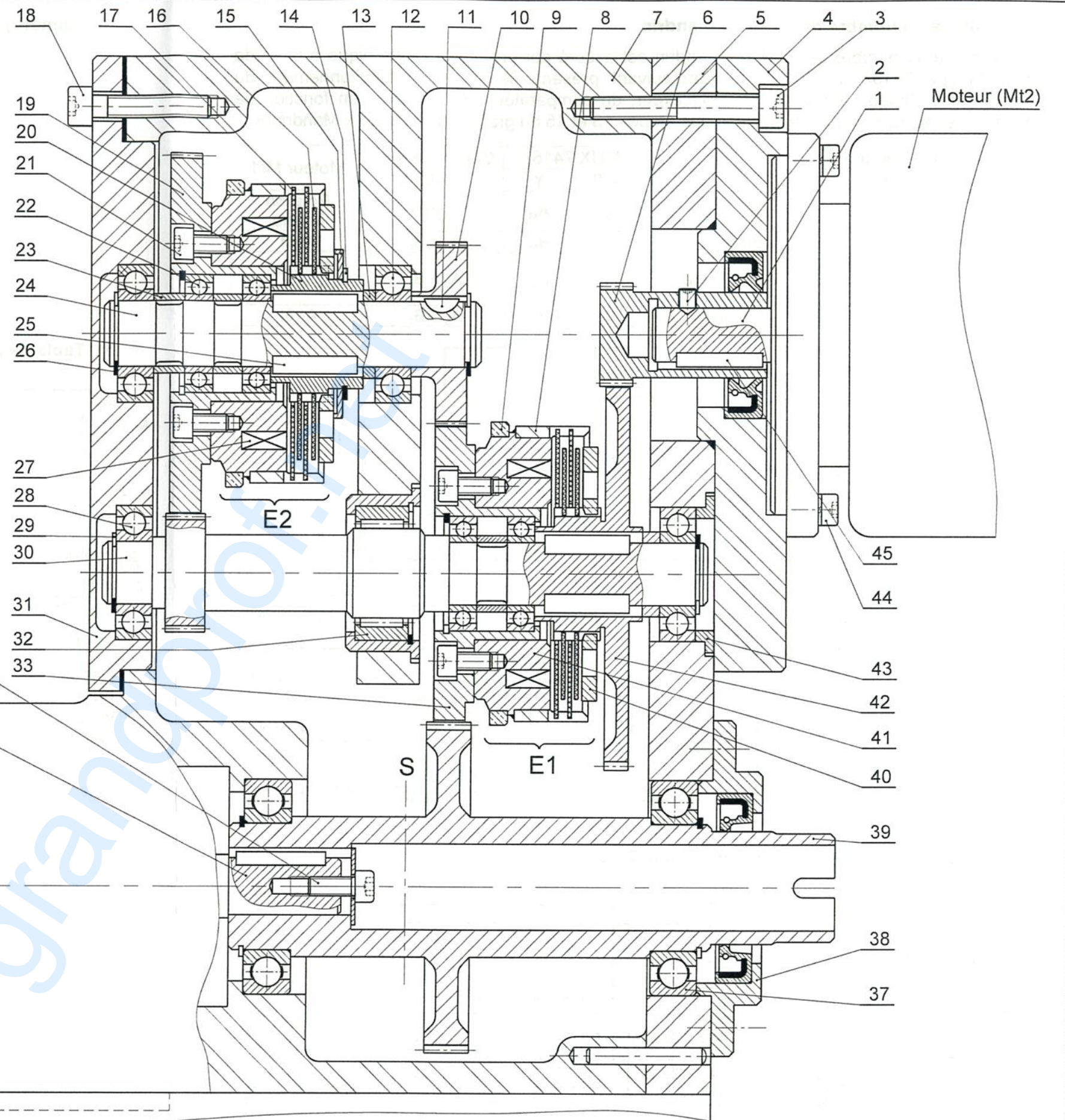


Fig. 13





Vue éclatée de l'embrayage E2



Dossier technique Page 7/7	<b>BOÎTE DE VITESSES</b>	Echelle 1:1
	MACHINE DE TORSION DE LIMES DENTAIRES	Format A3-H



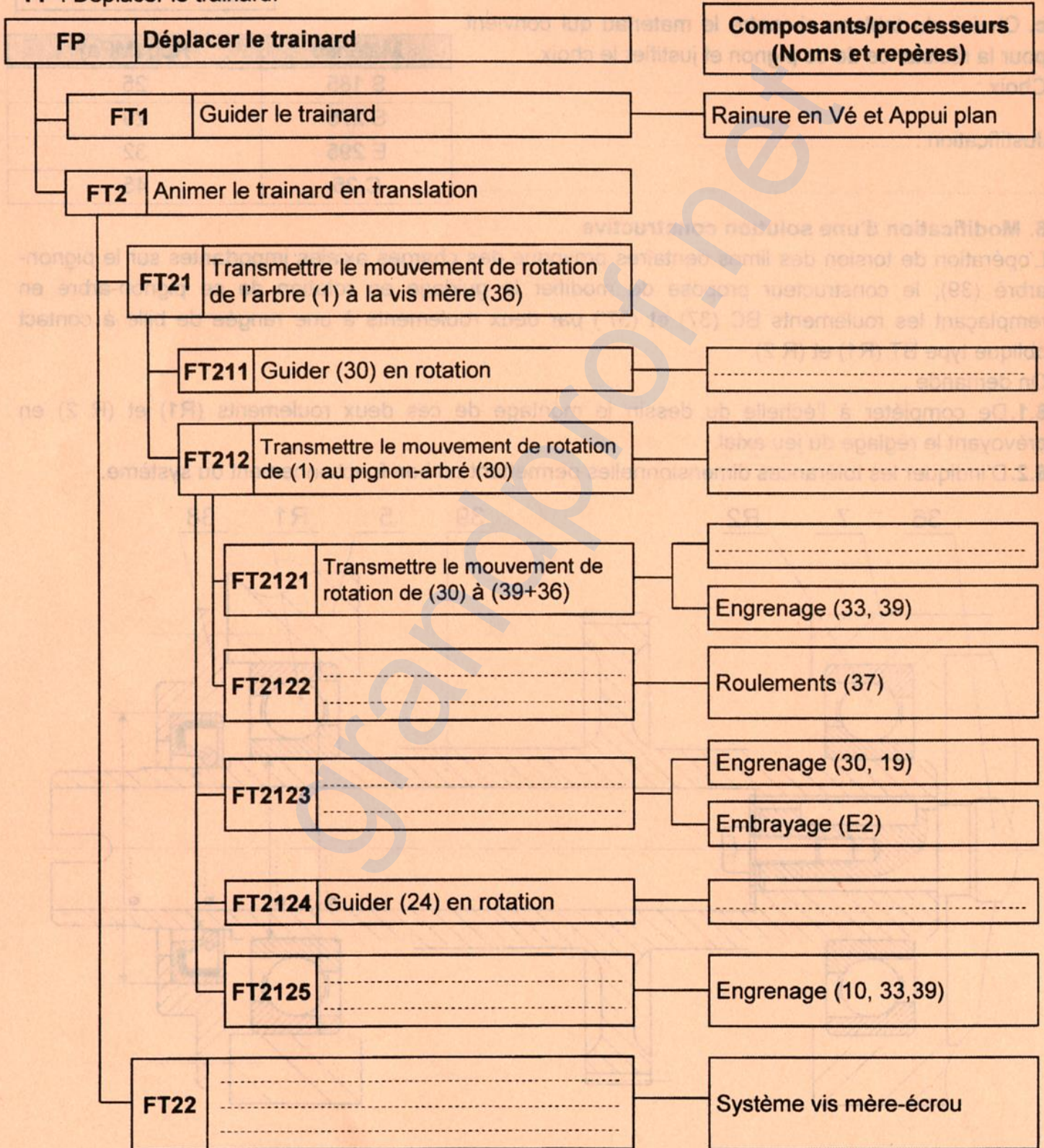
	Section : .....	N° d'inscription : .....	Série : .....
	Nom et Prénom : .....		
	Date et lieu de naissance : .....		

Signatures des surveillants

## A. PARTIE GÉNIE MÉCANIQUE

### 1. Analyse fonctionnelle

A partir du dossier technique, compléter le diagramme FAST descriptif relatif à la fonction principale  
**FP : Déplacer le trainard.**





Ne rien écrire ici

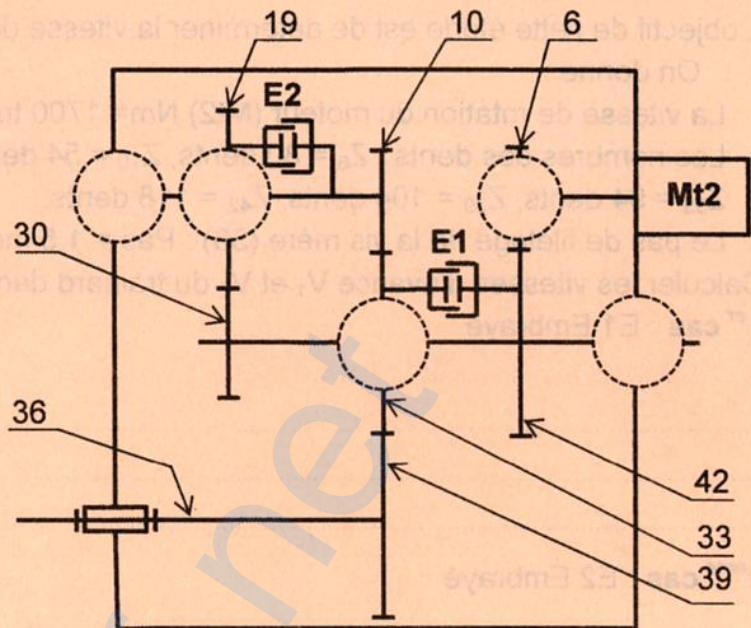
## 2. Schéma cinématique

2.1. En se référant au dossier technique, compléter le schéma cinématique suivant par les symboles normalisés des liaisons.

2.2. Déterminer le sens de rotation de la vis mère (36) par rapport au sens de rotation du moteur (Mt2), en indiquant «*même sens*» ou «*sens contraire*» correspondant aux deux cas suivants :

1<sup>er</sup> cas : E1 Embrayé : .....

2<sup>ème</sup> cas : E2 Embrayé : .....



## 3. Etude de l'embrayage E2

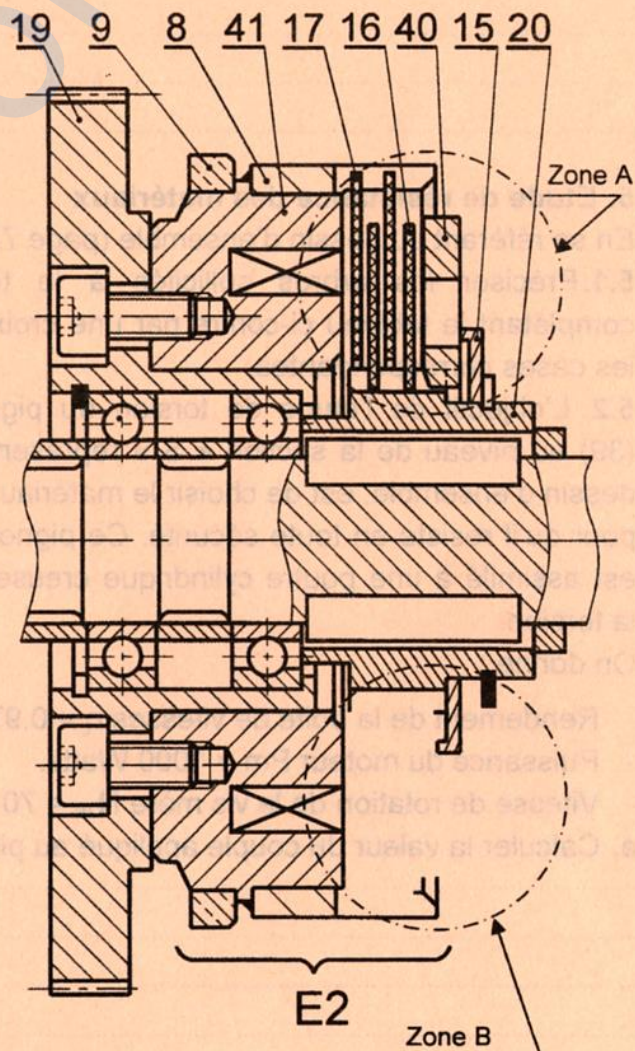
3.1. Préciser le type de cet embrayage et sa commande.

3.2. La position débrayée de l'embrayage (E2) est représentée sur le dessin ci-contre dans la zone A. Compléter à la même échelle la position embrayée dans la zone B.

3.3. Calculer le couple transmissible par cet embrayage « Ct » sachant que l'effort presseur F = 1200N et le coefficient de frottement f = 0,3.

N.B. : - Relever les données nécessaires à partir du dessin ci-contre à l'échelle 3:2

- On donne : 
$$Ct = \frac{2}{3} \cdot F \cdot n \cdot f \cdot \frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2}$$



Ct = .....



Ne rien écrire ici

**4. Etude de transmission**

L'objectif de cette étude est de déterminer la vitesse de déplacement du trainard.

On donne :

- La vitesse de rotation du moteur (Mt2)  $N_m = 1700$  tr/min.
- Les nombres des dents :  $Z_6 = 30$  dents,  $Z_{10} = 54$  dents,  $Z_{19} = 113$  dents,  $Z_{30} = 35$  dents,  $Z_{33} = 94$  dents,  $Z_{39} = 104$  dents,  $Z_{42} = 118$  dents.
- Le pas de filetage de la vis mère (36) : Pas = 1,5 mm.

Calculer les vitesses d'avance  $V_1$  et  $V_2$  du trainard dans les deux cas suivants :

**1<sup>er</sup> cas** : E1 Embrayé

$V_1 = \dots\dots\dots$  m/min

**2<sup>ème</sup> cas** : E2 Embrayé

$V_2 = \dots\dots\dots$  m/min

**5. Etude de résistance des matériaux**

En se référant au dessin d'ensemble (page 7/7)

**5.1.** Préciser les arbres sollicités à la torsion en complétant le tableau ci-contre par une croix (X) dans les cases correspondantes.

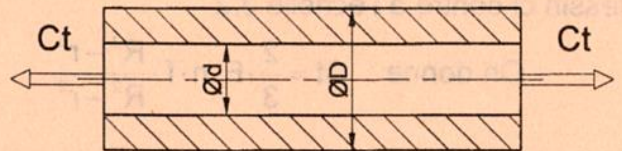
**5.2.** L'objectif de l'étude de torsion du pignon arbré (39) au niveau de la section « S » représentée sur le dessin d'ensemble, est de choisir le matériau convenable pour qu'il résiste en toute sécurité. Ce pignon-arbré (39) est assimilé à une poutre cylindrique creuse sollicitée à la torsion.

On donne :

- Rendement de la boîte de vitesses  $\eta = 0,97$
- Puissance du moteur  $P_m = 1000$  Watts.
- Vitesse de rotation de la vis mère  $N_{36} = 70$  tr/min.

**a.** Calculer la valeur du couple appliqué au pignon-arbré (39).

Arbre	E1 Embrayé	E2 Embrayé
6		
30		
24		
39		



$C_{39} \dots\dots\dots$



Ne rien écrire ici

b. Calculer la contrainte tangentielle maximale  $\tau_{\max}$ .

N.B. : Relever les données nécessaires à partir du dessin d'ensemble.

$\tau_{\max}$ .....

c. Choisir du tableau ci-contre le matériau qui convient pour la résistance de ce pignon et justifier le choix.

Choix : .....

Justification : .....

Matériau	Rpg (MPa)
S 185	25
S 275	29
E 295	32
C 25	45

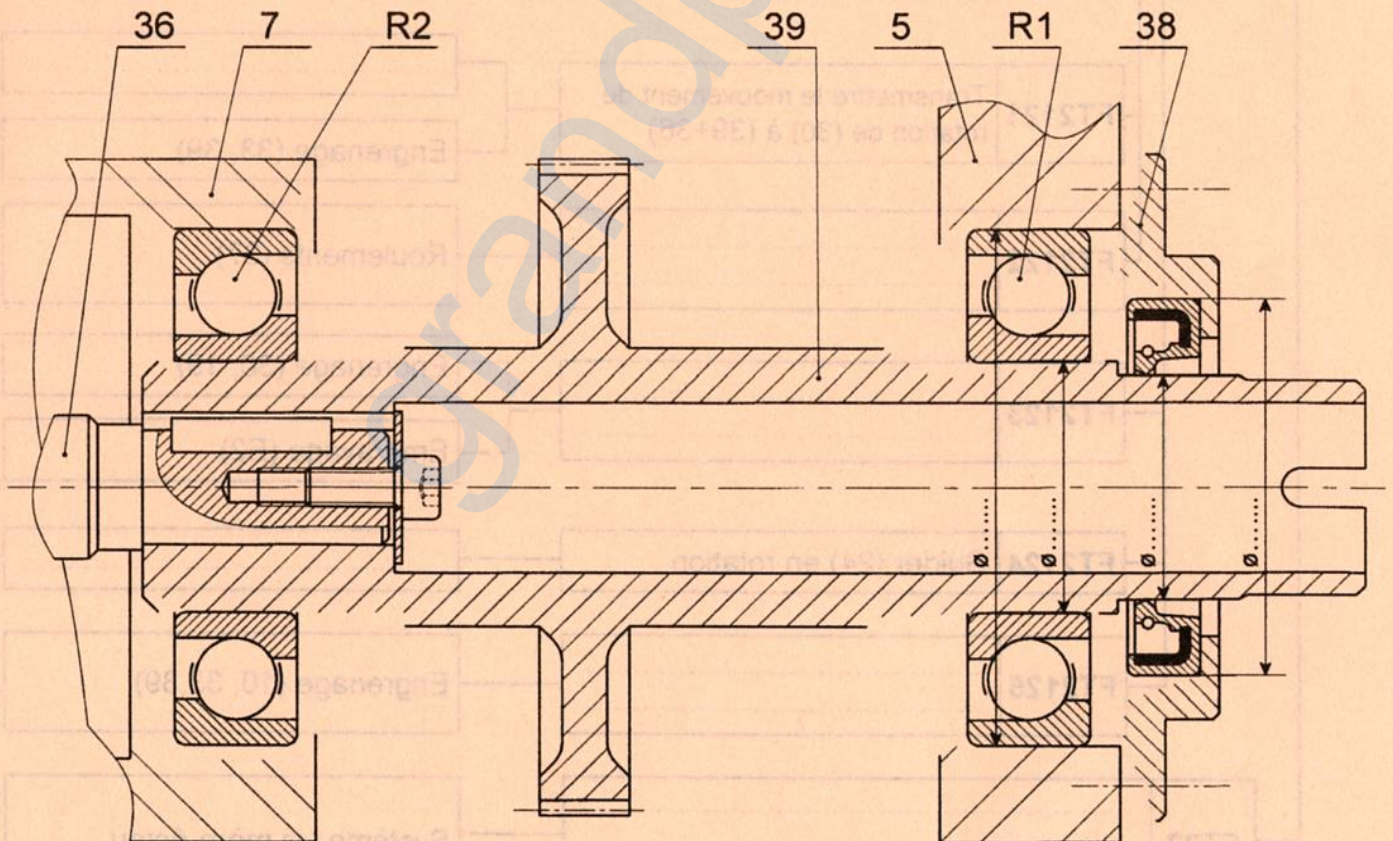
**6. Modification d'une solution constructive**

L'opération de torsion des limes dentaires provoque des charges axiales importantes sur le pignon-arbré (39), le constructeur propose de modifier le guidage en rotation de ce pignon-arbré en remplaçant les roulements BC (37) et (37') par deux roulements à une rangée de bille à contact oblique type BT (R1) et (R 2).

On demande :

6.1. De compléter à l'échelle du dessin le montage de ces deux roulements (R1) et (R 2) en prévoyant le réglage du jeu axial.

6.2. D'indiquer les tolérances dimensionnelles permettant un bon fonctionnement du système.





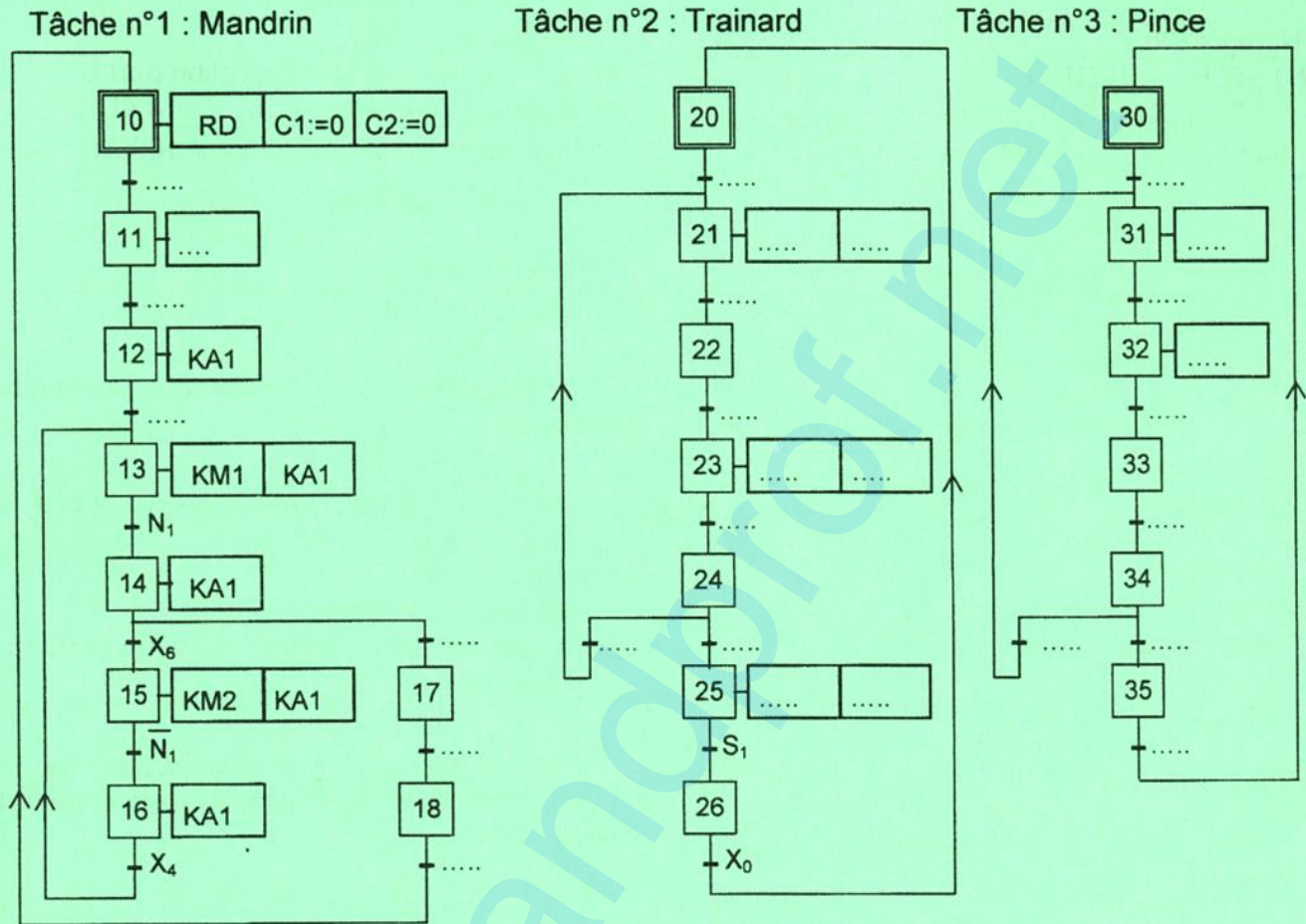
Section : ..... N° d'inscription : ..... Série : .....  
 Nom et Prénom : .....  
 Date et lieu de naissance : .....

Signatures des surveillants  
 .....  
 .....

## B. PARTIE GÉNIE ÉLECTRIQUE

### 1. Étude du GRAFCET

Se référer dans cette question aux pages 1, 2, 3 et 4 du dossier technique. Compléter, ci-dessous, les grafquets d'un point de vue partie commande des tâches « Mandrin », « Trainard » et « Pince ».



- N.B :** «RD» : forçage à zéro de la bascule D ;  
 «C1 = 0» : mise à zéro du compteur C1 ;  
 «C2 = 0» : mise à zéro du compteur C2.

### 2. Étude du circuit de comptage

Se référer, dans cette partie, aux pages 5 et 6 du dossier technique.

2.1. Déterminer les équations logiques des entrées UP et DOWN en fonction de  $X_{13}$ ,  $X_{15}$ ,  $S_6$  et des sorties du comparateur binaire (Ma) et (Mi).

UP = ..... ; DOWN = .....

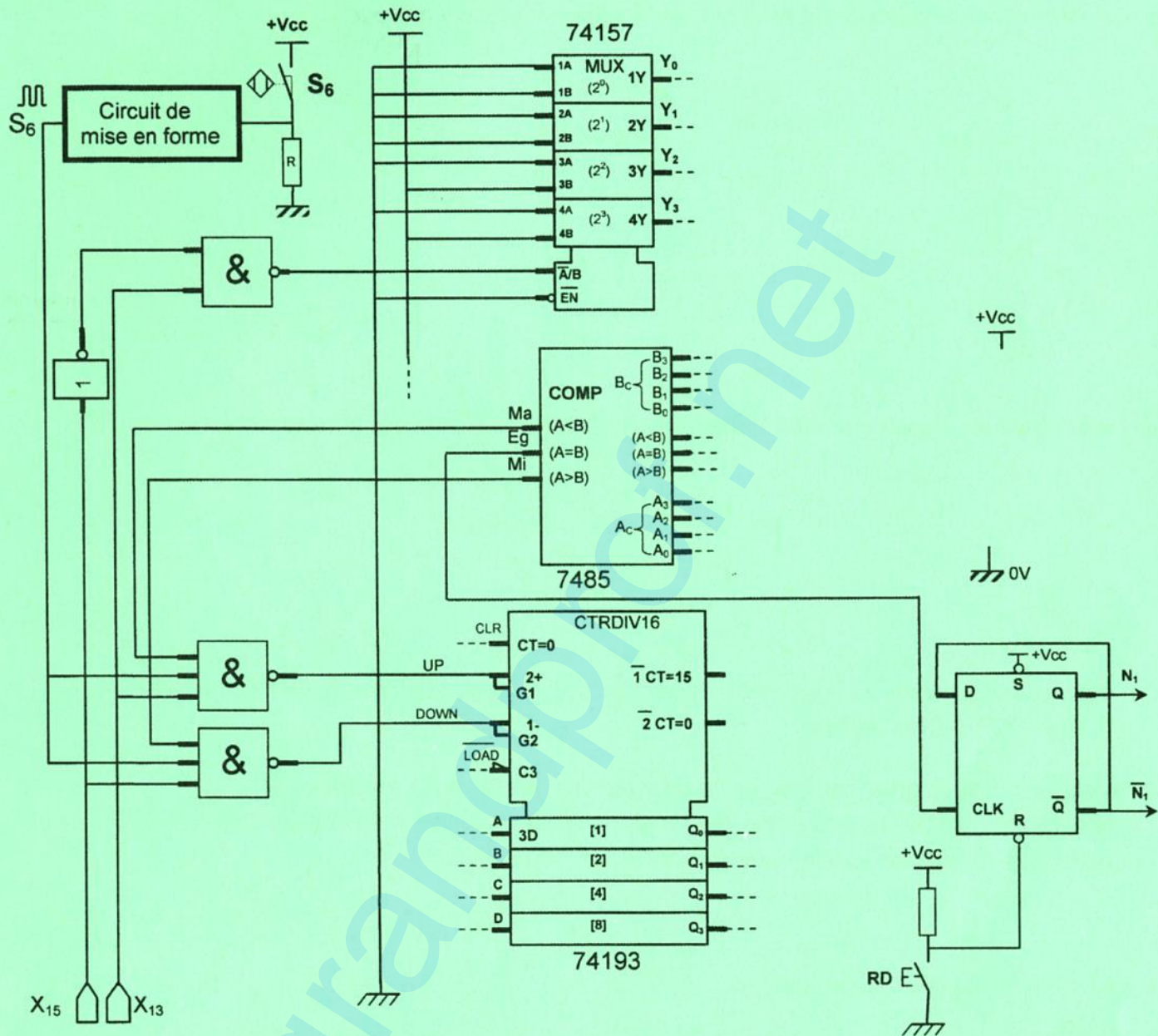
2.2. Compléter le tableau ci-dessous lorsque le circuit intégré 74193 fonctionne en mode comptage.

X13	X15	Ma	Mi	UP	DOWN
.....	.....	.....	.....	.....	.....



**Ne rien écrire ici**

2.3. Compléter le schéma ci-dessous par les liaisons manquantes permettant d'assurer le fonctionnement demandé au dossier technique aux pages 5 et 6.



**3. Etude du moteur d'entraînement du mandrin**

Le mandrin est entraîné par le moteur Mt1 à courant continu à excitation indépendante. Se référer, dans cette partie, aux caractéristiques  $T_u = f(n)$  et  $I = f(n)$  données au dossier technique page 4.

3.1. Compléter le tableau ci-dessous.

	Vitesse à vide : $n_0$	Couple utile à vide : $T_{u0}$	Courant à vide : $I_0$
Valeur numérique avec unité	.....	.....	.....

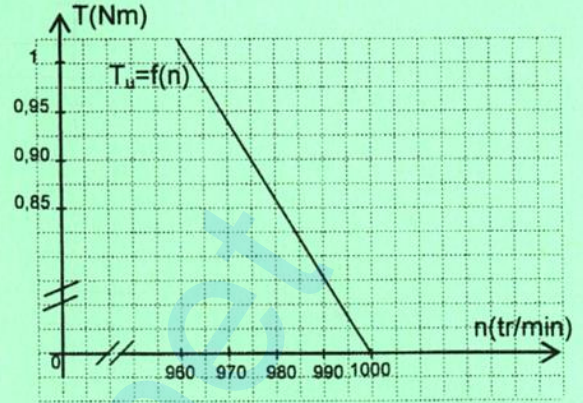


Ne rien écrire ici

3.2. Pendant la torsion, la tige oppose au moteur un couple résistant constant  $T_r = 0,9\text{Nm}$ .

- a. Tracer la caractéristique du couple résistant  $T_r = f(n)$  sur le repère ci-dessous.
- b. En déduire les coordonnées du point de fonctionnement du moteur.

Couple utile (Nm)	Vitesse de rotation (tr/min)	Intensité du courant (A)
$T_u = \dots\dots$	$n = \dots\dots\dots$	$I = \dots\dots\dots$



c. Déterminer les pertes par effet joule dans l'inducteur sachant que le rendement est de 75%.

.....

.....

.....

.....

.....

d. Le couple des pertes  $T_p = 0,05\text{Nm}$ , tracer la caractéristique du couple électromagnétique  $T_{ém} = f(n)$  sur le même repère.

**4. Adaptation du signal délivré par le capteur de position du mandrin S<sub>6</sub>**

En se référant aux chronogrammes des tensions  $U_1$  et  $U_2$  (page 4 du dossier technique),

4.1. donner le régime de fonctionnement de l'A.L.I ? Justifier.

.....

.....

4.2. déduire la valeur de la tension  $U_{réf}$ .

.....

4.3. compléter le tableau ci-dessous en indiquant la valeur de la tension  $U_2$ .

$U_1$	$U_1 < U_{réf}$	$U_1 > U_{réf}$
$U_2(v)$	.....	.....

**5. Etude de la commande du moteur Mt1 par le microcontrôleur 16F876A**

Se référer, dans cette partie, à la page 6 du dossier technique et au grafcet de la tâche « Mandrin » du dossier réponses.

Compléter le programme en mikroPascal Pro par les instructions correspondantes à la séquence du grafcet de la tâche « Mandrin » composée par les étapes 13, 14, 15 et 16 à la page 5 du dossier réponses. Les broches non utilisées d'un port doivent être configurées en entrées.



Ne rien écrire ici

program mandrin;	// Entête du programme
var X4 : sbit at ....._bit ; var X6 : sbit at ....._bit ; var i,j: byte; var X13,X14,X15,X16 : .....	// X4 : variable de type bit connectée à RA0 // X6 : variable de type bit connectée à RA1 // i, j : variables de type octet // X13, X14, X15 et X16 : variables de type bit
Begin	// Début programme
..... ;	// Configuration registres A et B en hexadécimal
OPTION_reg=\$28;	// Configuration TMR0
ADCON1:=\$06; PORTB :=0;	// Port A numérique et initialisation port B
X16:=1; X13:=0; X14:=0; X15:=0;	// Initialisation des étapes 16, 13, 14 et 15
PWM1_Init(.....); PWM2_Init(.....);	// initialisation PWM1 et PWM2 à 1000Hz
.....	// Tant que vraie faire
.....	// Début boucle
TMR0 :=0;	// Initialisation TMR0
..... ..... ; ..... ; ..... ;	// Activation de l'étape 13 et la désactivation de l'étape 16
while (TMR0 <=11) and ..... do ..... i:=TMR0; PORTB:=Dec2Bcd(i); PWM1_start(); PWM1_set_duty ..... ; ..... ;	// Tant que (TMR0≤11) et l'étape 13 active faire // Début boucle // Mode compteur // Conversion du décimal en BCD // Rotation Mt1 sens horaire , α=byte(128/255) // Fin boucle
if (i=11) and ..... ..... ; PWM1_stop(); PORTB:=Dec2Bcd(12); end;	// Activation de l'étape 14, désactivation de l'étape 13 et arrêt de rotation en sens horaire du moteur Mt1
..... ..... ; ..... ;	// Activation de l'étape 15 et la désactivation de l'étape 14
While (TMR0<=11) and ..... do ..... j:=12-TMR0; PORTB:=Dec2Bcd(j); ..... ; ..... ;	// Tant que (TMR0≤11) et l'étape 15 active faire // Début boucle // Mode décompteur // Rotation Mt1 sens anti-horaire avec α=1 // Fin boucle
if(j=1) and ..... ..... ; ..... ; PORTB:=0 ; ..... ;	// Activation de l'étape 16 et désactivation de l'étape 15, arrêt de rotation en sens anti-horaire de Mt1 et initialisation port B
..... ;	// Fin boucle
.....	// Fin programme