

REPUBLIQUE TUNISIENNE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et
de la Recherche Scientifique.

Concours nationaux d'entrée aux cycles
de formation d'ingénieurs
Session 2011



V.F.
الجمهورية التونسية
وزارة التعليم العالي
والبحر العلمي

المناظرات الوطنية للدخول إلى
مراحل تكوين المهندسين
دورة 2011

Concours Technologie

Epreuve de Sciences et Techniques de l'Ingénieur



Date : Vendredi 17 Juin 2011

Heure : 8 H

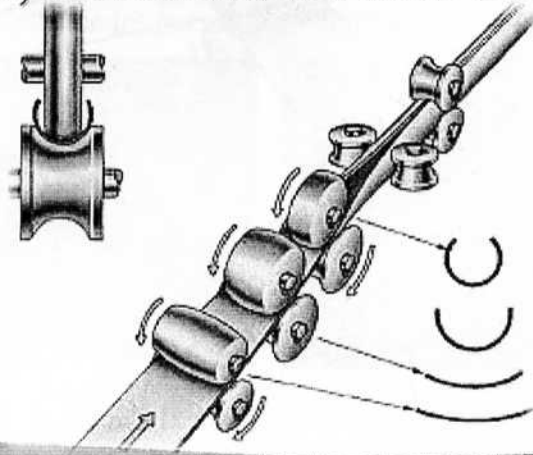
Durée : 5 H

Barème : Partie A : 7 points ; Partie B : 4 points ; Partie C : 5 points ; Partie D : 4 points.

- L'épreuve comporte quatre parties :
A-Technologie de Conception B-Technologie de Production C-Mécanique & RDM D-Automatique.
- Le sujet de l'épreuve remis au candidat comporte :
 - ✓ Deux dossiers : « Présentation, Données et Hypothèses » et « Document réponses ».
 - ✓ Deux documents techniques : Dessin d'ensemble (A3) et Dessin de définition (A3).
- Aucun autre document n'est autorisé.
- L'utilisation des calculatrices de poche non programmables est autorisée.
- Les différentes parties sont indépendantes et doivent être traitées sur le document réponses.
- Un seul dossier document réponses est fourni au candidat et doit être rendu en totalité, même sans réponses, à la fin de l'épreuve. Le renouvellement de ce dossier est interdit.

DOSSIER

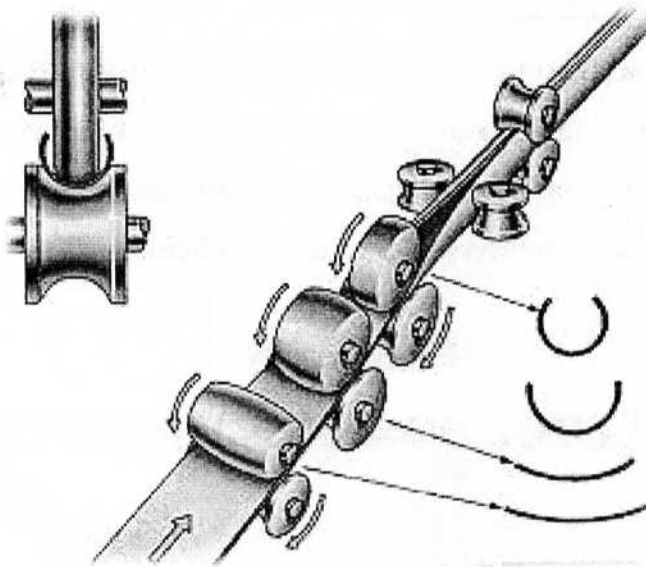
PRESENTATION, DONNEES ET HYPOTHESES



PRESENTATION, DONNEES ET HYPOTHESES

Ce dossier comporte 10 pages numérotées de 1 à 10 :

- Présentation : pages 1 à 3;
- Données et hypothèses Partie A : pages 4 et 5 ;
- Données et hypothèses Partie B : page 6;
- Données et hypothèses Partie C : page 7 ;
- Données et hypothèses Partie D : pages 8 à 10.

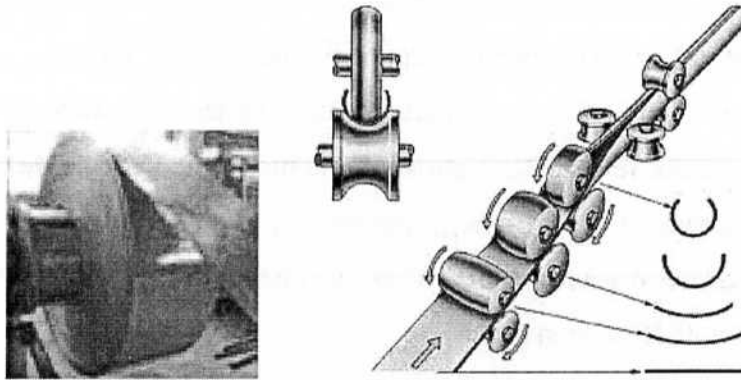


UNITE DE PRODUCTION DES TUBES

MISE EN SITUATION

Les tubes de faibles diamètres (inférieurs à 406 mm) sont obtenus souvent par enroulement d'une bande de tôle mince selon le procédé dit « continu » qui consiste à :

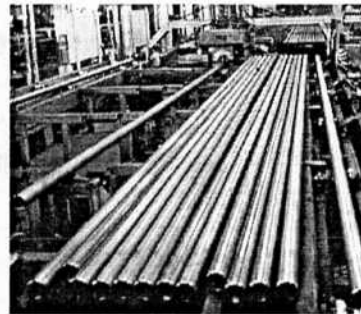
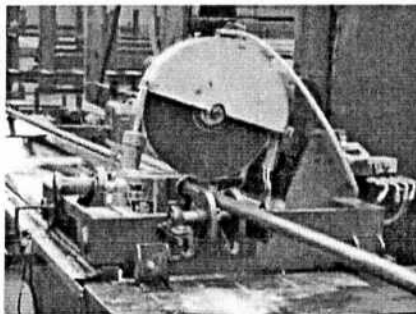
- Faire passer la bande de tôle dans une série de cages de galets qui la déforment progressivement de façon à obtenir une forme tubulaire continue ayant des bords opposés séparés par un faible écart longitudinal (Figure 1).

**Figure 1**

- Joindre les bords de la forme tubulaire avec des rouleaux et effectuer la soudure pour former un tube continu (Figure 2). Le procédé de soudage le plus utilisé dans le cas des tubes en acier est le TIG (Tungsten Inert Gas) qui utilise une électrode en tungstène non consommable détenue par une torche à travers laquelle un flux de gaz inerte est introduit pour protéger l'électrode et contrôler la chaleur.

**Figure 2**

- Découper le tube continu en tronçons de longueurs déterminées (Figure 3).

**Figure 3**

DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT

L'étude portera sur le **mécanisme du tracteur-tronçonneuse** défini par le dessin d'ensemble (**Document 1** et sa **nomenclature** incomplète page 3). Ce mécanisme (figure 4) permet de faire avancer le tube obtenu, sous forme continue, devant une tronçonneuse permettant de le transformer en des tronçons de longueurs déterminées.

Le **mécanisme du tracteur-tronçonneuse** est actionné par un servomoteur électrique (69) qui assure, à travers un système d'engrenages (58-41, 49-38 et 38-25), la mise en rotation de deux roues d'entraînement (3a et 3b) qui permettent, par adhérence, de faire avancer le tube à tronçonner.

La mise en position, au départ, du tube entre les deux roues d'entraînement (3a et 3b) est effectuée moyennant le vérin (23) qui assure la montée et la descente du coulisseau (15) et par suite de la roue d'entraînement (3a). Ce vérin permet, en plus, de fournir l'effort presseur nécessaire entre le tube et les roues d'entraînement afin d'obtenir une adhérence parfaite (pas de glissement) permettant à tracter le tube et de le faire avancer.

Les roues libres (34) autorisent la rotation des roues d'entraînement dans un seul sens permettant ainsi d'empêcher le tube de reculer lorsqu'il bute contre la butée et d'assurer son maintien en position stable au cours de l'opération de tronçonnage.

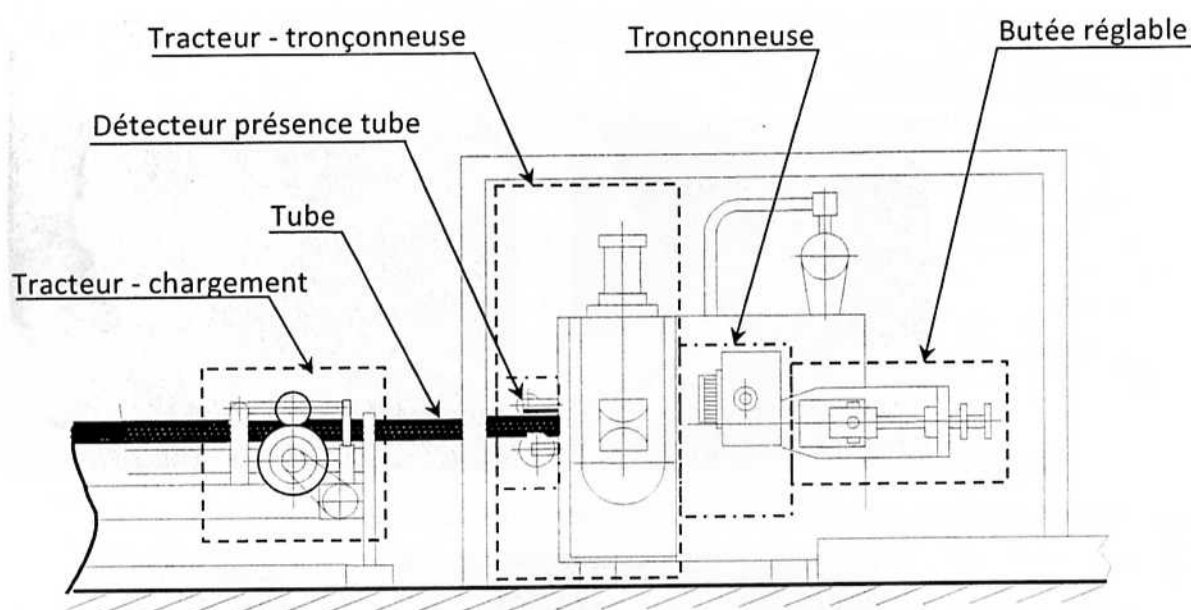


Figure 4 : Schéma simplifié de l'unité de tronçonnage des tubes.

NOMENCLATURE (incomplète)

76	2	Glissière arrière	25CrMo4	
75	20	Vis C HC, M10-25, 8.8		
74	2	Glissière avant	25CrMo4	
73	1	Embout d'accouplement		
71	1	Entretoise d'adaptation de moteur	S 355	Mécano-soudé
69	1	Servomoteur		
68	1	Clavette parallèle forme A, 10x8x40	C 35	
67a, b	1	Vis CU, HC, M8-16, 8.8		
66	1	Embout d'accouplement		
65	1	Manchon à denture intérieure		
64	1	Bouchon de vidange	25CrMo4	
61	1	Roulement 60 BC 03		
58	1	Pignon	30NiCr11	
55	1	Joint à lèvres, type A, 55x80x8		
54	1	Arbre	34 Cr 4	
51	1	Chapeau d'arbre moteur	C 35	
50	4	Vis C HC, M8-20, 8.8		
49	1	Pignon intermédiaire	30NiCr11	
47	1	Chapeau	C 35	
46	1	Axe intermédiaire	34 Cr 4	
45	1	Douille avant de pignon	CW460K	
44	1	Douille arrière de pignon	CW460K	
42	1	Clavette parallèle forme A, 22x14x50	C 35	
41	1	Roue dentée intermédiaire	30NiCr11	
38	1	Roue dentée d'axe d'entraînement inférieur	30NiCr11	
36	2	Plaque d'arrêt	C 35	
35	2	Roulement 60 BE 33		
34	2	Roue libre F 29 ATR Série M16		
31	2	Entretoise	C 35	
29	2	Anneau élastique pour alésage, 110x4		
28	2	Roulement 60 RU 02		
27	2	Chapeau-boîtier	C 35	
25	1	Roue dentée d'axe d'entraînement supérieur	30 Ni Cr 11	
23	1	Vérin Festo DTC 200-50		
22	1	Entretoise d'adaptation de vérin	E 295	
20	1	Douille de guidage	CW460K	
17	1	Vis CU, HC, M6-10, 8.8		
16	1	Écrou en Té	25 Cr Mo 4	
15	1	Coulisseau de roue d'entraînement supérieure	EN-GJMB-450-6	
14	1	Traverse de guidage du coulisseau	C 35	
11	2	Joint à lèvres, type A, 75x100x10		
10	2	Chapeau	C 35	
8	2	Clavette parallèle, forme A, 18x11x50	C 35	
5	2	Arrêt de roue d'entraînement	34 Cr 4	
4	2	Axe de roue d'entraînement	34 Cr 4	
3a, b	2	Roue d'entraînement	PA6/6fv	
2	1	Couvercle (ensemble)		
1	1	Bâti	S 355	Mécano-soudé
Rep.	Nb.	Désignation	Matière	Observation

PARTIE A – TECHNOLOGIE DE CONCEPTION

DONNEES ET HYPOTHESES :

- Caractéristiques du servomoteur d'entraînement (69) :
 - Couple nominal en charge : $C_m = 24,5 \text{ N.m}$;
 - Vitesse de rotation à vide : $N_m = 1500 \text{ tr/mn}$;
 - Puissance nominale : $P_m = 3,8 \text{ kW}$
- Diamètre des roues d'entraînement (3a) et (3b) (au niveau de contact avec le tube) :

$$D_{3a} = D_{3b} = D_3 = 300 \text{ mm} ;$$

- Transmission par engrenages à dentures droites:

Roues dentées	nombre de dents	Module m (mm)	rendement
(58)-(41)	$Z_{58} = 17, Z_{41} = 62$	6	$\eta_1 = 0,95$
(49)-(38)	$Z_{49} = 19, Z_{38} = 52$	6	$\eta_2 = 0,95$
(38)-(25)	$Z_{38} = 52, Z_{25} = 52$	6	$\eta_3 = 0,95$

THEORIE DE MECANISME :

Le mécanisme d'entraînement du tube est défini par le schéma cinématique simplifié de la figure A.1.

Le torseur cinématique associé à une liaison mécanique entre un solide (i) et un solide (j) est défini, au centre (P) de la liaison et dans la base $(\vec{X}, \vec{Y}, \vec{Z})$, par la forme générale suivante :

$$\{\vartheta_{i/j}\}_P = {}_{(\vec{X}, \vec{Y}, \vec{Z})} \begin{Bmatrix} \alpha_{ij} & u_{ij} \\ \beta_{ij} & v_{ij} \\ \gamma_{ij} & w_{ij} \end{Bmatrix}_P$$

On donne :

- $\overrightarrow{AC} = \overrightarrow{CB} = R\vec{Y}$; $\overrightarrow{IC} = a\vec{X}$;
- Le torseur cinématique associé à la liaison ponctuelle entre le solide (1) et le solide (2) est défini, au point I et dans la base $(\vec{X}, \vec{Y}, \vec{Z})$, par :

$$\{\vartheta_{1/2}\}_I = {}_{(\vec{X}, \vec{Y}, \vec{Z})} \begin{Bmatrix} \alpha_{12} & u_{12} \\ \beta_{12} & v_{12} \\ \gamma_{12} & k v_{12} \end{Bmatrix}_I$$

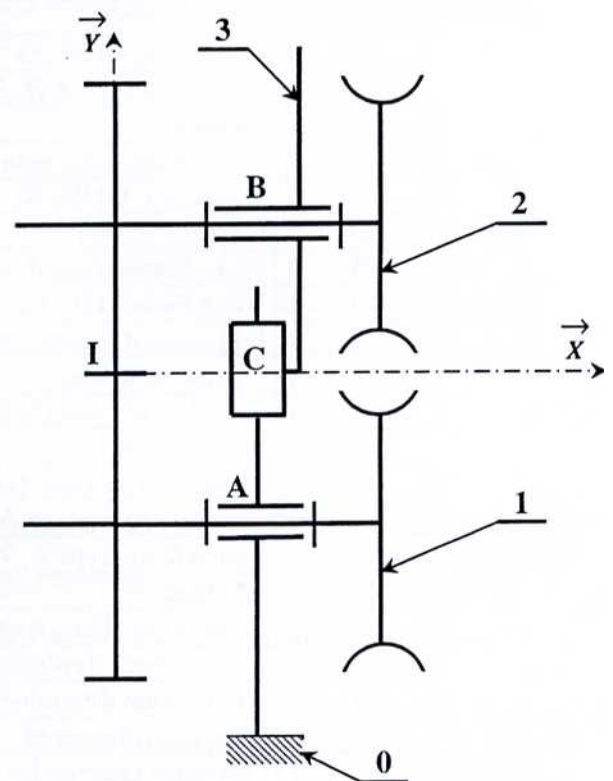
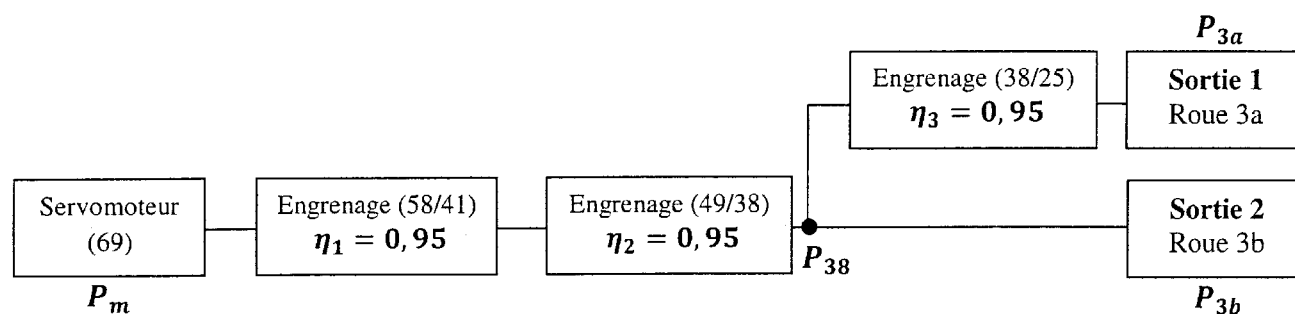


Figure A.1 : Schéma cinématique simplifié du mécanisme d'entraînement.

TRANSMISSION DE PUISSANCE :

✓ La chaîne de transmission de puissance est illustrée par le diagramme fonctionnel suivant :



✓ Une étude préliminaire a montré que dans le cas le plus défavorable et pour une vitesse d'avance du tube $V = 2 \text{ m.s}^{-1}$, la composante tangentielle de l'effort exercé par chacune des roues (3a) et (3b) sur le tube est $F = 700 \text{ N}$.

ETUDE DU LIMITEUR DE COUPLE :

Le Schéma cinématique du limiteur de couple proposé pour remplacer l'accouplement à denture entre le servomoteur (69) et l'arbre (54) est donné par la figure A.2.

On donne :

- Le couple limite : $C_{Lim} = 1,1 \cdot C_m$;
- Les surfaces de fiction du limiteur de couple de rayons : $R = 50 \text{ mm}$ et $r = 38 \text{ mm}$;
- Le coefficient d'adhérence au niveau des surfaces de friction : $f = 0,35$.

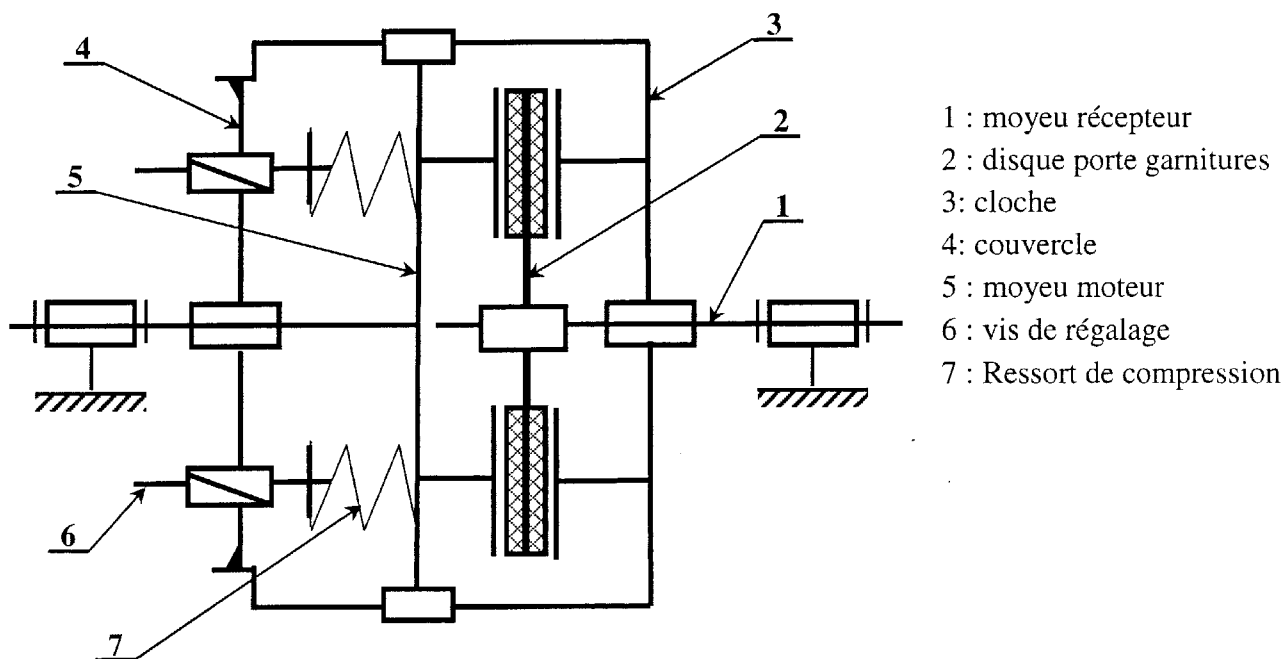
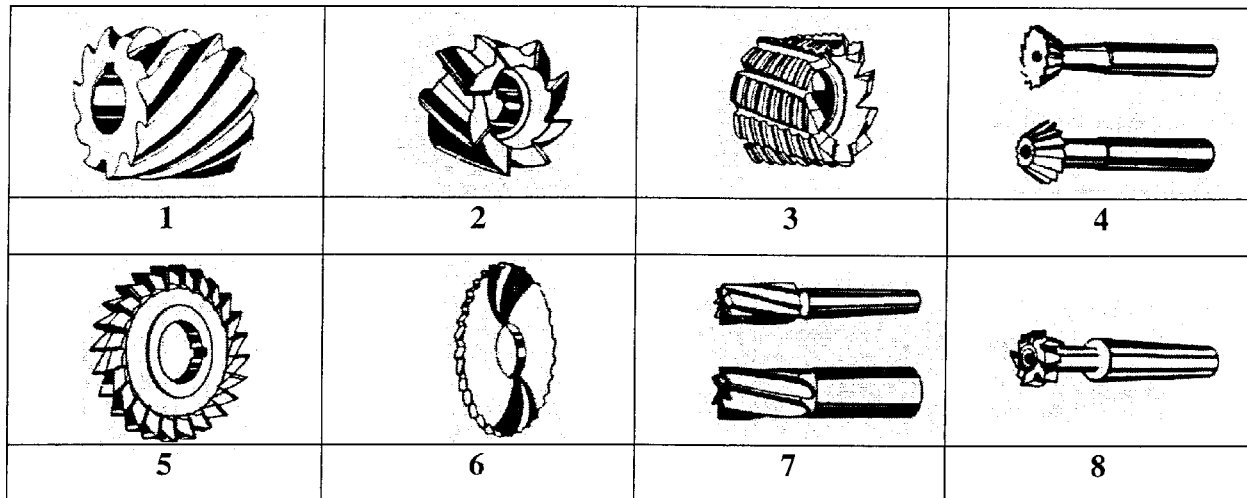


Figure A.2 : Schéma cinématique simplifié du limiteur de couple proposé.

PARTIE B - TECHNOLOGIE DE PRODUCTION

On se propose d'étudier la fabrication du coulisseau (15) dont le dessin de définition est donné par le Document B.1.

ETUDE TECHNOLOGIQUE : Principaux outils utilisés en Fraisage :

**ETUDE DE FABRICATION**

Pour l'usinage du coulisseau (15), on utilisera particulièrement des fraiseuses à commande numérique, (CN) et des fraiseuses classiques. La gamme prévisionnelle proposée envisage les phases suivantes :

Phases	Opérations	Machine outil
10	Réalisation du parallélépipède $342 \times 246 \times 120$ mm	FV
20	<ul style="list-style-type: none"> - Exécution des entailles E1 et E2. - Perçage et taraudage des trous Q - Usinage de l'embrèvement M. - Perçage et taraudage du trou N. 	FCN
30	<ul style="list-style-type: none"> - Exécution entailles E3 et E4. - Perçage et taraudage des trous P. - Alésage de L. 	FCN
40	Rainurage de R .	FCN
50	Contrôle final.	

ETUDE DE LA COUPE

L'usinage en finition des entailles **E1** et **E2** du coulisseau (15) est réalisé sur une fraiseuse à commande numérique avec une même fraise en contournage (voir figure B.1-Document réponse).

Les conditions de coupe établies pour l'opération de finition et correspondantes à une durée de vie de l'outil **T = 90 mn**, sont :

- **Outil** : Fraise en acier rapide supérieur revêtue, $\varnothing 40$ mm, nombre de dents $z = 8$;
- **Vitesse de coupe** : $V_c = 60$ m /mn ;
- **Avance par dent** : $f_z = 0,04$ mm/dent.

PARTIE C - MECANIQUE ET RDM

On se propose d'étudier la tronçonneuse circulaire utilisée pour tronçonner les tubes (figure C.1).

Elle est composée de :

- Un bâti (0) auquel est associé le repère supposé galiléen $R_0(O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$;
- Un bras (1), en liaison pivot parfaite d'axe (O, \vec{y}_0) avec le bâti (0), auquel est attaché le repère $R_1(O, \vec{x}_1, \vec{y}_0, \vec{z}_1)$ tel que $\alpha = (\vec{x}_0, \vec{x}_1) = (\vec{z}_0, \vec{z}_1)$ et $\overrightarrow{OA} = r\vec{z}_1$;
- Un ensemble (2), en liaison pivot parfaite d'axe (A, \vec{y}_0) avec le bras (1), auquel est attaché le repère $R_2(A, \vec{x}_2, \vec{y}_0, \vec{z}_2)$ tel que $\beta = (\vec{x}_1, \vec{x}_2) = (\vec{z}_1, \vec{z}_2)$. L'ensemble (2) est composé de :
 - Un arbre assimilé à une tige (T) homogène de masse m_1 et de longueur L ;
 - Une scie assimilée à un disque (D) homogène de centre B , de masse m_2 et de rayon R ;
- Un tube (3) encastré au bâti (0) au cours de l'opération de tronçonnage. Au début de cette opération, le contact entre l'ensemble (2) et le tube (3), assuré avec frottement de coefficient f , est supposé ponctuel de normale (I, \vec{z}_0) .

Tous les repères utilisés sont orthonormés directs et on désigne par B_i la base du repère R_i ;

Le champ de la pesanteur est défini par : $\vec{g} = -g\vec{z}_0$.

L'action de (2) sur (3) au point I est définie, dans la base B_0 , par le torseur : $\{\mathcal{T}(2 \rightarrow 3)\} = \begin{Bmatrix} T & 0 \\ 0 & 0 \\ N & 0 \end{Bmatrix}_I$.

Le bras (1) est entraîné en rotation par un motoréducteur M_1 exerçant un couple : $\vec{C}_1 = C_1\vec{y}_0$;

L'ensemble (2) est entraîné en rotation par un moteur M_2 exerçant un couple : $\vec{C}_2 = C_2\vec{y}_0$;

On donne : $\overrightarrow{IB} = R\vec{z}_0$; $\overrightarrow{BA} = \frac{L}{2}\vec{y}_0$;

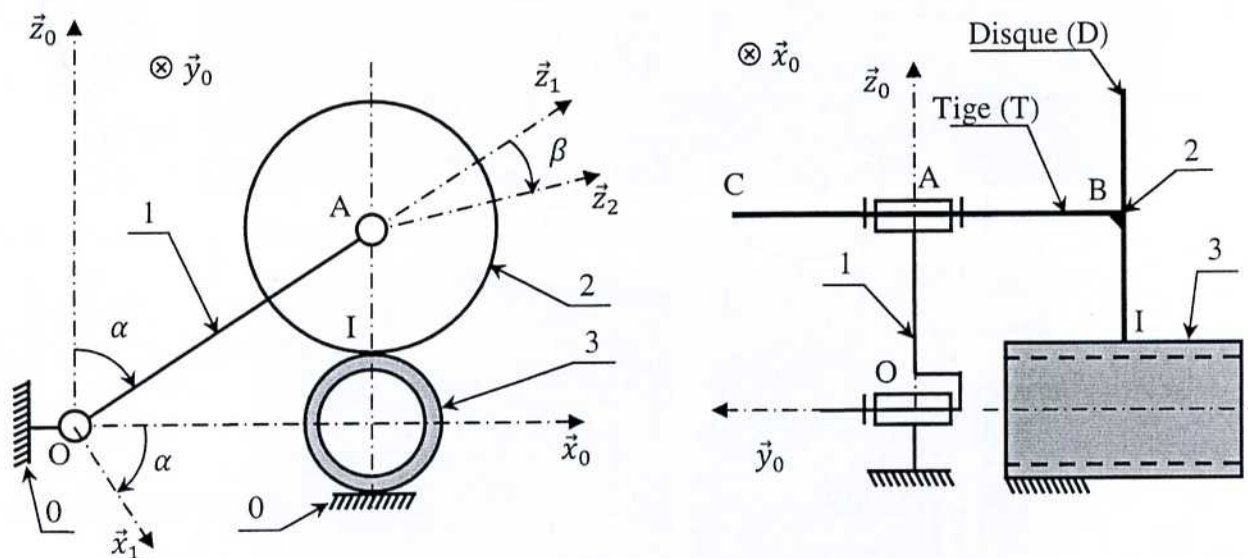


Figure C.1 : Schéma cinématique minimal de la tronçonneuse.

PARTIE D - AUTOMATIQUE

La présente étude est composée de deux parties indépendantes : la première (Partie D.1) porte sur la commande séquentielle de l'unité de tronçonnage des tubes, alors que la seconde (Partie D.2) est axée sur l'asservissement de la vitesse de rotation du servomoteur du tracteur-tronçonneuse.

Partie D.1 : Commande séquentielle du tracteur-tronçonneuse des tubes

L'objectif de cette étude est l'établissement d'une commande séquentielle de l'unité de tronçonnage des tubes. En effet, les tubes obtenus par la technique dite continue sont découpés en tronçons de longueurs déterminées avant d'être stockés. L'unité de tronçonnage (figure D.1) est formée d'un tracteur et d'une tronçonneuse.

Le tracteur, situé en amont de la tronçonneuse, permet de l'alimenter en tubes. Il est formé :

- d'un servomoteur (M_3) qui assure la rotation des roues d'entraînement ;
- d'un vérin (V) qui permet la mise en position du tube et fournit l'effort nécessaire à son entraînement.

La tronçonneuse : formée de deux moteurs (M_1) et (M_2). Le moteur (M_1) permet de basculer la tête de la tronçonneuse alors que le moteur (M_2) entraîne la rotation du disque qui assure le tronçonnage des tubes. Une butée (d), de détection de tube, permet le réglage de la longueur des tronçons à cisailer.

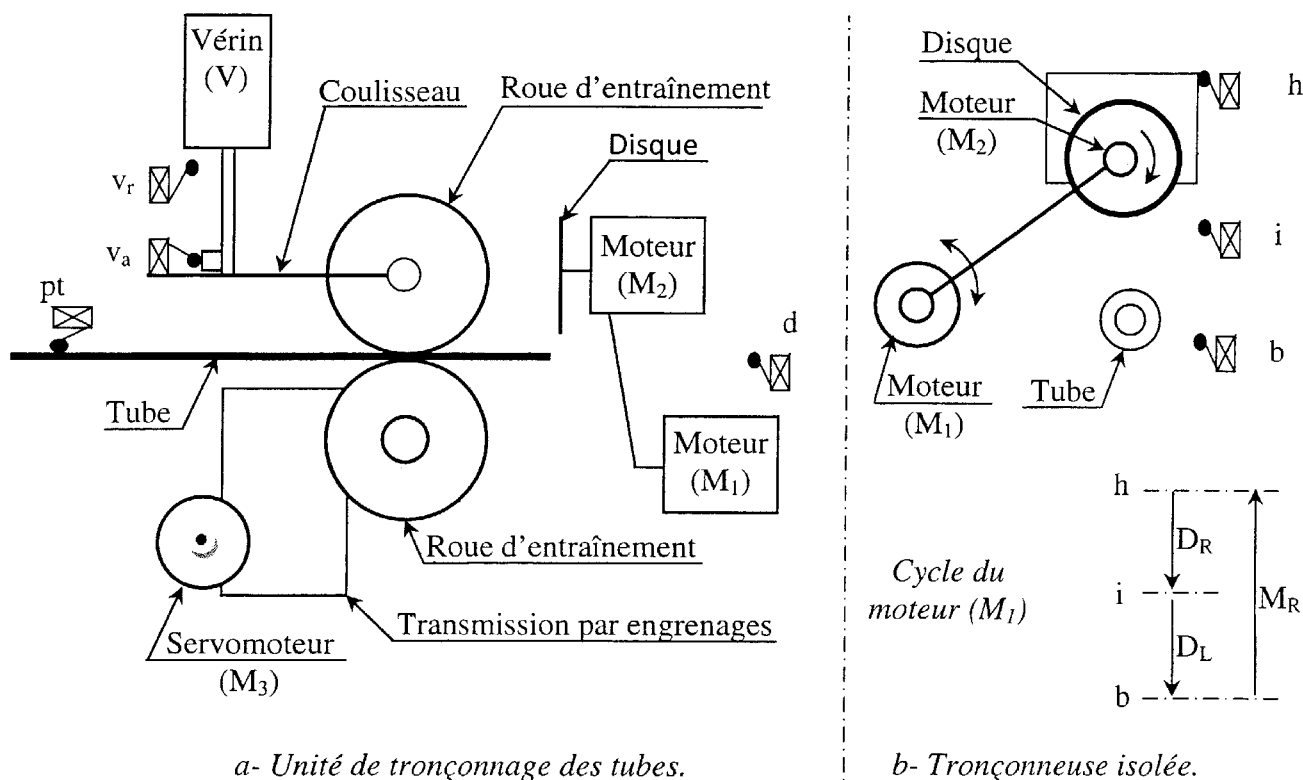


Figure D.1 : Schéma simplifié de l'unité de tronçonnage des tubes.

Les notations utilisées sont les suivantes:

Variable	Description
V^+	Action d'avance du vérin (V)
V^-	Action de retour du vérin (V)
M	Action de rotation du moteur (M_3)
D_R	Action de descente rapide de la tête de la tronçonneuse
D_L	Action de descente lente de la tête de la tronçonneuse
M_R	Action de montée rapide de la tête de la tronçonneuse
R	Action de rotation du disque

Variable	Description
v_a	Fin de course d'avance du vérin (V)
v_r	Fin de course de retour du vérin (V)
d	Butée réglable de détection du tube
h	Capteur de la position haute de la tête de la tronçonneuse
i	Capteur de la position intermédiaire de la tête de la tronçonneuse
b	Capteur de la position basse de la tête de la tronçonneuse
pt	Capteur présence tube

Initialement, le vérin (V) est en position avant, la tête de la tronçonneuse est en position haute, le disque et le moteur (M_3) sont en état d'arrêt.

Séquence de mise en position du tube :

La présence d'un tube à l'entrée du tracteur-tronçonneuse actionne le capteur (pt) ce qui entraîne le recule du vérin (V) qui dégage avec lui la roue d'entraînement supérieure pour la mise en position du tube. Ensuite, il revient à sa position initiale pour démarrer la séquence de tronçonnage des tubes.

Séquence de tronçonnage du tube :

La rotation du moteur (M_3) permet de faire avancer le tube dont la présence devant la tronçonneuse est détectée par la butée (d). L'action sur (d) entraîne simultanément l'arrêt du moteur (M_3) et la descente, à vitesse rapide, de la tête de la tronçonneuse. Lorsque le capteur (i) est actionné, la tête de la tronçonneuse descend à vitesse lente. L'action sur le capteur (b) entraîne la montée de la tête de la tronçonneuse, à vitesse rapide, jusqu'à la position initiale. Deux cas peuvent alors se présenter :

- Si le capteur de présence tube (pt) est toujours actionné, on reprend la séquence de tronçonnage d'un autre tronçon.
- Si le capteur de présence tube (pt) n'est pas activé, le système de tronçonnage s'arrête et ne reprend qu'après l'activation de ce capteur par un autre tube.

Pendant la séquence de tronçonnage d'un tronçon, le disque est maintenu en rotation.

Partie D.2: Asservissement de la vitesse de rotation du servomoteur

Le servomoteur (M_3) d'entraînement des tubes est à courant continu commandé par son induit et à excitation indépendante. On s'intéresse, dans cette partie, à l'étude de l'asservissement de la vitesse de rotation de ce servomoteur.

On suppose que :

- Les conditions initiales de toutes les grandeurs sont nulles.
- p représente l'opérateur de Laplace.
- $X(p)$ représente la transformée de Laplace de $x(t)$ notée par : $X(p) = \mathcal{L}[x(t)]$.
- $\Omega(p) = \mathcal{L}[\omega(t)]$ et $\omega(t)$ est la vitesse de rotation du moteur.

La fonction de transfert du moteur est de la forme :

$$G(p) = \frac{\Omega(p)}{U(p)} = \frac{k}{(1+\tau_1 p)(1+\tau_2 p)} \quad \text{avec } k > 0, \tau_1 > 0 \text{ et } \tau_2 > 0$$

Le schéma fonctionnel du système en boucle fermée est donné par la figure D.2. Une génératrice tachymétrique, de gain kg ($kg > 0$), délivre une tension proportionnelle à la vitesse de rotation du servomoteur $\omega(t)$. Le correcteur est décrit par les fonctions de transfert $C_1(p)$ et $C_2(p)$.

On désigne par $y_r(t)$: le signal de consigne, $u(t)$: le signal de commande, $v(t)$: le signal de perturbation, $y(t)$: le signal de sortie et $\varepsilon(t)$: l'écart entre la consigne et la sortie.

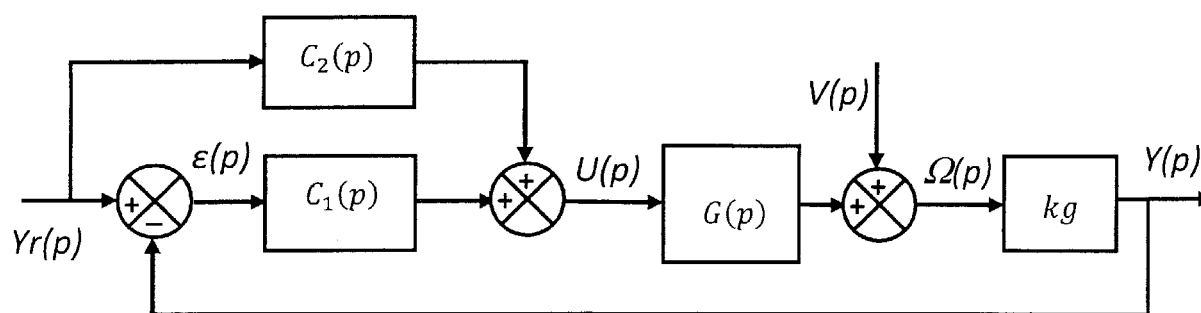
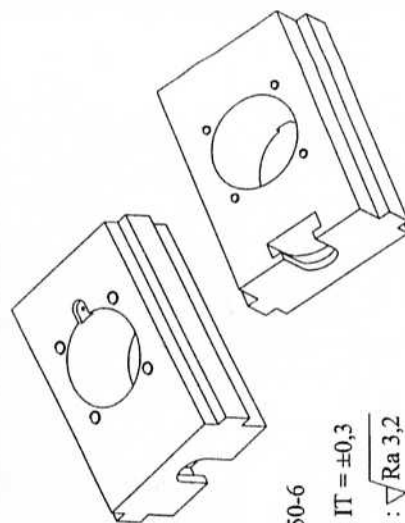
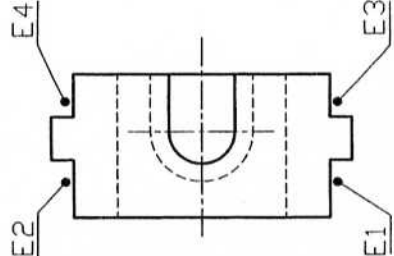
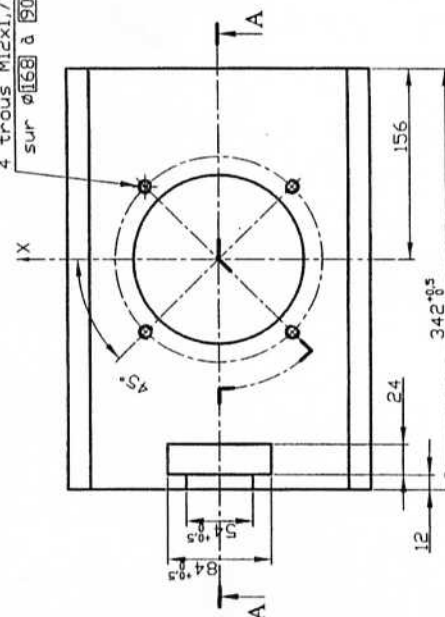
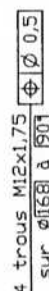


Figure D.2 : Schéma fonctionnel du système en boucle fermée.

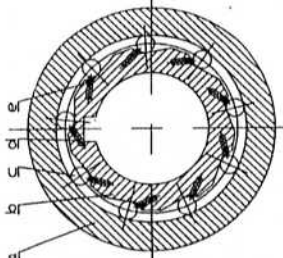
A-A



Cotes non tolérances : IT = $\pm 0,3$

Surfaces non indiquées : $\sqrt{\text{Ra } 3,2}$

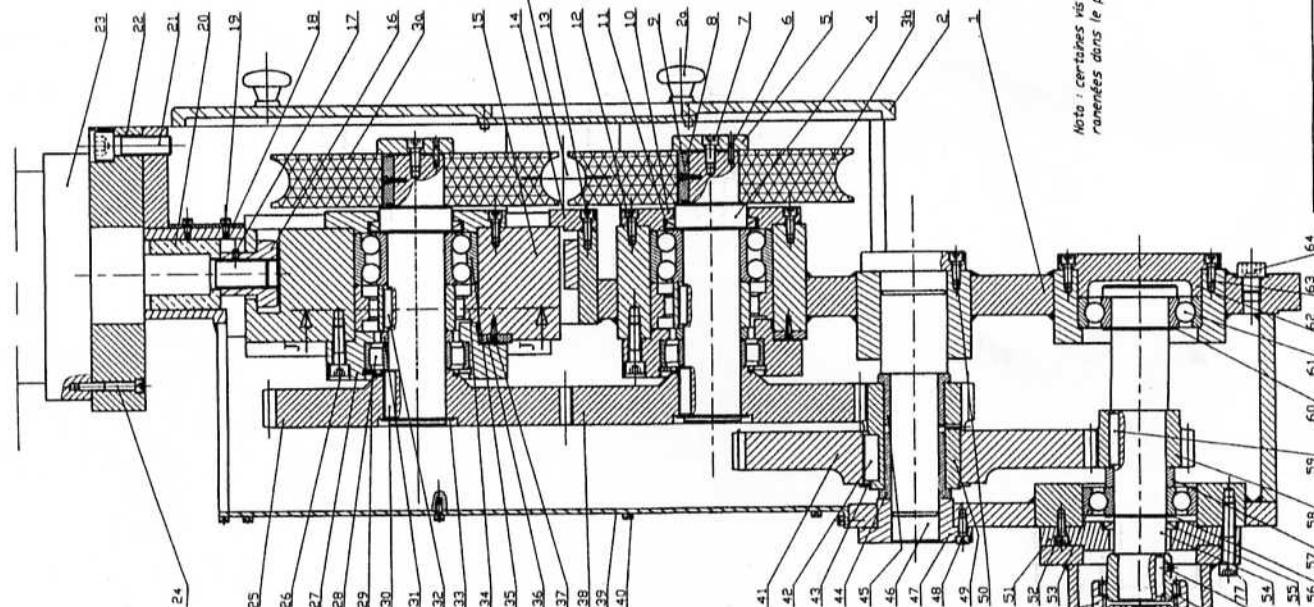
Vue en coupe J-J de la
roue libre (34) seule



a : Bague extérieure c : Rouleau e : Poussoir
b : Bague intérieure d : Ressort

Passage du tube

A - A

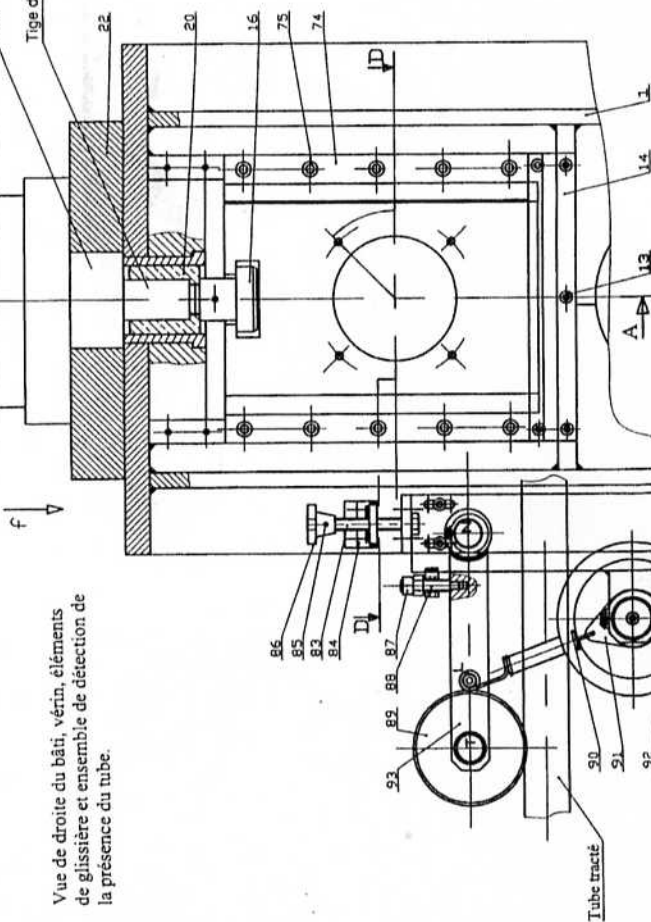


Nota : certaines vis sont représentées
raccourcies dans le plan de coupe.

Corps du vérin

Tige du vérin

Vue de droite du bâti, vérin, éléments
de glissement et ensemble de détection de
la présence du tube.



Vue suivant f en coupe D-D

