Sciences et Techniques Automatisées (STA)
MECANIQUE DES SOLIDES INDEFORMABLES (**PT1**)
Examen de fin du 2ème semestre Date: 10 **Juin 2021** Durée: **1h30min**

On propose l'étude statique, dans une position particulière (figure1), d'un système mécanique de suspension de véhicules automobiles pour effectuer des interventions de maintenance. Le poussoir S_5, solidaire à la plate-forme portant le véhicule, est en liaison glissière d'axe $(D, \overrightarrow{x_0})$ par rapport au sol S_0. Le mouvement de translation du poussoir S_5 est assuré par le levier S_3 et le galet S_4. Le galet S_4, de rayon **R**, a une liaison pivot d'axe $(C, \overrightarrow{z_0})$ avec le levier S_3 et une liaison ponctuelle de normale $(I, \overrightarrow{x_0})$ avec le poussoir S_5. Le levier S_3 est en liaison pivot d'axe $(A, \overrightarrow{z_0})$ avec le Sol S_0. Le mouvement de rotation du levier S_3 est assuré par le vérin (S_1, S_2). Le corps du vérin S_1 est en liaison pivot d'axe $(O, \overrightarrow{z_0})$ avec le bâtiS_0. La tige du vérin S_2 présente une liaison pivot d'axe $(B, \overrightarrow{z_0})$ avec S_3 et une liaison glissière d'axe $(O, \overrightarrow{x_1})$ avec S_1.

On précise que le système est considéré comme **plan** et sera étudié dans le plan $P_0(O, \vec{x}_0, \vec{y}_0)$ de symétrie matériel et de chargement. Les solides sont supposés indéformables et toutes les liaisons sont supposées **parfaites** <u>sauf</u> la **liaison glissière** entre S_5 **et** S_0 et la liaison **ponctuelle** entre S_4 **et** S_5 qui sont considérées avec frottement de glissement (le coefficient de frottement **f** est le même pour les deux liaisons). On suppose que les contacts aux points **D** et **I** sont à la limite de glissement tel que $\vec{V}(D)_{S5/S0} \cdot \vec{x}_0 < 0$ et $\vec{V}(I)_{S5/S4} \cdot \vec{y}_0 > 0$. Le poids du véhicule à soulever est $\vec{P} = p\,\vec{x}_0$ appliqué en son centre de gravité **G**. Les poids des autres éléments du système sont négligés.

<u>ATTENTION :</u>

- **Dans cette étude statique, on suppose que le galet S_4 est bloquée en rotation par rapport au levier S_3 et par conséquent la liaison entre S_3 et S_4 est supposée une <u>liaison d'encastrement.</u>**

L'action de la tige du vérin (S_2) sur le levier (S_3) au point B est donnée par : $\vec{F}_B = -F_B\,\vec{x}_1$ où F_B est le module de la force.

Etant donné que le système est considéré comme **problème plan,** la forme générale du torseur d'action mécanique des différentes liaisons mécaniques est : $\{\tau_{Si \to Sj}\} = \begin{Bmatrix} X_{ij} & 0 \\ Y_{ij} & 0 \\ 0 & N_{ij} \end{Bmatrix}^{R0}_{\text{Centre liaison}}$

1°) **a)** Ecrire la forme générale du torseur de l'action mécanique de S_4 sur S_5 à travers la liaison ponctuelle, **avec frottement**, de normale $(I, \overrightarrow{x_0})$ au point **I** (***utiliser la loi de Coulomb***) $\{\tau_{S_4 \to S_5}\}^{R_0}_{I}$.

b) Ecrire la forme générale du torseur de l'action mécanique de S_0 sur S_5 à travers la liaison glissière, **avec frottement**, d'axe $(D, \overrightarrow{x_0})$ au point **D** (***utiliser la loi de Coulomb***) $\{\tau_{S_0 \to S_5}\}^{R_0}_{D}$.

c) Etudier, au point **D** et dans la base de R_0, l'équilibre du poussoir S_5.

d) Ecrire les équations d'équilibre.

e) Déduire $\{\tau_{S_0 \to S_5}\}^{R_0}_{D}$ et $\{\tau_{S_4 \to S_5}\}^{R_0}_{I}$ en fonction des données géométriques et du poids **p**.

2°) **a)** Etudier, au point **C** et dans la base de $\mathbf{R_0}$, l'équilibre du galet $\mathbf{S_4}$.

b) Ecrire les équations d'équilibre.

c) Déduire $\left\{\tau_{S_3 \to S_4}\right\}_C^{R_0}$ en fonction des données géométriques et du poids **p**.

3°) **a)** Etudier, au point **B** et dans la base de $\mathbf{R_0}$, l'équilibre du système $\Sigma = \{S_3, S_4\}$.

b) Ecrire les équations d'équilibre.

c) Déduire la force $\mathbf{F_B}$ que doit développer le vérin en fonction des données géométriques et du poids **p**.

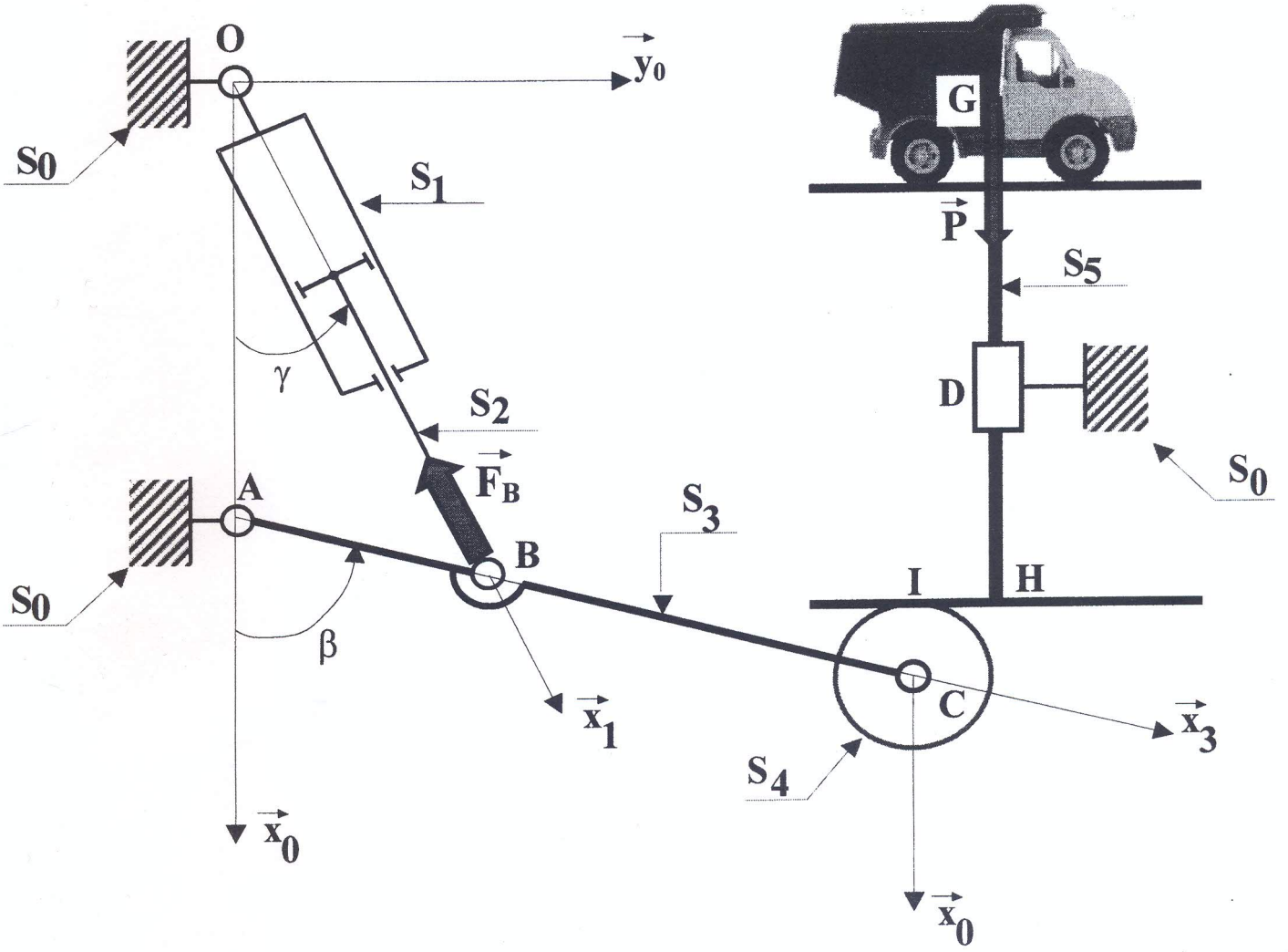
d) Déduire $\left\{\tau_{S_0 \to S_3}\right\}_A^{R_0}$ en fonction des données géométriques, de $\mathbf{F_B}$ et du poids **p**.

<u>NB : Les deux questions 2°) et 3) peuvent être traitées indépendamment.</u>

Les données géométriques :

$\overrightarrow{OA} = L_1\ \vec{x}_0$, $\overrightarrow{AB} = L_2\ \vec{x}_3$, $\overrightarrow{AC} = L_3\ \vec{x}_3$, , $\overrightarrow{CI} = -R\ \vec{x}_0$ $\overrightarrow{DH} = \mu\ \vec{x}_0$,

$\overrightarrow{GH} = L_4\ \vec{x}_0$ $\overrightarrow{HI} = -e\ \vec{y}_0$



Institut Préparatoire aux Etudes d'Ingénieurs de Sfax (IPEIS)

A.U. : 2020-2021

Préparations : PT1

Date : 10/06/2021

Semestre 2

Examen d'Automatique

Machine pour le compactage/cisaillage des ferrailles

PRESENTATION GENERALE

L'étude proposée porte sur une Presse-Cisaille destinée à traiter de la ferraille de toute sorte. En fonction des matériaux récupérés, cette machine permet de faire deux processus différents :

• la réduction de volume par compactage pour l'obtention d'un paquet ;

• la réduction de volume par compactage et cisaillage sous forme de bouts de métal découpés à des longueurs prédéfinies par l'ouvrier.

Le choix du processus à suivre est réalisé en utilisant un sélectionneur à deux positions:

- 'pp' pour le cycle compactage et évacuation d'un paquet;
- 'pc' pour le cycle compactage/cisaillage pour évacuation par bouts de métal.

CAHIER DES CHARGES DU SYSTEME

Position initiale :

La machine est prête pour un chargement si :

• la « CISAILLE » et le « PRESSEUR PORTE » sont en position fin de course sortie (position basse), les détecteurs respectifs 'c1' et 's1' sont actionnés (Figure 1) ;

• la « BENNE » est en position horizontale au niveau du détecteur 'bo' ;

• le « TIROIR » est reculé en position fin de course rentrée, le détecteur 'to' est actionné ;

• le « COUVERCLE » est ouvert en position fin de course, le détecteur 'ko' est actionné ;

• le « POUSSEUR PISTON» est reculé en position fin de course, le détecteur 'po' est actionné.

Une fois le processus à faire est choisi et le bouton de mise en marche est actionné 'Dcy', le fonctionnement général de chaque cycle réalisé par la machine est le suivant :

Cycle de compactage

Le compactage est effectué comme suit :

• Basculer la « BENNE » à la verticale, par deux vérins à double effets 'B_1' et 'B_2' (Bi+, Bi-), pour décharger de la ferraille dans la caisse de compression ;

• Retour « BENNE » à l'horizontale ;

• Compression latérale par l'avance partielle du piston « TIROIR », animé par 2 vérins simple effet 'T1' et 'T2' jusqu'à l'appui par l'opérateur sur le bouton acquittement 'Aq' ;

• Recul du « TIROIR » ;

• Compression supérieure par la fermeture partielle du « COUVERCLE », animé par 2 vérins double effets 'C1' et 'C2' (Ci+, Ci-), jusqu'à l'appui par l'opérateur sur le bouton acquittement 'Aq' ;

• Ouverture du « COUVERCLE » ;

• Fermeture du « COUVERCLE » jusqu'à la position horizontale détectée par le capteur 'k1' ;

• Fermeture du « TIROIR » jusqu'à la position 't1' (qui coïncide avec la largeur du « POUSSEUR PISTON » ;

• Compression longitudinale par le piston « POUSSEUR PISTON », par un vérin double effets 'P'. Un détecteur de pression 'ppm' indique à l'opérateur que les ferrailles sont compactées et le vérin retourne à sa position initiale.

Le compactage étant terminé, deux modes sont disponibles :

1. *Mode paquet (pour le compactage d'un véhicule par exemple) :*

Dans ce mode, l'évacuation du paquet compacté est effectuée par le cycle automatique suivant :

• Montée de la « CISAILLE » par un vérin double effet 'VC' jusqu'à atteindre le détecteur cisaille en haut 'co' ;

• Montée de la Porte («PRESSEUR PORTE») par un vérin double effets 'VP' jusqu'à atteindre le détecteur presseur en haut 'so' ;

• Avance du paquet poussé par le vérin double effets 'P' jusqu'à atteindre la fin de course 'p1'.

2. *Mode cisaille (pour le cisaillage de matériaux tout venant à dominante métallique) :*

Dans ce mode, la machine doit faire le cisaillage du paquet compacté en plusieurs morceaux de même longueur pour faciliter l'évacuation.

Le cisaillage des ferrailles est effectué selon le cycle suivant:

• Montée de la « CISAILLE » ;

• Montée de la Porte ;

• Pousser le paquet compacté par le vérin double effet 'P' « Pousseur » jusqu'à atteindre la position 'pL' (« Pousseur avancé de L »), fixant ainsi la longueur souhaitée des bouts de ferraille coupés ;

• Descente du « PRESSEUR PORTE » jusqu'à atteindre une position intermédiaire 'sp1' pour assurer la pression nécessaire aux ferrailles compactées ;

• Descente de la « CISAILLE » pour découper la ferraille compactée jusqu'à atteindre le détecteur cisaille en bas 'c1'.

Et ce cycle se répète jusqu'à ce que la fin de course du pousseur 'p1' est atteinte.

En **mode Paquet** ou en **mode Cisaillage**, lorsque la fin de course pousseur 'p_1' est atteinte, le cycle se termine comme suit :

- Recul « Pousseur » à sa position initiale ;
- Recul du « TIROIR » simultanément à l'ouverture du « Couvercle » jusqu'à atteindre les positions initiales respectifs ;
- Descente « CISAILLE » simultanément à la descente du « Presseur » jusqu'à atteindre les positions fins de courses basses.

Une fois l'ensemble des mouvements est terminé, la machine est prête pour un nouveau chargement.

Le fonctionnement du système décrit précédemment est représenté sous forme de GRAFCET partiels donnés sur le document réponse.

Chacune des trois fonctions principales est décrite par une tâche :

- T1 : Cycle Compactage ;
- T2 : Cycle Paquet ;
- T3 : Cycle Cisaillage.

L'ensemble de ces trois tâches est géré par un GRAFCET de Commande : G10.

Question : Compléter, sur le document réponse (pages 4 et 5) à remettre :

- le GRAFCET de la tâche de Compactage : T1.
- le GRAFCET de la tâche de Paquet : T2.
- le GRAFCET de la tâche de Cisaillage : T3.
- le GRAFCET de Commande G10.

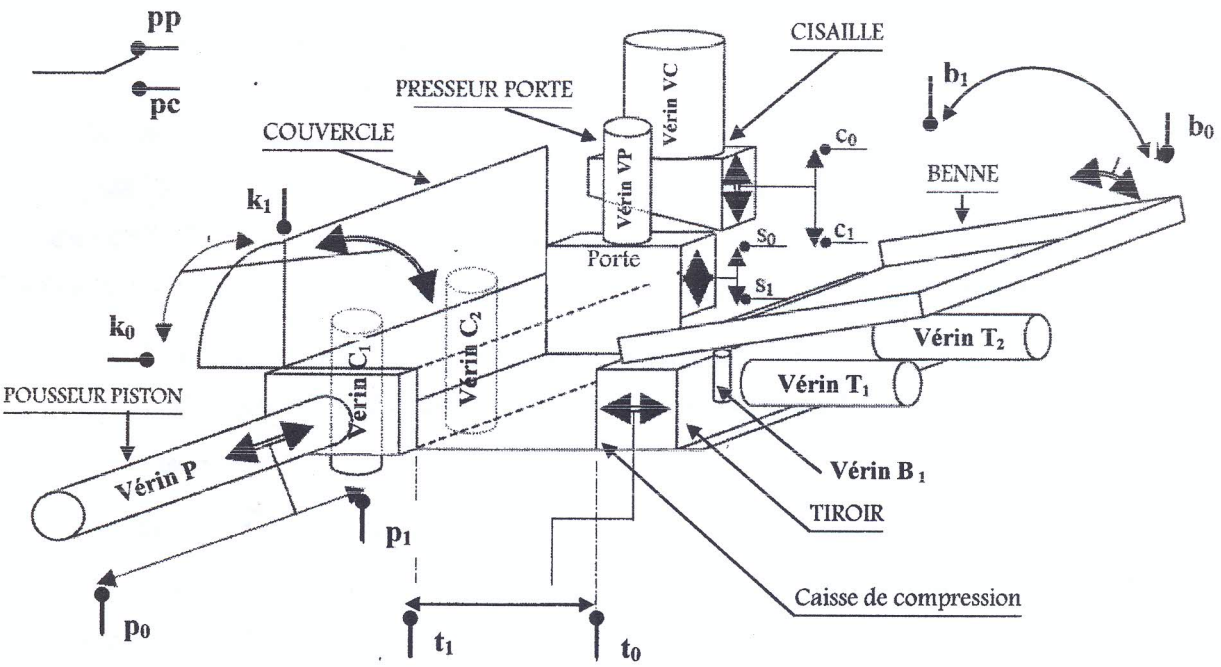


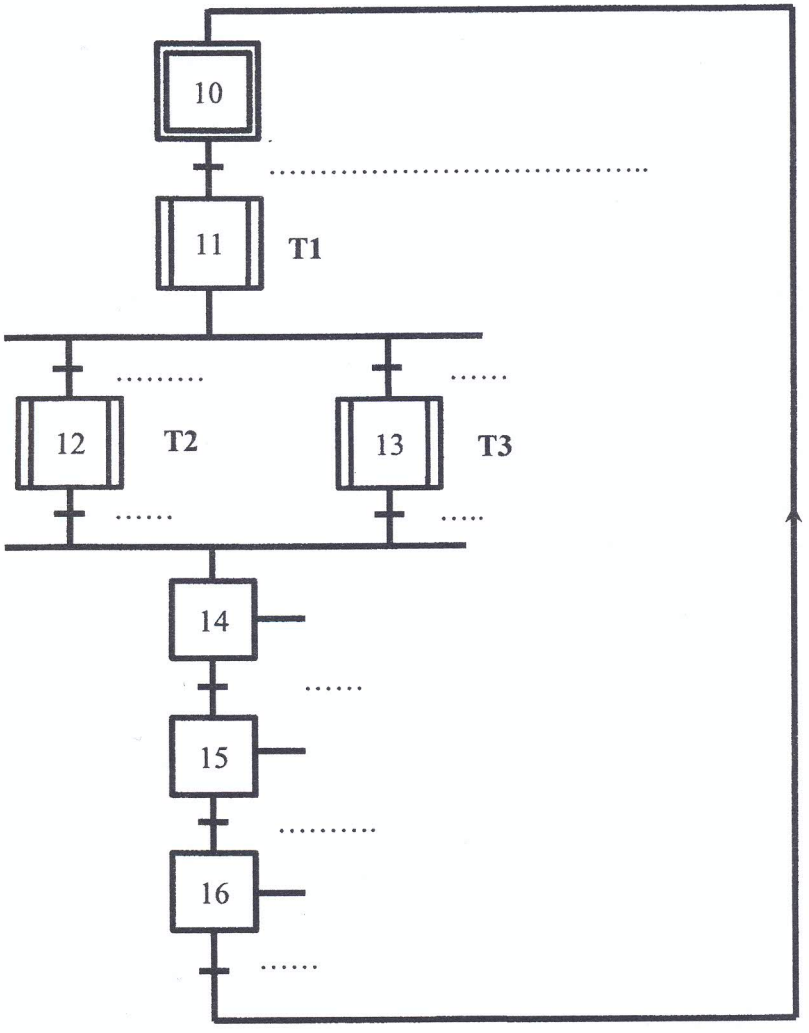
Figure 1 : Vue schématique de la machine, de ses mouvements et des détecteurs associés

Institut Préparatoire aux Etudes d'Ingénieurs de Sfax	IPEIS	Département de Préparation au Concours de Technologie

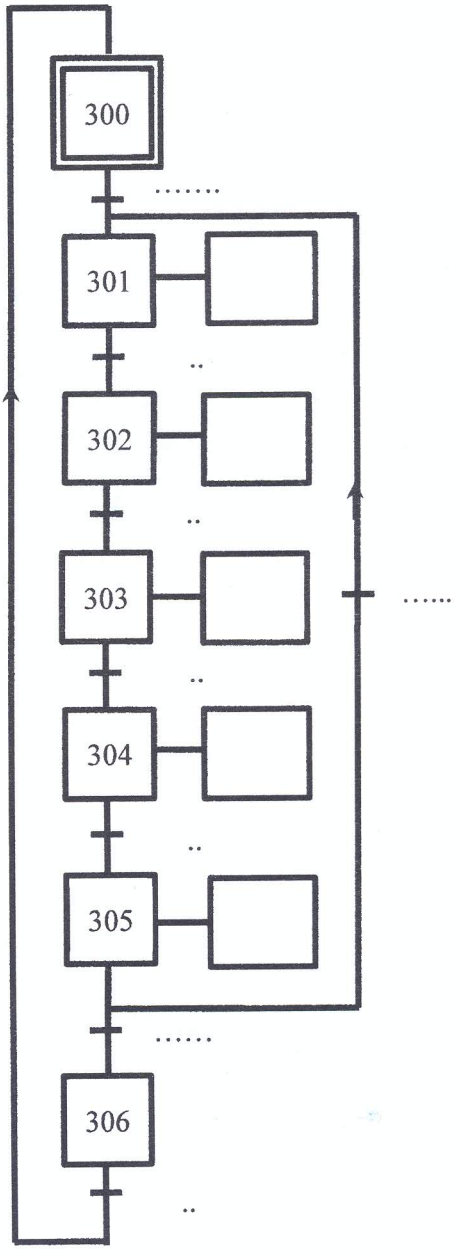
Nom:	**Examen Automatique (Semestre 2)**
Prénom:	**Préparation :** PT1
Identifiant:	**Date :** le 10/06/2021

Document Réponses

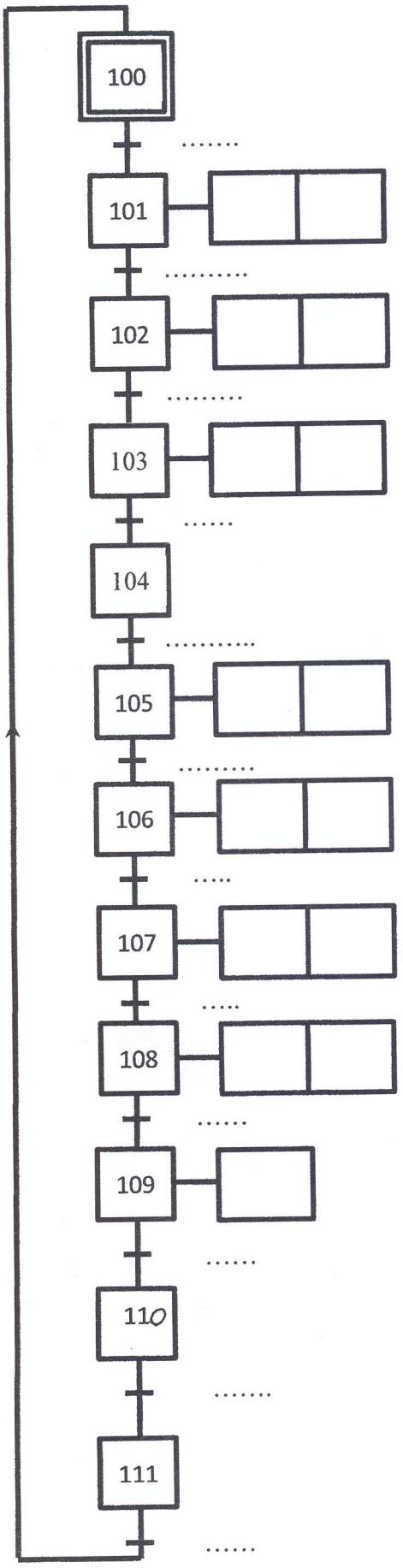
Grafcet de Commande G10



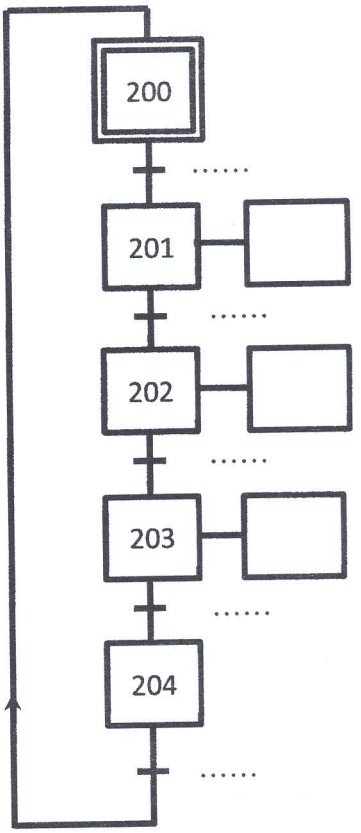
Tâche 3 : Mode Cisaille



Tâche 1 : Cycle de Compactage



Tâche 2 : Mode Paquet



Institut Préparatoire aux Études d'Ingénieurs de Sfax
Département de Préparation au Concours de Technologie

Devoir de Synthèse 2ème Semestre
CFM (FABRICATION) PT1

Nom et Prénom : .....

Groupe : .....

CIN/Passeport : .....

NOTE : Répondez de façon claire et brève, justifiez vos réponses et soignez la présentation

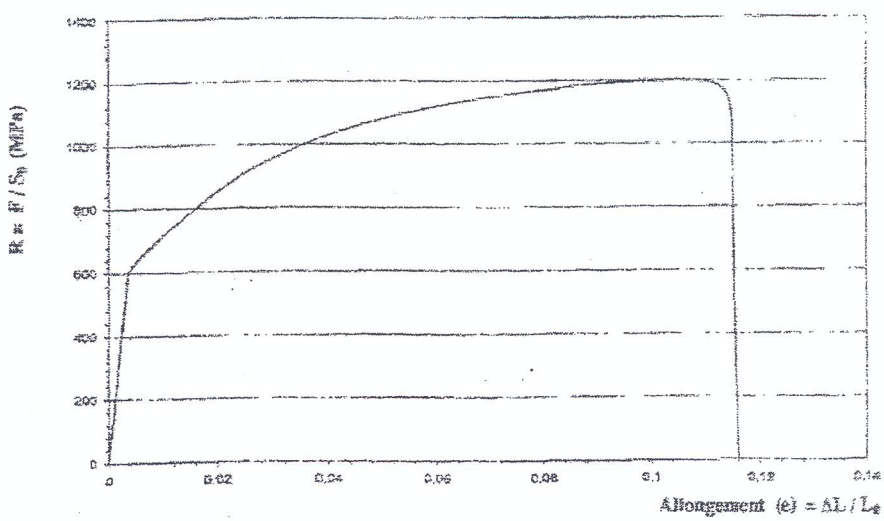
A-Essais de dureté :

Différents essais sont utilisés souvent pour mesurer la dureté du matériau (HB, HV, HRC et HRB). Compléter le tableau suivant

Type de l'essai	Nom de l'essai	Forme de pénétrateur	Matériau du pénétrateur	Géométrie de l'empreinte
HB	Essai Brinell	Bille	Acier très dur	Calotte sphérique
HV	.....	.....	.....	.....
HRC	.....	.....	.....	.....
HRB	.....	.....	.....	.....

B- Essais de caractérisation :

Afin de caractériser un matériau, un essai de traction sur une éprouvette a été réalisé. Les résultats de cet essai sont représentés par la courbe expérimentale ci-dessous :



1-Comment s'appelle cette courbe ?

.....

2- A partir ce cette courbe expérimentale obtenue, déterminer les valeurs du module d'élasticité, de la limite élastique Re, de la résistance maximale de traction RM et la valeur de l'allongement du matériau A %.

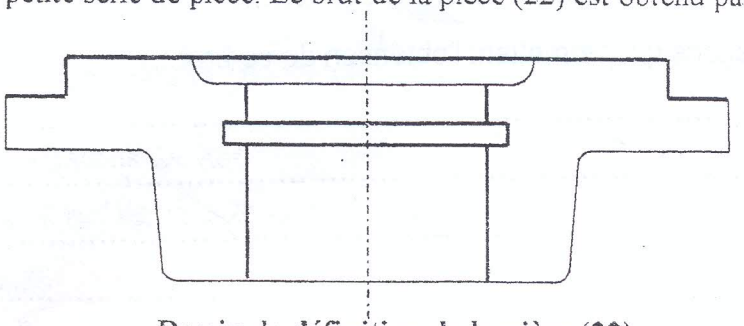
.....

.....

.....

E=.....(MPA)	Re=.....(MPA)	Rm=.....(MPA)	A %=.....

Pour réaliser la pièce (22) en EN AB – 21 000, le programme de production prévoit une fabrication en petite série de pièce. Le brut de la pièce (22) est obtenu par moulage.



Dessin de définition de la pièce (22)

1) Proposer le procédé de moulage à utiliser. Justifier votre réponse.

- Procédé de moulage : .....
- Justification .....

2) Si le programme de production prévoit une fabrication de grande série de pièce

- Proposer le nouveau procédé de moulage à utiliser et donner ses principales caractéristiques.

- Procédé de moulage : .....
- Principales caractéristiques : .....

3) Le brut de la pièce (22) est obtenu par moulage en sable avec trou noyauté.

Justifier l'utilité de chacune des parties suivantes

- Le modèle : .....
- Les évents : .....
- Le noyau : .....
- Les portées du noyaux : .....
- les dépouilles : .....

4) Quel matériau choisissez-vous pour la fabrication du modèle.

- Matériau : .....
- Justification : .....

3-Soit à fabriquer l'arbre (12) en 42 Cr Mo 4.

- Donner le mode d'obtention du brut de cette pièce dans le cas d'un travail unitaire

Réponse : .....

- Citer et expliquer les 3 opérations qui permettent l'obtention de ce brut :

Opération1 .....

Explication: .....

Opération 2 : .....

Explication: .....

Opération 3 : .....

Explication: .....

- Quel est l'effet causé par un mauvais choix de la température de chauffage ?

Mauvais choix 1: ..... Mauvais choix 2: .....

Effet 1 : ..... Effet 2 : .....

Institut Préparatoire aux Etudes d'Ingénieur de Sfax	Département des Etudes Préparatoires aux Concours de Technologie

EXAMEN DE SYNTHESE (CFM)

Conception Mécanique

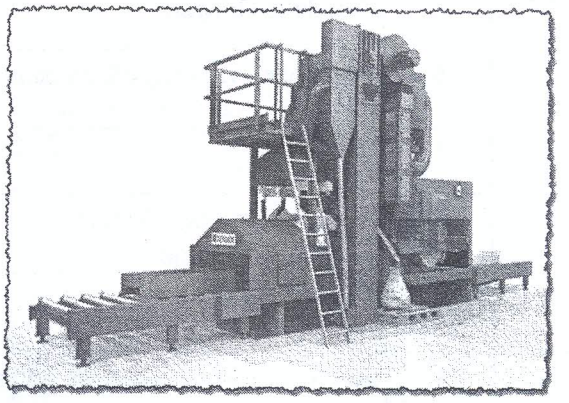
Date : 12/06/2021 — Section : PT1

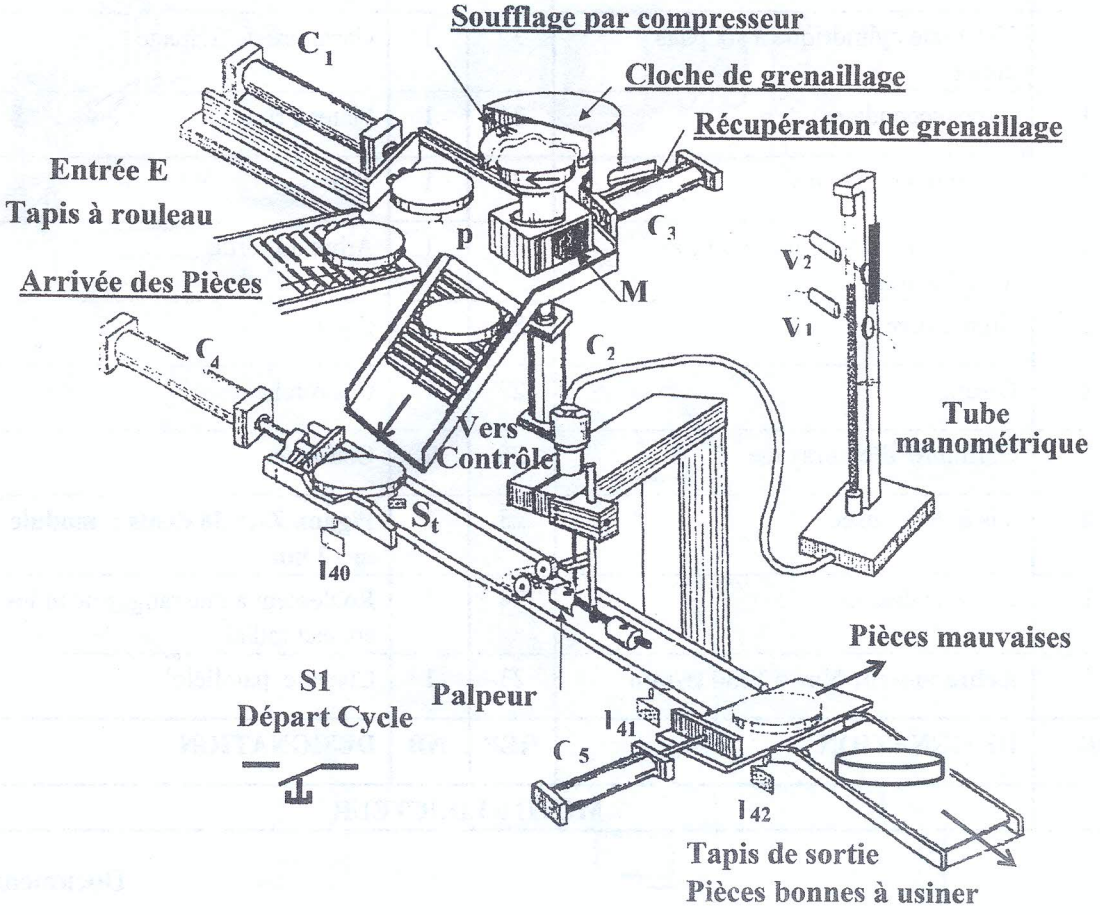
Durée : 3 h 15 min — Documents non autorisés

SYSTEME DE GRENAILLAGE ET DE CONTROLE DE BRUT

I-PRESENTATION DU SYSTEME

- Le poste de grenaillage est installé dans un atelier de fonderie à l'entrée d'une chaîne de fabrication en série.
- La pièce à traiter à la forme d'un disque en fonte de diamètre 500 mm.
- Après le démoulage, les pièces passent dans un poste de grenaillage automatique (nettoyage par soufflage sous pression de billes en fonte).
- A la sortie du poste de grenaillage, chaque pièce sera contrôlée suivant son épaisseur (e), puis triée et évacuée automatiquement.





II-DESCRIPTION DU SYSTEME

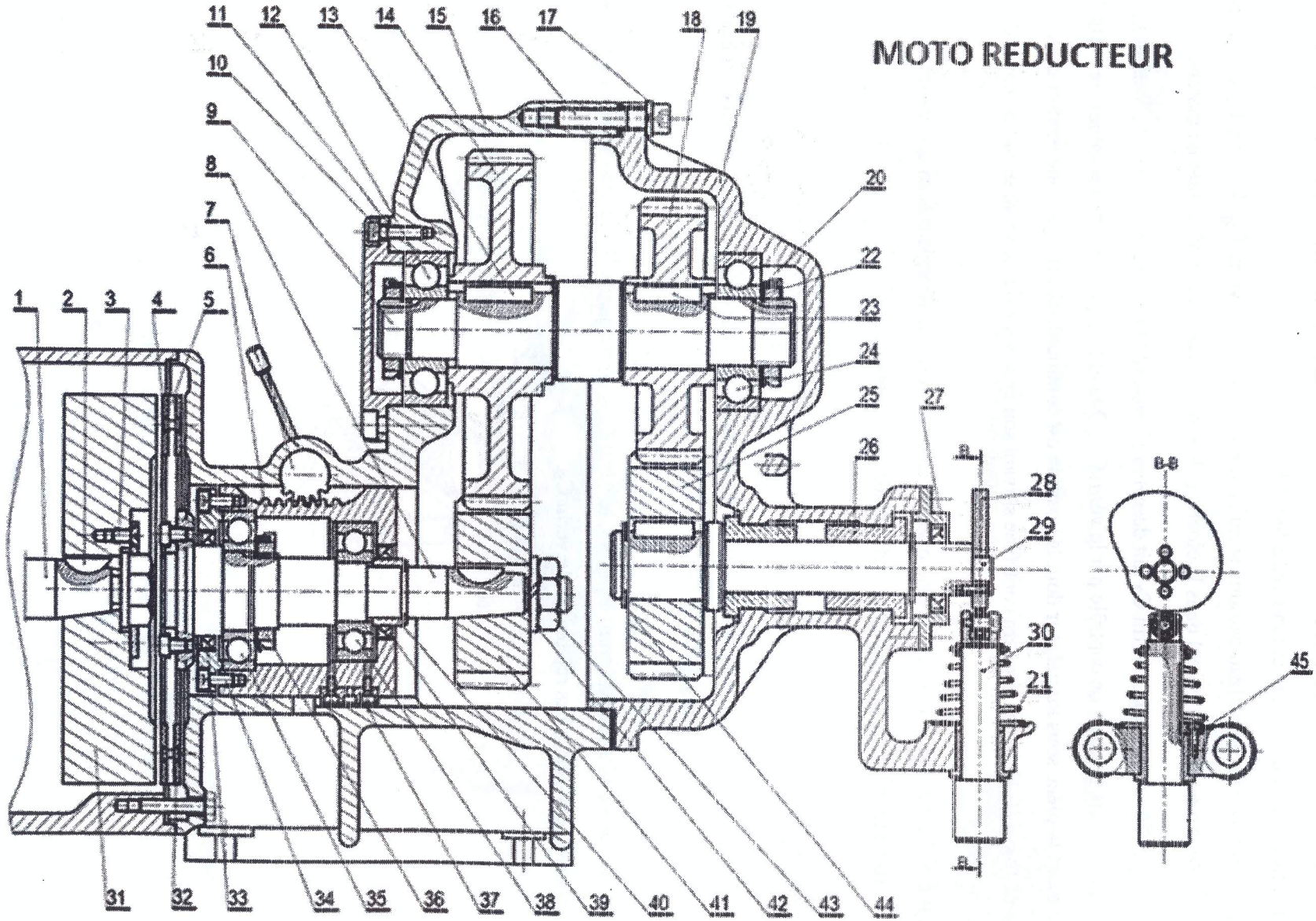
- La pièce arrive par graviter à l'entrée **E** du système et vient actionner un capteur **P**. Un vérin C_1 déplace la pièce vers le plateau entraîné par le moteur réducteur **M**;
- La présence de la pièce sur le plateau entraîne simultanément, le recul du vérin C_1, le vérin C_2 fait monter l'ensemble (moteur réducteur et pièce) dans la cloche et le **moteur réducteur M** se met en marche;
- Après grenaillage (**20 secondes**), le vérin C_2 fait descendre l'ensemble (moteur réducteur et pièce) et la pièce sera évacuée vers le poste de contrôle par le vérin C_3 ; Quand le capteur **St** sera actionné, le vérin C_4 amène lentement la pièce sous un palpeur dont la position est communiquée (moyen pneumatique) vers les capteurs de position V_1 et V_2 ou elle sera contrôlée suivant son épaisseur (le contrôle se fait au cours du déplacement).
- Le pompage d'huile est réalisé par un système piston à came qui reçoit l'énergie mécanique de rotation à travers un **moto réducteur** qui est l'objet de notre étude (Document 2/7).

Deux cas se présentent

- Le niveau du liquide se situe entre V_1 et V_2, le vérin C_4 continue sa course jusqu'au l_{42}, la pièce est bonne, elle sera évacuée par le tapis roulant ;

- Le niveau du liquide ne se situe pas entre V_1 et V_2, le vérin C_4 s'arrête quand il actionne le capteur l_{41}, la pièce est mauvaise, elle sera alors rejetée par le vérin C_5.

MOTO REDUCTEUR



			45	1	Clavette fixée
22	2	Écrou à encoches	44	1	Anneau élastique
21	1	Ressort	43	1	Ecrou hexagonal
20	2	Rondelle frein	42	1	Rondelle Grower
19	1	bâti	41	1	**Pignon Z_{41}= 32 dents ; module m= 2 mm**
18	1	**Pignon Z_{18}= 42 dents ; module m= 2 mm**	40	1	Bague
17	6	Rondelle Grower	39	1	Joint à lèvre
16	6	Vis à tête cylindrique à six pans creux	38	1	Roulement à une rangée de billes à contact radial
15	1	Bâti	37	1	Clavette fixée
14	1	**Roue dentée Z_{14}= 58 dents ; module m= 2 mm**	36	1	Écrou à encoches
13	1	Clavette parallèle	35	1	Roulement à une rangée de billes à contact radial
12	1	Roulement à une rangée de billes à contact radial	34	4	Vis à tête cylindrique à six pans creux
11	1	Couvercle	33	1	Couvercle
10	4	Vis à tête cylindrique à six pans creux	32	1	Garniture de freinage
9	1	Arbre secondaire	31	1	Plateau fixe
8	1	Arbre intermédiaire	30	1	Tige
7	1	**Pignon Z_7=18 dents, module m=1,25 mm**	29	1	Arbre de sortie
6	1	Crémaillère	28	1	Came
5	1	Disque	27	1	Couvercle
4	1	Garniture d'embrayage	26	2	Coussinet
3	4	Vis à tête fraisée	25	1	**Pignon Z_{25}= 38 dents ; module m= 2 mm**
2	1	Clavette disque	24	1	Roulement à une rangée de billes à contact radial
1	1	**Arbre moteur Nm = 1450 tr/min**	23	1	Clavette parallèle
REP	**NB**	**DESIGNATION**	**REP**	**NB**	**DESIGNATION**
Echelle 1:2		**MOTO REDUCTEUR**			

Nom :..... Groupe :.....

Prénom :..... Identifiant :.....

---✂----------

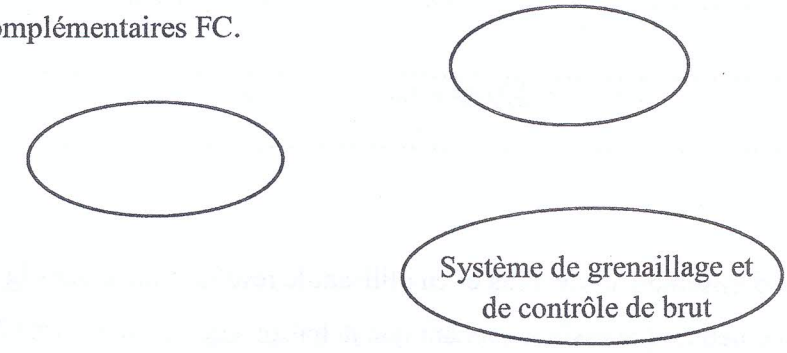
I : ANALYSE FONCTIONNELLE

I.1 Evaluer parmi les fonctions de services du système de grenaillage et de contrôle de brut inscrite dans le tableau ci-dessous celles qui sont principale ou complémentaire (FP ou FC) (placé une (x) dans la case correspondante).

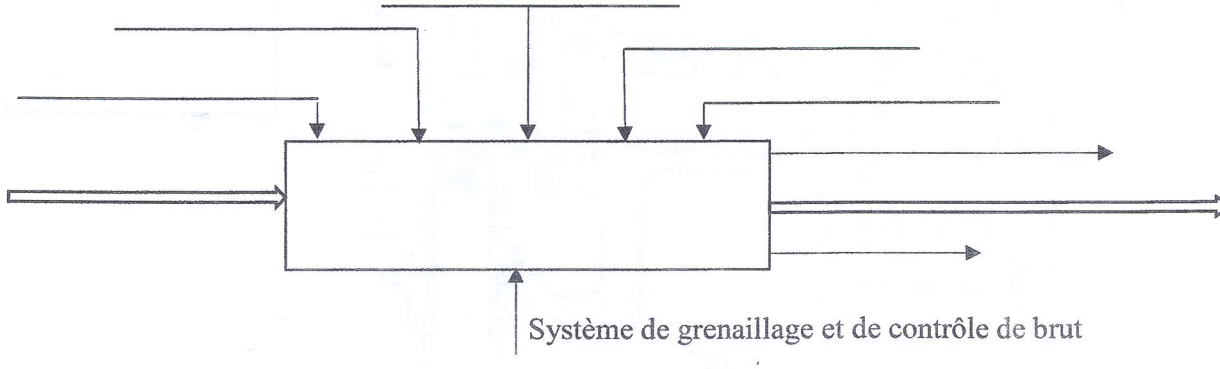
Fonctions	FP	FC
(A) Permettre l'utilisateur de présenter une pièce brute pour une opération de grenaillage.		
(B) Protéger l'environnement du système.		
(C) Positionner les pièces brutes lors de l'alimentation.		
(D) Evacuer les pièces après contrôle.		

I.2 Compléter le diagramme pieuvre ci-dessous par :

- les éléments extérieurs au système de grenaillage et de contrôle de brut,
- les fonctions principales FP,
- les fonctions complémentaires FC.



I.3 Compléter l'actigramme A-0 du système de grenaillage et de contrôle de brut.



II. ETUDE TECHNOLOGIQUE

II.1 Donner la fonction des pièces suivantes.

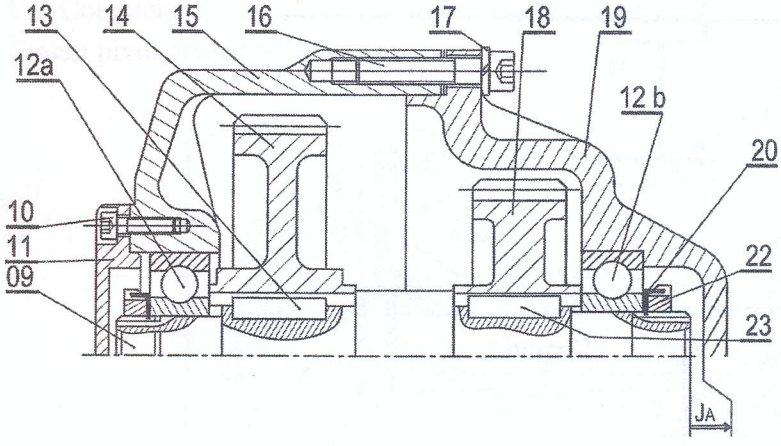
Pièce	Fonction
21	…… ……
28	…… ……
37	…… ……

III. COTATION FONCTIONNELLE

III.1 Proposer un ajustement pour chacun des assemblages suivants.

Assemblage	19 - 26	29 - 26	28 - 29
Ajustement	……	……	……

III.2 Tracer la chaîne de cote relative à la condition J_A.



Graphe de contact

IV.ETUDE CINEMATIQUE

IV.1 Calculer le rapport de réduction entre **l'arbre moteur (1)** et **l'arbre de sortie (29)**.

.....

.....

.....

IV.2 Calculer la vitesse de rotation de la came (28).

.....

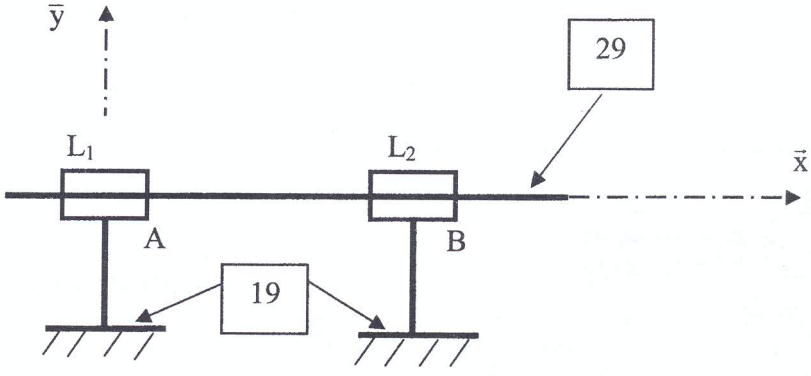
.....

.....

V. ETUDE DE CONCEPTION : Théorie des mécanismes

<u>Phase 1</u> :

Le guidage de l'arbre (29) par rapport au bâti (19) est assuré par les cousinés (26) qui peut être modélisé comme suit.



V.1 Etablir le graphe de liaisons de ce système.

Chaine : .....

V.2 Par une étude cinématique déterminer le torseur équivalent à ces deux liaisons.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

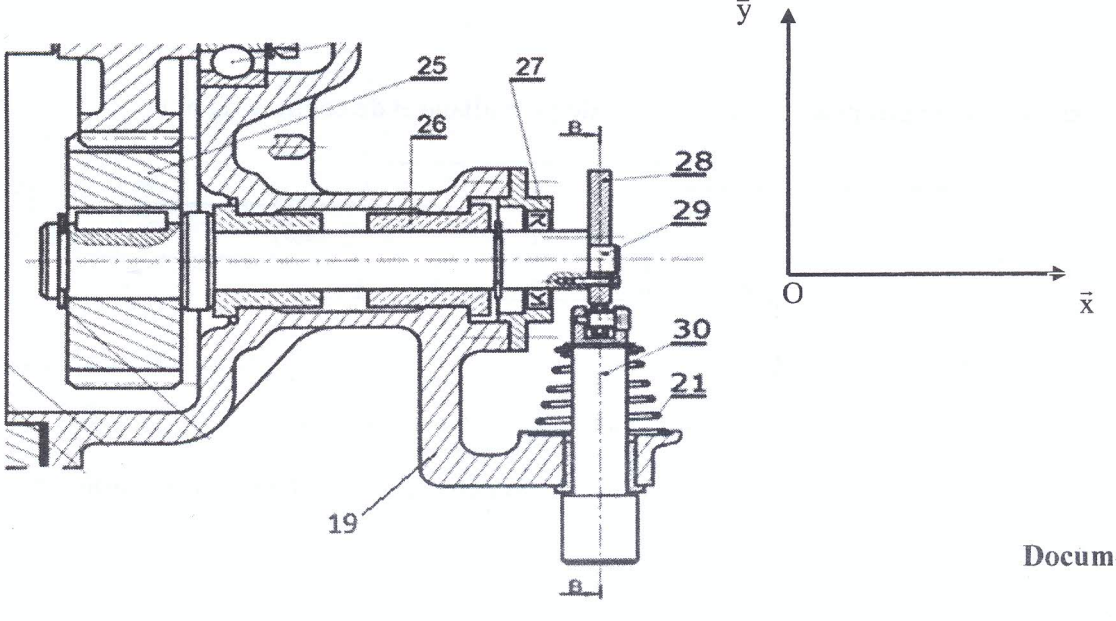
.....

.....

Phase 2 :

En se basant sur le dessin d'ensemble ci-dessous et en utilisant le résultat trouvé dans **la phase 1** :

V.3 Compléter le schéma cinématique associé sachant que la liaison équivalente entre (29) et (19) est une liaison pivot glissant d'axe $(A, \vec{x})$.

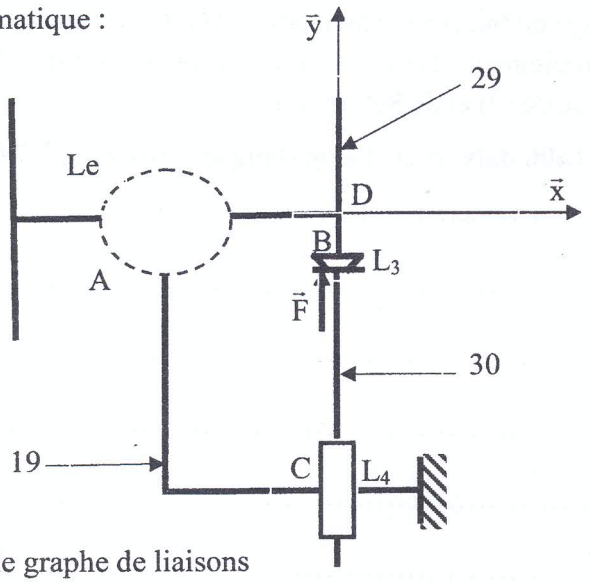


Nom :..... Groupe :.....

Prénom :..... ... Identifiant :.....

---✂----------

Schéma cinématique :



Le : .....

L3:.....

L4 :.....

V.4 Etablir le graphe de liaisons

Chaine : .....

Etude cinématique :

V.5 Ecrire au point **D** et dans la base de $R(D,\vec{x},\vec{y},\vec{z})$ les torseurs cinématiques des liaisons élémentaires.

$$\{V_e\}=\begin{Bmatrix} \cdots\cdots & \cdots\cdots \\ \cdots\cdots & \cdots\cdots \\ \cdots\cdots & \cdots\cdots \end{Bmatrix}_D \qquad \{V_3\}=\begin{Bmatrix} \cdots\cdots & \cdots\cdots \\ \cdots\cdots & \cdots\cdots \\ \cdots\cdots & \cdots\cdots \end{Bmatrix}_D \qquad \{V_4\}=\begin{Bmatrix} \cdots\cdots & \cdots\cdots \\ \cdots\cdots & \cdots\cdots \\ \cdots\cdots & \cdots\cdots \end{Bmatrix}_D$$

V.6 Déterminer le degré de mobilité de la chaine (m).

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

V.7 Calculer le degré d'hyperstatisme (h)

.....

Etude statique :

On suppose que sur l'arbre (29) s'exerce l'action mécanique d'entrée définie par le torseur $\{\tau_E\}$ et sur la tige (30) s'exerce l'action mécanique de sortie définie par le torseur $\{\tau_s\}$.

Avec

$$\{\tau_E\} = \begin{Bmatrix} X_E & L_E \\ Y_E & M_E \\ Z_E & N_E \end{Bmatrix}_D \quad \text{et} \quad \{\tau_s\} = \begin{Bmatrix} X_s & L_s \\ Y_s & M_s \\ Z_s & N_s \end{Bmatrix}_D$$

V.8 Par une étude statique, calculer **h** et déterminer les inconnues hyperstatique de la chaine.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

V.9 Proposer une solution pour rendre ce mécanisme isostatique.

VI. ETUDE DE CONCEPTION : Calcul des roulements.

Calculer la durée de vie du roulement à une rangé de billes à contact radial (24), L_{10} en millions de tours et L_{10H} en heures de fonctionnement. Sachant que le roulement (24) supporte une charge combinée **Fa = 100 daN** et **Fr = 250 daN** et que la vitesse de rotation de l'arbre (9) et **de 800 tr/mn**.

On donne : La charge dynamique de base : **C =1400 daN** et la charge statique de base $\mathbf{C_0}$ **= 790 daN**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Nom :..... Groupe :.....

Prénom :..... ... Identifiant :.....

---✂----------

.....

.....

.....

.....

.....

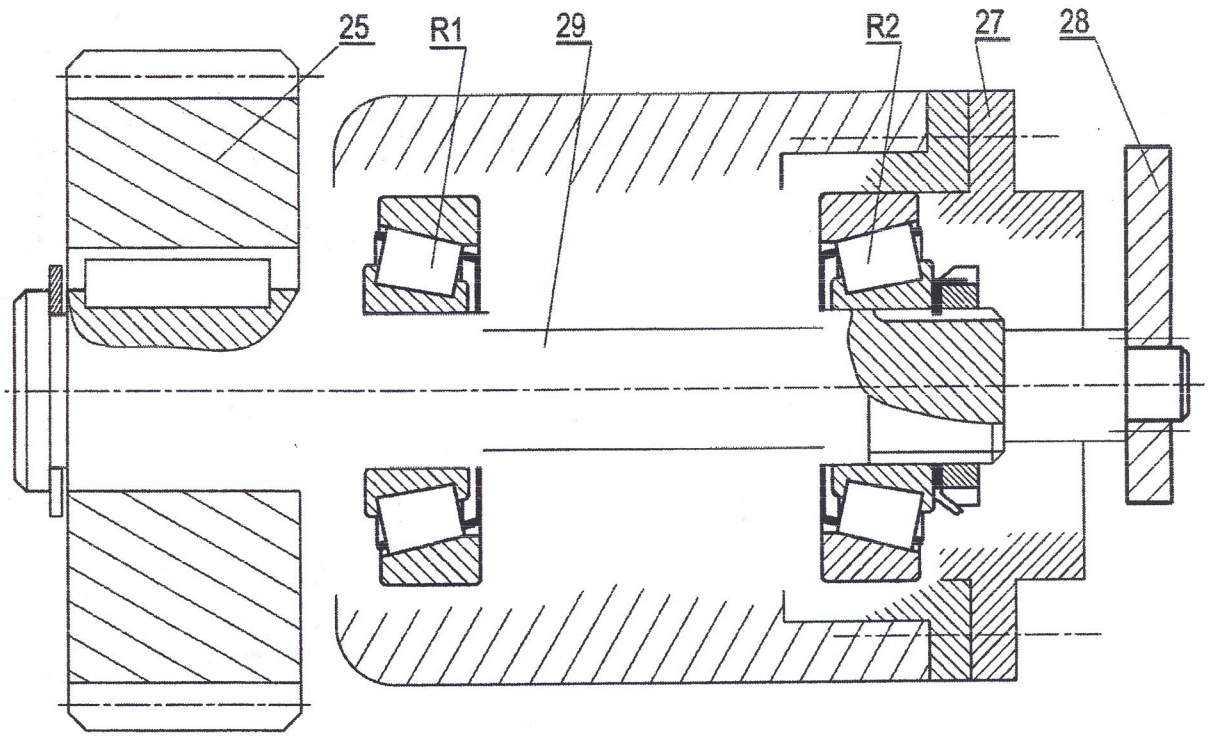
.....

VII ÉTUDE DE GUIDAGE EN ROTATION DE L'ARBRE DE SORTIE 29 :

Pour des raisons technologiques, on désire changer les deux coussinets (**26**) qui assurent le guidage en rotation de l'arbre (**29**) par deux roulements à rouleaux coniques.

Compléter le montage des roulements R1 et R2.

Prévoir l'étanchéité coté roulement $\mathbf{R_2}$ et indiquer les tolérances des portées des roulements et du joint à lèvre.



ANNEXE

Valeurs des coefficients *X* et *Y* suivant types de roulement

roulements rigides à billes (à contact radial)

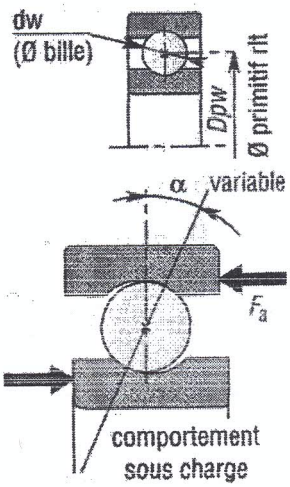
si $\frac{F_a}{F_r} \leqslant e$ alors $P = F_r$ ($X = 1$ et $Y = 0$)

si $\frac{F_a}{F_r} > e$ alors $P = 0{,}56.F_r + Y.F_a$

les valeur de *e* et *Y* dépendent du rapport $\frac{f_0.F_a}{C_0}$ ou $\frac{F_a}{C_0}$ (voir ci-dessous)

$\frac{f_0.F_a}{C_0}$*	0,172	0,345	0,689	1,03	1,38	2,07	3,45	5,17	6,89
$\frac{F_a}{C_0}$**	0,014	0,028	0,056	0,084	0,110	0,170	0,283	0,42	0,5
*X**	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56
*Y**	2,30	1,99	1,71	1,55	1,45	1,31	1,15	1,04	1,00
*e**	0,19	0,22	0,26	0,28	0,30	0,34	0,38	0,42	0,44

* : valeurs NF ISO 281 ; ** : valeurs usuelles



$$f_0 = \frac{dw.\cos\alpha}{Dpw}$$