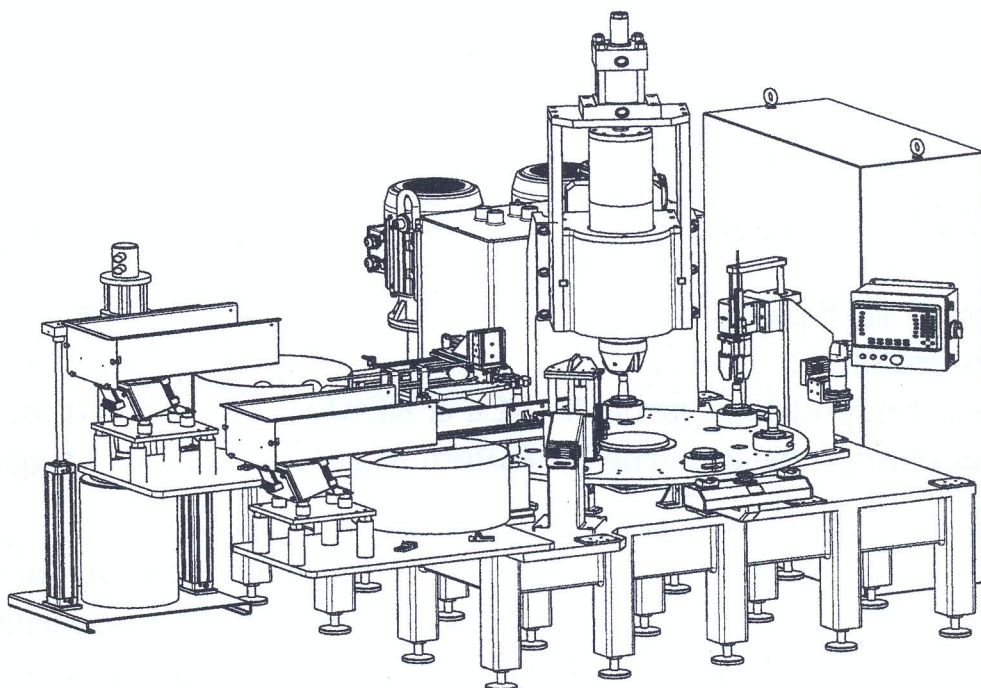




Concours Technologie

Epreuve de

Systèmes Techniques Automatisés



Date : Mercredi 23 Juin 2021 Heure : 8 H Durée : 3 heures

L'épreuve comporte deux parties :

- A - Mécanique des solides indéformables & Résistance des matériaux (10 pts)
B - Automatique (10 pts)

Le sujet de l'épreuve remis au candidat comporte trois dossiers :

- 1^{er} : "Mise en situation, Données et Hypothèses",
2^{ème} : Un document technique "DT-01".
3^{ème} : "Document Réponses" contenant les questions à traiter.

N.B.

- * Aucun autre document n'est autorisé.
- * Seules les calculatrices de poche non programmables sont autorisées.
- * Un seul et unique document réponses est fourni au candidat et doit être rendu en totalité, à la fin de l'épreuve, même sans réponses. **Aucune feuille du document réponses ne doit être supprimée** (cet acte est considéré comme étant une tentative de fraude).

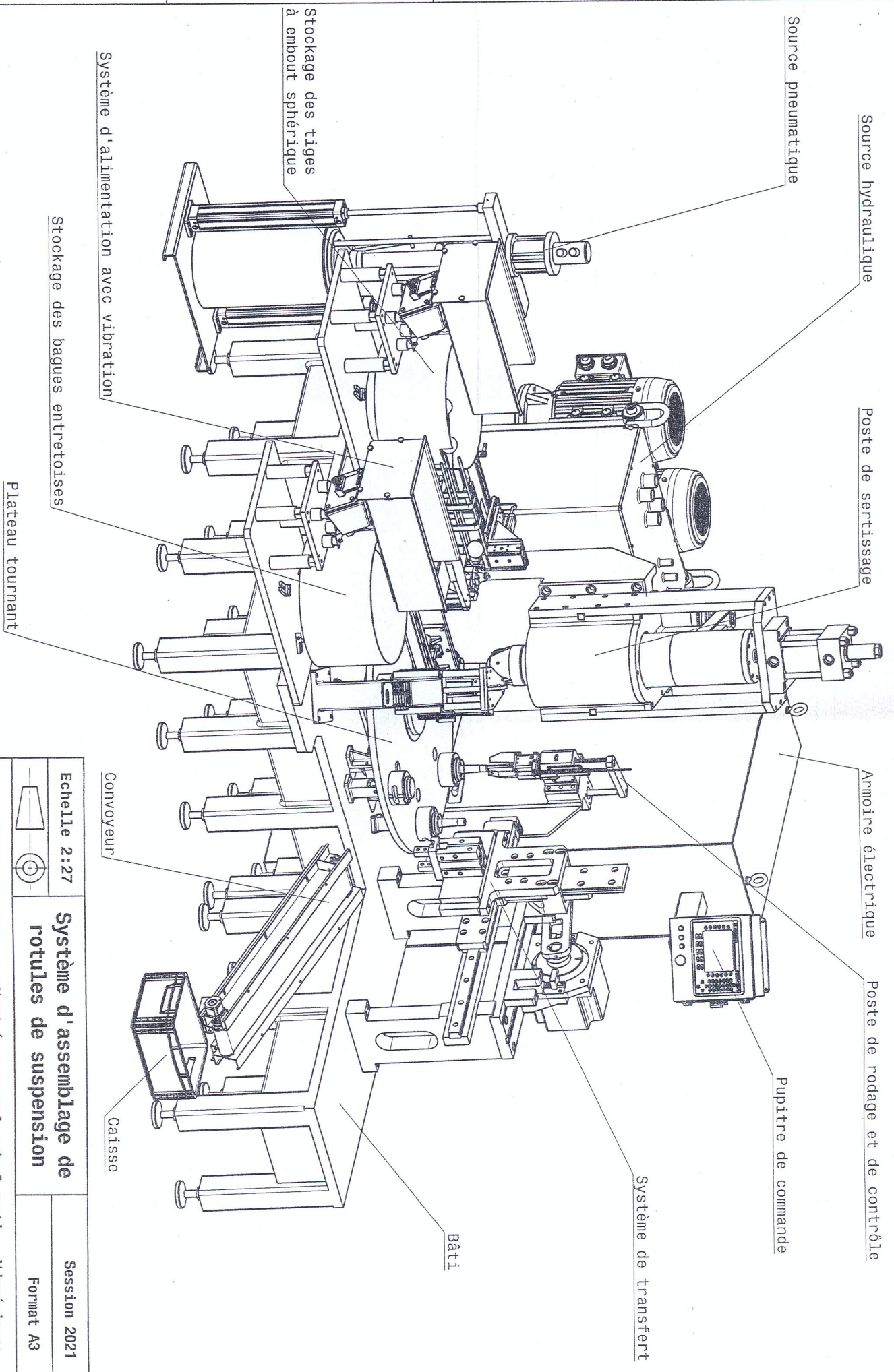
Dossier

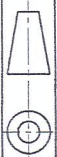
Mise en situation,

Données et Hypothèses

Ce dossier comporte 8 pages :

- ★ Mise en situation : pages de 1 à 1
- ★ Données et hypothèses partie A - MSI & RDM : pages de 1 à 5
- ★ Données et hypothèses partie B - Automatique : pages de 5 à 8



<p>Echelle 2:27</p> 	<p>Système d'assemblage de rotules de suspension</p>		<p>Session 2021</p> <p>Format A3</p>
---	---	--	--------------------------------------

<p>Concours nationaux d'entrée aux cycles de formation d'ingénieurs</p>		<p>Concours Techno - Epreuve S.T.A</p> <p>Etude d'un système d'assemblage de rotules</p>	<p>DT-01</p>
---	--	--	--------------

SYSTÈME D'ASSEMBLAGE DE ROTULES DE SUSPENSION

Mise en situation

Le système présenté par le document technique DT-01 est destiné à l'assemblage de rotules de suspension de voitures (figure 1). Ladite rotule est constituée d'un moyeu à fond sphérique, d'une bague entretoise en matériau polymère et d'une tige à embout sphérique. Leur assemblage comporte une opération de graissage de l'intérieur de la rotule afin de garantir une meilleure mobilité à l'usage. Afin d'empêcher le démontage de la tige, une opération de sertissage consiste à plier le serti (une zone de faible épaisseur du moyeu 1 pour venir au contact avec la tige (3). Cette opération nécessite une pression importante (utilisation d'un vérin hydraulique) et un pliage par appui de galets tournants.

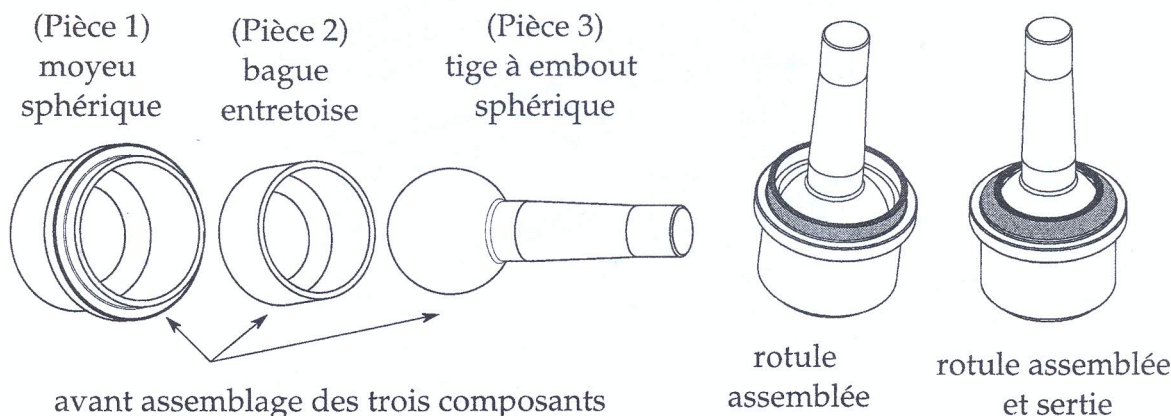


FIGURE 1 – Rotule de suspension

Le système d'assemblage est ainsi constitué de huit postes successifs permettant chacun d'effectuer une opération spécifique :

1. positionnement du moyeu sphérique (pièce 1),
2. positionnement de la bague entretoise (pièce 2),
3. graissage de l'intérieur du moyeu,
4. positionnement de la tige à embout sphérique,
5. sertissage du moyeu,
6. rodage de la rotule assemblée,
7. évacuation de la rotule assemblée (système de transfert),
8. nettoyage de l'emplacement du moyeu.

Un automate programmable permet la gestion du fonctionnement global de ce système.

Partie A - Mécanique des solides indéformables & Résistance des matériaux :

A.1 Présentation

L'étude mécanique porte sur le système de transfert des rotules à la sortie de la chaîne de montage. Ce système est composé, comme l'illustre la figure 2, d'un moteur (M) d'entraînement, d'une manivelle (1) et de deux coulisseaux (2) et (3). L'ensemble est monté sur un bâti

suffisamment rigide pour réduire les vibrations induites par le mouvement rotatif alterné de la manivelle. Le mécanisme permet de transformer une rotation périodique alternée imposée par un moteur en une translation circulaire alternée de la pince de préhension de la rotule à évacuer.

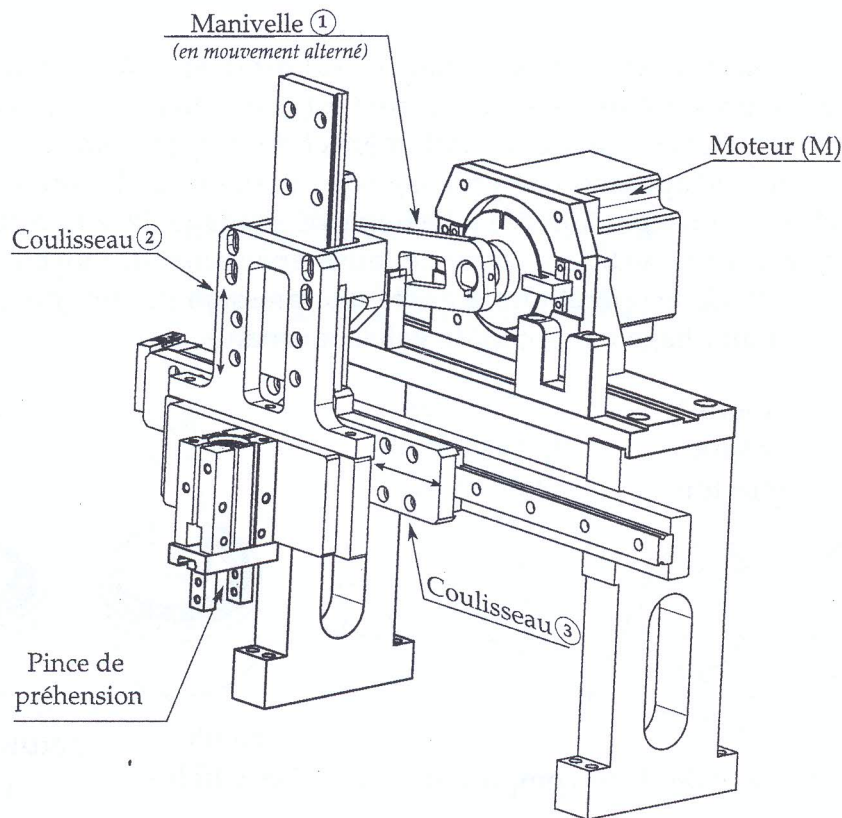


FIGURE 2 – Le système de transfert

Les figures 3.a et 3.b présentent respectivement les schémas cinématiques réduits 3D et 2D du mécanisme, associé au système de transfert, proposé à l'étude.

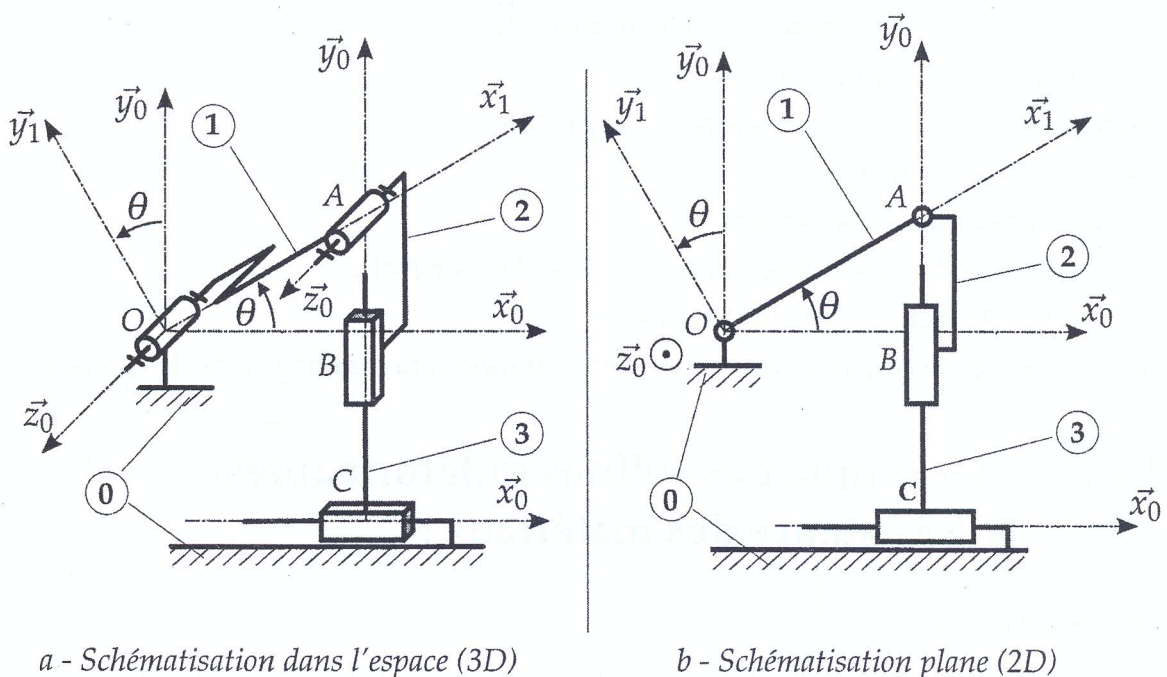


FIGURE 3 – Schéma cinématique du mécanisme de transfert

A.2 Repères, paramètres et données

Le mécanisme proposé à l'étude est constitué des solides suivants :

- Le bâti (0) auquel est lié le repère $\mathcal{R}_0(O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$. Ce repère est considéré galiléen ayant pour axe vertical ascendant (O, \vec{y}_0) .
- La manivelle (1) est en liaison pivot d'axe (O, \vec{z}_0) avec le bâti (0). Elle est entraînée en rotation par le moteur (M) (voir figure 2). Le repère qui lui est associé est $\mathcal{R}_1(O, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_0)$ avec $\theta = \widehat{(\vec{x}_0, \vec{x}_1)} = \widehat{(\vec{y}_0, \vec{y}_1)}$.
- Le coulisseau (2) est en liaison pivot d'axe (A, \vec{z}_0) avec la manivelle (1), il est aussi en liaison glissière d'axe (B, \vec{y}_0) avec le coulisseau (3). Sa translation par rapport au coulisseau (3) est paramétrée par λ . $\mathcal{R}_2(A, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ est le repère qui lui est associé.
- Le coulisseau (3) est en liaison glissière d'axe (C, \vec{x}_0) avec le bâti (0). Sa translation par rapport à (0) est paramétrée par μ . $\mathcal{R}_3(C, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ est le repère qui lui est associé.

Chacun des centres A , B et C des liaisons définies précédemment, décrit une trajectoire située dans un plan parallèle à $(O, \vec{x}_0, \vec{y}_0)$. Cela permet de modéliser le système proposé à l'étude par un mécanisme plan en considérant les paramètres et les données géométriques présentés par les relations vectorielles suivantes :

$$\overrightarrow{OA} = L\vec{x}_1 ; \overrightarrow{BA} = a\vec{y}_0 ; \overrightarrow{OC} = \mu\vec{x}_0 - d\vec{y}_0 ; \overrightarrow{CB} = \lambda\vec{y}_0$$

Où L , a et d sont des caractéristiques dimensionnelles (constantes). θ , λ et μ sont les paramètres de position du mécanisme, dépendants du temps (variables de configuration).

A.3 Études cinématique, dynamique et énergétique

Dans la partie cinématique on s'intéresse au champ de vitesse des solides (1), (2) et (3).

L'étude énergétique et dynamique vise à déterminer le couple développé par le moteur (M) ainsi que les expressions analytiques des actions extérieures s'appliquant au système $\Sigma = \{1, 2, 3\}$

Données et hypothèses

- ✓ $\theta(t)$ est périodique.
- ✓ L'accélération de la pesanteur est définie par : $\vec{g} = -g\vec{y}_0$ avec g est une constante positive.
- ✓ L'action du moteur (M) sur (1) est modélisée par le torseur couple :

$$\{\mathcal{T}_{(Moteur \rightarrow 1)}\}_O = \left\{ \begin{array}{c} \vec{0} \\ C_m \vec{z}_0 \end{array} \right\}_O$$

- ✓ Les masses des solides (1), (2) et (3) sont désignées respectivement par m_i avec $i = 1, 2, 3$. Sachant que le coulisseau (2) intègre toutes les pièces qui lui sont solidaires y compris le système de préhension (la masse de la rotule est négligée).
- ✓ Les centres d'inertie G_i ($i = 1, 2, 3$) de ces solides sont définis par les expressions vectorielles suivantes :

$$\overrightarrow{OG}_1 = \frac{L}{2}\vec{x}_1 ; \overrightarrow{AG}_2 = -b\vec{y}_0 ; \overrightarrow{CG}_3 = \vec{0}$$

où b représente une constante dimensionnelle positive.

- ✓ Toutes les liaisons sont supposées parfaites.
- ✓ Il convient de retenir, pour ce problème plan, la notation représentant le torseur des actions mécaniques qu'exerce un solide (i) sur un solide (j) au point Q "centre géo-

métrique de la liaison", exprimé dans la base $\mathcal{B}_0(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$

$$\{\mathcal{T}(i \rightarrow j)\}_Q = \begin{Bmatrix} X_{ij} & - \\ Y_{ij} & - \\ - & N_{ij} \end{Bmatrix}_Q^{\mathcal{B}_0}$$

✓ La manivelle (1) est représentée par le solide de la figure 4.

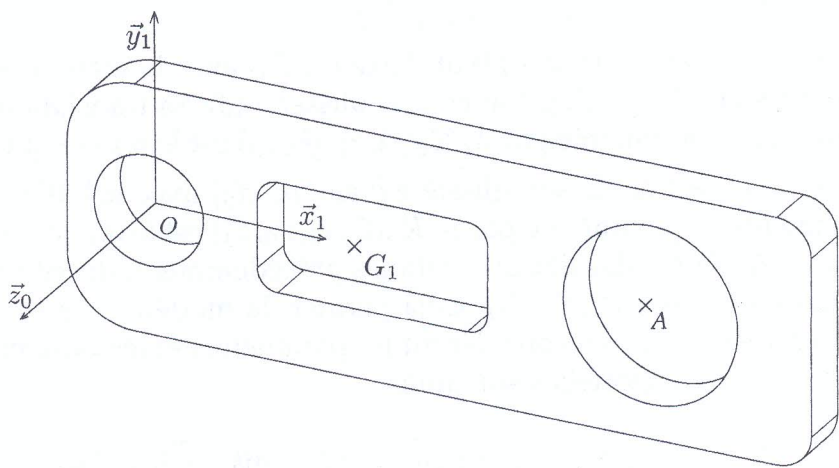


FIGURE 4 – Géométrie de la manivelle (1)

A.4 Résistance des matériaux

On se propose de déterminer la condition de résistance de la manivelle (1), sous l’effet des actions mécaniques extérieures qui lui sont appliquées, quand le couple moteur est maximal. Une étude préliminaire est effectuée en modélisant la manivelle par une poutre droite prismatique pleine, homogène, à section rectangulaire constante de dimensions $H \times e \times L$ (figure 5). Pour tenir compte des effets des singularités géométriques on introduit, en plus du coefficient de sécurité, un facteur de concentration de contrainte. La manivelle (1) est encastrée sur l’arbre moteur et elle est soumise à l’action du coulisseau (2) au point A. Cette action modélisée par le torseur :

$$\{\mathcal{T}(2 \rightarrow 1)\}_A = \begin{Bmatrix} \vec{F}_A \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_A \quad \text{avec} \quad \vec{F}_A = X_A \vec{x}_1 + Y_A \vec{y}_1$$

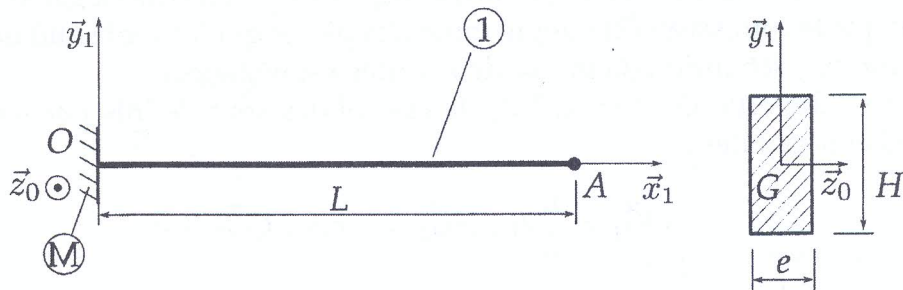


FIGURE 5 – Modèle poutre de la manivelle (1)

Hypothèses et données :

- Le poids de la manivelle (1) est supposé négligeable devant les autres actions mécaniques.
- Les forces d'inertie sont prises en compte dans les données du problème.
- La manivelle est en acier faiblement allié (17 Cr Ni Mo 6) ayant une limite élastique à l'extension $R_e = 880$ MPa et un module d'Young $E = 210$ GPa.
- Le coefficient de sécurité est fixé à $s = 4$
- Le facteur de concentration des contraintes en flexion dues aux singularités géométriques est $K_t = 3$.
- Le centre de gravité de la section droite de la poutre est G, sa position est telle que : $\overrightarrow{OG} = x\vec{x}_1$ avec $0 \leq x \leq 400$ mm.
- Longueur de la poutre $L = 400$ mm.
- Rapport $H/e = 5$.
- $X_A = 47$ N et $Y_A = -750$ N

Partie B - Automatique**B.1 Étude du capteur de position angulaire du plateau tournant**

L'objectif de cette partie est l'étude du capteur permettant la mesure de la position angulaire du plateau tournant. En effet, pour connaître avec précision sa position, une des solutions consiste à utiliser un codeur absolu basé sur le code binaire réfléchi (Gray). Cette solution est couramment adoptée pour sa précision.

Le disque des codeurs absolus comporte des pistes concentriques divisées en segments opaques et transparents. Comme le plateau est à 8 positions, on aura à utiliser un codeur à 3 pistes délivrant trois signaux G_0 , G_1 et G_2 .

Si le codeur Gray est le mieux adapté pour la mesure de la position (de l'angle du plateau tournant), on aura besoin du code binaire naturel pour la suite du traitement de l'information. C'est la raison pour laquelle on utilisera un transcodeur BR – BN à 3 bits.

B.2 Étude séquentielle

L'objectif de cette partie est l'étude séquentielle du système d'assemblage de la rotule. En effet, l'action sur un bouton poussoir « Dcy », conditions initiales satisfaites, permet le fonctionnement en série des 8 postes pour effectuer les actions suivantes :

Poste 1 : chargement des moyeux sphériques, (pièce 1). Il sera placé dans une empreinte cylindrique solidaire du plateau tournant (actions représentées par la macro étape M10).

Poste 2 : (M20) chargement de la bague entretoise, pièce 2, (figure 6(a)). Elle sera acheminée jusqu'au-dessus du moyeu sphérique sous l'effet d'une enceinte vibrante entraînée par un moteur électrique KM2. L'arrivée de cette bague au-dessus du moyeu est détectée par un capteur P_2 provoquant l'arrêt du moteur électrique et la descente de la tige du vérin V_2 . Ce dernier agit pour enfoncer la bague à l'intérieur du moyeu. Arrivant en fin de course (signalée par le capteur L_{20}), la tige du vérin V_2 rebrousse chemin pour remonter à sa position initiale signalée par le capteur de fin de course L_{21} .

Poste 3 : (M30) lubrification de l'intérieur de la bague afin de réduire le frottement interne de la rotule entièrement assemblée (figure 6(b)). L'opération de lubrification commence par la sortie de la tige du vérin V_3 entraînant des buses d'injection du lubrifiant (graisse). Arrivant à sa fin de course, (détectée par le capteur L_{31}), une électrovanne KL est alimentée assurant ainsi l'injection du lubrifiant durant 2s. Ensuite, l'électrovanne est

mise hors tension et la tige du vérin revient à sa position initiale actionnant le capteur L_{30} .

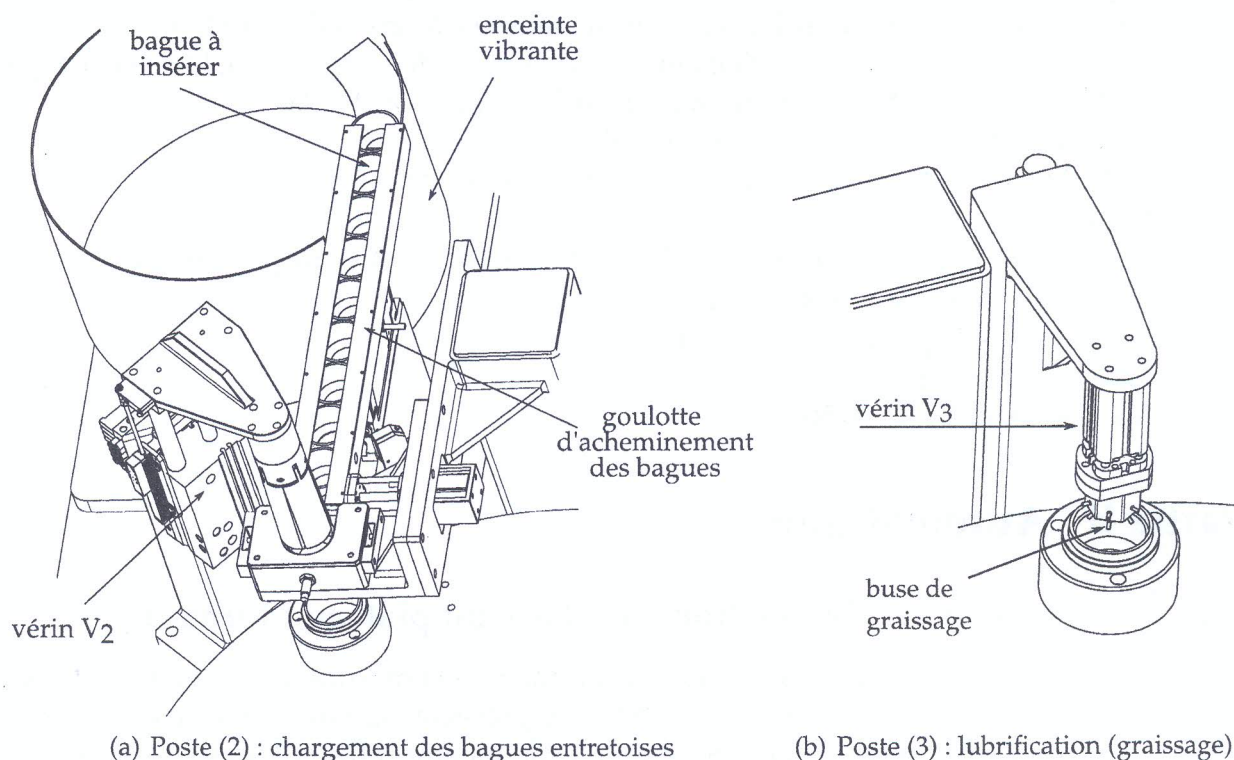


FIGURE 6 – Postes (2) et (3)

Poste 4 : (M40) chargement de l'embout sphérique (figure 7), celui-ci sera introduit à l'intérieur des deux pièces assemblées et lubrifiées. Ce chargement s'effectue comme suit :

- Déplacement du chariot (1) vers la gauche par la rentrée de la tige du vérin V_{41} . La fin de ce retour est signalée par le capteur L_{410} .
- Sortie de la tige du vérin V_{42} jusqu'à sa fin de course annoncée par le capteur L_{421} . Ce vérin est responsable de l'avance du chariot (2) solidaire du support porte pince.
- Préhension de l'embout sphérique par la pince pneumatique V_{43} , signalée par le capteur L_{431} .
- Retour vers la droite du chariot (1), mettant ainsi l'embout juste au-dessus des deux pièces précédemment assemblées. La fin du retour est détectée par le capteur L_{411} .
- Retournement de l'embout de 180° , effectué par un moteur électrique M4 à deux sens de rotation KM41. La fin de ce retournement est détectée par un capteur n_1 .
- Descente de l'embout par le vérin V_{44} jusqu'à son introduction dans le moyeu sphérique signalée par le capteur L_{441} . L'embout est alors libéré par ouverture de la pince et le capteur L_{430} est alors actionné.
- Montée de la tige du vérin V_{44} signalée par le capteur L_{440} .
- Enfin, retour de la tige du vérin V_{42} signalée par le capteur L_{420} , et en même temps la pince reprend sa position initiale par un retournement de -180° , $KM42 = 1$. La fin de ce pivotement est détectée par le capteur n_2 .

Poste 5 : sertissage du moyeu, en effet pour empêcher l'embout sphérique de quitter son logement, il est nécessaire de le bloquer sans éliminer les degrés de liberté nécessaires au rotulage (M50).

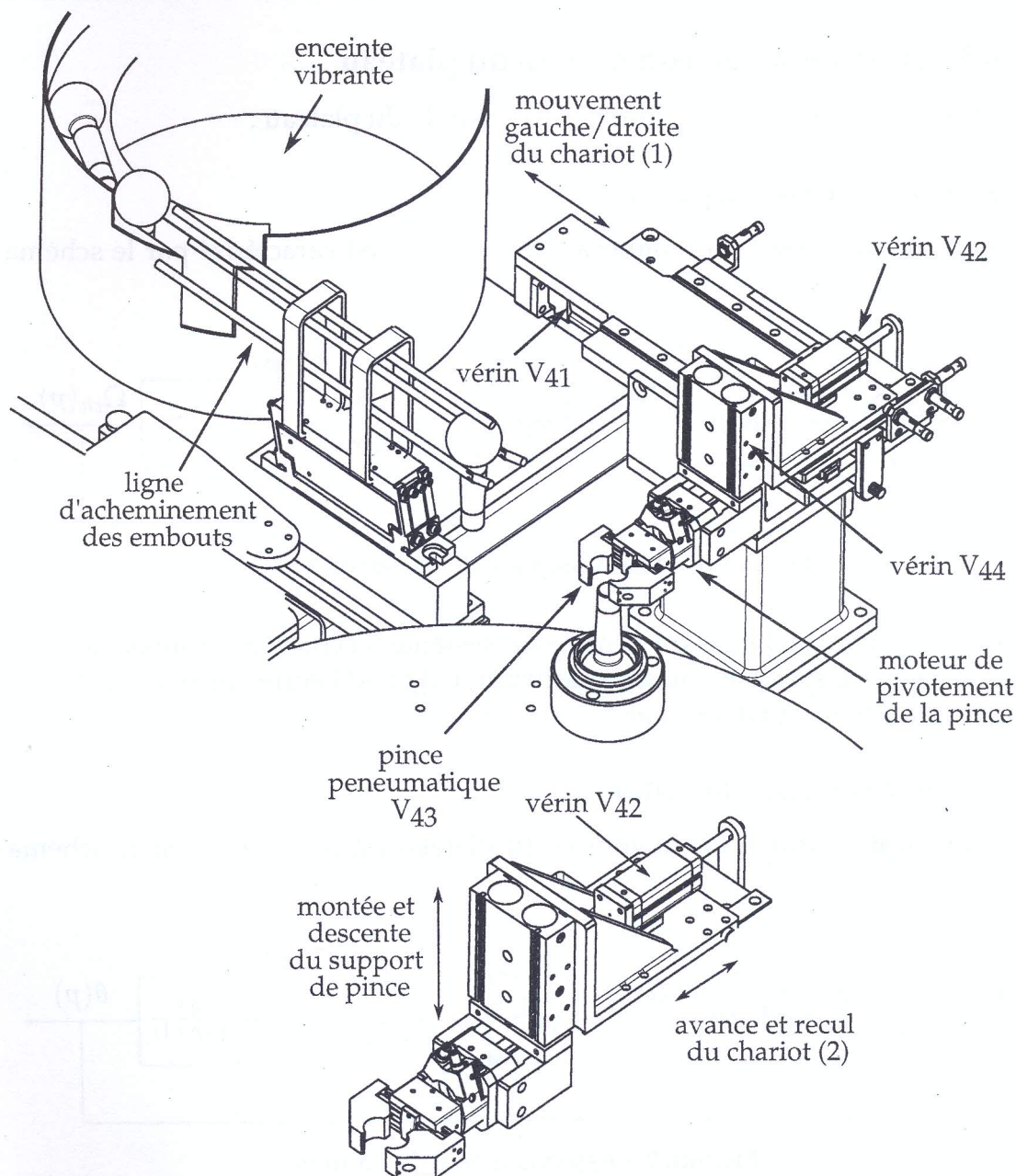


FIGURE 7 – Poste de chargement de l'embout sphérique

Poste 6 : rodage et contrôle du jeu fonctionnel. En effet, après sertissage, la rotule peut être légèrement coincée sous l'effet de l'intensité de serrage. Il faudra ainsi débloquer l'ensemble et vérifier que le jeu fonctionnel est adéquat (M60).

Poste 7 : évacuation de la rotule assemblée par le système de transfert parallèle (M70).

Poste 8 : nettoyage de l'empreinte cylindrique fixée sur le plateau. Ainsi, après chaque évacuation d'une rotule, il est impératif de s'assurer de l'élimination de tout débris ou résidu de graisse (M80).

Dés l'achèvement des différentes actions dans les huit postes, le plateau effectue $1/8$ de tour (45°) grâce au moteur électrique KM qui l'entraîne. La nouvelle position est signalée par un capteur *Pr*.

Si un nouveau moyeu est présent au poste 1, signalé par un capteur *P*, le cycle recommence automatiquement, si non le système s'arrêtera jusqu'à une nouvelle action sur le bouton poussoir « Dcy ».

Remarque : tous les vérins utilisés sont à double effet.

B.3 Étude du système de commande du plateau

Deux asservissements sont utilisés pour la commande du plateau :

Asservissement de vitesse du plateau

L'asservissement de vitesse du moteur avec le plateau est caractérisé par le schéma de la figure 8

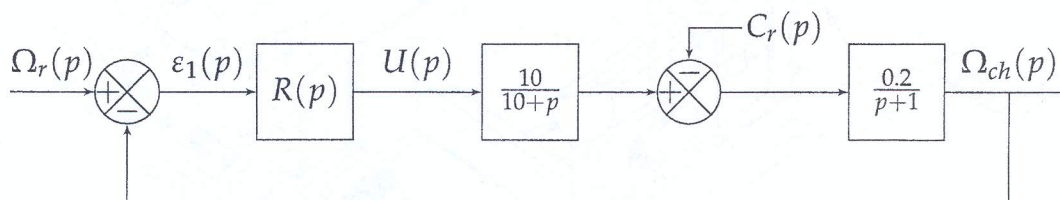


FIGURE 8 – Asservissement de vitesse du moteur

où $R(p)$ est le régulateur ; $\Omega_r(p)$ est l'entrée du système (la consigne : vitesse de référence) ; $\Omega_{ch}(p)$ est la sortie du système (vitesse angulaire) ; $C_r(p)$ est l'entrée de perturbation (couple résistant) et $\varepsilon_1(p)$ est le signal d'erreur.

Asservissement de position du plateau

L'asservissement de position du moteur et du plateau est caractérisé par le schéma de la figure 9

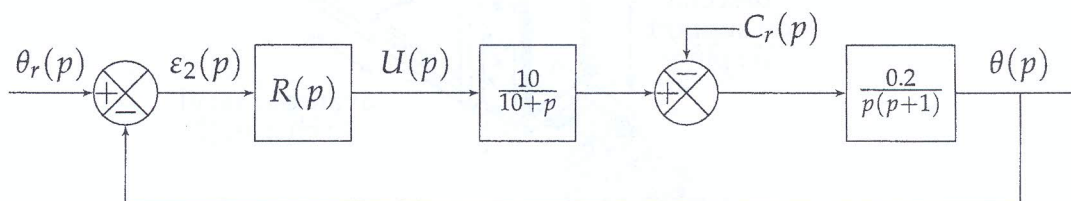


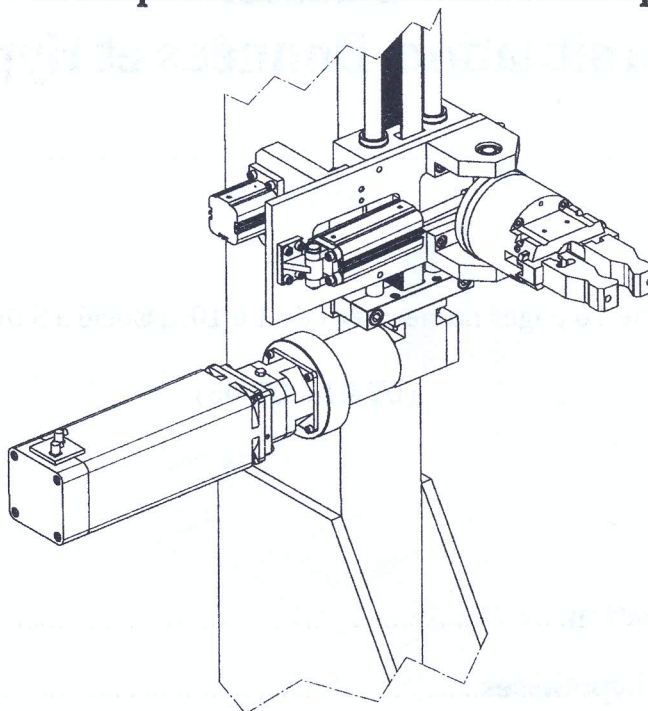
FIGURE 9 – Asservissement de position

où $\theta_r(p)$ est l'entrée du système (la consigne : angle de référence) ; $\theta(p)$ est la sortie du système (position angulaire) et $\varepsilon_2(p)$ est le signal d'erreur.



Concours Technologie

Épreuve de
Conception & Fabrication Mécanique



Date : Vendredi 25 Juin 2021

Heure : 08 H00

Durée : 4 Heures

L'épreuve comporte deux parties :

- A- Conception Mécanique (12 pts)
- B- Fabrication Mécanique (08 pts)

Le sujet de l'épreuve remis au candidat comporte trois dossiers :

- 1- Mise en situation, Données et Hypothèses
- 2- Documents Techniques (DT-01 → DT-05)
- 3- Documents Réponses

Important :

- Aucun autre document n'est autorisé.
- Seules les calculatrices de poche non programmables sont autorisées.
- Un **seul et unique** document réponses est fourni au candidat et doit être rendu en totalité, à la fin de l'épreuve, même sans réponses. **Aucune feuille du document réponses ne doit être supprimée**
- Toute suppression de feuilles du document réponses est considérée comme étant une tentative de fraude.

Dossier

Mise en situation, Données et Hypothèses

Ce dossier comporte 10 pages numérotées de 1 à 10, associé à 5 documents techniques
(DT-01 à DT-05)

◆	Mise en situation.....	Pages 1 et 2
◆	Données et hypothèses.....	Pages 3 à 10
★	A- Conception Mécanique.....	Pages 3 à 8
	Documents Techniques associés.....	DT-01 à DT-04
★	B- Fabrication Mécanique.....	Pages 9 et 10
	Documents Techniques associés.....	DT-05

ÉTUDE D'UN SYSTÈME DE TRANSFERT ROBOTISÉ

1- Mise en Situation

Un atelier de fabrication des pièces mécaniques est équipé d'une ligne d'usinage entièrement automatisée. Le premier module de cette ligne d'usinage, qui fera l'objet de notre étude, est un système de transfert robotisé. Ce système servira pour déplacer des pièces semi-finies d'un convoyeur bas vers un convoyeur haut afin de poursuivre les opérations d'usinage (DT-01). Ce déplacement est assuré par un ensemble glissière (Figure 0-1). La rotation de la pince de cet ensemble glissière est assurée par un vérin pneumatique. Un vérin auxiliaire appelé vérin de maintien a été conçu afin de maintenir en position l'ensemble glissière en cas de coupure de courant.

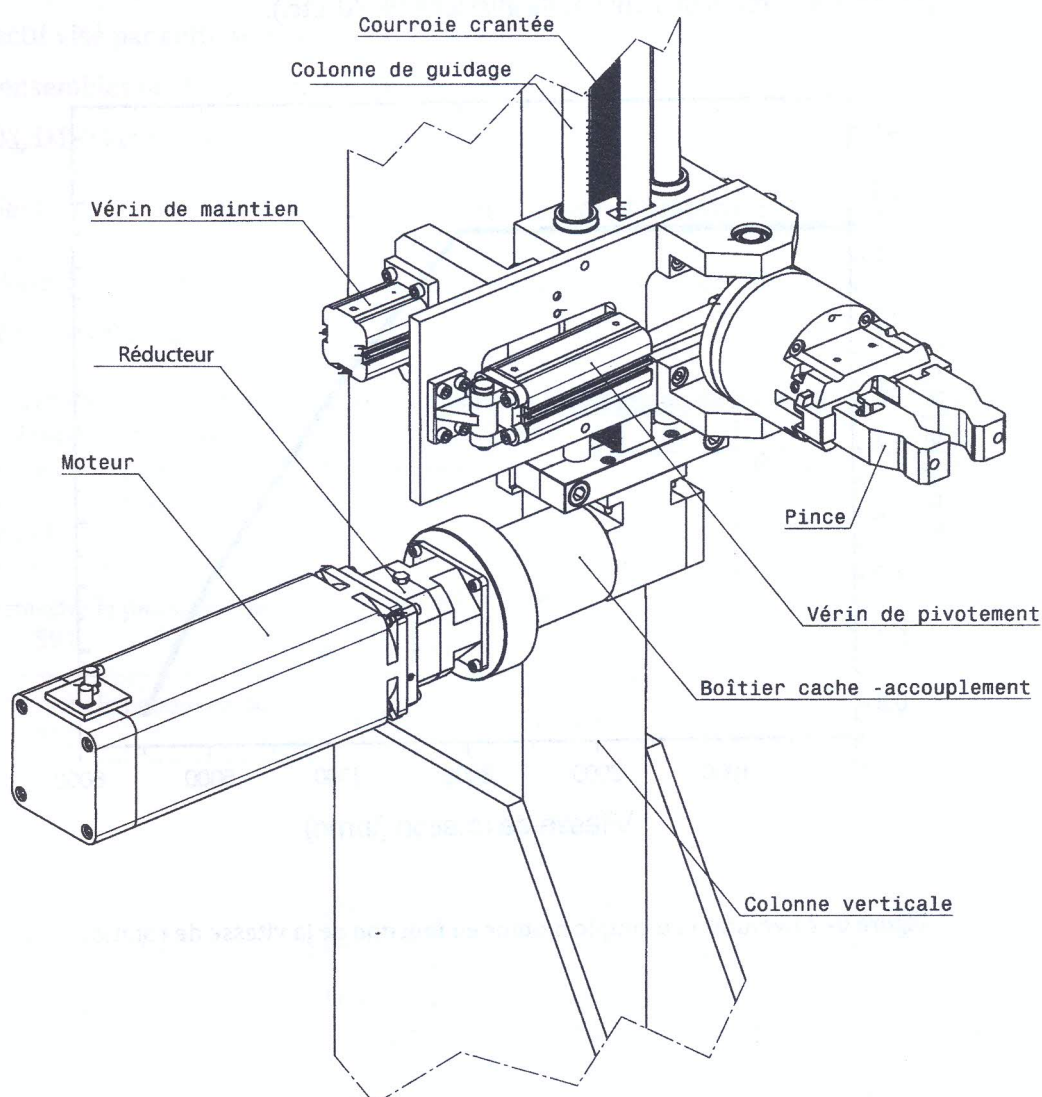


Figure 0- 1 Ensemble glissière

2- Fonctionnement du système de transfert robotisé

Les dessins d'ensemble (DT-02, DT-03 et DT-04) représentent le système de transfert robotisé permettant la transmission de mouvement et de puissance de l'arbre moteur vers l'ensemble glissière. Le système en question comporte :

- Un motoréducteur à engrenages à dentures droites :
 - moteur électrique : (Voir **Figure 0-2**)
 - réducteur à engrenages : réduire la vitesse et transmettre la puissance de (52) à (59).
- Un accouplement : transmettre la puissance de (59) à (45).
- Une transmission par lien flexible : la courroie crantée (69) et les pignon-arbrés (40) (poulie dentée suiveuse) et (45) (poulie dentée motrice) de même diamètre, permettent le déplacement vertical de l'ensemble glissière (9, 70, etc.).

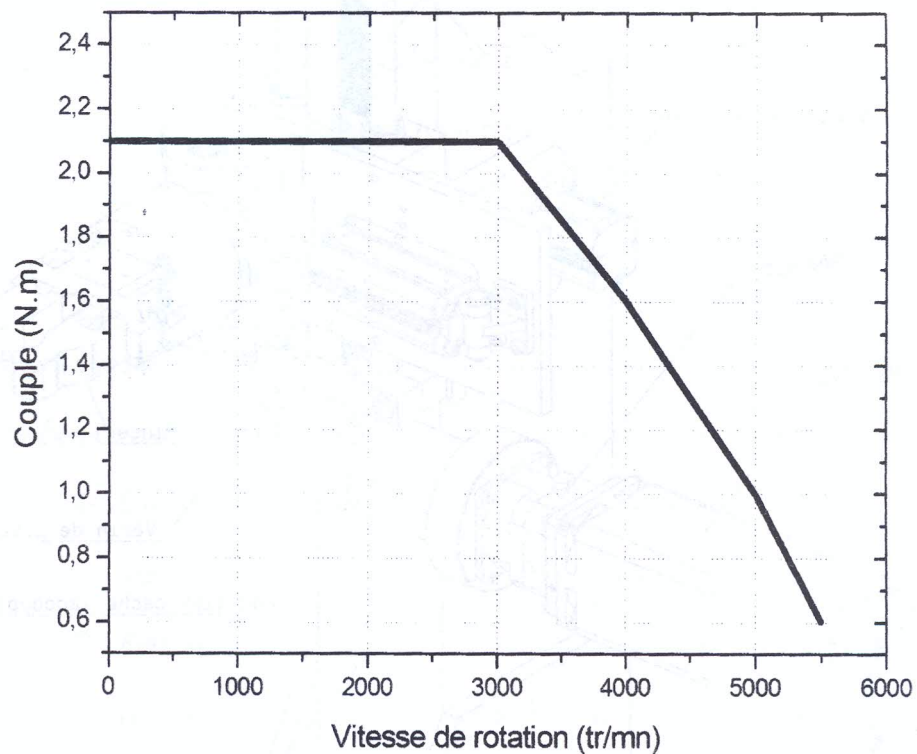


Figure 0- 2 Évolution du couple moteur en fonction de la vitesse de rotation

3-Données et Hypothèses

Partie A : Conception Mécanique

Cette partie porte sur l'étude fonctionnelle et technologique du système de transfert robotisé. Elle s'appuie sur les documents techniques (de DT-01 à DT-04) et 5 abaques (de 1 à 5). Cette partie est axée notamment sur :

- L'analyse technologique du système de transfert,
- L'étude de la chaîne de transmission de mouvement et de puissance,
- L'étude du système de pivotement de la pince,
- La cotation fonctionnelle,
- L'étude graphique.

◆ Section A1- Étude technologique

L'objectif visé par cette section est l'étude technologique du système de transfert robotisé et des sous-ensembles qui le constituent. Pour cette étude, on s'appuiera sur les documents techniques (DT-02, DT-03 et DT-04).

◆ Section A2- Étude de la chaîne de transmission de mouvement et de puissance

Pour l'étude de la chaîne de transmission de mouvement et de puissance, on s'appuiera sur les données du **Tableau 0-1**.

Tableau 0- 1 Données utiles pour la chaîne de transmission de mouvement et de puissance

Fonction Principale	Critère	Niveau
Transmettre la puissance entre l'arbre moteur (52) et la pièce (59)	Moteur électrique	$N_m = N_{52} = 5600 \text{ tr/mn}$
Transmettre la puissance de (51) à (59)	(31), (51), (59), (64)	Z_{31}, Z_{51}, Z_{64} à déterminer
	Rendement	$\eta = 0,95$
Transmettre la puissance de (59) à (45)	Couple maxi transmissible	$C_{accMax} = 10 \text{ Nm}$
Déplacer verticalement l'ensemble glissière	Poulies-courroie crantée	$D_{45} = D_{40} = 30,33 \text{ mm}$ $N_{45} = N_{40} = 1600 \text{ tr/mn}$ Coefficient de service $K_s = 1,2$
	Masse propre de l'ensemble glissière (à soulever)	$m = 15,5 \text{ Kg}$ pesanteur : $g = 9,81 \text{ m/s}^2$
	Force spécifique à transmettre : $F_u = F + F_A + F_B + F_V$ F : Force d'élévation (charge à soulever) F_A : Force d'accélération F_B : Force d'entraînement F_V : Force de pré-tension	F : Force d'élévation (charge à soulever) $F_A = 48 \text{ N}$ F_B : négligeable F_V : négligeable

▪ Étude cinématique globale

On se propose dans cette partie d'étudier les différentes liaisons mécaniques associées aux groupes constituant l'ensemble glissière.

▪ Étude du réducteur à engrenages à dentures droites

Cette partie vise dimensionner et analyser les différentes conditions d'engrènement du train d'engrenage à axes parallèle du réducteur de vitesse (DT-02 et DT-03).

▪ Étude de l'accouplement

On se propose de vérifier la capacité de l'accouplement (54, 55, 56) à transmettre le couple au pignon-arbré (45). On donne le rendement du réducteur $\eta = 0,95$ et le couple maximal transmissible par l'accouplement $C_{acc_{Maxi}} = 10 \text{ N.m}$.

▪ Étude de la transmission par poulie-courroie

L'objectif à atteindre à travers cette partie est le dimensionnement du système poulie-courroie crantée (40, 45 et 69). Le système étudié doit être capable de soulever le poids propre des différents composants constituant tout l'ensemble glissière (Tableau 0-1).

Les abaques (1 à 5) serviront pour la détermination des caractéristiques de la courroie crantée (69) et des poulies, appelées dans la nomenclature pignon-arbrés (40) et (45).

◆ Section A3- Étude du système de pivotement de la pince

Cette partie a pour objectif de démontrer que la liaison équivalente entre (G7) et (G6) est du type **pivot-glissant** et de déterminer la loi **Entrée/Sortie** du sous-ensemble pince. Cette loi peut s'écrire sous forme d'un système de 2 équations suivant les axes \vec{x}_0 et \vec{y}_0 , reliant la course du vérin λ comme variable d'entrée et l'angle de pivotement β comme variable de sortie.

Le schéma cinématique du sous-ensemble pince en position de maintien et de serrage de la pièce à transférer est donné par la **Figure 0-3**. Le système est ramené à un problème plan $(O, \vec{x}_0, \vec{y}_0)$, le poids propre des pièces est négligeable et les liaisons sont considérées parfaites.

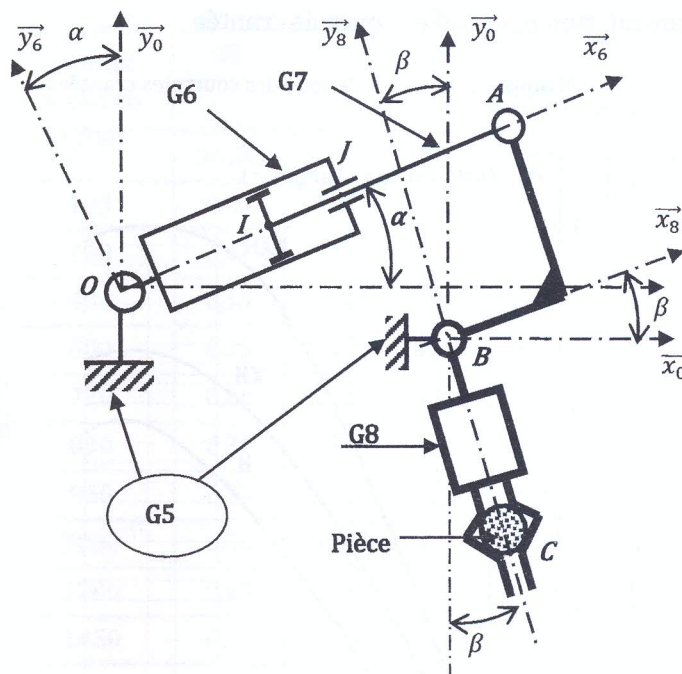
La loi de mobilité globale est donnée par : $6p - I_s = m - h$

p : Nombre de solides excepté le bâti

I_s : Nombre des inconnues statiques (*somme des inconnues des efforts de liaisons*)

m : Degré de mobilité du système

h : Degré d'hyperstaticité du système



Paramétrage

$R_0 (O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$: repère fixe lié à G5

$R_6 (O, \vec{x}_6, \vec{y}_6, \vec{z}_6)$: repère lié au vérin {G6, G7}

$R_8 (B, \vec{x}_8, \vec{y}_8, \vec{z}_8)$: repère lié à la pince G8

$\vec{OA} = \lambda \vec{x}_6$ (λ variable)

$\vec{OC} = c \vec{x}_0 - d \vec{y}_0$

$\vec{BA} = a \vec{x}_8 + b \vec{y}_8$

$\vec{BC} = -r \vec{y}_8$

Figure 0- 3 Schéma cinématique du sous-ensemble pince

Section A4- Cotation fonctionnelle

On s'intéresse dans cette section à la cotation fonctionnelle et aux tolérances.

Section A5- Étude graphique

Dans cette partie, on adaptera au système de transfert robotisé (DT-01 et DT-02), un dispositif intermédiaire de polissage pour le surfacage en finition de la surface P5 mentionnée sur le document DT-05.

Le schéma de principe du dispositif de polissage à concevoir est représenté par la Figure 0-4.

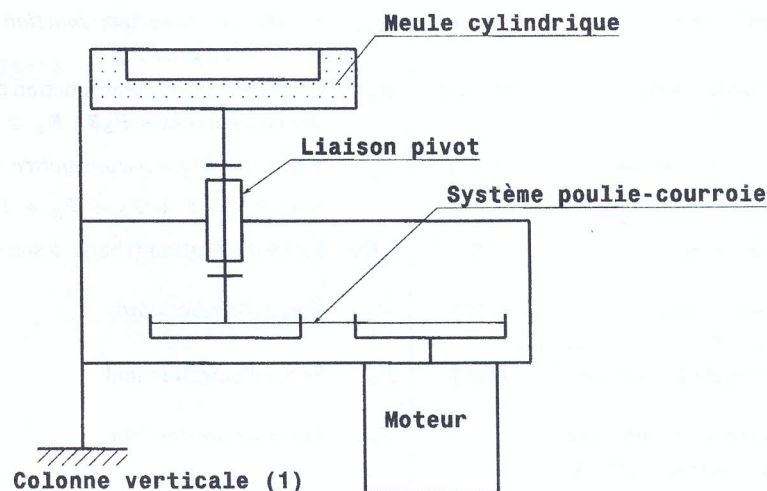
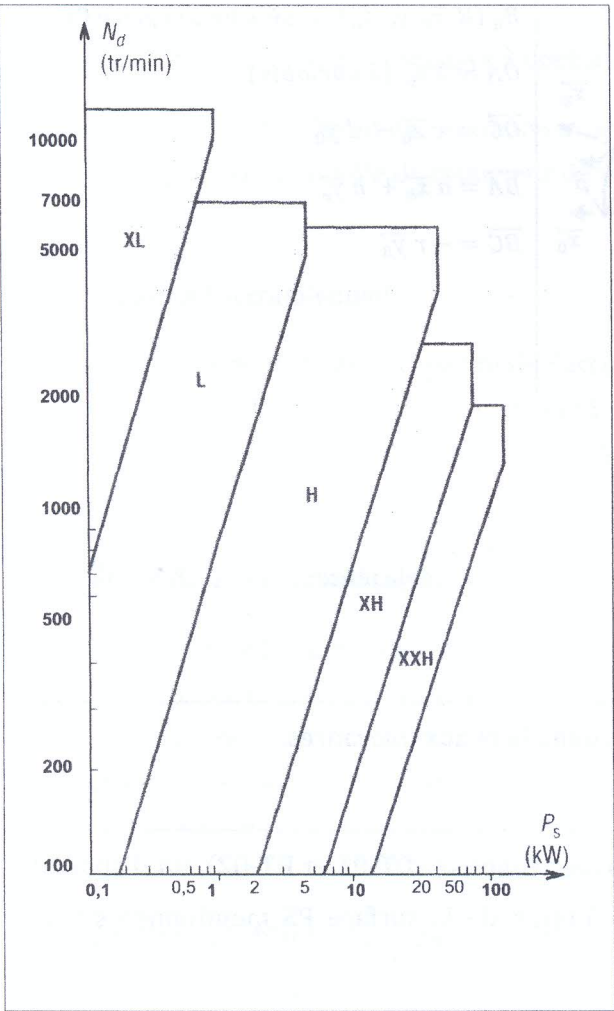


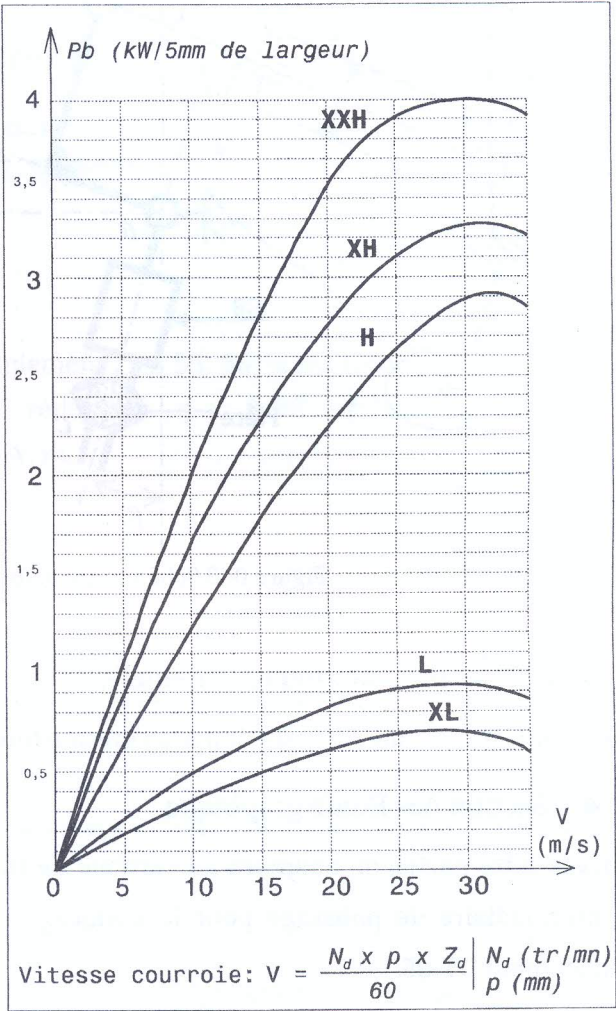
Figure 0- 4 Schéma de principe du dispositif de polissage

Abaques pour l'étude de la transmission par poulies courroie crantée

Abaque 1 : Sections des courroies crantées



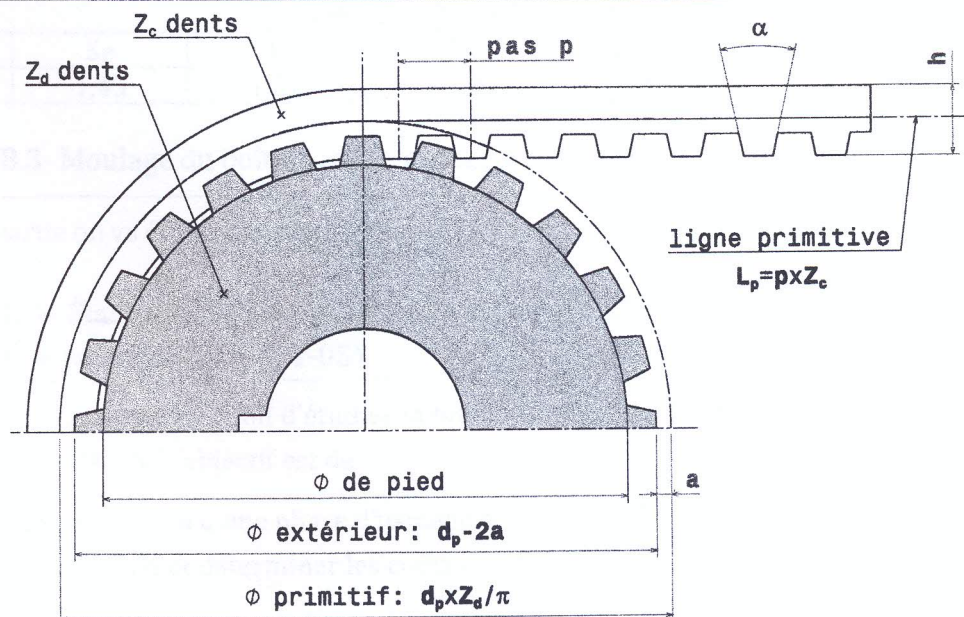
Abaque 2 : Puissance de base des courroies crantées



N_d :	Vitesse de la petite poulie	(tr/mn)	K_z :	Coefficient correcteur fonction du nombre de dents en prise Z_{pr}	
N_D :	Vitesse de la grande poulie	(tr/mn)	K_b :	Coefficient correcteur fonction de la largeur des courroies avec $P_b K_b \cdot K_z \geq P_s$	
V :	Vitesse linéaire de la courroie	(m/s)	F_u :	Force spécifique à transmettre	(N)
P :	Puissance réelle à transmettre	(kW)		avec $F_u = F + F_A + F_B + F_V$	
P_s :	Puissance de service ou puissance corrigée $P_s = K_s \cdot P$	(kW)	F :	Force d'élévation (charge à soulever)	(N)
P_b :	Puissance de base de la courroie	(kW)	F_A :	Force d'accélération	(N)
K_s :	Coefficient correcteur lié aux conditions de service de la transmission		F_B :	Force d'entraînement	(N)
			F_V :	Force de pré-tension	(N)

Abaque 3 : Puissance transmissible P en kW										
Vitesse de la petite poulie en tr/mn	Nombre de dents									
	10	12	14	16	17	18	19	20	21	22
	Diamètre primitif en mm de la petite poulie									
	30,33	36,37	42,44	48,51	51,54	54,59	57,61	60,63	63,68	66,70
100	0,04	0,04	0,05	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08	0,09
200	0,07	0,1	0,11	0,13	0,13	0,14	0,15	0,15	0,16	0,17
400	0,15	0,18	0,21	0,24	0,26	0,28	0,29	0,31	0,32	0,34
600	0,23	0,27	0,32	0,37	0,39	0,41	0,43	0,46	0,49	0,51
720	0,28	0,33	0,38	0,44	0,46	0,50	0,52	0,55	0,58	0,60
800	0,31	0,37	0,43	0,49	0,52	0,55	0,58	0,61	0,64	0,68
960	0,37	0,43	0,51	0,58	0,63	0,66	0,69	0,74	0,77	0,81
1000	0,38	0,46	0,54	0,61	0,66	0,69	0,73	0,77	0,80	0,84
1200	0,46	0,55	0,65	0,74	0,78	0,82	0,87	0,91	0,96	0,99
1450	0,55	0,66	0,77	0,88	0,93	0,99	1,05	1,10	1,16	1,21
1600	0,61	0,74	0,85	0,97	1,04	1,1	1,16	1,21	1,27	1,33
2000	–	0,91	1,07	1,21	1,29	1,36	1,44	1,51	1,58	1,66

Abaque 4 : Dimensions des principales courroies crantées (NF ISO 5294 et 5296)					
Type	Pas (mm)	H (mm)	(α) deg	Largeur « b » (mm)	2a (mm)
XL	5,08	2,3	50	6,4–7,9 – 9,5	0,508
L	9,525	3,6	40	12,7 – 19,1 – 25,4	0,762
H	12,7	4,3	40	19,1 – 25,4 – 38,1 – 50,8 – 76,2	1,372
XH	22,23	11,2	40	50,8 – 76,2 – 101,6	2,794
XXH	31,5	15,7	40	50,8 – 76,2 – 101,6 – 127	3,048



Abaque 5 : Coefficient correcteur K_b de la largeur des courroies crantées													
K_b	0,84	1,1	1,45	2,2	3,6	5,1	7,9	10,9	17,1	24,2	31,2		
b (mm)	6,4	7,9	9,5	12,7	19,1	25,4	38,1	50,8	76,2	101,6	127		
Type de courroie	XL	XL	XL	L	L et H	L et H	H	H, XH et XXH	H, XH et XXH	H, XH et XXH	XXH		
Coefficient correcteur K_z													
Nombre de dents en prise (Z_{pr})				6		5		4		3		2	
K_z				1,0		0,8		0,6		0,4		0,2	
$Z_{pr} = Z_d \left[0,5 - \frac{p (Z_D - Z_d)}{2 \pi^2 a} \right]$						avec Z_D : nombre de dents de la grande roue Z_d : nombre de dents de la petite roue a : entraxe p : pas							

Partie B : Fabrication Mécanique

Cette partie de l'épreuve porte sur l'étude de la fabrication de la colonne verticale (1) (DT-01), du boîtier cache-accouplement (8) (DT-01 et DT-02) et de l'embout de raccordement (Pièce saisie par la pince) (DT-05).

Dans cette épreuve, l'analyse de fabrication sera ramenée à :

- L'étude de l'assemblage soudé de la colonne verticale (1),
- L'étude de la mise en forme par pliage de la colonne verticale (1),
- Le moulage du boîtier cache-accouplement (8),
- L'élaboration partielle de l'Avant-Projet d'Étude de Fabrication (APEF) de l'embout de raccordement (DT-05).

◆ Section B.1- Étude de l'assemblage soudée de la colonne verticale (1)

On envisage dans cette section d'étudier l'assemblage soudé de la colonne verticale (1), la plaque de base et des nervures de renforcement.

◆ Section B.2- Étude de la mise en forme par pliage de la colonne verticale (1)

On souhaite remplacer la colonne verticale initialement en profilé de section rectangulaire creuse (1) par une colonne de section en forme de « U », obtenue par le procédé de pliage d'une tôle d'épaisseur $e = 10 \text{ mm}$ et de largeur $l = 1 \text{ m}$. La résistance à la rupture de la tôle à plier $R_r = 450 \text{ N/mm}^2$.

L'effort de pliage F_p est donné par la relation suivante:

$$F_p = C \cdot L \cdot R_r \frac{e^2}{V}$$

Le coefficient C sera choisi à partir du Tableau 0-2.

Tableau 0- 2 Coefficient C

V	$5e$	$10e$	$15e$	$20e$	$25e$	$30e$
C	1,45	1,27	1,22	1,18	1,17	1,17

◆ Section B.3- Moulage du boîtier cache-accouplement (8)

Dans cette partie on va étudier le moulage en sable par gravité du boîtier cache-accouplement (8).

◆ Section B.4- Élaboration partielle d'un Avant-Projet d'Étude de Fabrication (APEF) de l'embout de raccordement (DT-05)

On se propose dans cette section d'étudier la fabrication de l'embout de raccordement présenté par le document DT-05. L'objectif est de :

- Étudier l'exécution d'une phase d'usinage sur un tour à commande numérique,
- Étudier la coupe et déterminer les coûts d'outillage.

Les résultats expérimentaux obtenus à la suite d'essais de chariotage, utilisant deux vitesses de coupe sont regroupés dans le **Tableau 0-3**. Pour chaque temps d'usinage T , on a pris la valeur de l'usure frontale de l'outil utilisé (outil en carbure).

Tableau 0- 3 Résultats expérimentaux de l'usure en fonction du temps

$V_c(m/mn)$	$T(mn)$	1,5	3	6	9	12	15	18
172	$V_b(mm)$		0,10	0,13	0,18	0,25	0,30	0,35
200	$V_b(mm)$	0,08	0,12	0,19	0,30	0,36		

Les paramètres de coupe associés à l'opération de chariotage en tournage sont regroupés dans le **Tableau 0-4**.

Tableau 0- 4 Paramètres de coupe pour les opérations de chariotage en Tournage (Outil carbure)

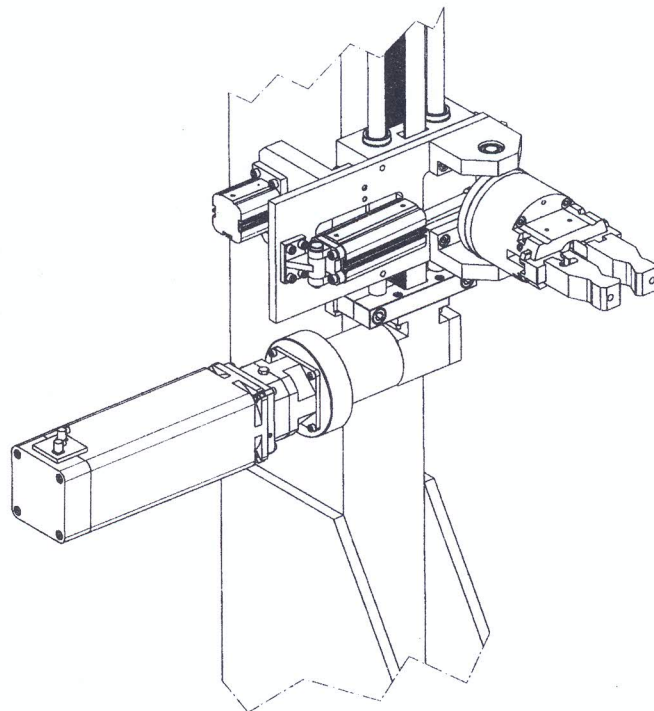
Matière	Résistance à la rupture	Angle de coupe	Ébauche			Finition	
	$R_r(MPa)$	$\gamma(^{\circ})$	$V_c(m/mn)$	$a_p \max(mm)$	$f(mm/tr)$	$V_c(m/mn)$	$f(mm/tr)$
Acier S235	500	14	150-175	3	0,2-0,25	200-250	0,10-0,15
X 6 Cr Ni Mo 18 10	500	6	105-115	3	0,2-0,25	115-130	0,10-0,15
35CrMo4	1100	0	100-110	3	0,2-0,25	135-160	0,10-0,15
CuZn30	400	20	220-225	3	0,2-0,3	250-260	0,10-0,15

N.B. Pour les calculs, on se limitera à **3 chiffres après la virgule**.

Session : 2021
Concours : Technologie
Épreuve de : Conception & Fabrication Mécanique (C.F.M)
Date : Vendredi 25 Juin 2021 à 8H

DOCUMENTS TECHNIQUES

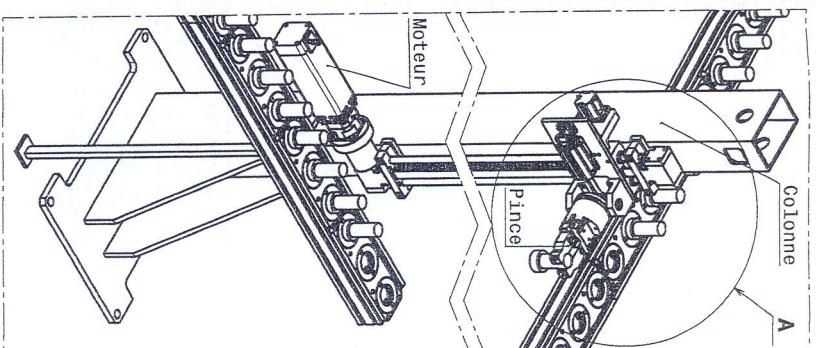
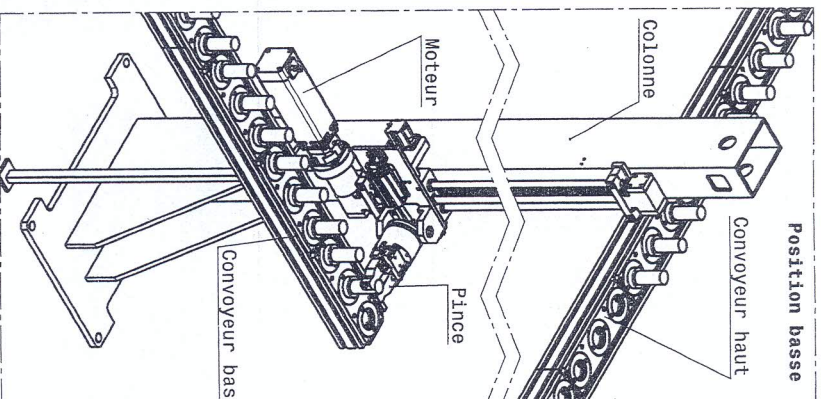
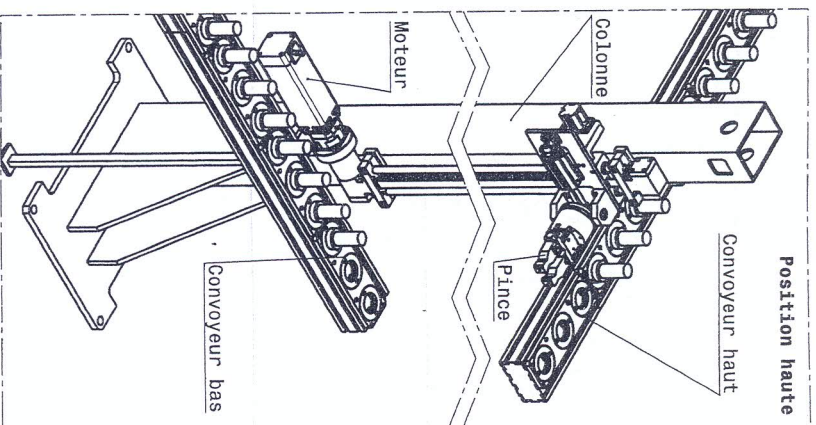
Sujet : Étude d'un Système de transfert robotisé



Ce dossier comporte 5 documents techniques numérotés de DT-01 à DT-05

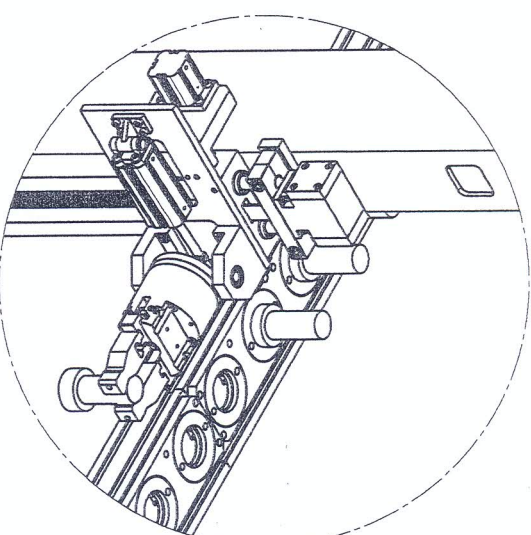
DT	Document Technique		
DT-01	<i>Phase de fonctionnement du système de transfert</i>		<i>Détail A</i>
DT-02	Système de transfert robotisé	Coupe B-B Coupe C-C	Détail D Détail E
DT-03	<i>Système de transfert robotisé</i>	<i>Coupe F-F</i> <i>Coupe H-H</i> <i>Coupe I-I</i> <i>Coupe J-J</i> <i>Coupe K-K</i>	<i>Détail G</i>
DT-04	Nomenclature générale		
DT-05	<i>Embout de raccordement</i>	Coupe L-L	

Descente de l'ensemble glissière

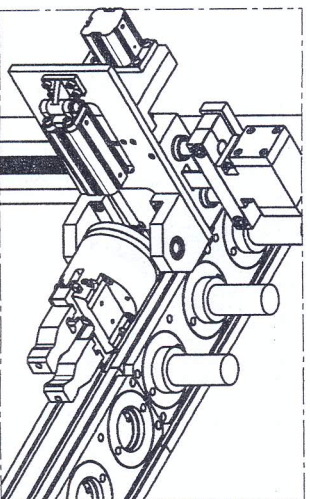


Montée de l'ensemble glissière + pièce

Detail A
Echelle: 2:15

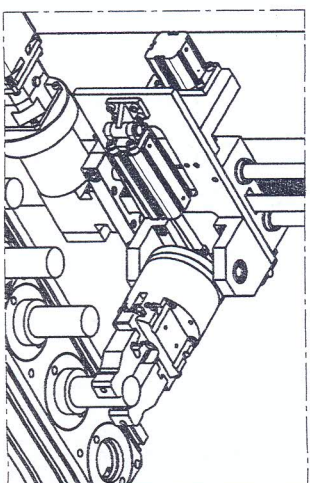


Ensemble glissière position haute



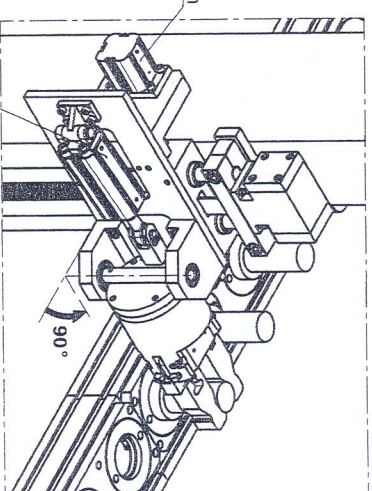
Echelle: 2:15

Serrage de la pièce



Echelle: 2:15

Rotation de la pince d'un angle de 90°



Vérin de pivotement

Echelle: 2:15

Echelle 1:15

Phases de fonctionnement

Session 2021

Format A3

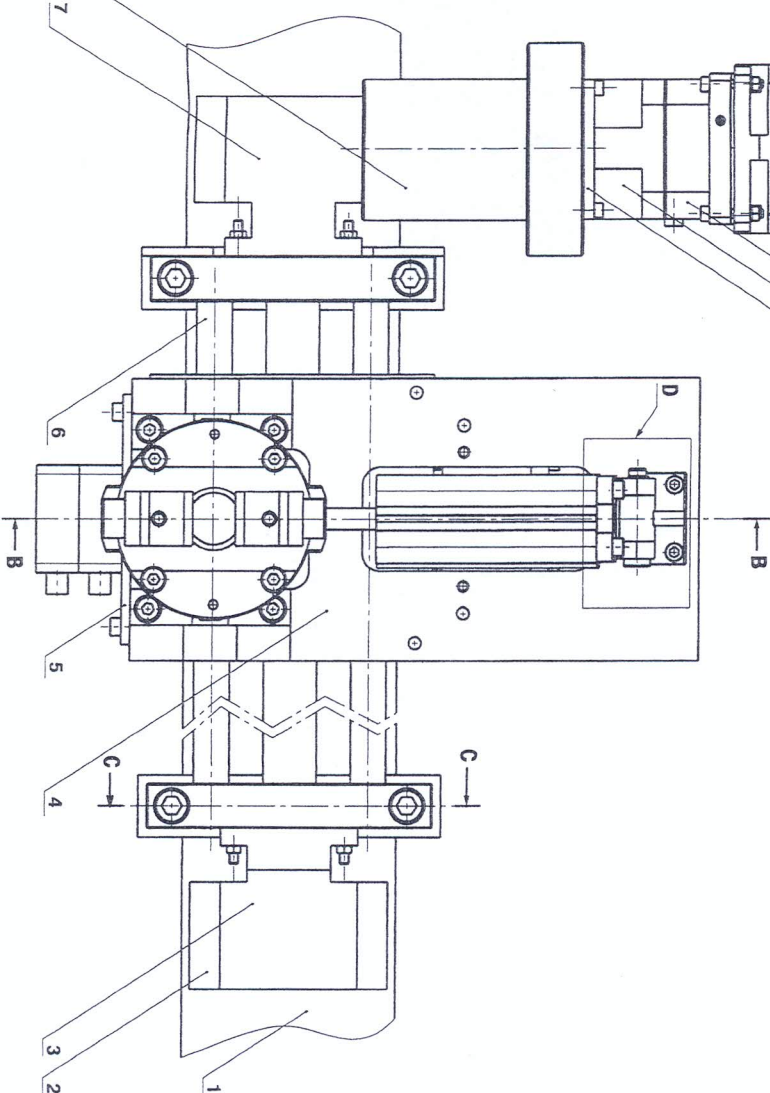
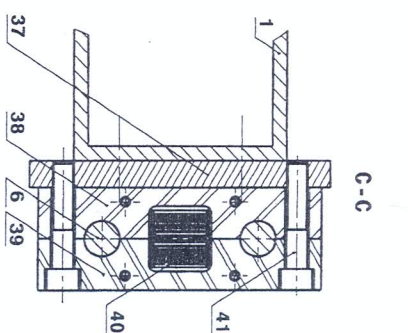
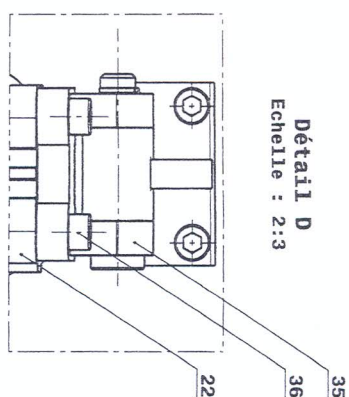
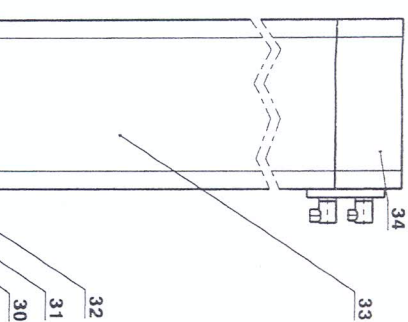
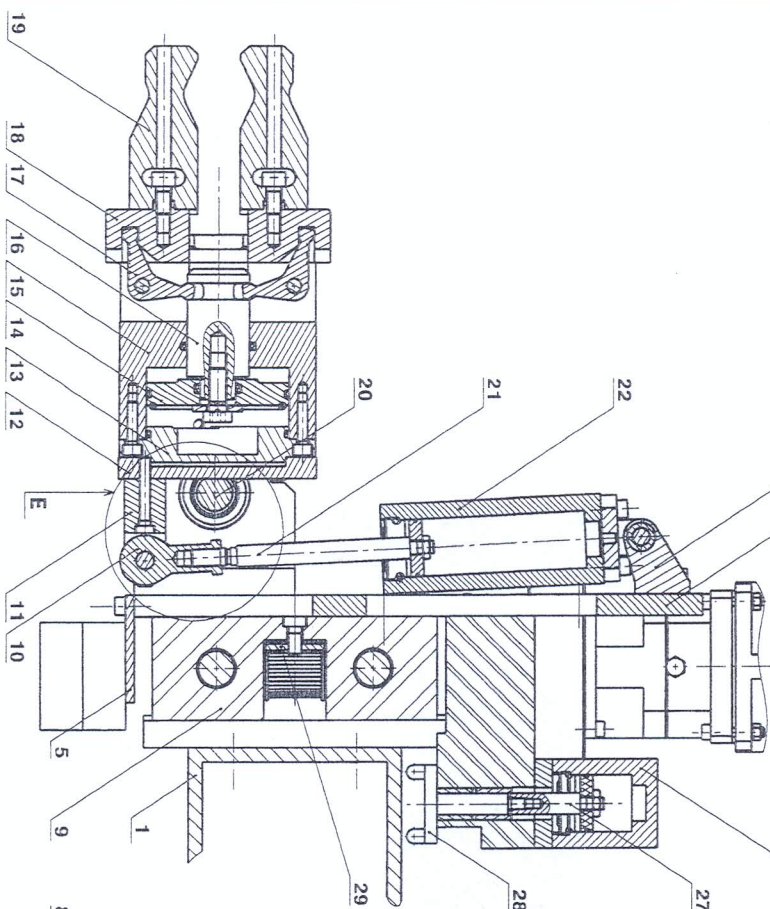
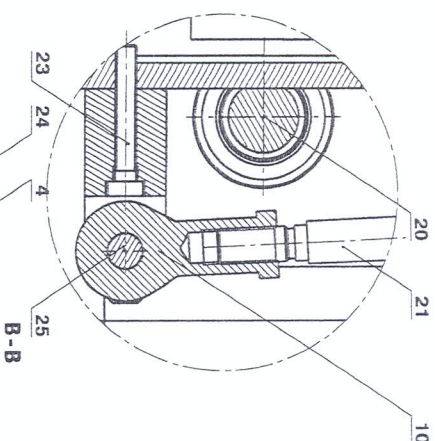
Concours nationaux d'entrée aux cycles de formation d'ingénieurs

Concours Techno - Epreuve C.F.III



Etude d'un système de transfert robotisé

DT-01

Détail E
Echelle : 2:3



NB: Le ressort de rappel du vérin de maintien est non représenté

Echelle 1:3	Système de transfert robotisé	Session 2021 Format A3
 		

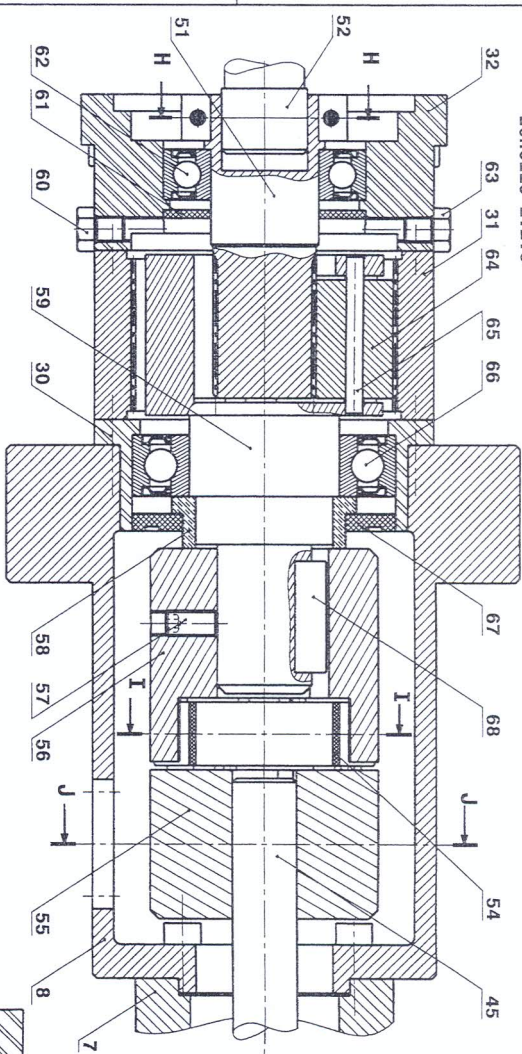
Concours nationaux d'entrée aux cycles de formation d'ingénieurs

Concours Techno - Epreuve C.F.M

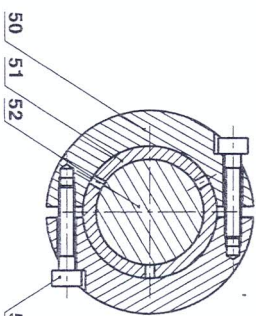
Etude d'un système de transfert robotisé

DT-02

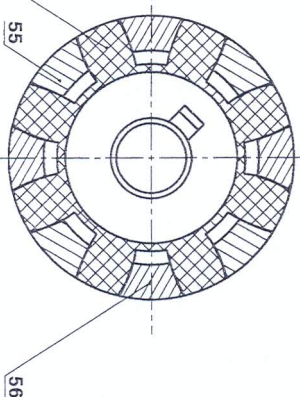
Détail G
Echelle 2:2.5



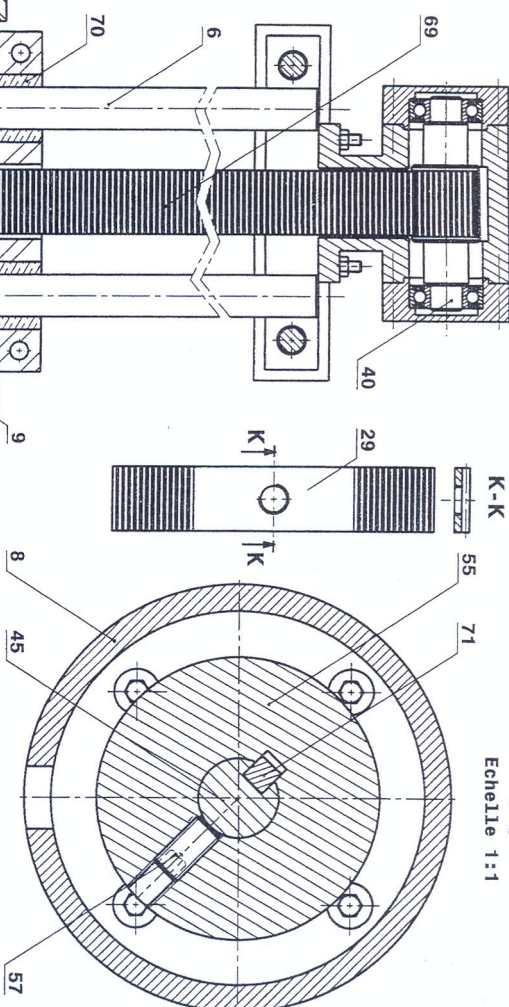
H-H
Echelle 1:1



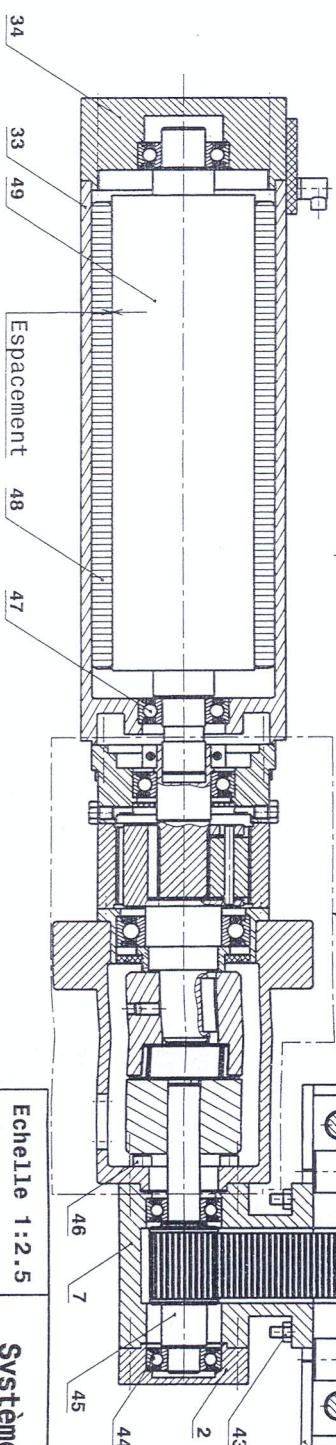
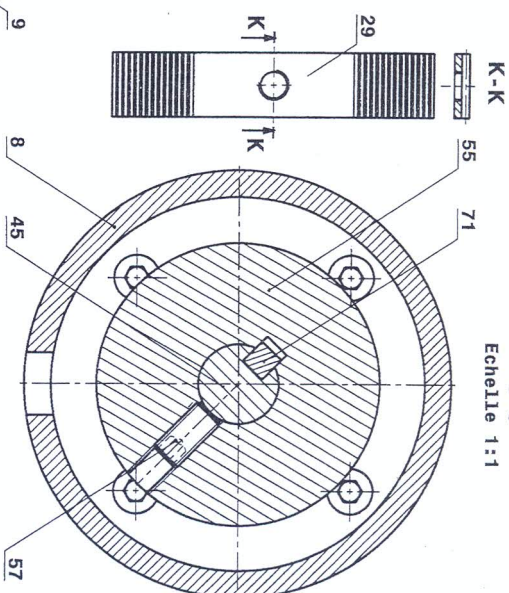
I-I
Echelle 1:1



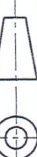
F-F



J-J
Echelle 1:1



Echelle 1:2.5



**Système de transfert
robotisé**

Session 2021

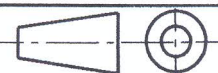
Format A3


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

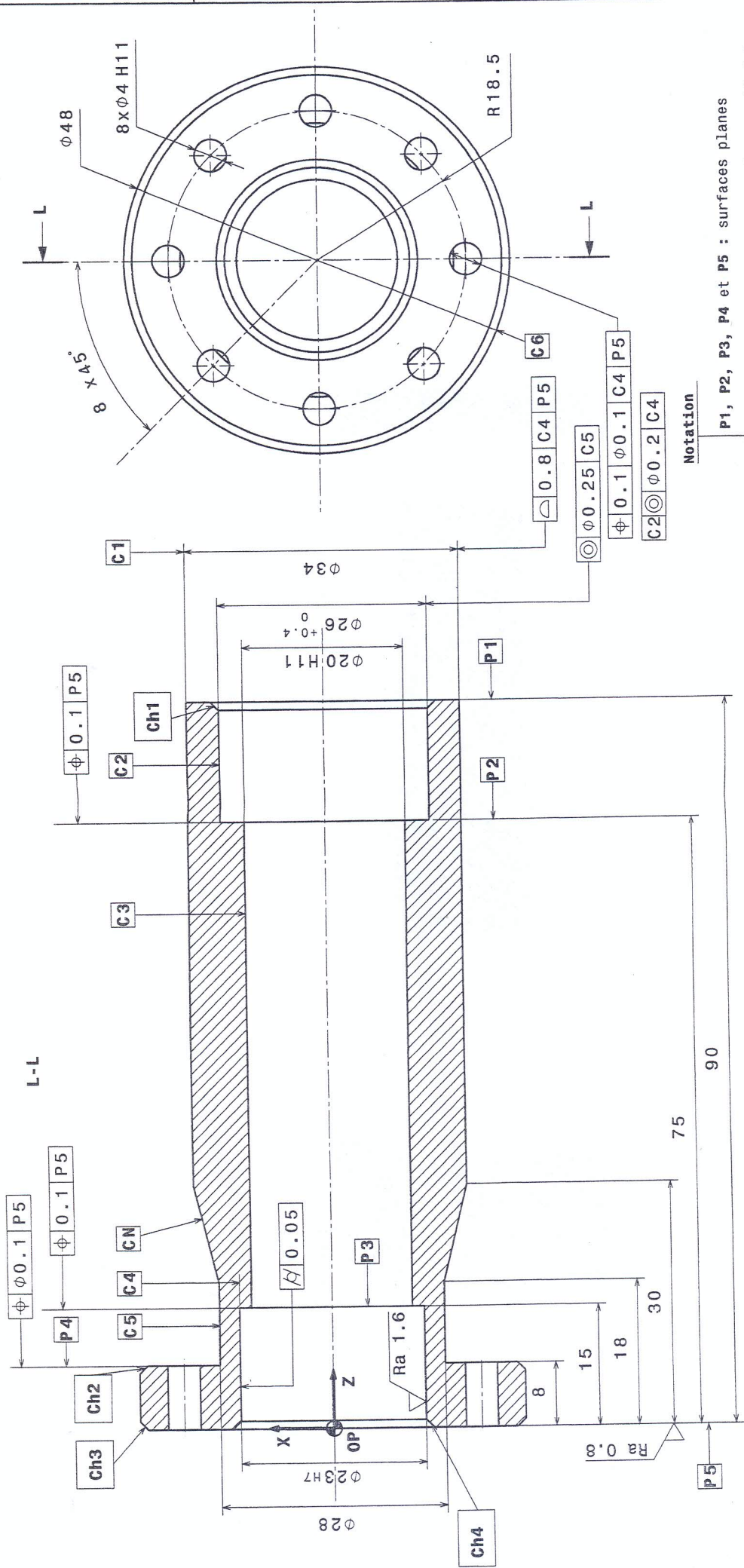
Concours Techno - Epreuve C.F.M

Etude d'un système de transfert robotisé

DT-03

41	4	Vis CHC M12-60		
40	1	Pignon-arbré suiveur	E355	
39	2	Support lamé colonne de guidage	AlCu4MgSi	
38	2	Support colonne de guidage	AlCu4MgSi	
37	1	Plaque 35x205	S235	
36	4	Vis CHC M5-60		
35	1	Articulation vérin de pivotement	E335	
34	1	Flasque		
33	1	Corps moteur		
32	1	Corps entrée réducteur	AlCu4MgSi	
31	1		E335	
30	1	Corps sortie réducteur	AlCu4MgSi	
29	1	Plaque de jonction pour courroie crantée		
28	1	Tampon frein	X6CrNiMo1810	
27	1	Ensemble tige piston		
26	1	Corps du vérin de maintien		
25	1	Axe de clame	S185	
24	1	Chape du vérin de pivotement		
23	1	Vis M6-40		
22	1	Corps vérin de pivotement		
21	1	Tige du vérin de pivotement		
20	1	Axe d'articulation de l'ensemble pince		
19	2	Mors de serrage		
18	2	Coulisseau porte-mors		
17	2	Culbuteur		
16	1	Tige du vérin pince		
15	1	Corps vérin pince		
14	1	Piston vérin pince		
13	1	Couvercle de vérin pince		
12	1	Support chape		
11	1	Chape du vérin pince	S235	
10	1	Chape de tige rotulée		
9	1	Glissière	AlCu4MgSi	
8	1	Boîtier cache accouplement	GE335	
7	1	Support pignon d'entraînement	S235	
6	2	Colonne de guidage	Acier Stub	
5	1	Support capteur	S235	
4	1	Embase	AlCu4MgSi	
3	1	Support pignon-suiveur	S235	
2	3	Couvercle	S235	
1	1	Colonne verticale mécano-soudée	S235	
Rep	Nbre	Désignation	Matériaux	Obs.
Concours nationaux d'entrée aux cycles de formation d'ingénieurs				
		Système de Transfert robotisé	Session 2021	DT-04

71	1	Clavette 5x5x28	CuAl10Fe	
70	4	Bague de guidage	Bronze	
69	1			
68	1	Clavette 10x8x25	CuAl10Fe	
67	1			
66	1	Roulement 6007 2ZR		
65	3	Axe porte-satellite	S235	
64	3		S235	
63	1			
62	1	Roulement 6005 2ZR		
61	1			
60	1	Vis de vidange		
59	1			
58	1	Coussinet	CuZn36Pb3	
57	2	Vis de pression		
56	1	Manchon d'accouplement (Côté pignon-arbré)	E335	
55	1		E335	
54	1		Caouchouc	
53	2	Vis serrage noix		
52	1	Arbre moteur		
51	1		E335	
50	2	Noix de serrage	E335	
49	1	Rotor		
48	1	Stator		
47	2			
46	4	Vis d'assemblage		
45	1	Pignon-arbré d'entraînement	35CrMo4	
44	4	Roulement 6004 2ZR		
43	8	Boulon d'assemblage		
42	1	Equerre	S235	
Rep	Nbre	Désignation	Matériaux	Obs.
Concours nationaux d'entrée aux cycles de formation d'ingénieurs				
		Système de Transfert robotisé	Session 2021	DT-04



Matière : X6CrNiMo18 10


Chanfreins 1 x 45°

∇ Ra 3.2 sauf indications

Tolérances générales ISO 2768 mk

Notation

- P1, P2, P3, P4 et P5 : surfaces planes
- C1, C2, C3, C4, C5 et C6 : surfaces cylindriques
- CN : surface conique
- Ch1, Ch2, Ch3 et Ch4 : chanfreins

Echelle 2:1		Embout de raccordement	Session 2021	
			Format A3	
Concours nationaux d'entrée aux cycles de formation d'ingénieurs				
Concours Techno - Epreuve C.F.M		Etude d'un système de transfert robotisé	DT-05	

Dossier

Document Réponses

◆ Ce dossier comporte **23** pages numérotées de **1 à 23**

- **Partie A- Conception Mécanique** : Page 1 à 12
- **Partie B- Fabrication Mécanique** : Page 13 à 23

Important

- Un seul document réponses est fourni au candidat.
- Le candidat doit rendre obligatoirement le document réponses avant de quitter la salle d'Examen.
- Le document réponses doit être rendu en intégralité (*aucune feuille ne doit être supprimée*).
- **Toute suppression** de feuilles du document réponses est considérée comme étant une tentative de fraude.
- Le renouvellement ou la reproduction de ce dossier sont strictement interdits.

Partie A : Conception Mécanique

Section A1- Étude technologique

A-1. Compléter le **Tableau -1**, en précisant le rôle des pièces indiquées par leurs repères.

Tableau - 1 Rôle des pièces	
Pièces	Rôles
(47)
(54)
(55)
(61) et (67)
(63)
(69)

A-2. Quel est le **mode de lubrification** des engrenages ? Justifier votre réponse.

Mode :.....

Justification :.....

A-3. Quel est le **type d'accouplement** utilisé entre (59) et le pignon d'entraînement (45)? Justifier ce choix.

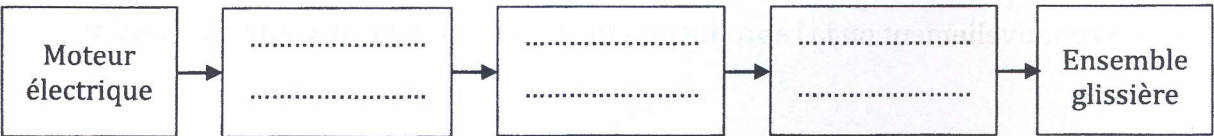
Type d'accouplement :.....

Justification :.....

Section A2- Étude de la chaîne de transmission de mouvement et de puissance

Étude cinématique globale

A-4. En se basant sur le document technique (**DT-03**), compléter le diagramme fonctionnel associé à la chaîne de transmission de puissance relatif au mouvement de déplacement vertical de l'ensemble glissière.



▪ Étude du réducteur à engrenages à dentures droites

A-7. Le train d'engrenages est-il **ordinaire** ou **épicycloïdal** ? Cocher la bonne réponse et la justifier.

Oui	Justification :
Non	

A-8. Donner les noms des pièces (31), (51), (59) et (64) associées au train d'engrenages.

Rep.	Nom	Rep.	Nom	Rep.	Nom	Rep.	Nom
31	51	.....	59	.....	64	.....

A-9. Compléter le **Tableau- 3** relatif aux caractéristiques des engrenages.

Tableau - 3 Caractéristiques des engrenages

Roue	m (mm)	Z (dents)	d (mm)	d_f (mm)	a (mm)	r
64	15,5	.....	$\frac{Z_{64}}{Z_{51}} = 0,75$
51	24	.....	.....
64	15,5	.....	$\frac{Z_{64}}{Z_{31}} = \dots$
31		

Préciser les relations utilisées et les détails de calcul.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Dans la suite du sujet on suppose que le train d'engrenages est caractérisé par : $Z_{31} = 60$ dents, $Z_{51} = 24$ dents et $Z_{64} = 18$ dents.

On donne $N_{51} = N_m = 5600$ tr/mn.

A-10. Établir la relation permettant d'exprimer la vitesse de rotation N_{59} en fonction de la vitesse de rotation du pignon d'entrée N_{51} puis calculer N_{59} .

.....

.....

.....

AN :

$N_{59} = \dots\dots\dots tr/mn$

A-11. Pour que le montage du train épicycloïdal soit possible, il faut respecter certaines conditions d'assemblage :

- Même module pour les trois roues,
- Condition sur les entraxes,
- Condition sur le nombre de dents.

a. Écrire les **conditions géométriques** liées à l'entraxe puis déterminer la relation entre le nombre des dents de Z_{31} , Z_{51} et Z_{64} . Vérifier cette relation par une application numérique.

.....

.....

.....

AN :

Relation :

b. Écrire alors la condition de montage des trois satellites. Vérifier cette relation par une application numérique.

.....

.....

.....

AN :

.....

▪ Étude de l'accouplement

A-12. En utilisant les données de la **Figure 0-2** (Page 2/10), relever la valeur du couple maxi du moteur $C_{m_{Maxi}}$.

$C_{m_{Maxi}} = \dots\dots\dots N.m$

A-13. Calculer la valeur maximale du couple à la sortie du réducteur $C_{s\text{Maxi}}$.

.....

.....

.....

AN :

$$C_{s\text{Maxi}} = \dots\dots\dots N.m$$

A-14. En utilisant le **Tableau 0-1** (Page 3/10), indiquer le couple maximal que peut supporter l'accouplement élastique $C_{acc\text{max}}$. Conclure.

$$C_{acc\text{max}} = \dots\dots\dots N.m$$

Conclusion :

.....

▪ **Étude de la transmission par poulie-courroie crantée**

Dans cette partie, on utilisera les Abaques de 1 à 5.

A-15. Justifier le choix d'une courroie crantée pour déplacer verticalement l'ensemble glissière (9, 70, etc.).

.....

.....

A-16. Calculer la force spécifique F_u à transmettre par le système de transfert.

.....

$$F_u = \dots\dots\dots N$$

A-17. Calculer la vitesse linéaire de l'ensemble glissière V_p .

.....

$$V_p = \dots\dots\dots m/s$$

A-18. Déterminer alors la puissance P_{45} au niveau du pignon-arbré d'entraînement (45).

.....

$$P_{45} = \dots\dots\dots W$$

A-19. Calculer la puissance de service P_s .

$$P_s = \dots\dots\dots W$$

A-20. Choisir le type et le pas de la courroie crantée.

Type:.....

Pas =.....

A-21. Déterminer le nombre de dents Z_{45} du pignon-arbré (45) et son diamètre primitif d_{45} .

$Z_{32} = \dots\dots\dots dents$

$d_{45} = \dots\dots\dots mm$

A-22. Déterminer la puissance de base P_b de la courroie crantée.

$$P_b = \dots\dots\dots KW$$

A-23. Calculer le nombre de dents en prise Z_{pr} puis déterminer le coefficient correcteur K_z .

$Z_{pr} = \dots\dots\dots dents$

$K_z = \dots\dots\dots$

A-24. Calculer le coefficient correcteur K_b , puis déterminer la largeur b de la courroie crantée.

$K_b \geq \dots\dots\dots$

$b = \dots\dots\dots mm$

A-25. Compléter le **Tableau - 4** regroupant les caractéristiques de la courroie crantée.

Tableau - 4 Caractéristiques de la courroie crantée

Type	Pas (mm)	h (mm)	α (°)	b (mm)	$2a$ (mm)
.....

◆ Section A3- Étude du système de pivotement de la pince

A-26. On suppose que la liaison entre la tige du vérin (G7) et le corps (G6) est composée de deux liaisons (L_I) en I et (L_J) en J du type linéaire annulaire (**Figure 0-3 page 5/10**). Compléter le graphe de liaisons entre (G7) et (G6) et identifier les liaisons.

G6

G7

A-27. Écrire les torseurs des actions mécaniques transmissibles pour chaque liaison (L_I) et (L_J).

N.B. Pour représenter le torseur des actions mécaniques transmissible par une liaison (L_I) en un point I , exprimé dans le repère $R_6 (O, \vec{x}_6, \vec{y}_6, \vec{z}_6)$, il convient de retenir la notation suivante :

$$\{\tau_{L_I}\}_I = \begin{Bmatrix} X_I & L_I \\ Y_I & M_I \\ Z_I & N_I \end{Bmatrix}_I^{R_6}$$

$$\{\tau_{L_I}\}_I = \begin{Bmatrix} & \\ & \\ & \end{Bmatrix}_I^{R_6} \quad \{\tau_{L_J}\}_J = \begin{Bmatrix} & \\ & \\ & \end{Bmatrix}_J^{R_6}$$

$$\{\tau_{L_J}\}_I = \begin{Bmatrix} & \\ & \\ & \end{Bmatrix}_I^{R_6} + \left(\begin{Bmatrix} & \\ & \\ & \end{Bmatrix}_J^{R_6} \right) \wedge \left(\begin{Bmatrix} & \\ & \\ & \end{Bmatrix}_J^{R_6} \right) = \begin{Bmatrix} & \\ & \\ & \end{Bmatrix}_I^{R_6}$$

A-28. Déterminer le torseur statique de la liaison équivalente entre (G6) et (G7). En déduire la nature de la liaison équivalente.

$$\{\tau_{L_{Eq}}\}_I = \begin{Bmatrix} X_{eq} & L_{eq} \\ Y_{eq} & M_{eq} \\ Z_{eq} & N_{eq} \end{Bmatrix}_I^{R_6} = \begin{Bmatrix} \phantom{X_{eq}} & \phantom{L_{eq}} \\ \phantom{Y_{eq}} & \phantom{M_{eq}} \\ \phantom{Z_{eq}} & \phantom{N_{eq}} \end{Bmatrix}_I^{R_6} + \begin{Bmatrix} \phantom{X_{eq}} & \phantom{L_{eq}} \\ \phantom{Y_{eq}} & \phantom{M_{eq}} \\ \phantom{Z_{eq}} & \phantom{N_{eq}} \end{Bmatrix}_I^{R_6} = \begin{Bmatrix} \phantom{X_{eq}} & \phantom{L_{eq}} \\ \phantom{Y_{eq}} & \phantom{M_{eq}} \\ \phantom{Z_{eq}} & \phantom{N_{eq}} \end{Bmatrix}_I^{R_6}$$

On déduit : $\{\tau_{L_{Eq}}\}_I = \begin{Bmatrix} \phantom{X_{eq}} & \phantom{L_{eq}} \\ \phantom{Y_{eq}} & \phantom{M_{eq}} \\ \phantom{Z_{eq}} & \phantom{N_{eq}} \end{Bmatrix}_I^{R_6}$

A-29. On considère la liaison équivalente obtenue en A-28/, compléter le graphe des liaisons de l'ensemble « Pince » de la Figure. 2.

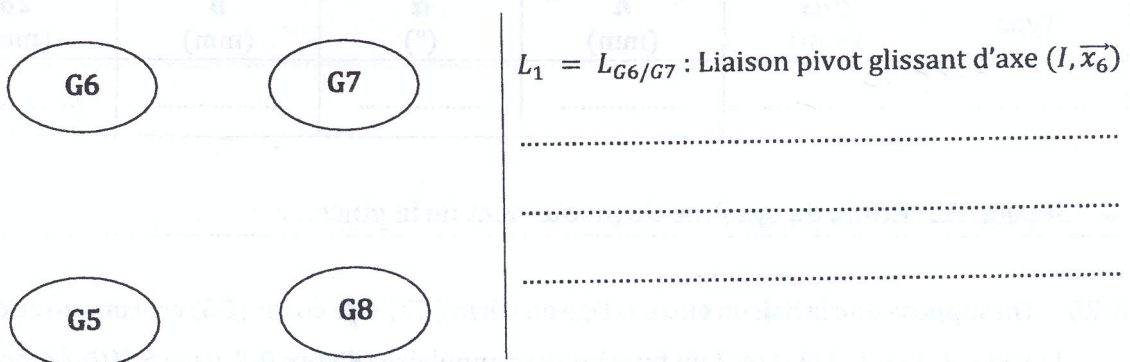


Figure. 2- Graphe de liaisons

A-30. Appliquer la loi de mobilité globale et vérifier l'isostatisme de l'ensemble pince.

$h = \dots\dots\dots$

Conclusion :

A-31. Procéder au remplacement des liaisons de la **Figure 0-3** de façon à rendre le système isostatique.

A-32. En se basant sur le graphe de liaison (**Figure .2**) et compte-tenu du schéma cinématique **Figure 0-3**, déterminer les équations régissant la loi Entrée/Sortie de cet ensemble et reliant la course du vérin (λ) à l'angle de rotation (β) de la pince. (*Utiliser la fermeture de la chaîne $O - A - B - C - O$.*)

A-33. Procéder au remplacement des liaisons de façon à rendre le système isostatique.

◆ Section A4- Cotation fonctionnelle

A-34. Proposer un **ajustement qualitatif** pour chacun des assemblages suivants :

(7)/(8)	(51)/(52)	(51)/(62)	(32)/(62)	(58)/(59)	(56)/(59)	(9)/(70)
Ø H7 h6

On considère une partie du système de transfert robotisé représentée par la **Figure. 3**.

A-35. Justifier l'existence de la cote condition J_a entre (2) et (45).

Tracer sur la **Figure. 3** la chaîne de cotes relative à la cote condition $J_{a\max}$.

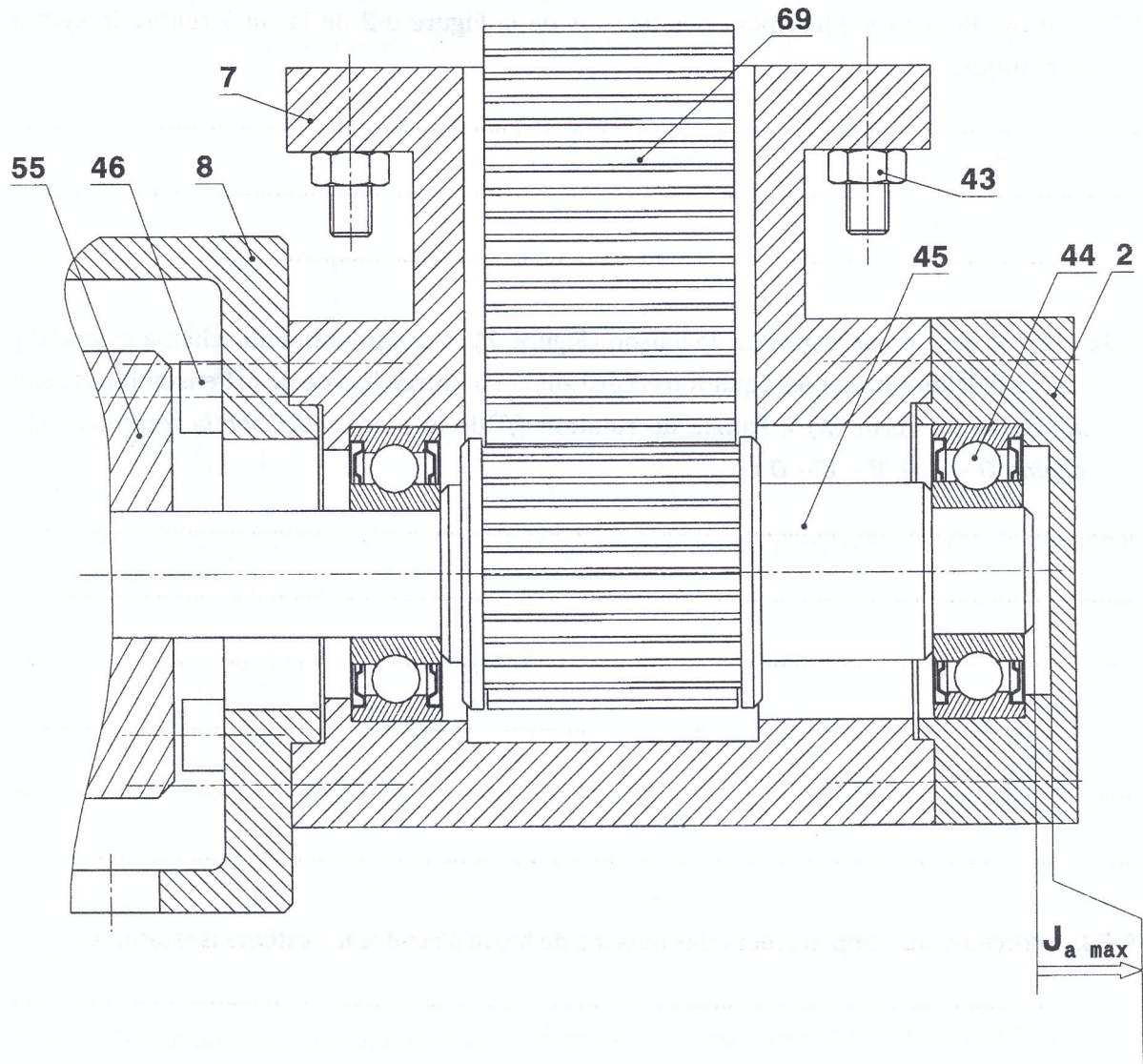


Figure. 3– Chaîne de cote

A-36. Écrire la relation permettant d'exprimer la cote condition $J_{a\max}$.

$J_{a\max} = \dots\dots\dots$

A-37. Établir la relation qui permet de déterminer l'intervalle de tolérance (IT) de la cote condition J_a .

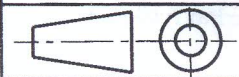
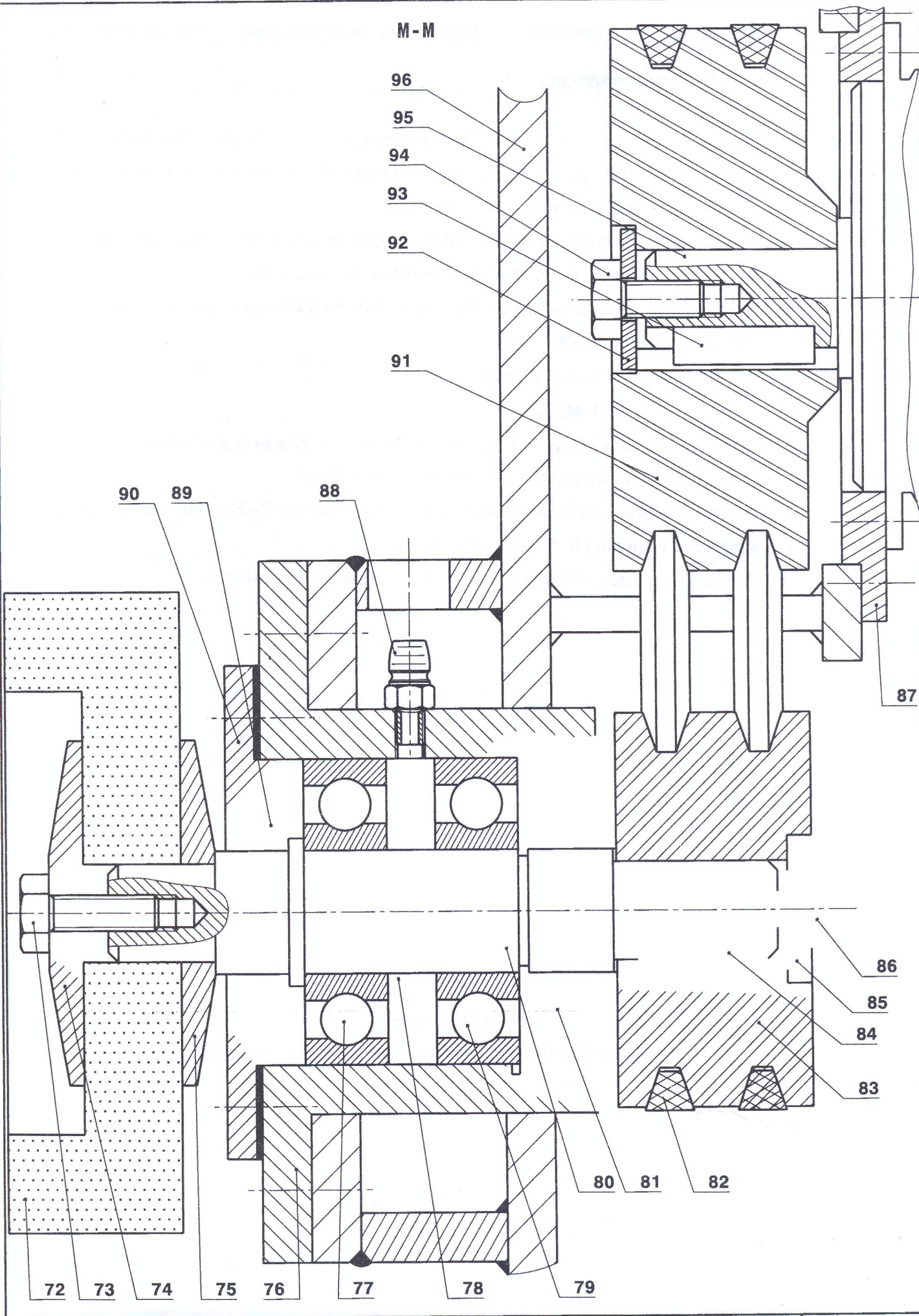
$IT = \dots\dots\dots$

◆ Section A5- Étude graphique

A-38. On désire dans cette section, compléter la conception d'un dispositif intermédiaire de polissage (**Figure 0-4**) pour le surfaçage en finition de la surface **P5** de l'embout de raccordement présenté sur le document **DT-05**.

On donne sur le Document réponses (**Page 11/23**) le dessin d'ensemble incomplet du dispositif de polissage en **coupe M-M** et en demande de compléter :

- Le guidage en rotation de l'arbre (**80**) par rapport au boîtier (**76**) par deux roulements rigides à bille (**77**) et (**79**).
 - Une clavette : **6 x 6 x 25**.
 - Une vis **H- M8 -20**.
 - Une rondelle plate large : **$d = 8,5\text{mm}$; $D = 28\text{mm}$ et $e = 3\text{mm}$** .
- L'étanchéité du montage de roulements (voir page **12/23**).
- Sachant que la liaison encastrement entre la meule (**72**) et l'arbre (**80**) est assurée par adhérence, compléter le dessin du flasque (**74**).
- Indiquer les ajustements nécessaires pour les solutions proposées.

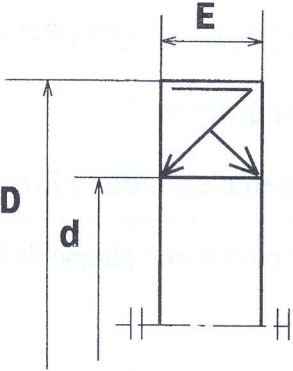


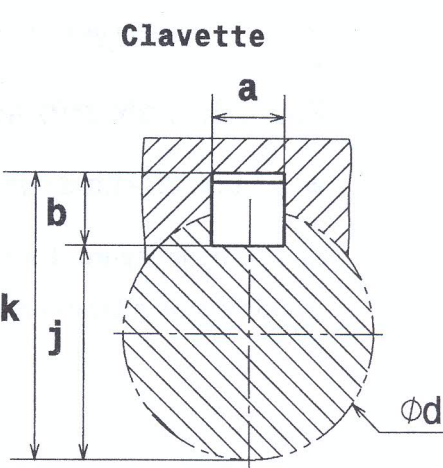
Etude d'un système de transfert robotisé

Echelle 1:1

Session 2021

Joint à lèvres

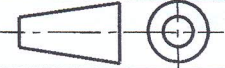




DIN 3760					
d	D	E	d	D	E
18	32	7	25	35	7
	35			40	
	40			42	
20	30		28	47	7
	32			52	
	35			40	
	40			47	
	47			52	
22	32	7	30	40	7
	35			42	
	40			47	
	47			52	

Clavette (NF E 22 - 177)					
d	a	b	s	j	k
6 à 8 inclus	2	2	0,16	d-1,2	d+1
8 à 10	3	3	0,16	d-1,8	d+1,4
10 à 12	4	4	0,16	d-2,5	d+1,8
12 à 17	5	5	0,25	d-3	d+2,3
17 à 22	6	6	0,25	d-3,5	d+2,8
22 à 30	8	7	0,25	d-4	d+3,3

96	1	Bâti mécano-soudé	S235	
95	1	Arbre moteur		
94	1	Vis H M8-25		
93	1	Clavette 6x6x30		
92	1	Rondelle plate large		
91	1	Poulie motrice		
90	1	Couvercle		
89	1	Joint à lèvres		
88	1	Graisser		
87	1	Tendeur à excentrique		
86	1	Vis H M8-25		
85	1	Rondelle plate large		
84	1	Clavette 6x6x25		
83	1	Poulie réceptrice		
82	2	Courroie trapézoïdale		
81	2	Joint à lèvres		
80	1	Arbre porte-meule		
79	1	Roulement à billes à contact radial		
78	1	Bague entretoise		
77	1	Roulement à billes à contact radial		
76	1	Boîtier de roulements		
75	1	Flasque inférieur		
74	1	Flasque supérieur		
73	1	Vis H M8-25		
72	1	Meule cylindrique		
Rep	Nbre	Désignation	Matériaux	Obs.



Etude d'un système de transfert robotisé

Echelle 1:1

Session 2021

Concours nationaux d'entrée aux cvcles de formation d'ingénieurs

Session 2021

Page 12 | 23

Partie B : Fabrication Mécanique

◆ Section B.1- Étude de l'ensemble soudé de la colonne verticale (1)

Le bâti de la **Figure. 4** est composé d'une **plaque de base**, de **deux nervures** et de la **colonne** en profilé rectangulaire creux.

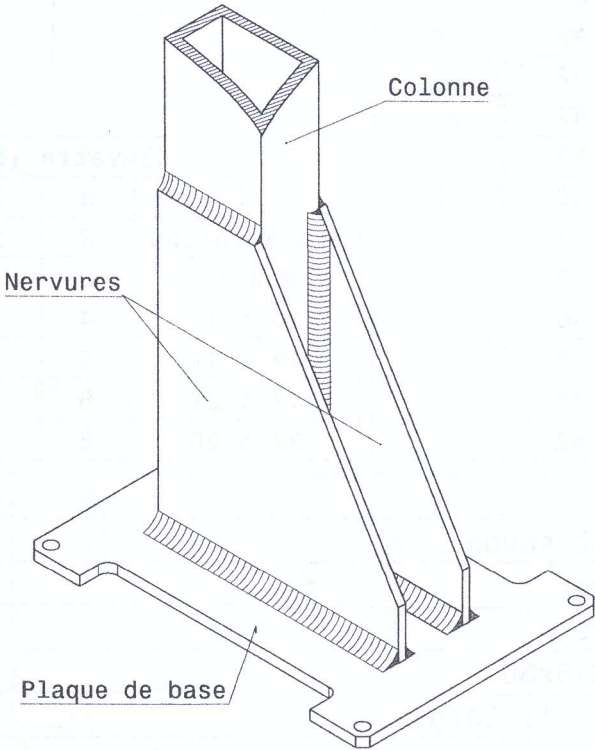


Figure. 4– Bâti du système de transfert robotisé

B-1. Quel est le type d'assemblage des éléments constitutifs du bâti ?

.....

B-2. Donner 5 procédés de découpage de la plaque de base.

Procédés				
1	2	3	4	5
.....
.....

B-3. Donner 5 procédés de soudage permettant de souder les nervures sur la plaque de base.

1	2	3	4	5
.....
.....

◆ Section B.2- Étude de la mise en forme par pliage de la colonne verticale (1)

Il a été recommandé de remplacer la colonne verticale en profilé de section rectangulaire creuse par une poutre verticale en forme de « U » (Figure. 5).

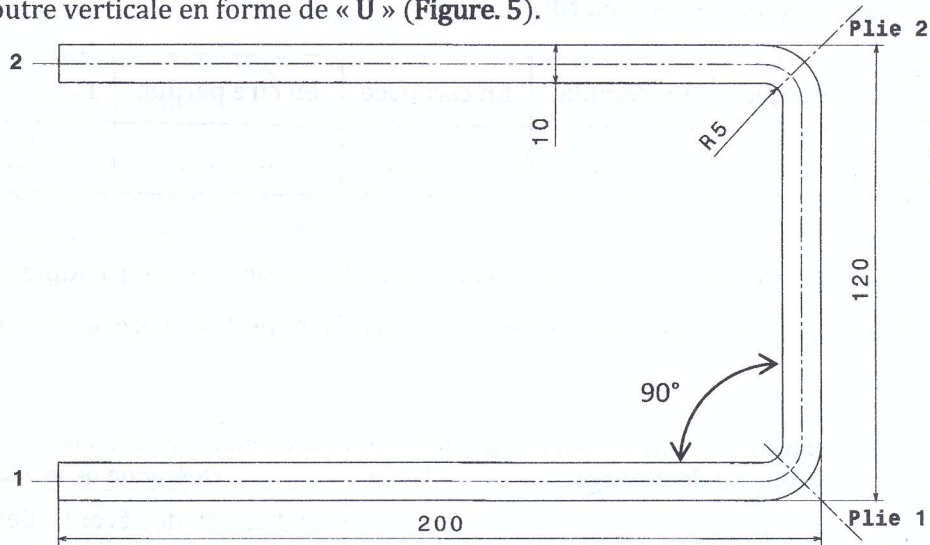


Figure. 5- Profilé en forme de « U »

B-4. Calculer la longueur développée L_d avant l'opération de pliage. Le calcul sera développé par rapport à la fibre neutre, située au milieu de l'épaisseur de la tôle.

.....

.....

.....

$$L_d = \dots\dots\dots \text{mm}$$

B-5. L'opération de pliage sera réalisée sur une presse plieuse, à l'aide d'un poinçon et une matrice en forme de « V » d'ouverture égale à 100 mm. Calculer l'effort de pliage F_p (en tonne).

.....

.....

$$F_p = \dots\dots\dots T$$

B-6. Déterminer la position de la ligne de pliage L_1 par rapport à l'extrémité 1 pour réaliser la plie 1, dans le cas de l'utilisation d'une presse plieuse.

.....

.....

.....

$$L_1 = \dots\dots\dots \text{mm}$$

♦ Section B.3- Moulage du boîtier cache-accouplement (8)

B-7. Donner le type de moule, permanent (P) ou non permanent (NP) pour les procédés de moulage suivant (répondre par P ou NP).

Procédé de moulage	En sable	En coquille	En carapace	En cire perdue	Par centrifugation
Type de moule

B-8. Le Tableau- 5 regroupe 9 étapes de réalisation du boîtier cache-accouplement (8) par moulage. On demande de compléter ce tableau, en précisant de 1 à 9 l'ordre chronologique des étapes.

Tableau - 5 Ordre chronologique de l'opération de moulage en sable

Ordre	Opération de moulage	Ordre	Opération de moulage
.....	Préparation du sable	.....	Réalisation des événements, des masselottes et du canal de coulée
.....	Nettoyage de la pièce	.....	Refroidissement
.....	Extraction de la pièce moulée	.....	Réalisation des noyaux
.....	Assemblage du moule	.....	Coulée de la matière en fusion
.....	Élaboration des parties du moule		

B-9. Donner les principales caractéristiques du sable utilisé pour le procédé de moulage en sable.

.....

.....

B-10. Donner les principaux constituants du sable utilisé dans ce procédé de moulage.

.....

.....

B-11. Citer 3 types de défauts pouvant être rencontrés dans les pièces obtenues par le procédé de moulage en sable.

.....

.....

B-12. Représenter soigneusement sur la **Figure. 6** le moule prêt à la coulée de la pièce **(8)**, en précisant :

- le symbole normalisé du plan de joint,
- le(s) noyau(x),
- les surépaisseurs d'usinage,
- le brut et les dépouilles,
- les événements,
- les jeux de remmoulage, de fermeture et de coiffage
- les canaux de coulée et d'attaque,
- les masselottes,
- etc.

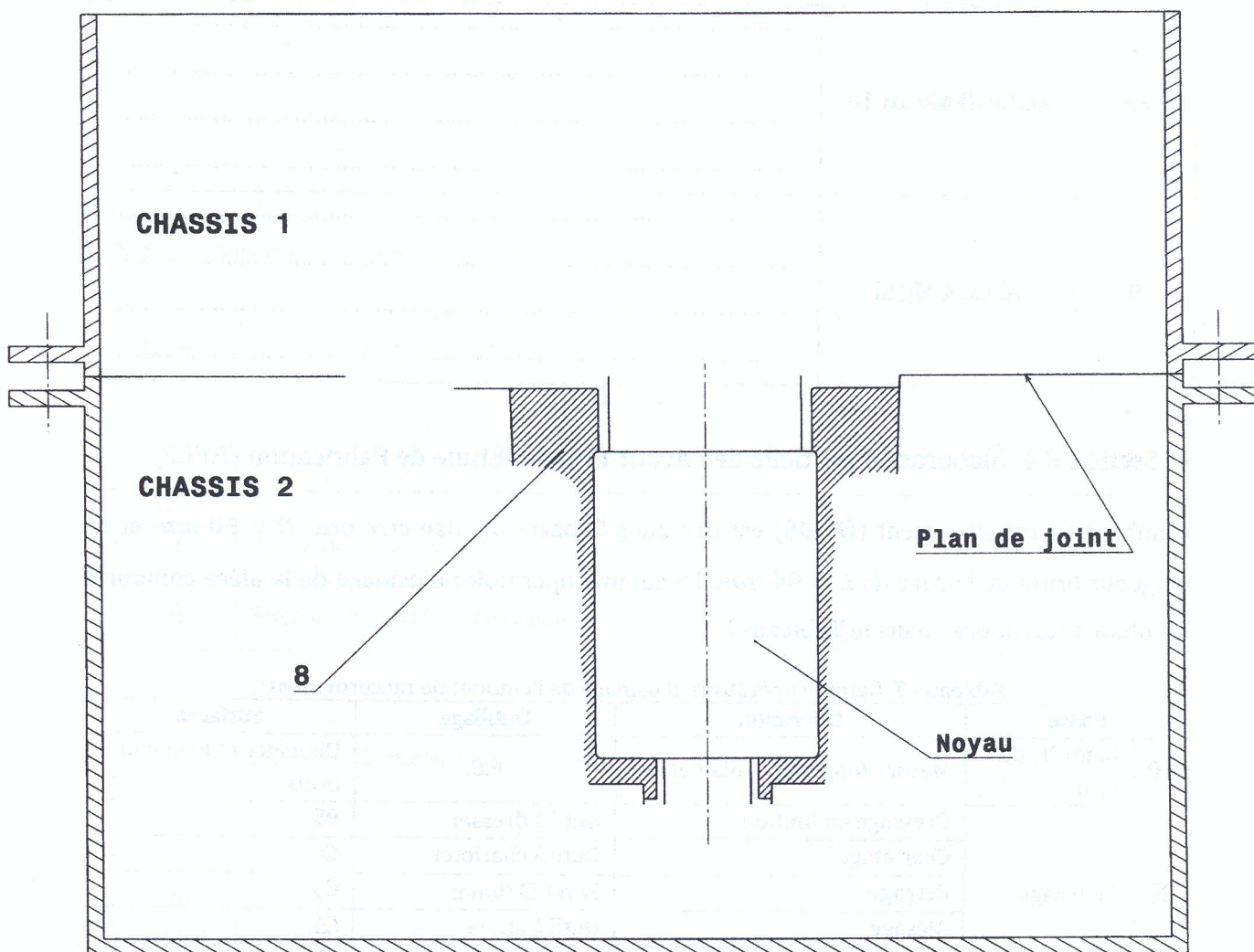


Figure. 6– Moule prêt à la coulée du boîtier cache-accouplement **(8)**

B-13. Donner la signification de la désignation symbolique normalisée des matériaux des pièces citées dans le **Tableau- 6**.

Tableau - 6 Désignation symbolique normalisée des matériaux

Repère	Désignation	Explication
45	35Cr Mo 4	....................
8	GE 335	....................
28	X6 Cr Ni Mo 18 10	....................
9	Al Cu 4 Mg Si	....................

◆ Section B.4- Élaboration partielle de l'Avant-Projet d'Étude de Fabrication (APEF)

L'embout de raccordement (**DT-05**) est tiré dans la barre de diamètre brut $D = 50 \text{ mm}$ et de longueur brute de l'ordre de $L = 94 \text{ mm}$. La gamme opératoire d'usinage de la pièce comporte les phases regroupées dans le **Tableau- 7**.

Tableau - 7 Gamme opératoire d'usinage de l'embout de raccordement

Phase		Opération	Outils	Surfaces
10	Contrôle du brut	Mesure longueur + diamètre	P.C.	Diamètre et longueur bruts
20	Tournage	Dressage en finition	Outil à dresser	P5
		Chariotage	Outil à charioter	C6
		Perçage	Foret Ø20mm	C3
		Alésage	Outil à aléser	C4,
		Chanfreinage	Outil coudé	Ch4
30	Tournage	Dressage en finition	Outil à dresser	P1
		Cycle d'ébauche avec gorge	Outil à charioter	
		Contournage en finition	Outil à charioter	C1, CN, C5, P4, Ch2
		Alésage	Outil à aléser	P2, C2, Ch1,
40	Perçage	Perçage	Foret Ø4mm	8 trous Ø4
50	Polissage	Polissage	Meule cylindrique	Superfinition P5

B-14. Pour garantir la condition de cylindricité, en combien d'opérations peut-on réaliser l'alésage $\varnothing 23H7$ (C4)? Les désigner.

.....

.....

.....

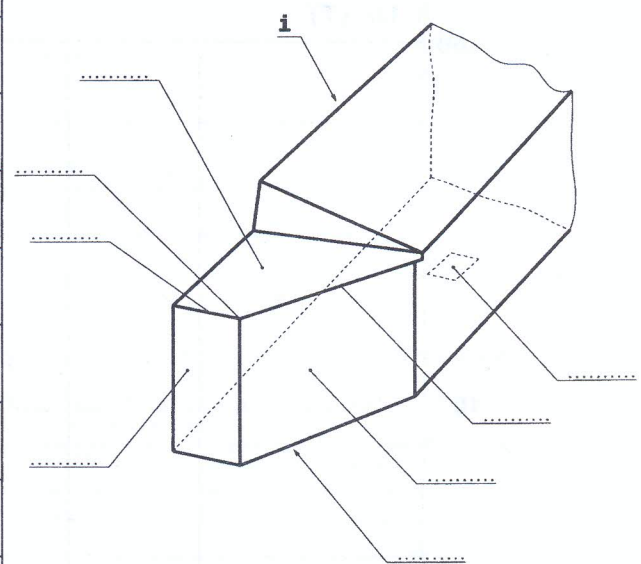
B-15. Compléter le **Tableau -8** relatif à la phase 30 d'usinage de l'embout de raccordement réalisé sur un tour à commande numérique à deux axes.

Tableau - 8 Opérations de la phase 30

Opération	Désignation	Surfaces
a	.....	P1
b	Cycle d'ébauche paraxial	
c	Finition du cycle	C1, CN, C5, P4 et Ch2
d	.....	Ch1, C2 et P2

B-16. Identifier les éléments de la partie active de l'outil à charioter (**Tableau -9**).

Tableau - 9 Partie active d'un outil à charioter

Repère	Désignation	
a	Surface d'appui	
b	Face de coupe	
c	Arête de coupe principale	
d	Face de dépouille principale	
e	Partie active	
f	Face de dépouille secondaire	
g	Arête de coupe secondaire	
h	Bec de l'outil	
i	Queue de l'outil	

B-17. En utilisant le **Tableau 0-3** (Page 10/10), tracer sur le graphique **Figure. 7**, les points représentatifs $V_B = f(T)$.

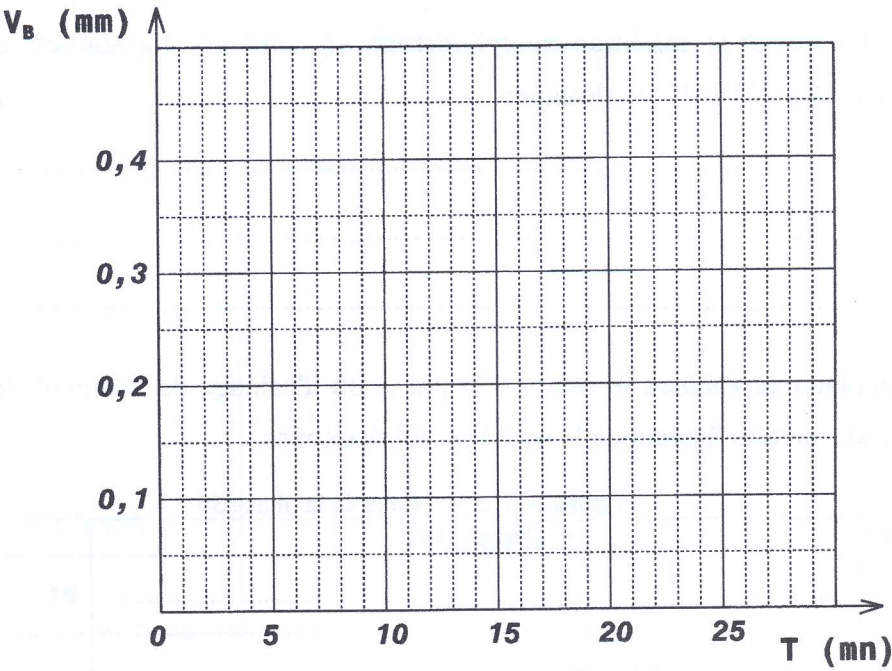


Figure. 7- Courbe $V_B = f(T)$

B-18. Déterminer, à partir de la Figure. 7, le temps T correspondant à $V_B = 0,3 \text{ mm}$ pour chaque valeur de V_c .

$V_c \text{ (m/min)}$	.....	.....
$T \text{ (min)}$	.....	.....

B-19. Sur le graphique bi-logarithmique Figure. 8, représenter la courbe $T = f(V_c)$ pour $V_B = 0,3 \text{ mm}$.

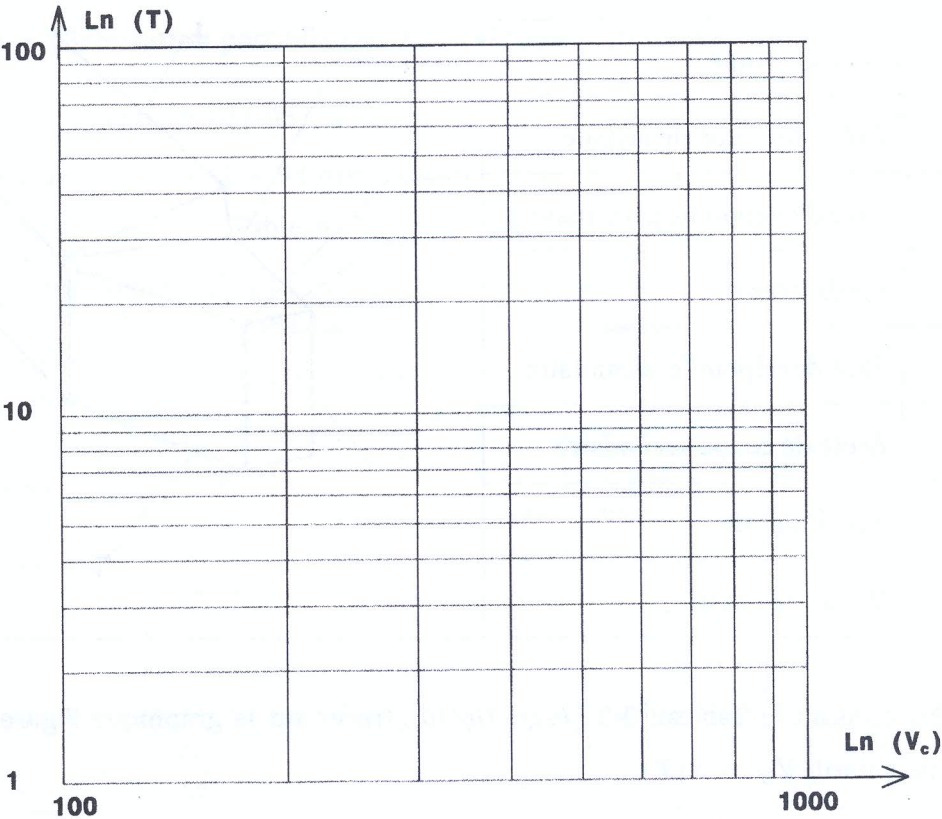


Figure. 8- Courbe $T = f(V_c)$ pour $V_B = 0,3 \text{ mm}$

B-20. À partir de la **Figure .8**, déterminer les coefficients C_v et n de la loi de Taylor simplifiée.

$n = \dots\dots\dots$

$C_v = \dots\dots\dots$

B-21. Écrire alors la loi de Taylor relative à cet outil.

$T = \dots\dots\dots$

B-22. En utilisant le **Tableau 0-4** (*Page 10/10*), déterminer la vitesse de coupe V_c et l'avance par tour f , pour une opération de chariotage de finition de l'outil en carbure, tout en garantissant l'état de surface.

$V_c = \dots\dots\dots m/mn$

$f = \dots\dots\dots mm/tr$

B-23. Calculer le temps total d'usinage T_t que peut réaliser une arête de coupe, en utilisant l'expression de la loi de Taylor simplifiée relative à cet outil.

$T_t = \dots\dots\dots mn$

B-24. Calculer la vitesse de rotation de la broche N , pour un diamètre moyen $D = 42 \text{ mm}$, ainsi que la vitesse d'avance V_f .

$N = \dots\dots\dots tr/mn$

$V_f = \dots\dots\dots mm/mn$

B-25. Dans la phase 30, on veut réaliser la finition du cycle paraxial les surfaces extérieures à partir du point **a** au point **f** (**DT-05**). Déterminer la longueur du parcours d'usinage L_u où l'outil est en contact avec la pièce. Les distances d'approche (E) et de dégagement (D) sont $E = D = 2 \text{ mm}$.

$L_u = \dots\dots\dots mm$

B-26. Déterminer le temps d'usinage T_u de cette opération pour la vitesse d'avance V_f calculée en B.24/.

.....
.....

$T_u = \dots\dots\dots \text{mn}$

B-27. Déterminer le nombre de pièce (N_p) que peut réaliser une arête de coupe.

.....
.....

$N_p = \dots\dots\dots$ pièces

B-28. Calculer le coût d'outillage C_t pour une série de **1000** pièces dans les conditions suivantes :

- Même outil en carbure, à plaquette rapportée non réversible,
- Deux arêtes utilisables,
- Coût d'une plaquette **50DTN**

.....
.....

$C_t = \dots\dots\dots \text{DTN}$

B-29. Sachant que la pression spécifique de coupe $K_s = 550 \text{ daN/mm}^2$, déterminer l'effort de coupe F_c relatif à la vitesse de coupe ($F_c = K_s \cdot S$) (*on néglige la composante relative à la vitesse d'avance*). La profondeur de passe est $a_p = 3 \text{ mm}$ sur le rayon.

.....
.....

$F_c = \dots\dots\dots \text{N}$

B-30. Déterminer la puissance de coupe (P_c).

.....
.....

$P_c = \dots\dots\dots \text{kW}$

B-31. On dispose d'un tour à commande numérique à 2 axes, de puissance maximale à la broche $P_m = 4kW$ avec un rendement $\eta = 0,8$. Déterminer la puissance utile P_u .

P_u = kW

a- Est-ce que cette machine est capable de réaliser cette opération (du point de vue puissance) ?

b- Proposer une solution permettant de réaliser cette opération sur cette machine tout en respectant l'état de surface de la pièce proposée.

B-32. Compléter le programme d'usinage et le commentaire associé, relatif l'embout de raccordement (DT-05)

Programme	Commentaire
.....	Programme numéro 2021
N10 G40 G71 G80 G90 G95 G97	Initialisation
N20 G0 G52 X0 Z0	Dégagement vers l'origine mesure
.	.
.	.
N130 T2 D2 M6	.....
N140 G0 X34 Z92	Avance rapide vers le point (a)
N150	Rotation broche sens horaire à 1000 tr/mn
N160	Avance de 0,15 mm/tr et activer lubrification
N170 G42	Choix de la correction de l'outil
N180 G1 Z30	Point
N190 X28 Z18	Point
N200	Point (d)

N210 X46	Point
N220	Point (f)
N230	Arrêter rotation broche et lubrification
N240 G40	Annulation de la correction
.	.
.	.
N350	Dégagement vers l'origine mesure
N360	Fin de programme

Dossier

DOCUMENT REPONSES

- ※ Ce dossier comporte 19 pages numérotées de 1 à 19
 - ▷ Partie A – Mécanique des Solides Indéformables
& Résistance des Matériaux pages de 1 à 11
 - ▷ Partie B – Automatique : pages de 12 à 19
- ※ Un seul dossier réponse est fourni au candidat et doit être rendu à la fin de l'épreuve, en totalité, même sans réponses.
- ※ Le renouvellement ou la reproduction de ce dossier sont strictement interdits.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	5
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	---

$$\overrightarrow{OA} =$$

$$\vec{V}_{A \in 2/0} = \dots\dots\dots$$

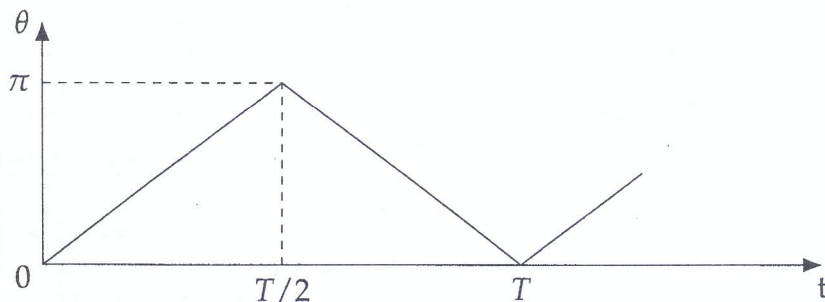
A.3: En déduire les expressions de $\dot{\mu}$ et $\dot{\lambda}$ en fonction de L , $\dot{\theta}$ et θ :

[illegible]

$$\mu = \dots\dots\dots$$

$$\lambda = \dots\dots\dots$$

On se propose d'analyser l'effet de la périodicité de θ , sur le couple C_m développé par le moteur, en considérant la figure A.1 illustrant approximativement la variation de θ en fonction du temps et où T est sa période.

FIGURE A.1 – Évolution de l'angle de rotation θ en fonction du temps

A.4: Déterminer, en fonction de t et de la période T , les expressions de $\theta(t)$ correspondant respectivement à la première demi-période ($0 \leq t \leq T/2$) et la seconde ($T/2 \leq t \leq T$).

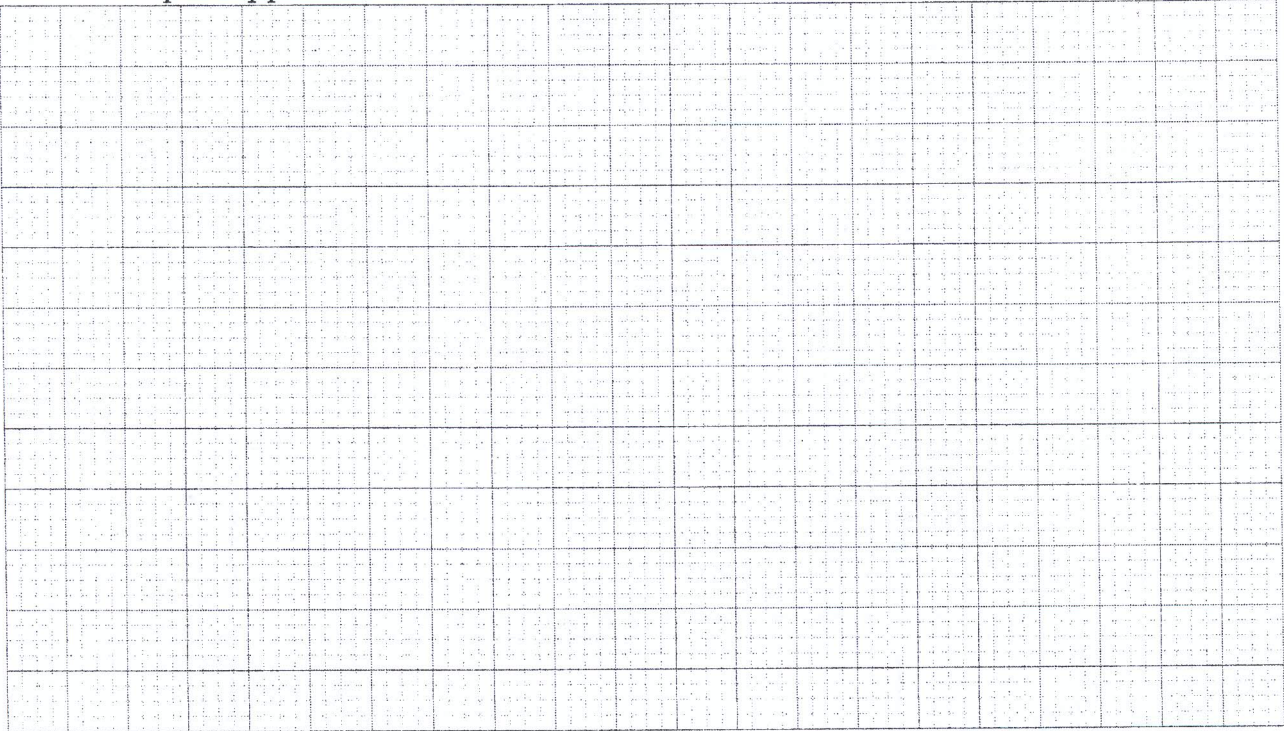
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	5
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	---

A.5: En déduire la vitesse $\dot{\theta}$ associée à la première demi-période ($0 \leq t \leq T/2$) et la seconde ($T/2 \leq t \leq T$). Déduire que $\ddot{\theta}$ est nulle sur une période.

<p>1. Introduction</p> <p>The purpose of this study is to investigate the impact of social media on the mental health of teenagers. The research aims to explore the relationship between social media usage and various mental health outcomes, including anxiety, depression, and self-esteem.</p>	<p>2. Methodology</p> <p>The study employed a quantitative research design, utilizing a survey of 500 teenagers aged 13-18. Data was collected through an online questionnaire that assessed social media usage patterns and mental health symptoms.</p>	<p>3. Results</p> <p>The findings indicate a positive correlation between increased social media usage and higher levels of anxiety and depression. Specifically, teenagers who spent more than three hours daily on social media reported significantly higher scores on anxiety and depression scales compared to those with lower usage.</p>	<p>4. Conclusion</p> <p>The study concludes that excessive social media use can have detrimental effects on the mental health of teenagers. It is recommended that parents and educators monitor and limit screen time to mitigate these risks.</p>
<p>5. References</p> <p>Smith, J. (2018). The impact of social media on teenage mental health. <i>Journal of Adolescent Health, 63</i>(2), 123-130.</p> <p>Johnson, A. (2019). Social media and mental health: A review of the literature. <i>Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking, 32</i>(1), 45-55.</p>	<p>6. Appendix</p> <p>The appendix contains the full survey questionnaire used in the study, including demographic questions and the mental health assessment scales.</p>	<p>7. Limitations</p> <p>The study has several limitations, including a cross-sectional design that cannot establish causality and a self-reported data source that may be subject to bias.</p>	<p>8. Acknowledgments</p> <p>The authors would like to thank the participating schools and the research assistants who helped in data collection.</p>

$$\{\mathcal{D}_{3/0}\}_{G_3} = \left\{ \begin{array}{l} \dots\dots\dots \\ \dots\dots\dots \end{array} \right\}_{G_3}$$

A.8: Déterminer l'expression de l'énergie cinétique du système $\Sigma = \{1,2,3\}$ dans son mouvement par rapport au bâti (0).



$$E_c(\Sigma/0) = \dots\dots\dots$$

A.9: Compléter sur la figure A.2, l'inventaire des actions mécaniques extérieures appliquées au système $\Sigma = \{1,2,3\}$.

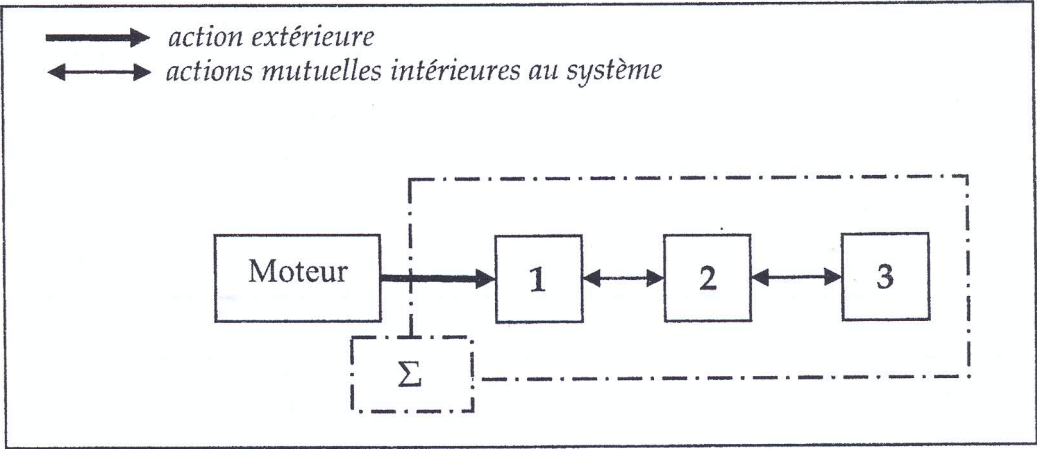


FIGURE A.2 – Diagramme des actions mécaniques

A.10: Écrire les torseurs des actions extérieures et intérieures au système (Σ) en leur point d'application respectif, en les exprimant dans la base $\mathcal{B}_0(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200
201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300
301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400
401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500
501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521																																																																															

A.11: Déterminer les puissances développées par les actions mécaniques extérieures et intérieures s'exerçant sur le système (Σ) dans son mouvement par rapport au bâti (0).

[illegible]

$$\mathcal{P}_{(\bar{\Sigma} \rightarrow \Sigma/0)} =$$

$$\mathcal{P}_{int}(\Sigma) = \{ \text{...} \}$$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200
201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300
301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400
401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500
501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522																																																																														

A.15:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	5
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	---

A.16:

[illegible]

A.17: Utiliser les réponses aux questions B.14, B.15 et B.16 pour déterminer les actions mécaniques, engendrées par les liaisons extérieures au système (Σ).

[illegible]

A.3 Résistance des matériaux

A.18: A partir de l'équilibre de la manivelle (1), déterminer les inconnues du torseur de l'action mécanique à l'encastrement au point O.

[illegible]

A.19: Déterminer les composantes du torseur de cohésion tout au long de la ligne moyenne de la poutre. Préciser le type de sollicitations.

[illegible]

[illegible]

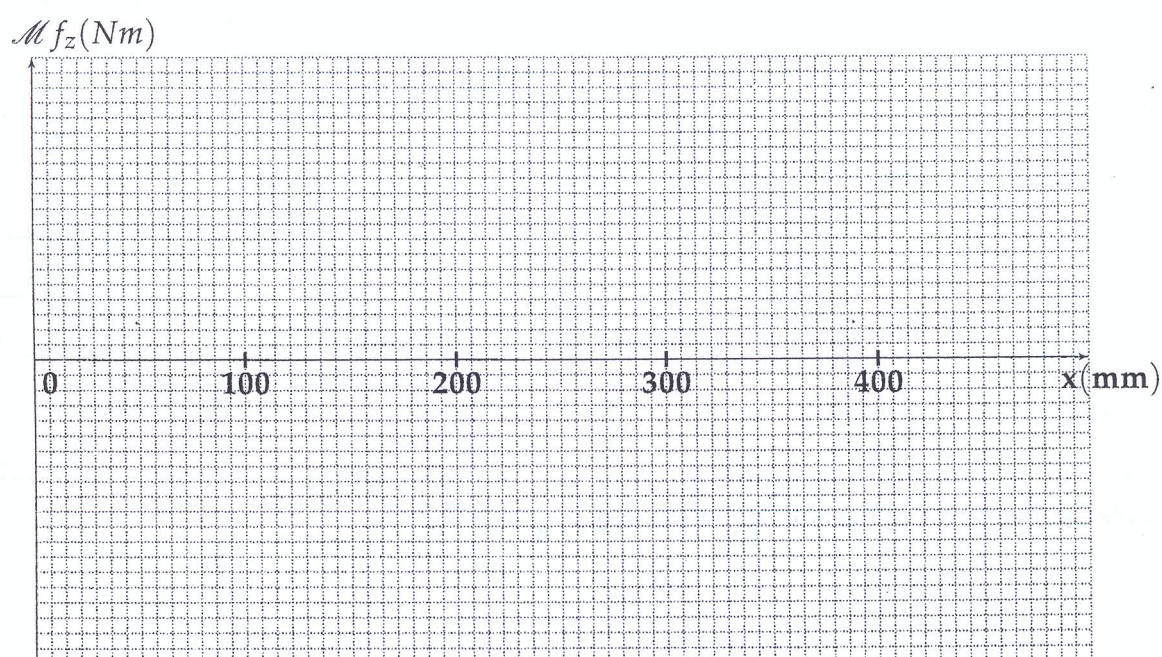
$$\{\mathcal{T}_{coh}\}_G = \left\{ \begin{array}{c} \text{ } \\ \text{ } \\ \text{ } \\ \text{ } \end{array} \middle| \begin{array}{c} \text{ } \\ \text{ } \\ \text{ } \\ \text{ } \end{array} \right\}_{\substack{\mathcal{B}_1 \\ G}}$$

Types de sollicitations :

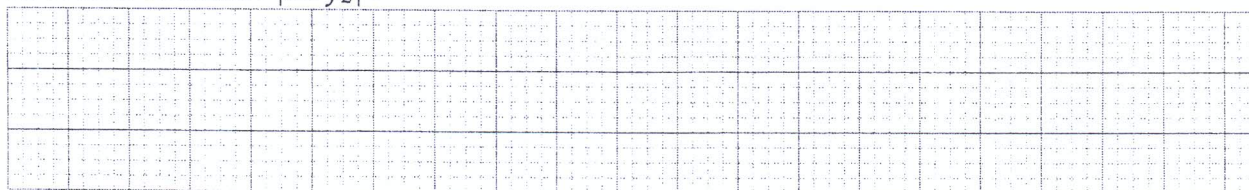
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	5
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	---

A.20: Étude de la résistance de la poutre au moment fléchissant

a. Tracer le diagramme du moment fléchissant \mathcal{M}_{fz} .

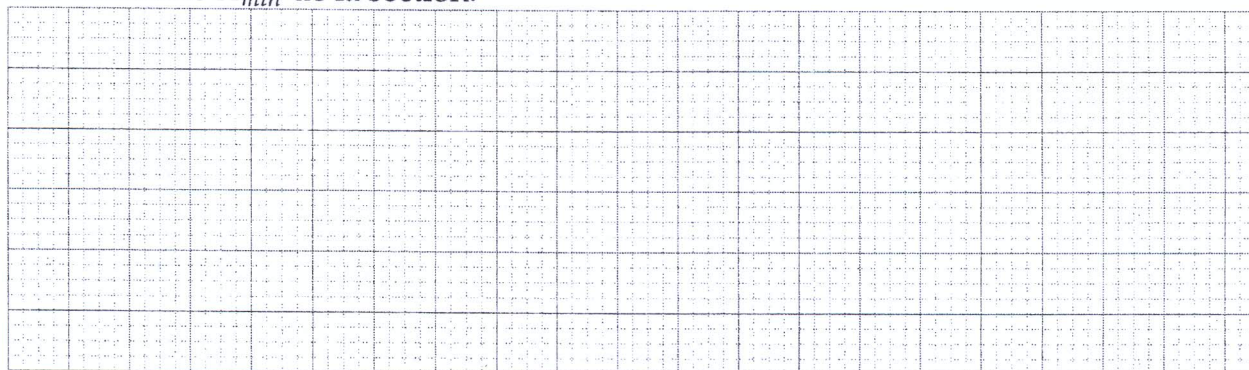


- b. Dans quelle section droite de la poutre le moment fléchissant \mathcal{M}_z est maximal? Donner sa valeur absolue : $|\mathcal{M}_z|$.

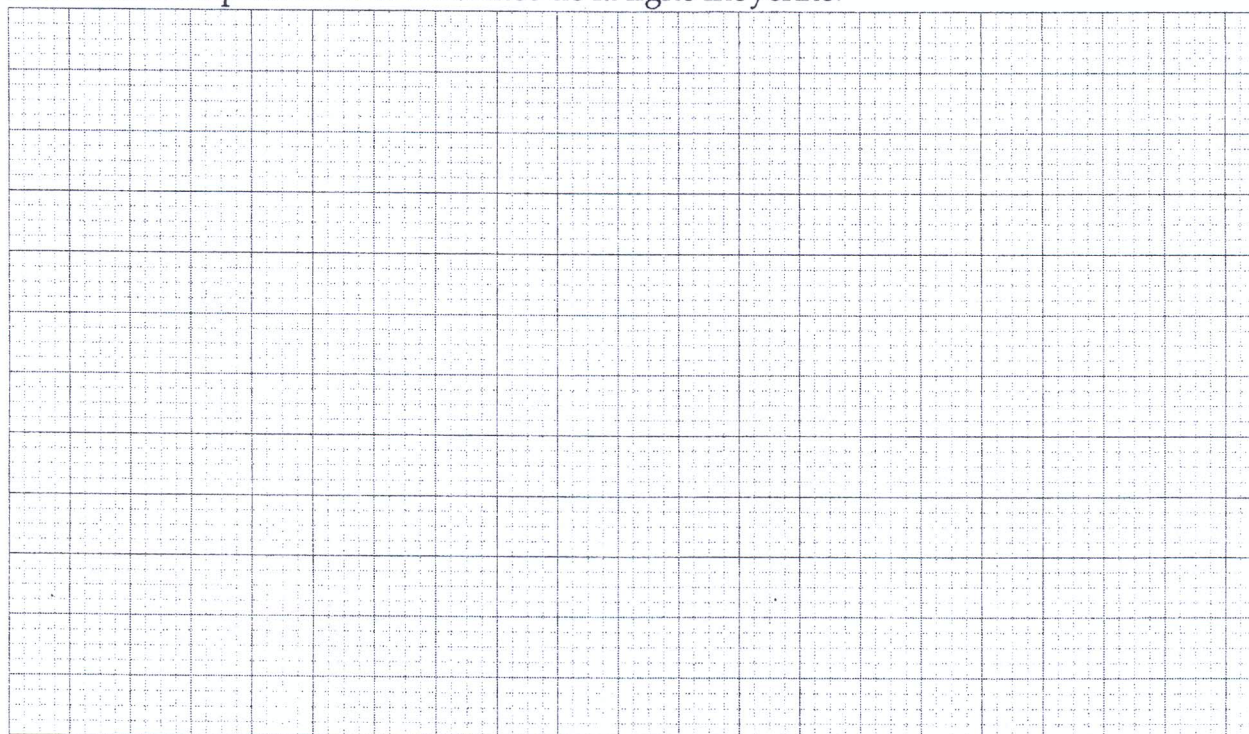


$$|\mathcal{M}_{z \max}| = \dots\dots\dots$$

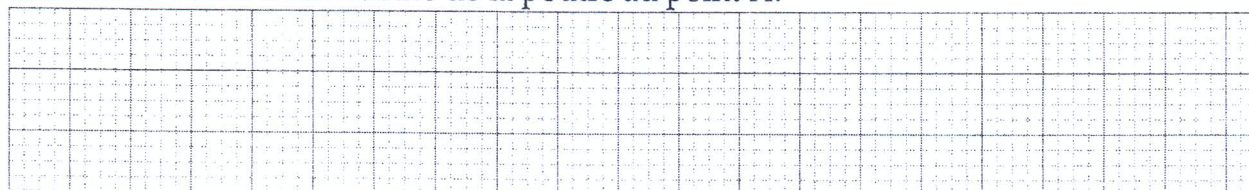
- c. En appliquant le critère de résistance à la contrainte normale en flexion, calculer la hauteur minimale H_{\min} de la section.



- d. Déterminer l'équation de la déformée de la ligne moyenne.



- e. Calculer la flèche à l'extrémité de la poutre au point A.



Partie B : Automatique

B.1 Étude du capteur de position angulaire

B.1: En se référant à la figure B.1 compléter le code Gray (BR) de la table de vérité ci-contre, où G_0 représente le bit du poids le plus faible.

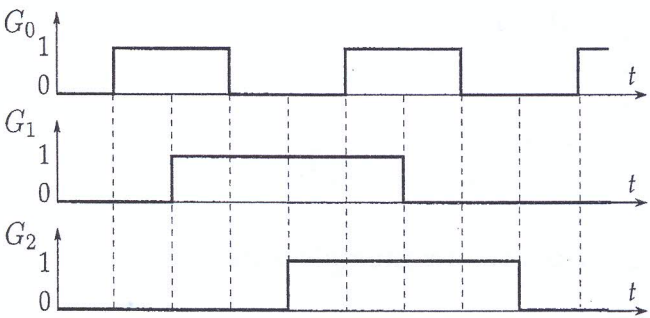


FIGURE B.1 – Chronogramme des trois signaux G_0 , G_1 et G_2

TABLE B.1 – Table de vérité du transcodeur à 3 entrées (G_0 , G_1 et G_2) et 3 sorties (B_0 , B_1 et B_2)

Code (Gray ou BR)			Code (BN)		
G_2	G_1	G_0	B_2	B_1	B_0
			0	0	0
			0	0	1
			0	1	0
			0	1	1
			1	0	0
			1	0	1
			1	1	0
			1	1	1

B.2: Compléter les tableaux de Karnaugh des sorties B_0 , B_1 et B_2 , placer les groupements et déterminer les équations simplifiées en fonction des entrées du transcodeur sous forme de somme de produits.

★ Sortie B_0 :

G_1G_0	00	01	11	10
G_2				
0				
1				

$B_0 =$

★ Sortie B_1 :

G_1G_0	00	01	11	10
G_2				
0				
1				

$B_1 =$

★ Sortie B_2 :

G_1G_0	00	01	11	10
G_2				
0				
1				

$B_2 =$

B.3: On veut minimiser le nombre d'opérateurs logiques, une solution consiste à utiliser des multiplexeurs 4/2 (voir figure B.2), puisque deux multiplexeurs suffiront.

Compléter sur la figure B.2 le câblage relatif aux sorties du transcodeur étudié. On rappelle que la sortie S d'un tel multiplexeur est : $S = \bar{x}\bar{y}I_0 + \bar{x}yI_1 + x\bar{y}I_2 + xyI_3$

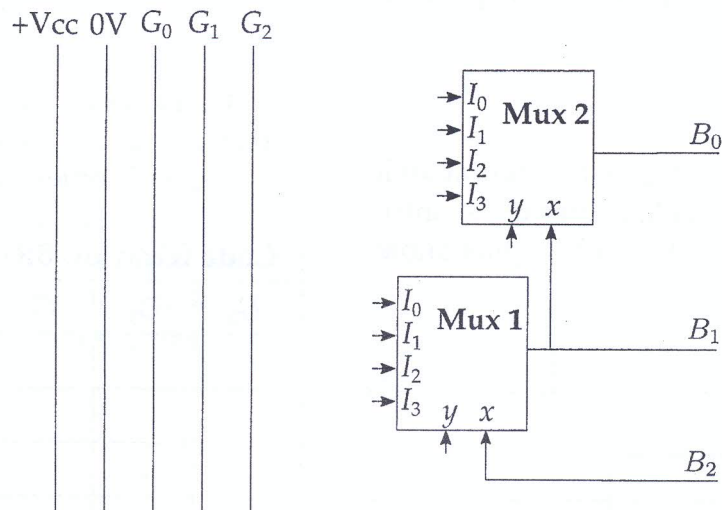


FIGURE B.2 – logigramme du transcodeur avec des multiplexeurs

B.2 Étude séquentielle

B.4: Compléter les Grafcet de point de vue commande des figures B.3 et B.4

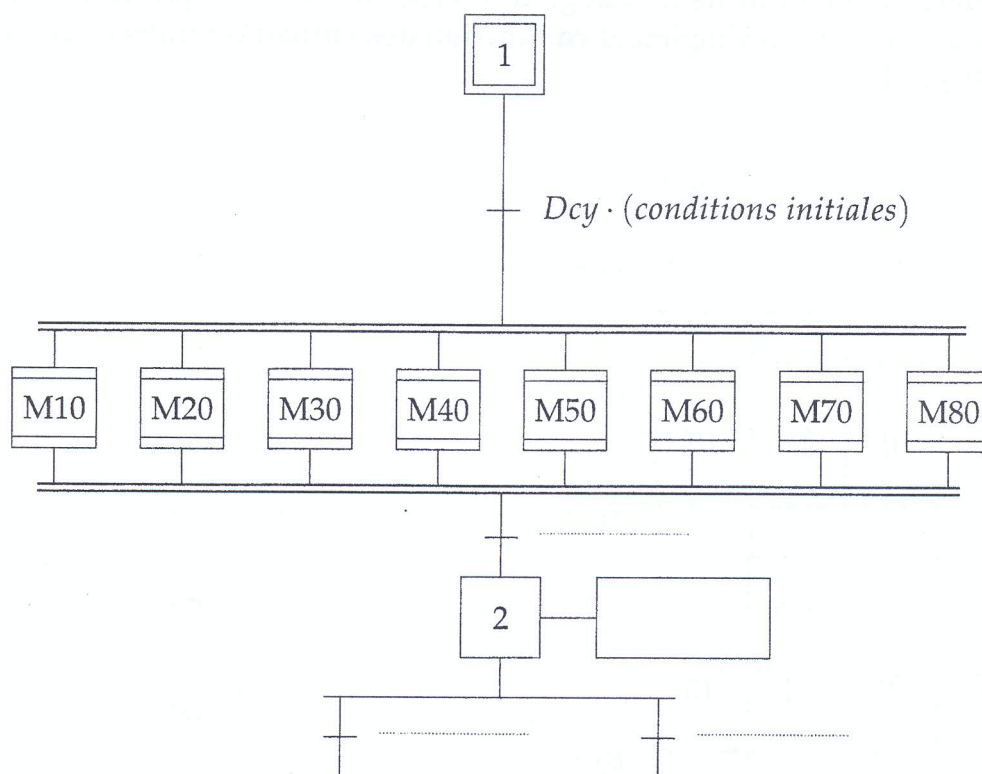


FIGURE B.3 – Grafcet de point de vue commande du système d'assemblage des rotules

N. B. : La normalisation de la commande d'un actionneur bistable V_n exige pour :

- l'activation, $V_n := 1$,
- la désactivation, $V_n := 0$.

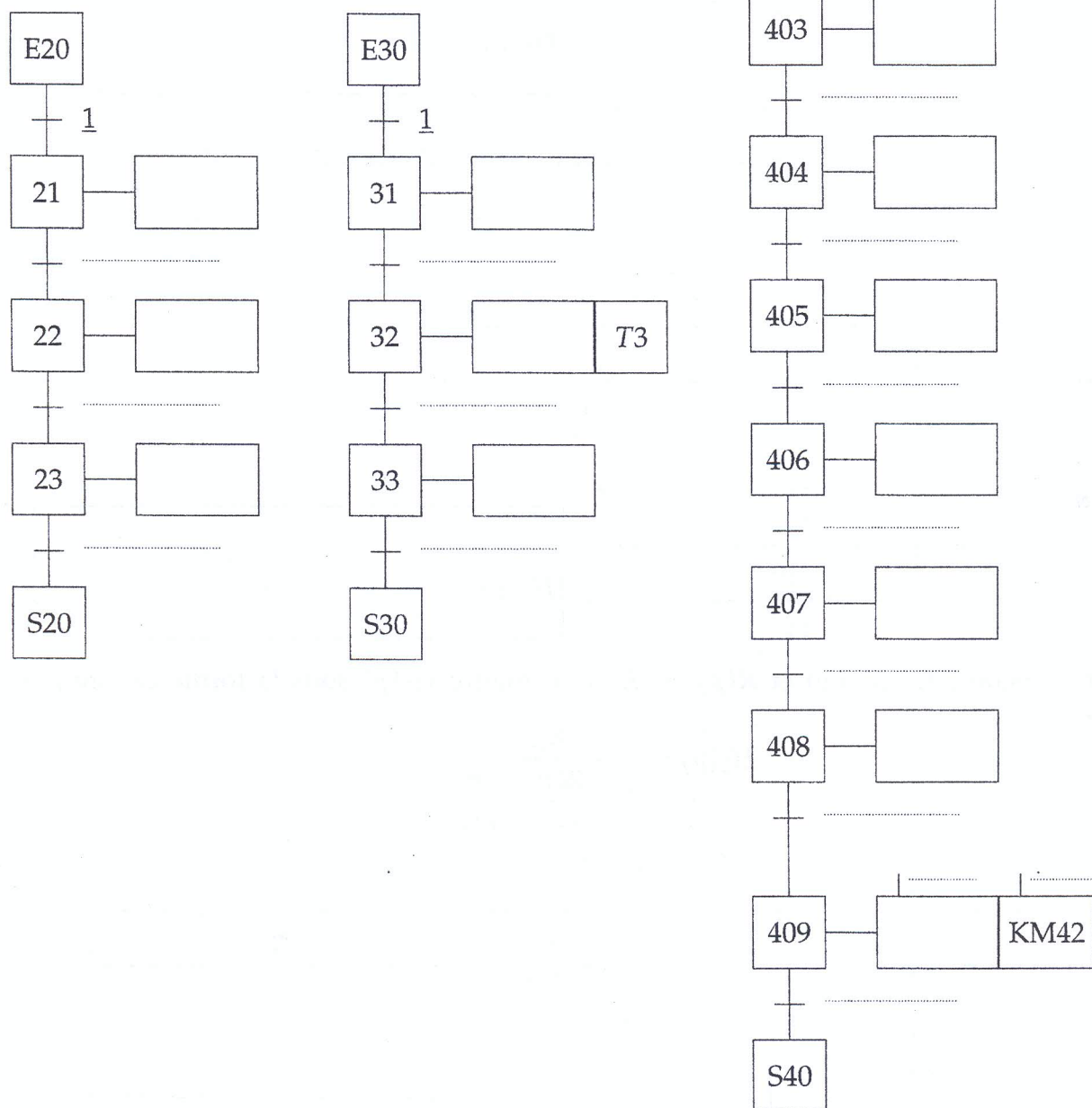


FIGURE B.4 – Grafset des macro-étapes M20, M30 et M40 relatives respectivement au fonctionnement des postes (2),(3) et (4)

Asservissement de vitesse du plateau

A partir du schéma fonctionnel de l'asservissement de vitesse représenté par la figure 8 et en appliquant le théorème de superposition, la sortie du système s'écrit sous la forme :

$\Omega_{ch}(p) = H_1(p)\Omega_r(p) - H_2(p)C_r(p)$ avec $H_1(p) = \left. \frac{\Omega_{ch}(p)}{\Omega_r(p)} \right|_{C_r(p)=0}$ et $H_2(p) = \left. \frac{\Omega_{ch}(p)}{C_r(p)} \right|_{\Omega_r(p)=0}$

B.5: Pour $R(p) = K$, déterminer les expressions de $H_1(p)$ et $H_2(p)$.

$H_1(p) =$

$H_2(p) =$

B.6: On considère $C_r(p)$ nul et $R(p) = K = 1$, mettre $H_1(p)$ sous la forme canonique suivante :

$$H_1(p) = \frac{K_m}{1 + \frac{2\zeta p}{\omega_0} + \frac{p^2}{\omega_0^2}}$$

$H_1(p) =$

B.7: En déduire les paramètres K_m , ω_0 et ξ

	$K_m =$
	$\omega_0 =$
	$\xi =$

B.8: Que peut-on dire du premier dépassement " D_1 " ? Justifier.

B.9: En utilisant l'abaque de la figure B.5 donner le temps de réponse à 5%.

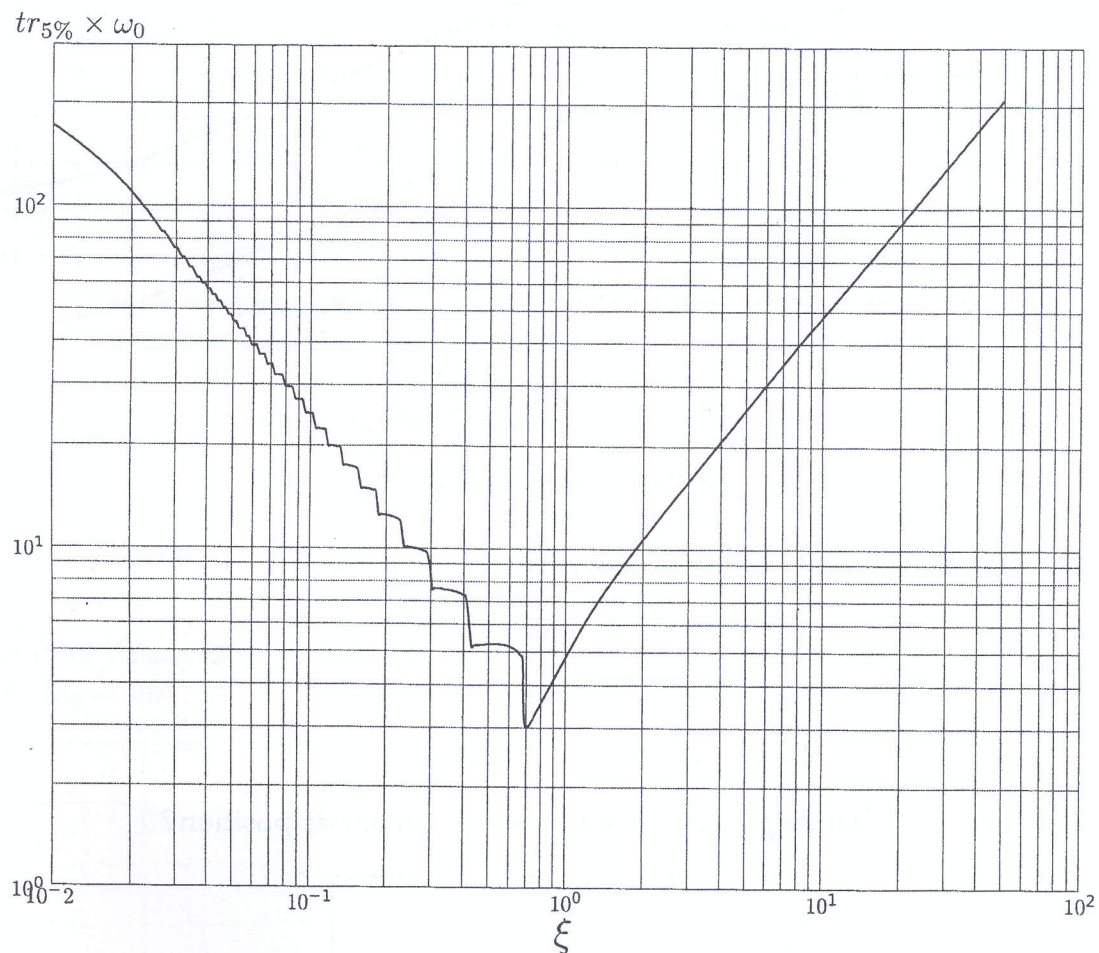


FIGURE B.5 – Temps de réponse réduit $tr_{5\%} \times \omega_0$ en fonction du coefficient d'amortissement ξ .

B.10: A partir des figures 8 et 9, donner les expressions des fonctions de transfert en Boucle ouverte $T_1(p)$ et $T_2(p)$ respectivement des asservissements de vitesse et de position (avec $R(p) = K$ et $C_r(p) = 0$).

$T_1(p) =$

$T_2(p) =$

B.11: A partir des courbes de la figure B.6, tracées pour $R(p) = 1$, identifier les diagrammes des gains $||T_1(j\omega)||dB$ et $||T_2(j\omega)||dB$ ainsi que ceux des arguments $\varphi_1(j\omega)$ et $\varphi_2(j\omega)$.

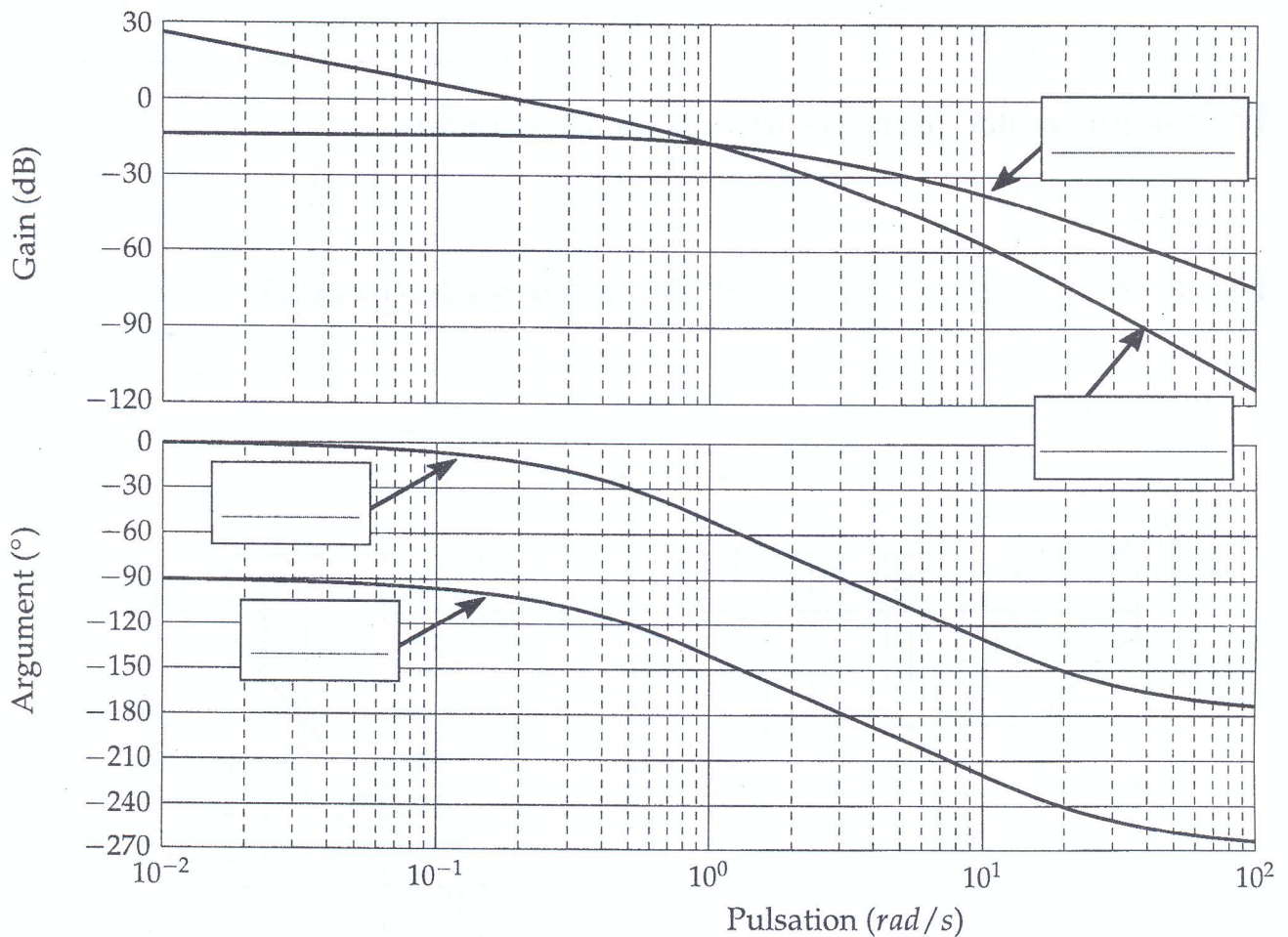


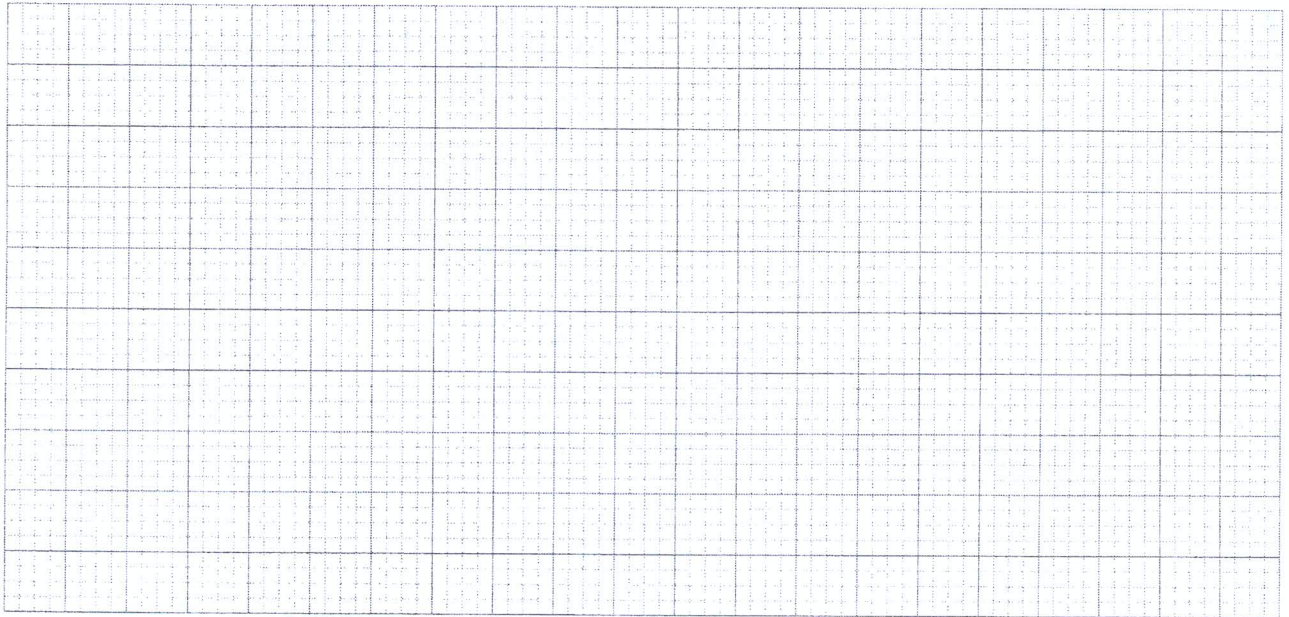
FIGURE B.6 – Diagrammes de bode

B.12: Déterminer la bande passante de l'asservissement de vitesse.

$Bp =$

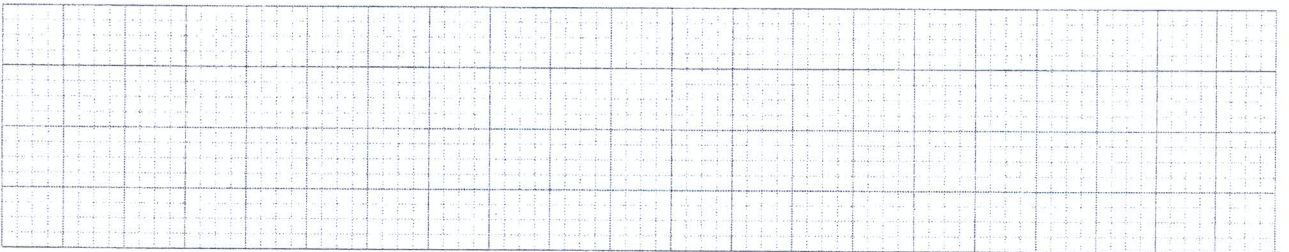
B.13: Que devient cette bande passante pour l'asservissement de position?

$Bp =$



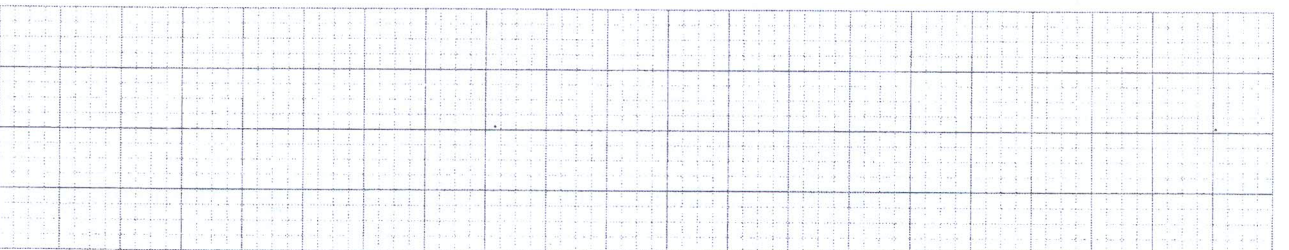
$$K =$$

B.18: Déterminer l'erreur de position unitaire de l'asservissement de vitesse pour $K = 1$.



$$\varepsilon_{1p}(\infty) =$$

B.19: Déterminer l'erreur de position unitaire de l'asservissement de position pour $K = 1$.



$$\varepsilon_{2p}(\infty) =$$