

Sciences et Techniques Automatisées (STA-MSI)
MECANIQUE DES SOLIDES INDEFORMABLES PT1
Examen de fin du 2^{ème} semestre Date: 16 Mai 2024 Durée: 1h30min

Exercice 1 : (cinématique) (11 pts) :

On propose l'étude d'un mécanisme plan came-galet, (figure 1). La came (1) est animé d'un mouvement de rotation par rapport au bâti (0) autour de l'axe $(O, \vec{z}_0)$. Ce mouvement permet, à travers le contact en I entre le galet (2) et la came (1), la rotation du bras (3) autour de l'axe $(B, \vec{z}_0)$.

Les principaux éléments du mécanisme sont :

- le bâti (0) est lié au repère $R_0(O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ supposé galiléen,
- la came (1), liée au repère $R_1(O, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_0)$, est en liaison pivot d'axe $(O, \vec{z}_0)$ avec le bâti (0) tel que : $\theta_1 = (\vec{x}_0, \vec{x}_1) = (\vec{y}_0, \vec{y}_1)$.
- le galet (2) lié au repère $R_2(A, \vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_0)$, est en liaison pivot d'axe $(A, \vec{z}_0)$ avec le bras (3) tel que : $\theta_2 = (\vec{x}_0, \vec{x}_2) = (\vec{y}_0, \vec{y}_2)$. Au cours du fonctionnement, le galet (2) reste en contact avec la came (1) au point I.
- Soit $R'(G, \vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{z}_0)$ le repère défini par les deux centres G et A tels que : $\vec{GA} = (r_1 + r_2) \vec{e}_1$ et $\alpha = (\vec{x}_0, \vec{e}_1) = (\vec{y}_0, \vec{e}_2)$ est l'angle qui repère l'orientation du repère R' / R_0 .
- le bras (3), lié au repère $R_3(B, \vec{x}_3, \vec{y}_3, \vec{z}_0)$, est en liaison pivot d'axe $(B, \vec{z}_0)$ avec le bâti (0) tel que : $\beta = (\vec{x}_0, \vec{x}_3) = (\vec{y}_0, \vec{y}_3)$.

Les positions des différents points (centres de liaison ou autres) sont décrites par les relations vectorielles :

$$\vec{OB} = a \vec{x}_0, \quad \vec{AB} = L \vec{x}_3, \quad \vec{IA} = r_2 \vec{e}_1, \quad \vec{OG} = e \vec{y}_1 \quad \text{et} \quad \vec{GI} = r_1 \vec{e}_1.$$

Attention : Sauf mention contraire, les vecteurs calculés ne devraient pas être projetés dans une base précise : laisser les résultats tels qu'ils apparaissent.

- 1°) Déterminer les vecteurs rotations: $\vec{\Omega}_{1/0}$, $\vec{\Omega}_{2/0}$, $\vec{\Omega}_{3/0}$ et $\vec{\Omega}_{R'/R_0}$, déduire $\vec{\Omega}_{2/1}$ et $\vec{\Omega}_{3/1}$.
- 2°) a) Calculer, par cinématique des solides, $\vec{V}(G)_{1/R_0} = \vec{V}(G \in (1) / R_0)$.
b) Déduire, par cinématique des solides, $\vec{V}(I)_{1/R_0}$.
- 3°) a) Calculer, par cinématique des solides, $\vec{V}(A)_{3/R_0}$.
b) Déduire, par cinématique des solides, $\vec{V}(I)_{2/R_0}$.
- 4°) a) Déduire l'expression de la vitesse de glissement en I entre le galet (2) et la came (1) : $\vec{V}(I)_{2/1}$.
b) Déduire l'équation qui découle de la condition de contact permanent en I entre la came (1) et le galet (2) ($\vec{V}(I)_{2/1} \in \text{plan tangent commun}$), exprimer $\tan(\alpha)$ en fonction de θ_1 , β , $\dot{\theta}_1$ et $\dot{\beta}$.
- 5°) On suppose qu'on n'a pas de glissement en I entre le galet (2) et la came (1) ($\vec{V}(I)_{2/1} \cdot \vec{e}_2 = 0$).
a) Ecrire l'équation scalaire traduisant la condition de roulement sans glissement en I entre la came (1) et le galet (2).
b) Montrer que le mouvement du galet (2) par rapport à la came (1) est un mouvement plan sur plan, trouver son centre instantané de rotation I_{21} puis déduire, sans calcul, la base et la roulante du mouvement du galet (2) par rapport à la came (1).
c) Déterminer les centres instantanés de rotation I_{10} , I_{30} et I_{32} des mouvements plan sur plan des solides (1)/(0), (3)/(0) et (3)/(2), justifier votre réponse.

- d) En utilisant le théorème des 3 plans, déterminer les positions des centres instantanés de rotation I_{20} et I_{31} .

6°) On suppose que le galet (2) est bloqué en rotation ($\dot{\theta}_2 = 0$), de plus $\bar{x}_2 = \bar{x}_3$ et $\bar{y}_2 = \bar{y}_3$.

- a) Donner, dans ce cas, la vitesse de glissement en I entre le galet (2) et la came (1): $\vec{V}(I)_{2/1}$.
 b) Montrer que le nouveau centre instantané de rotation I_{21} se trouve sur la droite (O, B).
 c) Sachant que $\vec{V}(I)_{2/1} // \vec{e}_2$, déduire la position de ce nouveau centre instantané de rotation I_{21} .

Exercice 2 : (statique) (9 pts) :

Les premiers pèse- colis permettaient une mesure rapide et précise de la masse d'un petit colis. Le principe primordial du système est que le colis pouvait être posé de façon quelconque sur le plateau. Les principaux éléments qui constituent ce système (figure-2-) sont : Un plateau (1), un balancier (2), une bielle (3) et le support 0. Sous l'action du poids du petit paquet, le système prend la configuration d'équilibre repérée par l'angle α relevé par un index. ($\beta = \text{constante}$).

Toutes les liaisons sont supposées parfaites et les masses des tiges sont supposées négligeables par rapport aux masses m_1 du colis et m_2 du contre poids.

On précise que le problème traité est **plan** et sera étudié dans le plan $P_0(O, \vec{X}_0, \vec{Y}_0)$ de symétrie matériel et de chargement.

La forme générale du torseur d'action mécanique du solide (i) sur le solide (j) associés par une liaison sera

$$\text{notée } \{\tau_{(i) \rightarrow (j)}\}_M = \begin{Bmatrix} X_{ij} & 0 \\ Y_{ij} & 0 \\ 0 & N_{ij} \end{Bmatrix}_{M(\text{Centre de liaison})}^{R(\text{repère})} \quad \text{où suivant la liaison } X_{ij}, Y_{ij}, \text{ ou } N_{ij} \text{ peuvent être nul.}$$

- le bâti (0) est lié au repère $R_0(O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ supposé galiléen

- le balancier(2) est lié au repère $R_2(A, \vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_0)$,

$$\vec{OA} = \vec{CB} = -a \vec{x}_2, \quad \vec{CO} = \vec{BA} = b \vec{y}_0, \quad \|\vec{OG}_2\| = L, \quad \vec{g} = -g \vec{y}_0 \text{ (accélération de la pesanteur)}$$

- 1) Ecrire la forme générale des torseurs d'actions mécaniques de toutes les liaisons :

$$\{\tau_{(2) \rightarrow (1)}\}_A^{R_0}, \quad \{\tau_{(3) \rightarrow (1)}\}_B^{R_0}, \quad \{\tau_{(0) \rightarrow (2)}\}_O^{R_0}, \quad \{\tau_{(0) \rightarrow (3)}\}_C^{R_0}$$

- 2) a) En appliquant le principe fondamental de la statique (en A) et dans la base de R_0 , étudier l'équilibre du plateau (1).

b) Ecrire les équations d'équilibre de (1).

c) Déduire X_{21} et X_{31} en fonction m_1 et des données géométriques.

- 3) a) En appliquant le principe fondamental de la statique (en O) et dans la base de R_0 , étudier l'équilibre du balancier (2).

b) Ecrire les équations d'équilibre de (2).

c) Déduire X_{02} en fonction m_1 et les données géométriques, déduire Y_{21} , Y_{02} et Y_{31} en fonction m_1 , m_2 et des données géométriques.

- 4) a) En appliquant le principe fondamental de la statique (en C) et dans la base de R_0 , étudier l'équilibre du bielle (3).

b) Ecrire les équations d'équilibre de (3).

c) Déduire X_{03} en fonction m_1 et les données géométriques, déduire Y_{03} en fonction m_1 , m_2 et des données géométriques.

d) Trouver l'angle α d'équilibre et montrer qu'il ne dépend pas de la distance d_1 .

e) Déduire la masse m_1 en fonction m_2 et des données géométriques.

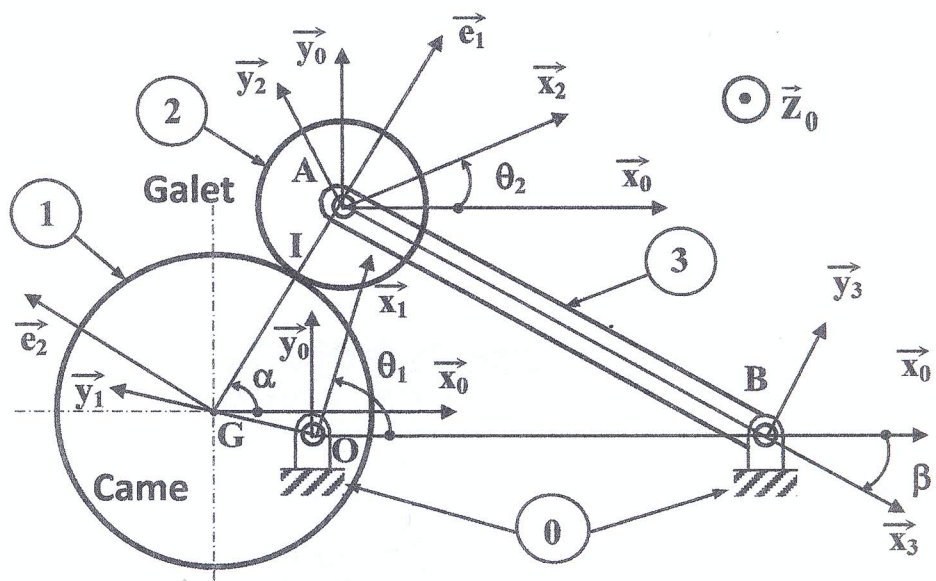


Figure-1-

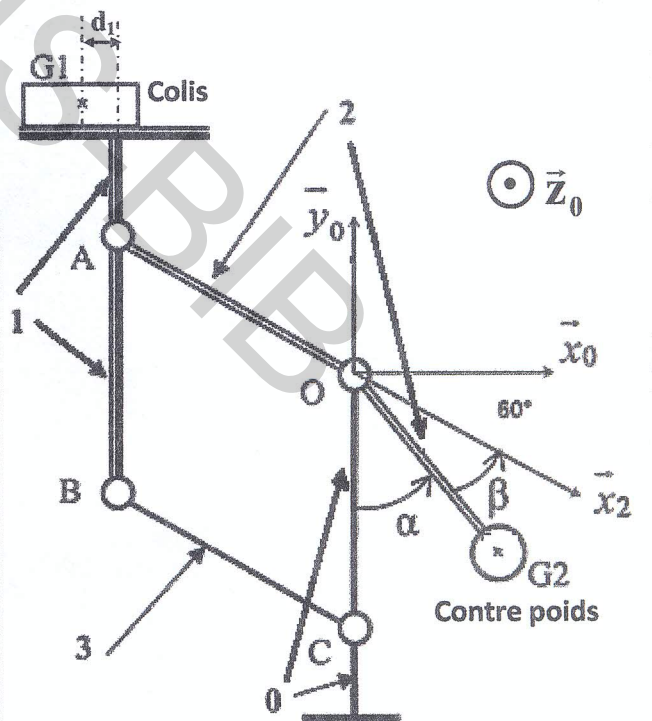
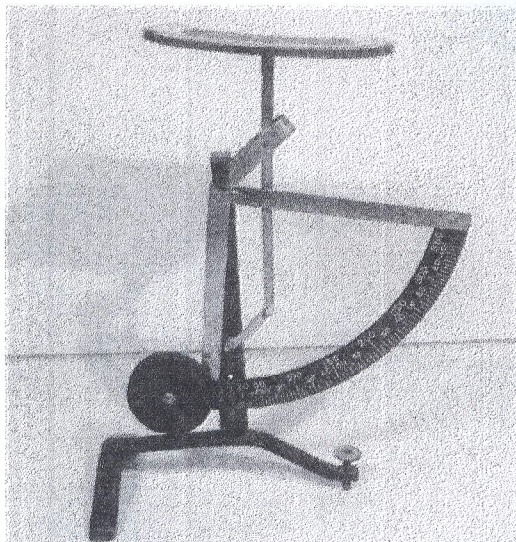


Figure-2-

EXAMEN D'AUTOMATIQUE

SYSTEME AUTOMATISEE DE PERÇAGE ET DE TARAUDAGE

Le système présenté par la figure n°1 est destiné à l'affectation d'un perçage puis d'un taraudage (trou contenant un filetage intérieur) sur une même pièce d'une façon continue.

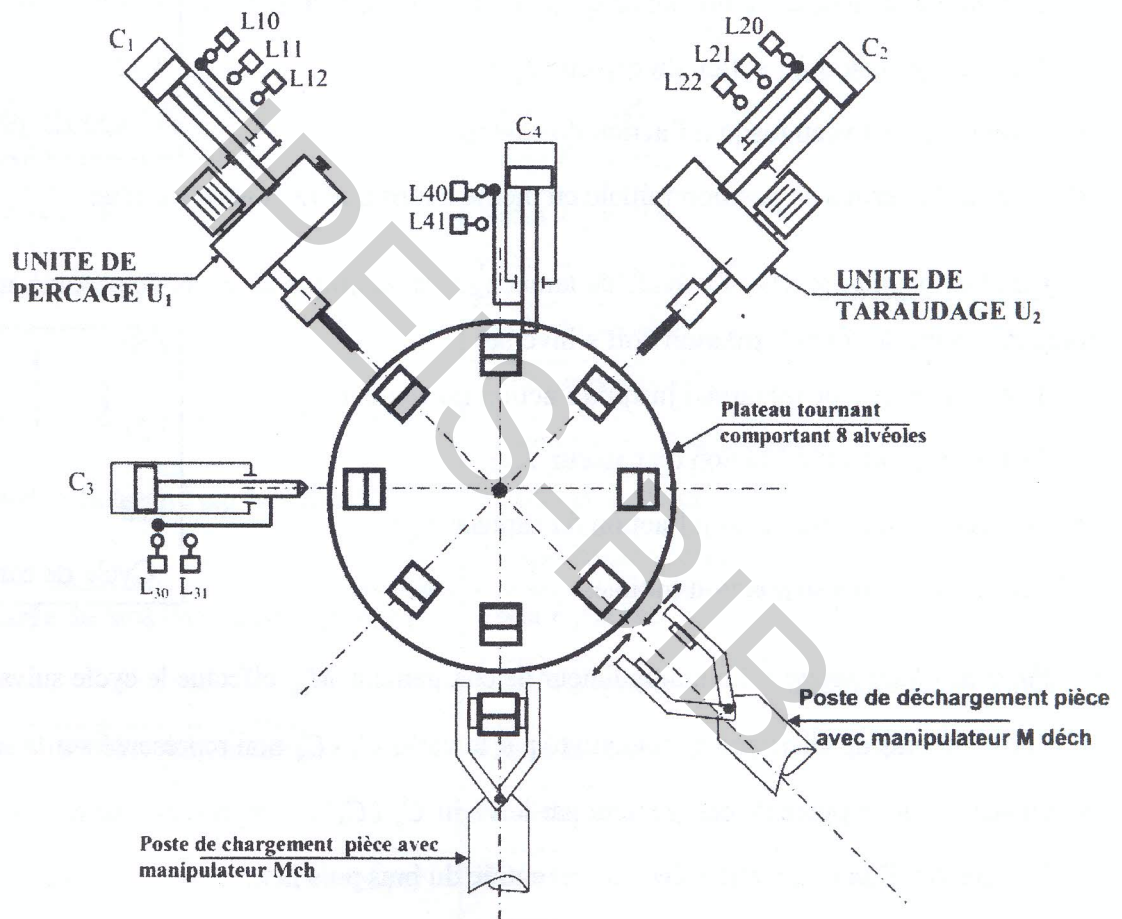


Figure n°1 : Système automatisée de perçage et de taraudage

Ce système est composé de :

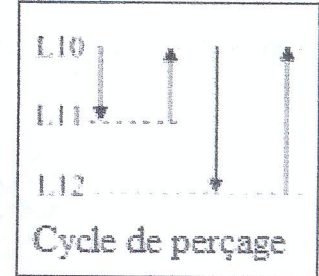
- 1- Unité de perçage U_1 ;
- 2- Unité de taraudage U_2 ;
- 3- Poste de chargement pièce avec manipulateur M_{ch} ;
- 4- Poste de déchargement pièce avec manipulateur $M_{déch}$;
- 5- Un plateau tournant comportant 8 alvéoles.

Description du fonctionnement :

- A l'état initial, chaque alvéole contient une pièce sauf celui en face du poste de déchargement ($P = 1$) et les vérins sont tous à l'origine.
- Une action sur le bouton de départ cycle 'dcy' provoque la désindexation du plateau par la rentrée de la tige de vérin C_3 puis la rotation du plateau de $1/8$ de tour par la sortie de la tige du vérin C_4 enfin son indexation de nouveau par C_3 en même temps que la tige du vérin C_4 rentre.
- La fin d'indexation provoque **simultanément les quatre opérations suivantes :**

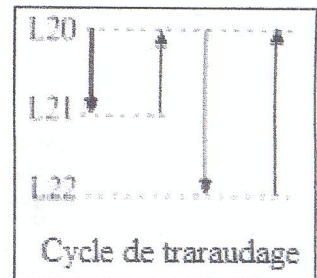
➤ **Unité de perçage U_1** : Le cycle de perçage se déroule comme suit :

- ✓ Rotation et avance de la broche jusqu'à l'action du capteur L_{11} ;
- ✓ Déburrage jusqu'à l'action du capteur L_{10} ;
- ✓ Avance de nouveau jusqu'à l'action du capteur L_{12} .
- ✓ Retour du vérin à sa position initiale en même temps que le moteur s'arrête.



➤ **Unité de taraudage U_2** : Le cycle de taraudage est identique au cycle de perçage sauf que pendant la montée de l'outil, le sens de rotation doit s'inverser :

- ✓ Rotation et avance du taraud jusqu'à l'action du capteur L_{21} ;
- ✓ Déburrage jusqu'à l'action du capteur L_{20} ;
- ✓ Avance de nouveau jusqu'à l'action du capteur L_{22} ;
- ✓ Retour du vérin à sa position initiale.



➤ **Poste de chargement** : Le manipulateur de chargement M_{ch} effectue le cycle suivant :

- ✓ Sortie du bras de chargement manœuvré par le vérin C_5 (C_5 non représenté sur le schéma) ;
- ✓ Ouverture de la pince de chargement par le vérin C_6 (C_6 non représenté sur le schéma) ;
- ✓ Préhension d'une nouvelle pièce par la rentrée du bras puis la fermeture de la pince.

➤ **Poste de Déchargement** : Le manipulateur de déchargement M_{dech} effectue le cycle suivant :

- ✓ Montée du bras de déchargement par le vérin C_9 (C_9 non représenté sur le schéma) ;
- ✓ Sortie du bras de déchargement par le vérin C_7 (C_7 non représenté sur le schéma) ;
- ✓ Préhension de la pièce du plateau par la fermeture de la pince de déchargement par le vérin C_8 (C_8 non représenté sur le schéma)
- ✓ Rentrée du bras de déchargement par le vérin C_7 ;
- ✓ Descente du bras de déchargement par le vérin C_9 et **incrémentation d'une nouvelle pièce** ;
- ✓ Ouverture de la pince par le vérin C_8 .

- A la fin des quatre opérations, le cycle se répète tant que le nombre de pièces déchargées est inférieur à 50, si non le système s'arrête à l'état initial.

Notée Bien :

- ✓ L'alimentation de pièce est manuelle ;
- ✓ Les vérins $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6, C_7, C_8$ et C_9 sont des vérins double effets, on prend :
 - Pour la sortie d'un vérin double effets C_i , on utilise la notation $C_i := 1$.
 - Pour la rentrée d'un vérin double effets C_i , on utilise la notation $C_i := 0$.

Liste des actionneurs		Liste des capteurs	
Désindexation du plateau par la rentrée du vérin C_3		Fin de désindexation	L_{30}
Indexation du plateau par la sortie du vérin C_3		Fin d'indexation	L_{31}
Rotation du plateau par la sortie du vérin C_4		Vérin C_4 sortie	L_{41}
Rentrée du vérin C_4		Vérin C_4 rentré	L_{40}
Avance et Retour de la broche par le vérin C_1		Forêt en position initiale	L_{10}
		Forêt en position intermédiaire	L_{11}
		Forêt en position bourrage	L_{12}
Avance et retour du taraud par le vérin C_2		Taraud en position initiale	L_{20}
		Taraud en position intermédiaire	L_{21}
		Taraud en position taraudage	L_{22}
Sortie et rentrée du bras de chargement par le vérin C_5		Vérin C_5 sortie	L_{51}
		Vérin C_5 rentrée	L_{50}
Fermeture et ouverture de la pince de chargement par le vérin C_6		Fin de la fermeture (vérin rentré)	L_{60}
		Fin de l'ouverture	L_{61}
Sortie et rentrée du bras de déchargement par le vérin C_7		Vérin C_7 sortie	L_{71}
		Vérin C_7 rentré	L_{70}
Fermeture et ouverture de la pince de déchargement par le vérin C_8		Fin de la fermeture (vérin rentré)	L_{80}
		Fin de l'ouverture	L_{81}
Montée et descente du bras de déchargement par le vérin C_9		Fin de la montée (vérin rentré)	L_{90}
		Fin de la descente	L_{91}
Rotation de la broche par un Moteur	KM_1	Démarrage de cycle	dcy
Sens de rotation du taraud pour l'avance	KM_2	Présence de pièce à chaque alvéole	P
Sens de rotation du taraud pour le retour	KM_3	Compteur de pièce	C_p

Travail demandé

Sur le document réponse à rendre, compléter le grafcet de point de vue commande et les expansions des macro-étapes suivantes :

- M10 : macro-étape de rotation et d'indexation ;
- M20 : macro-étape de l'unité de perçage ;
- M30 : macro-étape de l'unité de taraudage ;
- M40 : macro-étape de poste de chargement ;
- M50 : macro-étape de poste de déchargement.

IPES-BIB

Nom
Prénom
Groupe



Document réponses

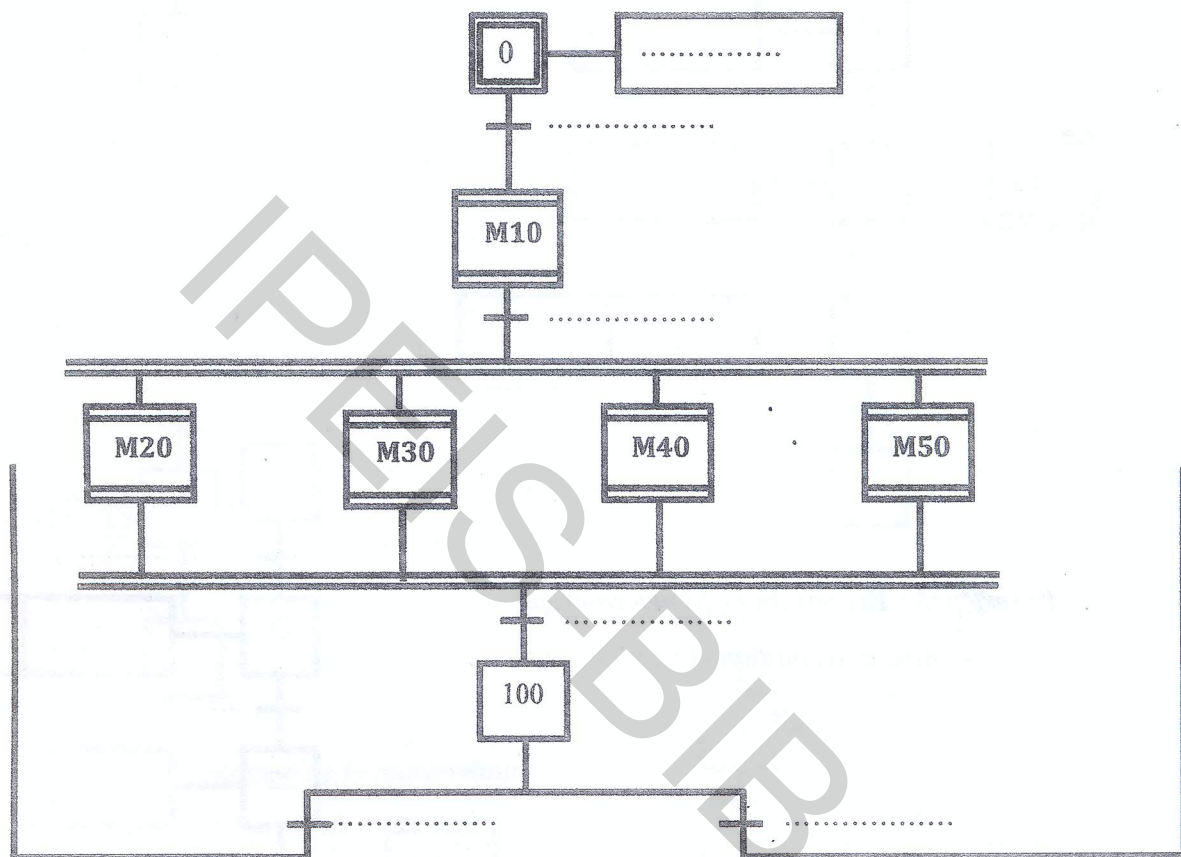
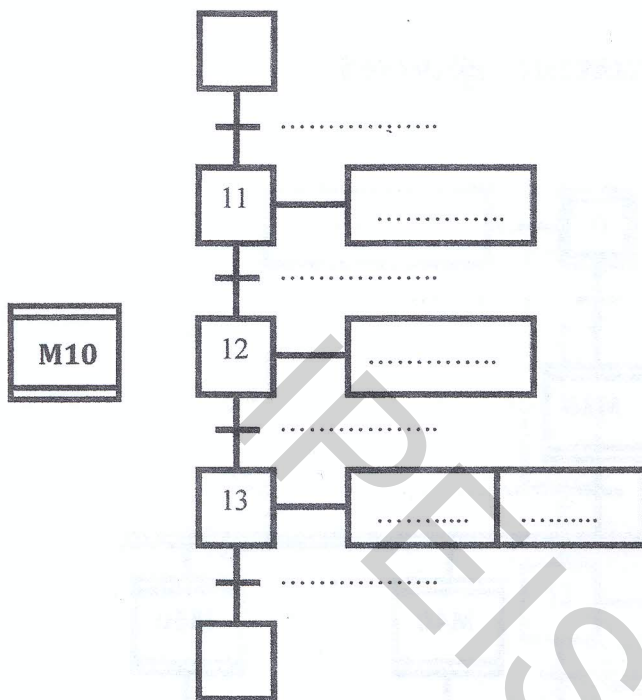
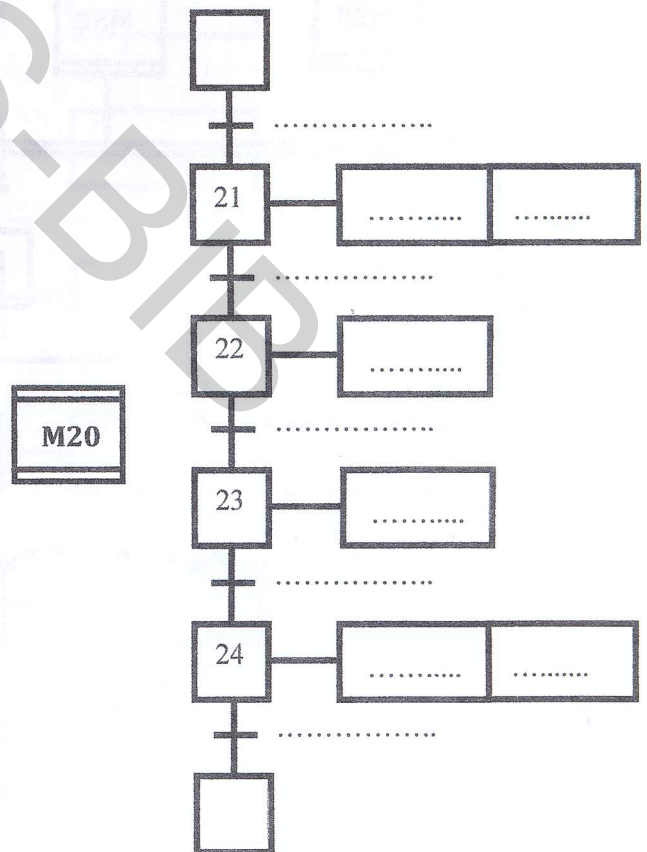


Figure n°2 : Graphe de point de vue commande

Ne rien écrire ici

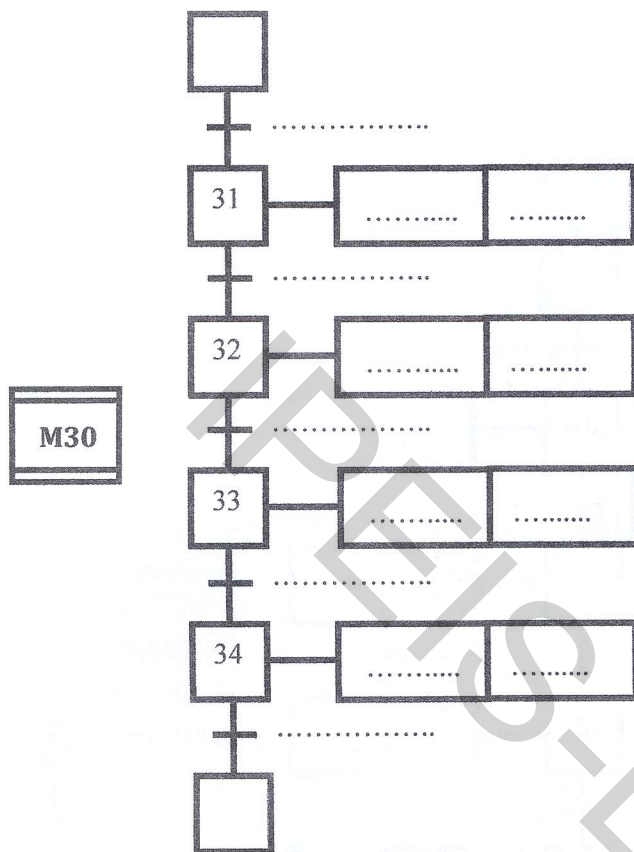


*Figure n°3 : Expansion de la macro-étape
M10 relative à la rotation et l'indexation*



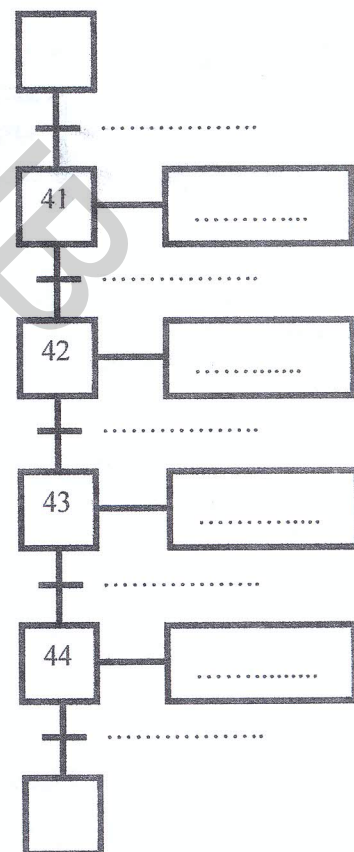
*Figure n°4 : Expansion de la macro-étape
M20 relative à l'unité de perçage*

Ne rien écrire ici



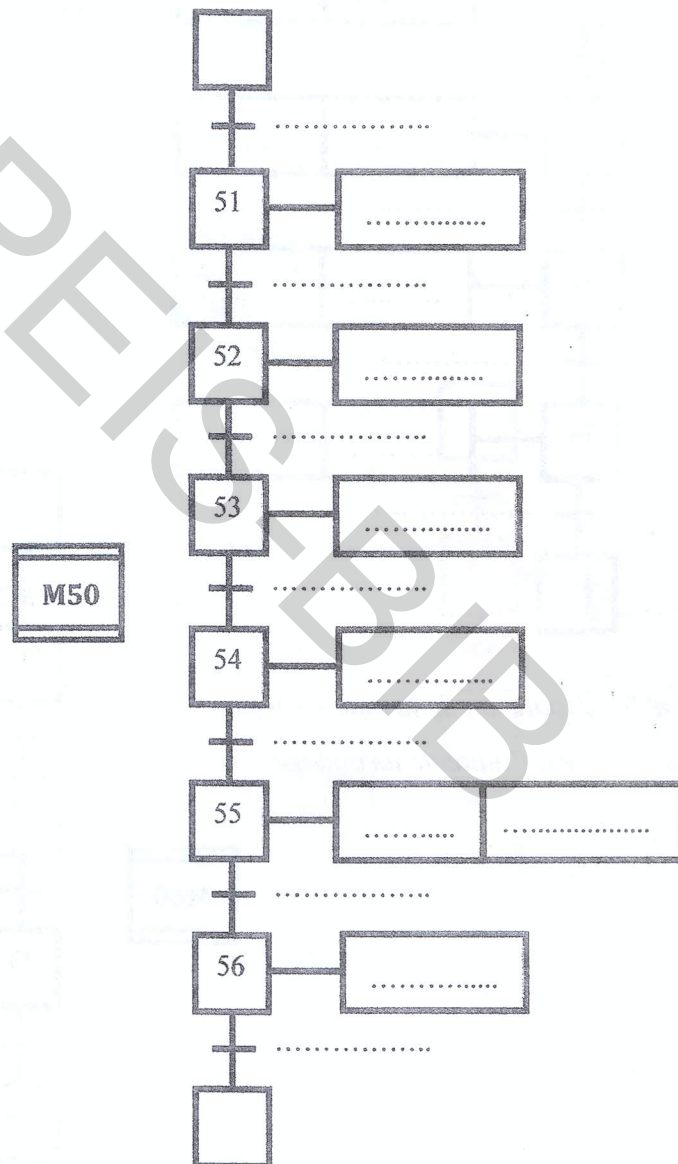
*Figure n°5 : Expansion de la macro-étape
M30 relative à l'unité de taraudage*

M40



*Figure n°6 : Expansion de la macro-étape
M40 relative au poste de chargement*

Ne rien écrire ici



*Figure n°7 : Expansion de la macro-étape
M50 relative au poste de déchargement*