

Session : Concours :

Signature des
surveillants

Ne rien écrire ici

Epreuve de :

Nom : Prénoms :

Institution d'origine :

Identifiant

Série :

Total des
doubles feuilles

✂

Concours Nationaux d'Entrée aux Cycles de Formation d'Ingénieurs

Ne rien écrire ici

Session : Concours :

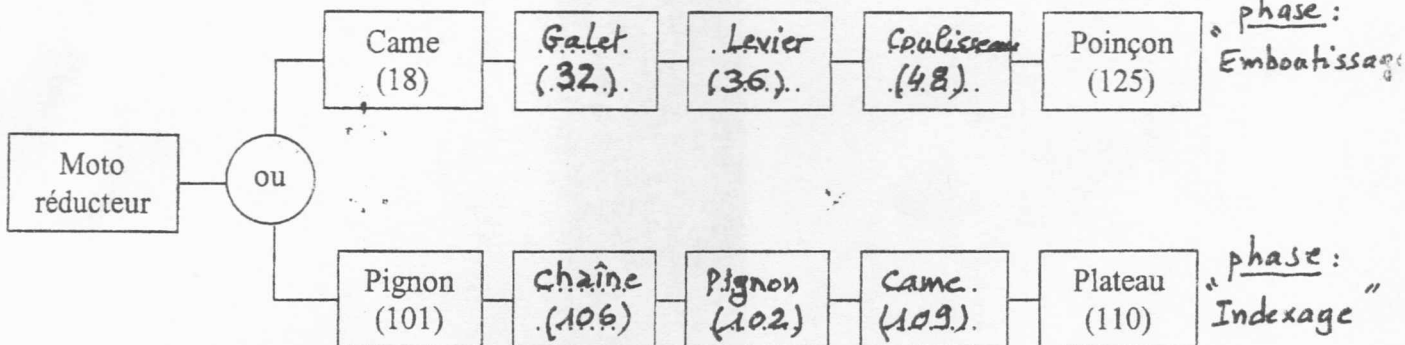
Epreuve de :

Numéro de la double feuille	Total des doubles feuilles
.....	

**PARTIE A : TECHNOLOGIE DE CONCEPTION
TECHNOLOGIE DE PRODUCTION**

A.1. ANALYSE FONCTIONNELLE

A.1.1. Compléter le diagramme fonctionnel de la presse mécanique

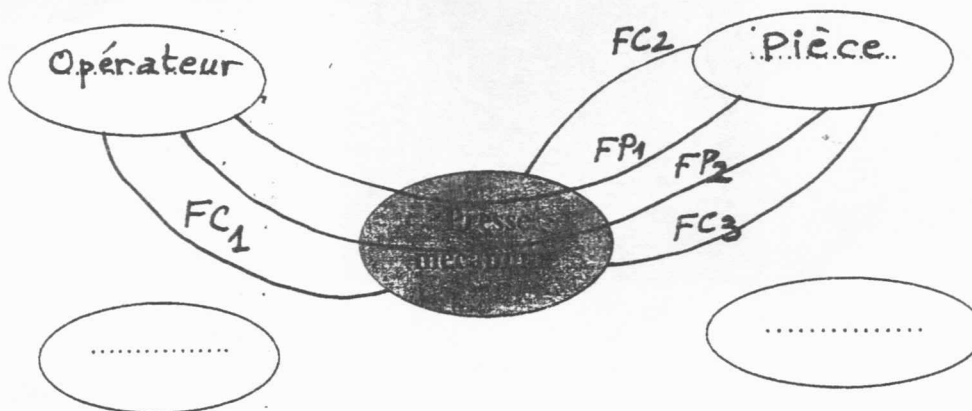


A.1.2. Compléter le diagramme Pieuvre ci-dessous par:

A.1.2.1. les éléments extérieurs à la presse

A.1.2.2. les Fonctions Principales FP

A.1.2.3. les Fonctions Complémentaires FC



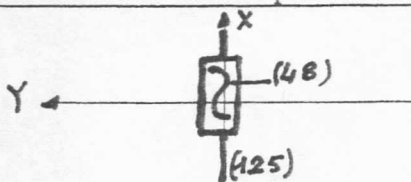
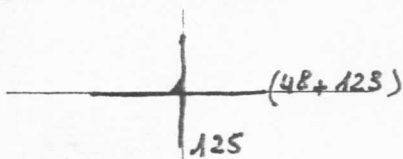
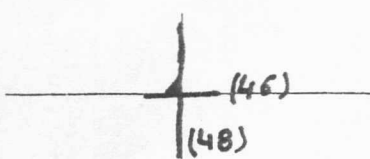
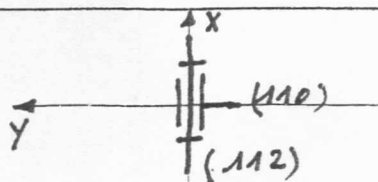
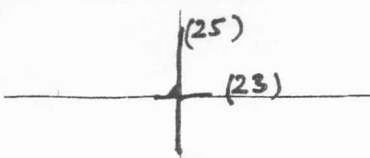
Ne rien écrire ici

A.1.2.4. Recenser les fonctions FP et FC

- FP1 : Permettre à l'opérateur de réaliser des pièces d'emboutissage
- FP2 : Permettre à l'opérateur de présenter une pièce brute
- : sous l'outil aisément et en toute sécurité
- FC1 : Protéger l'opérateur de toutes les parties mobiles de la
- : presse et des énergies mises en jeu
- FC2 : Positionner les pièces brutes lors de l'alimentation
- FC3 : Positionner les pièces après emboutissage
- :
- :

A.2. ANALYSE TECHNOLOGIQUE

A.2.1. Compléter le tableau suivant : (représenter les axes de chaque liaison)

Assemblage	Nom de la liaison	Schéma normalisé dans le plan correspondant
(125) / (48)	Hélicoïdale d'axe vertical X	
(125) / (48 et 123)	Encastrement (contre-écrou 123.)	
(46) / (48)	Encastrement (forcé)	
(112) / (110)	Pivot d'axe vertical X	
(25) / (23)	Encastrement (cousinnet dans un moyeu)	

Ne rien écrire ici

A.2.2. Donner la ou les fonctions de chacune des pièces suivantes:

Pièce	Fonction (s)
(32)	Eviter le glissement sur les leviers (36).....
(45)	Maintenir le contact (32) sur la came (48).....
(119)	Régler la liaison pivot (113)/(112).....
(120)	Eviter le desserrage la vis (119) après réglage (freiner)
(121)	Centrage de (112) sur la semelle (3).....

A.2.3. Critique d'une solution constructive:

A.2.3.1. Quel est le type de la liaison entre les pièces (5) et (1 et 2) ?

.. En castrament

A.2.3.2. Proposer et représenter une nouvelle solution pour cet assemblage sur la figure A1.

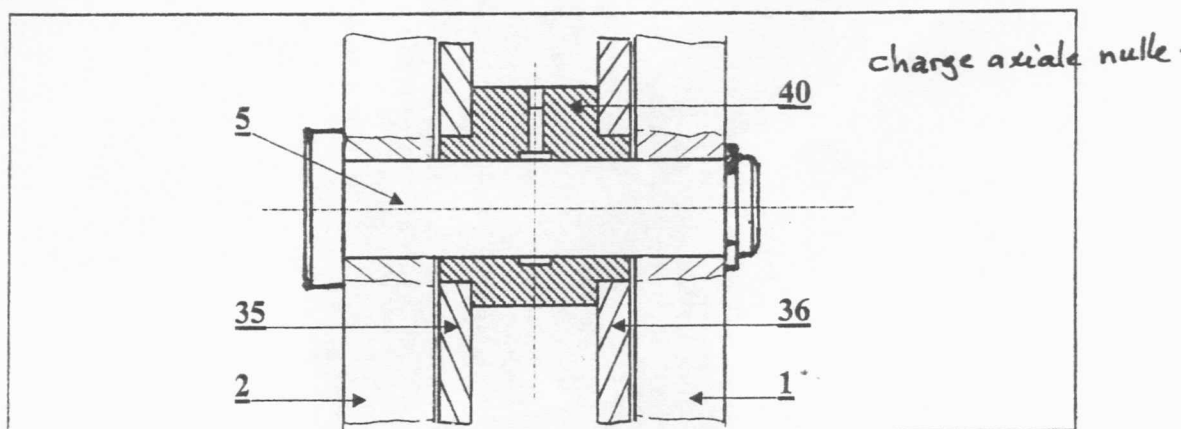


Figure A1 : montage de l'axe (5)

Remplacer les rondelles (6) et les vis (7) par des obstacles plus simples et économiques

Rq: Les rondelles (6) et les vis (7) ne sont pas normalisées.

Ne rien écrire ici

A.3. COTATION FONCTIONNELLE :

On considère la partie du mécanisme de l'ensemble représenté par le dessin de la figure A2 :

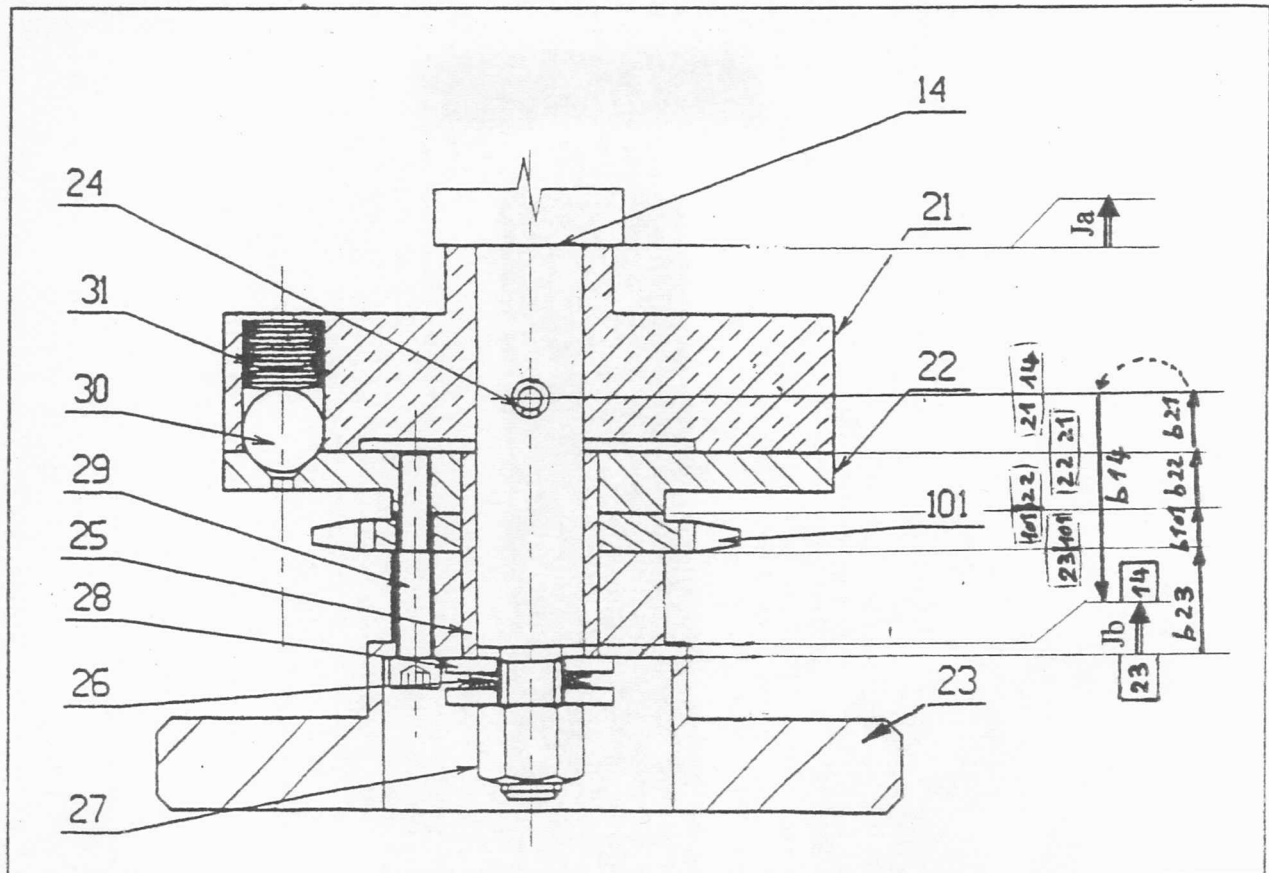


Figure A2 : cotation fonctionnelle

A.3.1. Justifier l'utilité des conditions Ja entre (14) et (21) et Jb entre (14) et (23) indiquées sur le dessin de la figure A2.

Ja	Eviter le double contact de (21)/(14).....
Jb	Permettre de voir assurer le contact (22)/(21).....

A.3.2. Tracer, sur la figure A2, la chaîne de cotes minimale relative à la condition Jb

A.3.3. Sachant que les intervalles de tolérances (IT) sont : IT (Jb) = 1,2 mm , IT (23) = 0,3 , IT (101) = 0,2 et IT (22) = 0,2 , déterminer les Intervalles de Tolérance des autres cotes fonctionnelles intervenant dans la chaîne.

Condition	$J_b = b_{23} + b_{101} + b_{22} + b_{21} - b_{14}$
IT(Jb)	$= \sum IT(\text{cotes intervenant})$
	$= IT(23) + IT(101) + IT(22) + IT(21) + IT(14)$
Données :	IT(Jb) ; IT(101) ; IT(22) ; IT(23)
	$\Rightarrow IT(21) + IT(14) = IT(Jb) - (IT(23) + IT(101) + IT(22))$
	$= 1,2 - (0,3 + 0,2 + 0,2) = 0,5 \text{ mm}$
Repartition des IT :	soit $IT(21) = 0,3$ et $IT(14) = 0,2$ suivant la nature de la cote et la dimension nominale

Ne rien écrire ici

Session : Concours :

Epreuve de :

Nom : Prénoms :

Institution d'origine :

Identifiant

Série :

Signature des
surveillants

Total des
doubles feuilles



Concours Nationaux d'Entrée aux Cycles de Formation d'Ingénieurs

Ne rien écrire ici

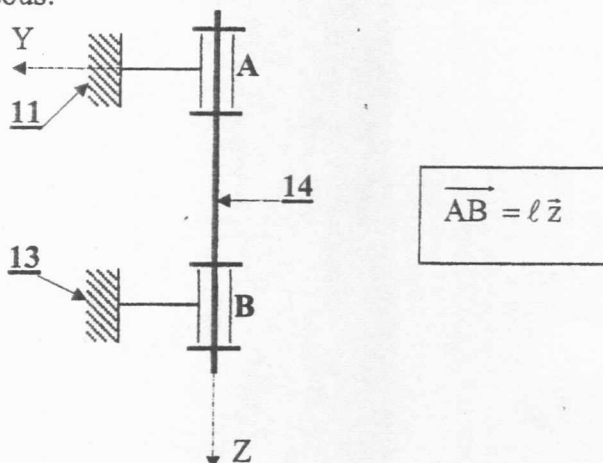
Session : Concours :

Epreuve de :

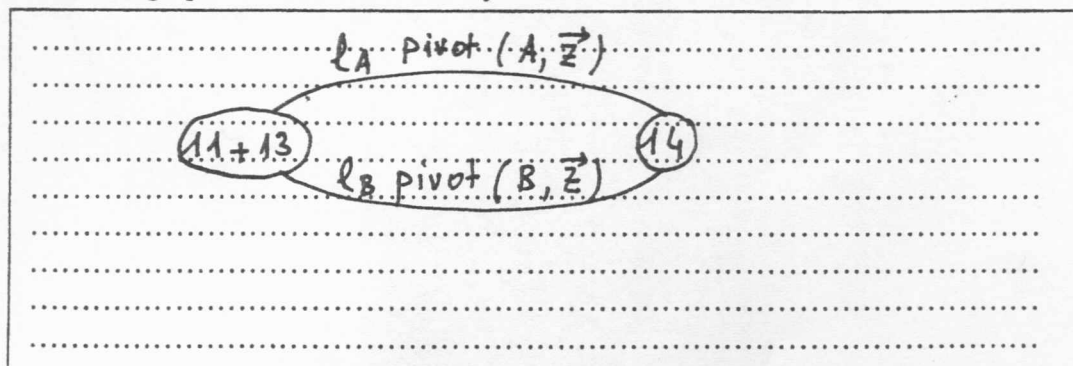
Numéro de la double feuille	Total des doubles feuilles
.....	
.....	

A.4. ETUDE DE CONCEPTION

Un roulement rigide à deux rangées de billes réalise une liaison pivot. Le guidage de l'arbre (14) par rapport au bâti (11 et 13) avec les roulements (16) et (17) peut être modélisé par le schéma de la figure ci-dessous:



A.4.1. Etablir le graphe des liaisons de ce système.



A.4.2. Ecrire, au point A et dans la base $(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})$, les torseurs statiques des efforts transmissibles par ces liaisons.

Liaison l_A : $\{ \mathcal{C}_A \}_A = \left\{ \begin{array}{c|c} x_A & L_A \\ y_A & M_A \\ z_A & 0 \end{array} \right\}_{(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})}$

Liaison l_B : $\{ \mathcal{C}_B \}_B = \left\{ \begin{array}{c|c} x_B & L_B \\ y_B & M_B \\ z_B & 0 \end{array} \right\} \Rightarrow \{ \mathcal{C}_B \}_A = \left\{ \begin{array}{c|c} x_B & L_B - \ell y_B \\ y_B & M_B + \ell x_B \\ z_B & 0 \end{array} \right\}_{(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})}$

Ne rien écrire ici

A.4.3. Par une étude statique, déterminer les degrés de mobilité (d) et d'hyperstatisme (h) de ce système.

Il suffit d'étudier l'équilibre de l'une des deux pièces (11+13) ou (14)
 Soit la pièce (14) : le P.F.S. $\rightarrow$ (14) $\Rightarrow \{Z_A\}_A + \{Z_B\}_A = \{0\}_A$
 $\Rightarrow$ le système d'équations statiques suivant :
 $X_A - X_B = 0$ (1) $\rightarrow$ système de 5 équations principales
 $Y_A - Y_B = 0$ (2) $\rightarrow$ à 10 inconnues statiques
 $Z_A - Z_B = 0$ (3) $\rightarrow$ une équation non principale (5)
 $L_A - L_B + L_{YB} = 0$ (4)
 $M_A - M_B - L X_B = 0$ (5) $\Rightarrow h = 10 - 5 = 5$
 $0 - 0 = 0$ (6) et $d = 1$

A.4.4. Dans le cas où le système est hyperstatique, modifier les liaisons en A et en B pour rendre le système isostatique. Justifier votre réponse.

Solutions : 1^{ère} : éliminer totalement une liaison
 - si on élimine $L_A \Rightarrow$ 5. éq. principales et 5. Inc. $\Rightarrow h = 0, d = 1$
 - si on élimine $L_B \Rightarrow$ " " " " " " " " " " " "
 2^{ème} : une rotule + une linéaire annulaire :
 Rotule en A $\Rightarrow$ 5. Es. à (3+2). Is. $\Rightarrow h = 0$ et $d = 1$
 Lin. Ann. en B)
 d'après le montage des roulements (16) et (17) sur Doc 2/5

A.4.5. Conception :

On désire remplacer les roulements rigides à deux rangées de billes (type BF) par deux roulements rigides à une seule rangée de billes (type BC).

A.4.5.1. Utiliser le document (3/5) pour déterminer les roulements convenables.

A.4.5.2. Compléter le document (4/5) par le montage de ces nouveaux roulements

A.4.5.3. Prévoir, en particulier :

A.4.5.3.1. La lubrification des éléments mobiles,

A.4.5.3.2. L'étanchéité,

A.4.5.3.3. Les ajustements.

les roulements devant être utilisés, pour garantir ou assurer ^{à la fois} les charges (capacités de charge) statique C_0 et dynamique C sont :

en A : le roulement 20 BC 04 ($C_0 = 2570 \text{ daN}$) 2200 et $C = 3580 > C = 2120 \text{ daN}$

en B : le roulement 25 BC 04 ($C_0 = 2100 \text{ daN}$) 1600 et $C = 2940 > C = 1660 \text{ daN}$

Partie B : Mécanique Générale

B.1.1. $\varphi(t) + \frac{3\pi}{4} = \beta(t) + \frac{\pi}{2} \Rightarrow \boxed{\varphi(t) = \beta(t) - \frac{\pi}{4}}$

B.1.2. $\vec{V}_{AE(S_2/S_0)} = \frac{d}{dt} \vec{OA} / R_0 = \frac{d}{dt} (\vec{OA} + \vec{IA}) / S_0 = \frac{d}{dt} (r(t) \vec{u} + a \vec{u}) / R_0 = \dot{r}(t) \vec{u} + (r+a) \frac{d\vec{u}}{dt}$
 $\alpha = \text{cte} \Rightarrow \frac{d\vec{u}}{dt} / R_0 = \vec{0}$
 D'où $\boxed{\vec{V}_{AE(S_2/S_0)} = \dot{r}(t) \vec{u} = \dot{r}(t) (\cos \alpha \vec{x}_0 + \sin \alpha \vec{y}_0)}$

$\vec{V}_{CE(S_3/S_0)} = \frac{d}{dt} (\vec{OC}) / R_0 = \frac{d}{dt} (\vec{OD} + \vec{DC}) / R_0 = \frac{d}{dt} (\vec{OD}) / R_0 + \frac{d}{dt} (\vec{DC}) / R_0$

$\vec{OD} = k_1 \vec{x}_0 + k_2 \vec{y}_0$
 $k_1 = \text{cte}$
 $k_2 = \text{cte}$
 $\Rightarrow \frac{d\vec{OD}}{dt} / R_0 = \vec{0}$

$\Rightarrow \vec{V}_{CE(S_3/S_0)} = \frac{d}{dt} (\vec{DC}) / R_0 = \frac{d}{dt} (-x(t) \vec{x}_3) / R_0 = \frac{d}{dt} (+x(t) \vec{x}_0) / R_0$

$\boxed{\vec{V}_{CE(S_3/S_0)} = \dot{x}(t) \vec{x}_0}$

B.1.3. $\left\{ \vec{v}_{S_2/S_0} \right\}_B = \left\{ \begin{array}{c|c} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ -\dot{\beta}(t) & 0 \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \vec{\Omega}_{2/0} = -\dot{\beta}(t) \vec{z}_0 = -\dot{\varphi}(t) \vec{z}_0 \\ \vec{V}_{BE(S_2/S_0)} = \vec{0} \end{array} \right\}$

$\Rightarrow$ Vitesses des points A et C :

$\vec{V}_{AE(S_2/S_0)} = \vec{V}_{BE(S_2/S_0)} + \vec{BA} \wedge \vec{\Omega}_{2/0}$
 $= \vec{0} + (-b \cos \beta(t) \vec{x}_0 + b \sin \beta(t) \vec{y}_0) \wedge -\dot{\beta}(t) \vec{z}_0$
 $= -b \dot{\beta}(t) \cos \beta(t) \vec{y}_0 - b \dot{\beta}(t) \sin \beta(t) \vec{x}_0$

$\boxed{\vec{V}_{AE(S_2/S_0)} = -b \dot{\beta}(t) [\sin \beta(t) \vec{x}_0 + \cos \beta(t) \vec{y}_0]}$

$$\vec{V}_{C \in (S_2/S_0)} = \vec{V}_{B \in (S_2/S_0)} + \vec{CB} \wedge \vec{\Omega}_{2/0}$$

$$= \vec{0} + c (\sin \varphi(t) \vec{x}_0 + \cos \varphi(t) \vec{y}_0) \wedge \dot{\varphi}(t) \vec{z}_0$$

$$\Rightarrow \boxed{\begin{aligned} \vec{V}_{C \in (S_2/S_0)} &= c \dot{\varphi}(t) [-\cos \varphi(t) \vec{x}_0 + \sin \varphi(t) \vec{y}_0] \\ &= c \dot{\beta}(t) [-\cos \varphi(t) \vec{x}_0 + \sin \varphi(t) \vec{y}_0] \end{aligned}}$$

B.1.4. E et C deux p^{ts} de (S₃)

$$\begin{aligned} \Rightarrow \vec{V}_{E \in (S_3/S_0)} &= \vec{V}_{C \in (S_3/S_0)} + \vec{SE}_{3/0} \wedge \vec{CE} \\ &= \vec{V}_{C \in (S_3/S_0)} + \vec{0} \wedge \vec{CE} \\ &= \vec{V}_{C \in (S_3/S_0)} = \dot{x}(t) \vec{x}_0 \quad (\text{B.1.2}). \end{aligned}$$

$$\vec{V}_{E \in (S_3/S_0)} = -V_E \vec{x}_0$$

$$-V_E = \vec{V}_{C \in (S_2/S_0)} \cdot \vec{x}_0 = -c \dot{\varphi}(t) \cos \varphi(t) \vec{x}_0.$$

B.1.5. B.1.2. $\Rightarrow \|\vec{V}_{C \in (S_3/S_0)}\| = \dot{x}(t).$

et $\|\vec{V}_{A \in (S_4/S_0)}\| = \dot{r}(t).$

B.1.3. $\Rightarrow \|\vec{V}_{A \in (S_2/S_0)}\| = b \dot{\beta}(t).$

B.1.4. $\Rightarrow \|\vec{V}_{C \in (S_3/S_0)}\| = c \dot{\varphi}(t) \cos \varphi(t) = c \dot{\beta}(t) \cos \varphi(t)$

$$\Rightarrow \left. \begin{aligned} \dot{r}(t) &= b \dot{\beta}(t) \\ \dot{x}(t) &= c \dot{\beta}(t) \cos \varphi(t) \end{aligned} \right\} \Rightarrow \boxed{\dot{x}(t) = \frac{c}{b} \dot{r}(t) \cos \varphi(t)}$$

B.1.6. Cadence de fonctionnement : 32,5 pièces/min.

La réalisation de l'emboutissage d'une pièce est pe fait pendant un tour de la came (18)

$$\Rightarrow \boxed{N_{\text{came}(18)} = N_{\text{mot. red}} = 32,5 \text{ tr/min}}$$

D'où $\omega_{\text{mot. red}} = \frac{\pi N_{\text{mot. red}}}{30} = \frac{\pi \times 32,5}{30} = \frac{102,10}{30} = 3,403 \text{ rad/s}$

⇒ L'équation horaire : $\theta = \omega t$ ω en rad/p et t en p.
de la came ($S_1 = 18$)

$$\boxed{\omega = 3,403 \text{ t}}$$

B.1.7. Temps:

B.1.7.1. pour I_2 : $\theta_2 = 0,9189 \Rightarrow t_2 = \frac{\theta_2}{\omega} = \frac{0,9189}{3,403} = 0,2699 \text{ p} \approx 0,27 \text{ p}$

B.1.7.2. pour I_3 : $\theta_3 = 3,366934 \Rightarrow t_3 = \frac{\theta_3}{\omega} = \frac{3,366934}{3,403} = 0,9894 \text{ p} \approx 0,99 \text{ p}$

B.1.7.3. pour I_4 : $\theta_4 = 4,08405 \Rightarrow t_4 = \frac{\theta_4}{\omega} = \frac{4,08405}{3,403} = 1,2 \text{ p}$

B.1.7.4.

⇒ Temps total d'une opération d'embouissage:

• Correspond à 1 tour de la came ($S_1 = 18$)

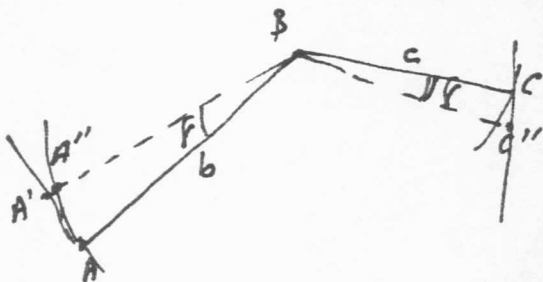
$$\Rightarrow t_{\text{cycle}} = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{3,403} = 1,846 \text{ p}$$

ou encore $1,2 + \frac{2\pi - 4,08405}{3,403} = 1,846 \text{ p}$ ← déduction

B.1.8.

$$\frac{\widehat{CC''}}{\widehat{AA''}}$$

$$\left. \begin{aligned} \widehat{CC''} &= \widehat{BC} \times \delta = c \delta \\ \widehat{AA''} &= \widehat{AB} \times \delta = b \delta \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{\widehat{CC''}}{\widehat{AA''}} = \frac{c}{b}$$



$$\left. \begin{aligned} \overline{AA'} \approx \widehat{AA''} &= r(t) \\ \overline{CC''} \approx \widehat{CC''} &= x(t) \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{x(t)}{r(t)} = \frac{c}{b}$$

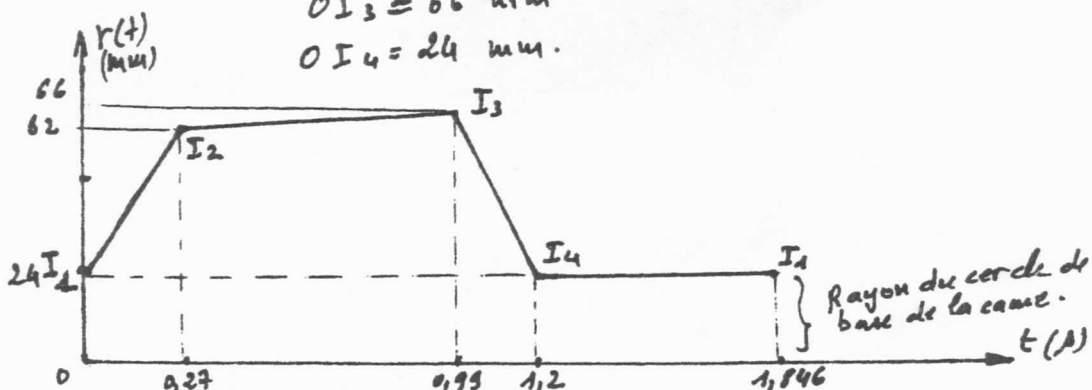
d'où $\boxed{x(t) = \frac{c}{b} r(t)}$

B.1.9. Rayons polaires: $OI_1 \approx 24 \text{ mm}$.

$$OI_2 = 62 \text{ mm}$$

$$OI_3 = 66 \text{ mm}$$

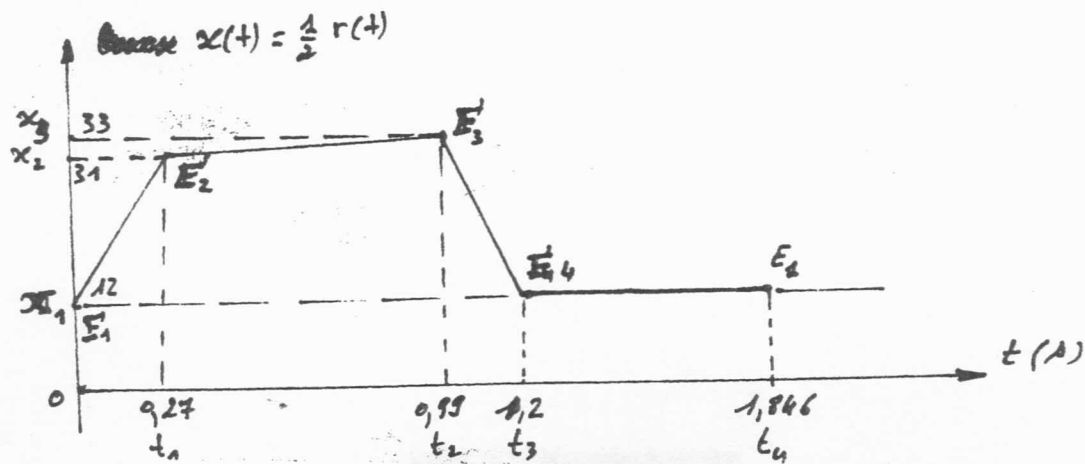
$$OI_4 = 24 \text{ mm}$$



Rayon du cercle de base de la came.

3/6

B. 1.10.

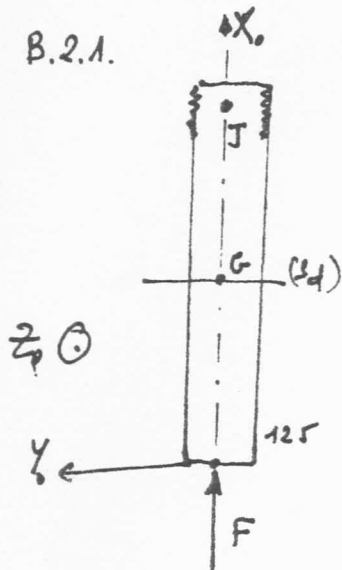


B. 1.11.

- phase E_1E_2 : avance rapide du poinçon $\rightarrow C_1 = x_2 - x_1 = 19 \text{ mm}$
 (Mvt uniforme)
 - vitesse de $V_1 = \frac{C_1}{t_1} = \frac{19}{0.27} = 70.37 \text{ mm/s}$
 - Accélération $\delta_1 = 0$
- phase E_2E_3 : opération emboutissage $\rightarrow C_2 = x_3 - x_2 = 2 \text{ mm}$
 (Mvt uniforme)
 - vitesse de $V_2 = \frac{C_2}{t_3 - t_2} = 2.777 \text{ mm/s}$
 - Accélération $\delta_2 = 0$
- phase E_3E_4 : réculé du poinçon $\rightarrow C_3 = x_3 - x_1 = 21 \text{ mm}$
 (Mvt uniforme)
 - vitesse de $V_3 = \frac{C_3}{t_3 - t_2} = 100 \text{ mm/s}$
 - Accélération $\delta_3 = 0$
- phase E_4E_5 : indexage du plateau (110) $\rightarrow C_4 = 0$
 (Mvt uniforme)
 - $V_4 = 0$
 - $\delta_4 = 0$

B.2. STATIQUE + R.D.M.

B.2.1.



En J : encastrement

$$\Rightarrow \{\bar{\sigma}_J\}_J = \begin{Bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} L \\ M \\ N \end{Bmatrix} R(J, \bar{x}_J, \bar{y}_J, \bar{z}_J)$$

B.2.2. Poinçon isolé $\rightarrow$ l.p.f.s $\Rightarrow \{\bar{\sigma}_J\}_J + \{\bar{\sigma}_F\}_J = \{0|0\}$.

$$\Rightarrow \begin{matrix} X = F \\ Y = 0 \\ Z = 0 \end{matrix} \quad \begin{matrix} L = 0 \\ M = 0 \\ N = 0 \end{matrix} \Rightarrow \{\bar{\sigma}_J\}_J = \begin{Bmatrix} -F \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix}$$

B.2.3. Sollicitation :

en G centre géométrique de (Sd) : $\{\bar{\sigma}^{wh}\}_G = \begin{Bmatrix} -F \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix} \Rightarrow N = -F < 0$

$\Rightarrow$ Compression.

Condition de résistance : $\bar{\sigma} = \frac{N}{S} \leq \bar{\sigma}_{\text{Max. Adm}} = R_{pe} = \frac{R_e}{s} \Rightarrow d \geq \sqrt{\frac{4F}{\pi \frac{R_e}{s}}}$

B.2.4.

A.N. :

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \times 30 \times 10^3}{\pi \times \frac{880}{3}}} = 11,414 \text{ mm} \quad \boxed{11,414 \text{ mm}}$$

B.2.4. Filetage M20x2,5

B.2.4.1. $\bar{\sigma}_{\text{Max}} = \frac{kN}{S} = \frac{kF}{S}$ ($\bar{\sigma}_{\text{Max}} = k \bar{\sigma}$: k coeff. de concentration de contraintes)

$$S = \frac{\pi d_n^2}{4} ; d_n = d_3 = d - 1,0825 p$$

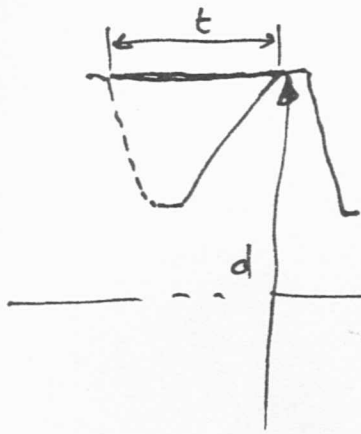
$$\Rightarrow \bar{\sigma}_{\text{Max}} = \frac{kF}{\pi (d - 1,0825 p)^2}$$

A.N. : $\bar{\sigma}_{\text{Max}} = \frac{2 \times 4 \times 30 \times 10^3}{\pi (20 - 1,0825 \times 2,5)^2} = \frac{2 \times 4 \times 30 \times 10^3}{\pi \times (17,29)^2} \approx 127,718 \text{ MPa}$

$$\bar{\sigma}_{\text{Max}} = 255,436 \text{ MPa} < \frac{R_e}{s} = \frac{880}{3} = 293,333 \text{ MPa}$$

D'où le diamètre du moyeu du filetage se résiste à la comp.

B.2.4.2. Section cisailée d'un filet



$$\begin{aligned}
 S_{c/\text{filet}} &= \pi \cdot d \cdot t = \pi \cdot d \times 0,75p \\
 &= \pi \times 20 \times 0,75p \\
 &= \pi \times 20 \times 0,75 \times 2,5 = \underline{117,81 \text{ mm}^2}
 \end{aligned}$$

B.2.4.3. Nombre minimal de filets en prise (entre 125 et $(48+125)$):

L'effet de cisaillement est $T = F$

Condition de résistance au cisaillement:

$$\tau = \frac{T}{S_c} \leq \tau_{\text{max.ad}} = R_{pg} = \frac{R_g}{\beta} = \frac{1}{3} \frac{R_e}{\beta}$$

$$S_c = n \times S_{c/\text{filet}}$$

$$\Rightarrow S_c \geq \frac{T}{R_g/\beta} \Rightarrow n \geq \frac{T}{\frac{R_g}{\beta} \cdot S_{c/\text{filet}}} = \frac{F \times A}{R_g \times S_{c/\text{filet}}}$$

A.N:

$$n \geq \frac{30 \times 10^3 \times 3}{\frac{1}{3} 525 \times 117,81} = 4,365 \text{ filets}$$

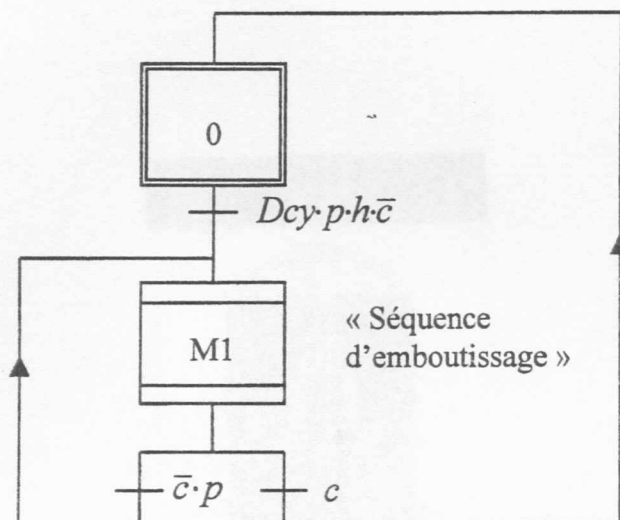
B.2.4.4. Longueur minimale de la partie filetée du poinçon: pour assurer la résistance au cisaillement:

$$L \geq n_{\text{pas}} = 4,365 \times 2,5 = \underline{10,91 \text{ mm.}}$$

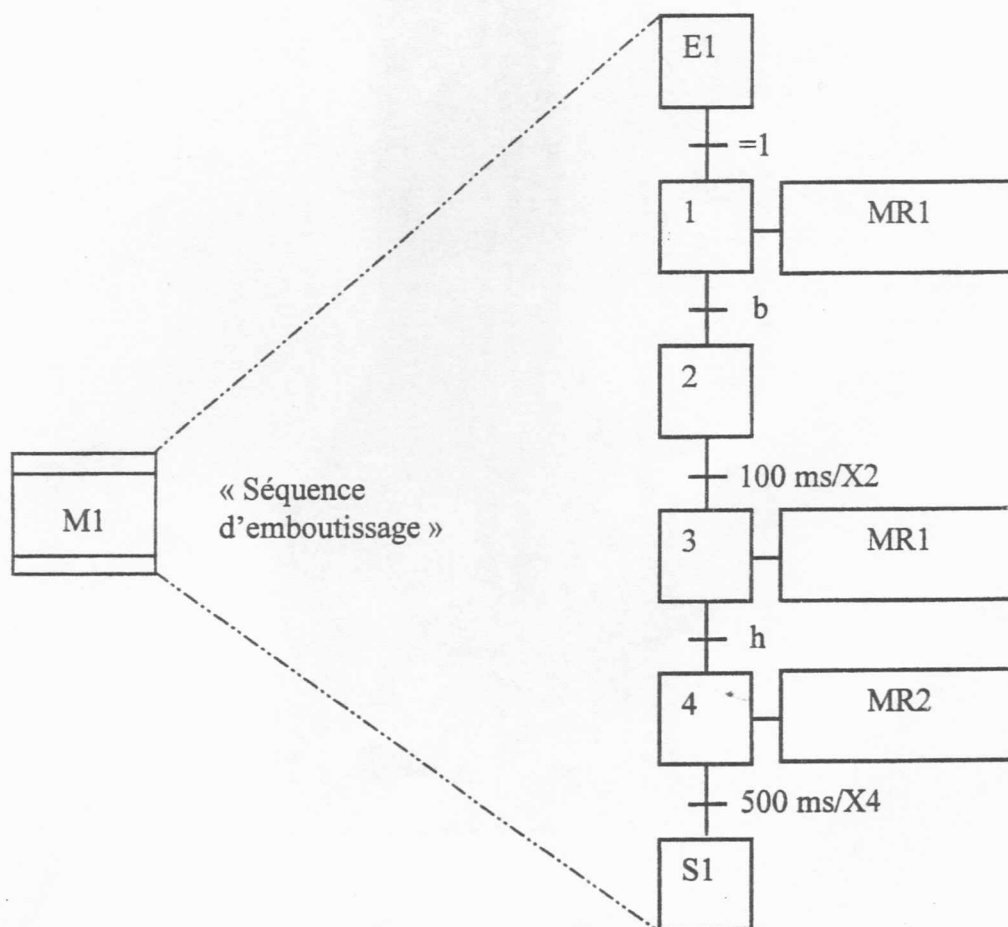
Eléments de corrigé de la partie C (Sujet 1) **Concours STI-Technologie 2004**

Sous-partie C-1 : Commande séquentielle du système

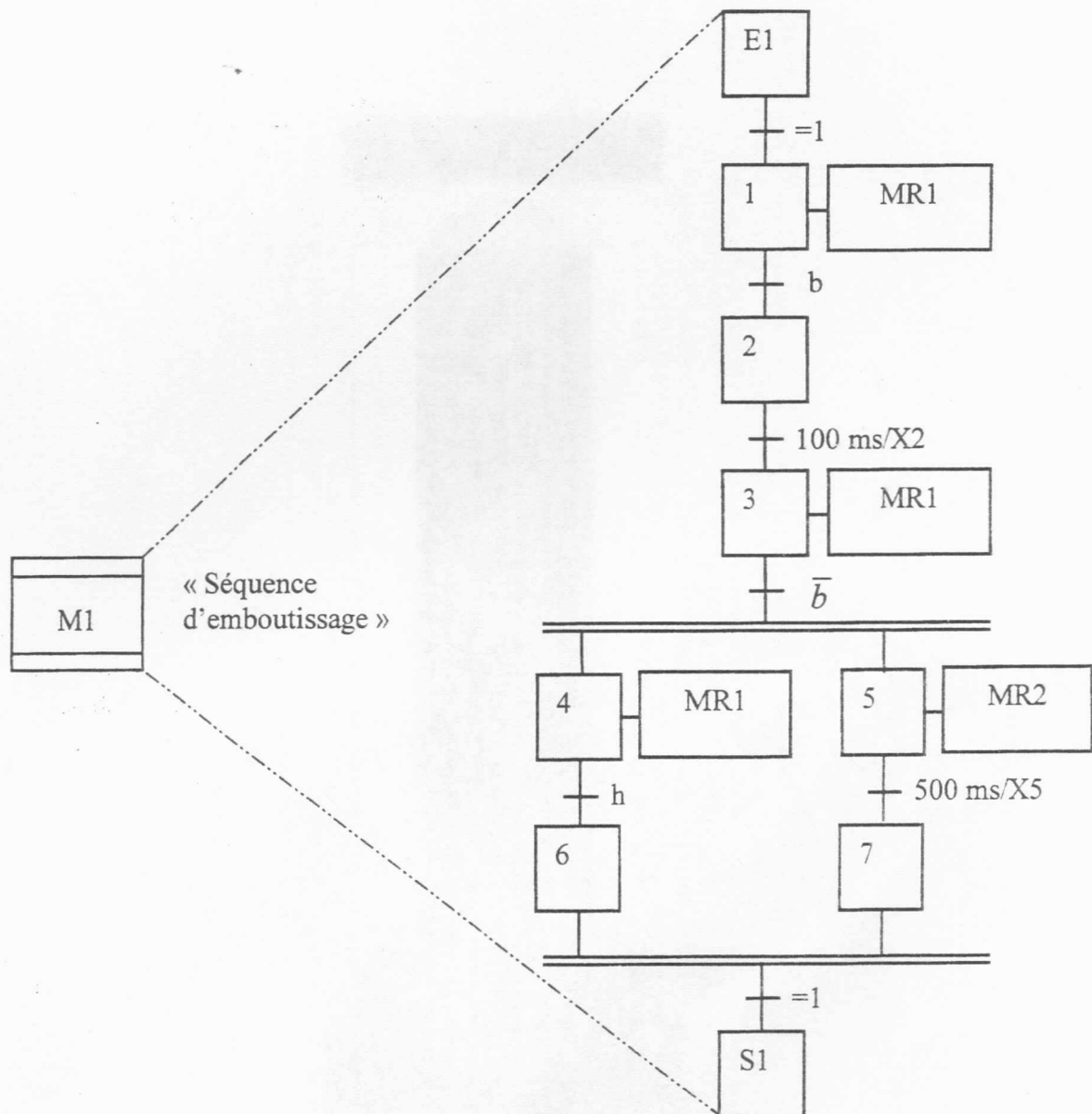
Question C.1.1.



Question C.1.2.



Question C.1.3.



Sous-partie C-2 : Étude du comparateur de pièces embouties et présélectionnées.

Question C.2.1.

la fonction F de deux variables binaires a_i et b_i prend la valeur 1 si et seulement si $(a_i=b_i)$. Le tableau de vérité de la fonction F est le suivant :

a_i	b_i	F $(a_i=b_i)$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Il s'agit de la fonction logique élémentaire appelée « égalité » ou « identité » ou « équivalence ».

$$F = a_i b_i + \bar{a}_i \bar{b}_i = \overline{a_i \oplus b_i} = a_i \odot b_i$$

Question C.2.2.

C.2.2.1.

Les deux nombres binaires Q et N représentés par 5 éléments binaires :

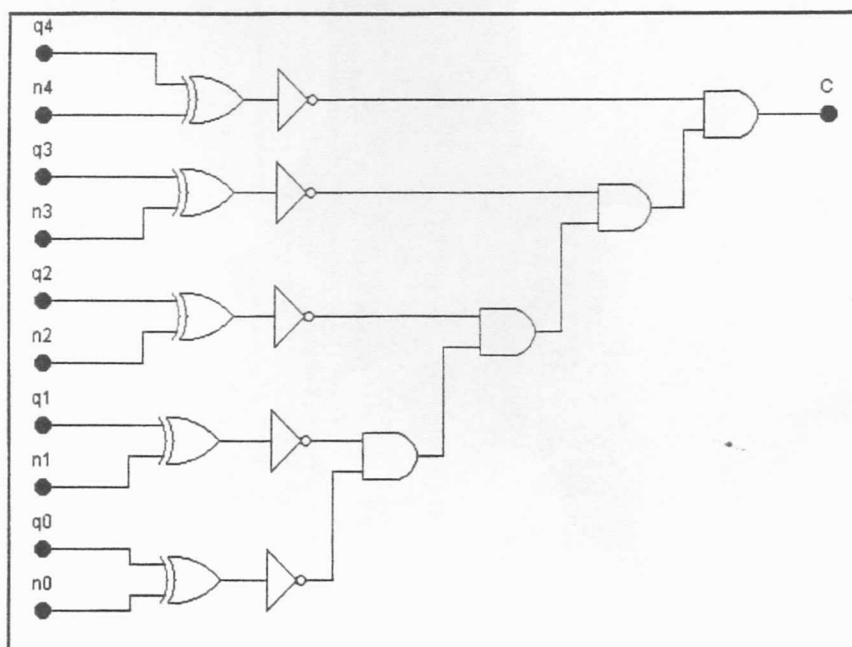
$$Q = (q_4 q_3 q_2 q_1 q_0)_2 \quad \text{et} \quad N = (n_4 n_3 n_2 n_1 n_0)_2$$

$$c_{(Q=N)=1} \text{ SSI } (q_0=n_0) \text{ ET } (q_1=n_1) \text{ ET } (q_2=n_2) \text{ ET } (q_3=n_3) \text{ ET } (q_4=n_4)$$

D'où l'expression algébrique de la sortie du comparateur « c » :

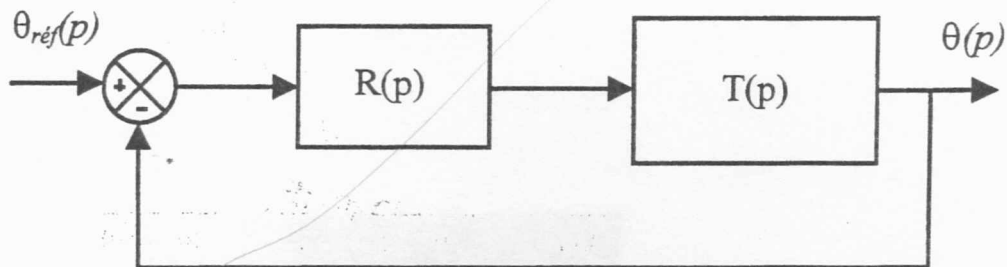
$$c = \overline{(a_0 \oplus b_0)} \cdot \overline{(a_1 \oplus b_1)} \cdot \overline{(a_2 \oplus b_2)} \cdot \overline{(a_3 \oplus b_3)} \cdot \overline{(a_4 \oplus b_4)}$$

C.2.2.2.



Sous-partie C-3 : Etude de l'asservissement de position du plateau à d'indexation.

Question C.3.1.



$$T(p) = \frac{\theta(p)}{U_a(p)} = \frac{2}{p(1+0.1p)(1+16p)}$$

$$R(p) = G + T_d p = G \left(1 + \frac{T_d}{G} p\right)$$

La fonction de transfert du système en boucle ouverte est de la forme:

$$HBO(p) = R(p) \cdot T(p) = \frac{2G(1 + \frac{T_d}{G} p)}{p(1+0.1p)(1+16p)}$$

-Pour éliminer la constante de temps la plus grande de $T(p)$ il faut que $1+16p = 1 + \frac{T_d}{G} p$

ou encore $T_d = 16G$

-La marge de phase imposée est égale à 60° , soit $\psi = \frac{\pi}{3}$ au point B de pulsation ω_B

$$HBO(p) = \frac{2G}{p(1+0.1p)} \text{ ce qui donne } HBO(j\omega) = HBO(p)|_{p=j\omega} = \frac{2G}{j\omega(1+0.1j\omega)}$$

$$\text{d'où l'on obtient } |HBO(j\omega)| = \frac{2G}{\omega\sqrt{1+0.01\omega^2}} \text{ et } Arg(HBO(j\omega)) = -\frac{\pi}{2} - Arctg(0.1\omega)$$

$$\text{Au point B, } \psi = \frac{\pi}{3} = Arg(HBO(j\omega_B)) + \pi = -\frac{\pi}{2} - Arctg(0.1\omega_B) + \pi$$

$$\Rightarrow Arctg(0.1\omega_B) = \frac{\pi}{6} \Rightarrow \omega_B = 0.57 \text{ rad/s}$$

$$|HBO(j\omega)| = \frac{2G}{\omega_B \sqrt{1+0.01\omega_B^2}} = 1 \Rightarrow G = \frac{1}{2} \omega_B \sqrt{1+0.01\omega_B^2}$$

A.N.

$$G = 3.28$$

$$T_d = 16G = 52.4$$

Question C.3.2.

La fonction de transfert en boucle fermée est donnée par :

$$H(p) = \frac{\theta(p)}{\theta_{ref}(p)} = \frac{R(p)T(p)}{1+R(p)T(p)} = \frac{20G}{p^2+10p+20G}$$

La forme canonique standard d'un système de second ordre est la suivante :

$$H(p) = \frac{K\omega_0^2}{p^2+2m\omega_0 p+\omega_0^2}$$

où K représente le gain statique, m le coefficient d'amortissement et ω_0 la pulsation propre.
Par identification, on obtient :

$$K=1$$

$$\omega_0 = \sqrt{20G}$$

$$m = \frac{10}{2\sqrt{20G}}$$

A.N.

Pour $G=3.28$, on trouve

$$\omega_0 = 8 \text{ rd/s}$$

et

$$m = 0.61$$

Question C.3.3.

$$T_{pic} = \frac{\pi}{\omega_0 \sqrt{1-m^2}} = 0.49 \text{ s}$$

$$D\% = 100e^{\frac{-m\pi}{\sqrt{1-m^2}}} = 8.9\%$$

Question C.3.4.

Le système est de classe 1 (comporte un intégrateur dans la transmittance $T(p)$), ce qui donne une erreur statique de position nulle, soit $\varepsilon_1(\infty) = 0$.

Question C.3.5.

Le régulateur à actions proportionnelle et dérivée permet au système asservi d'assurer les performances souhaitées à savoir :

- stabilité (dépassement acceptable $\approx 9\%$),
- précision (une erreur statique nulle),
- rapidité (élimination de la constante de temps la plus grande de $T(p)$ et un temps T_{pic} inférieur au temps nécessaire pour que le plateau à indexation effectue une rotation de $(1/24)$ de tour)