

Automatique et informatique industrielles - Éléments de corrigé

Cycle de fabrication des profilés
Épreuve d'automatique et d'informatique industrielle
Jean-Jacques Duméry et Robert Papanicola

Q- 1

Le diamètre circonscrit est de $\sqrt{80^2 + 18^2} = 82 \text{ mm}$

Après lecture de la courbe annexe 2, l'épaisseur E_1 est donc de 2 mm

$$S = \pi \cdot \frac{250^2}{4}$$

$$s = 2 \cdot (80 \cdot 2 \cdot 2 + (18 - 2 - 2) \cdot 3 \cdot 2) = 808 \text{ mm}^2$$

$$\delta R = \frac{S}{s} = 60,75$$

Q- 2

Compte tenu des tolérances dimensionnelles, s devient :

$$s_{maxi} = 2 \cdot (80 \cdot 2 \cdot 2,15 + (18 - 2 \cdot 2,15) \cdot 2,15 + (18 - 2 \cdot 2,15) \cdot 2,25 + (18 - 2 \cdot 2,15) \cdot 2,40) = 874 \text{ mm}^2$$

$$\delta R_{mini} = 56,14$$

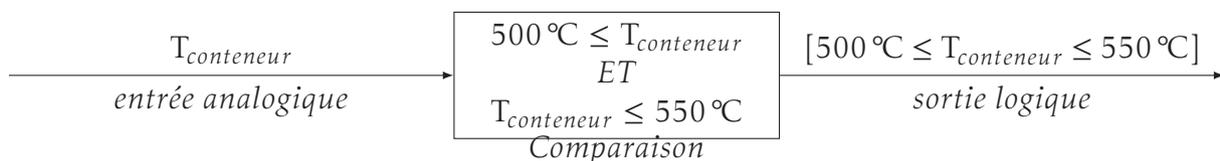
$$(\text{Longueur du bloc}_{mini}) \cdot S = (\text{Longueur du profilé}) \cdot s_{maxi}$$

$$\text{Longueur du bloc}_{mini} = \frac{\text{Longueur du profilé}}{\delta R_{mini}} = \frac{25 \cdot 2 + 26 \cdot 0,003 + 2 \cdot 0,3}{56,14}$$

$$\text{Longueur du profilé} = 0,903 \text{ m}$$

Q- 3

Il faut réaliser une comparaison :



En respectant le bilan d'entrées/sorties données dans l'annexe 4, le cycle de la presse est le suivant :

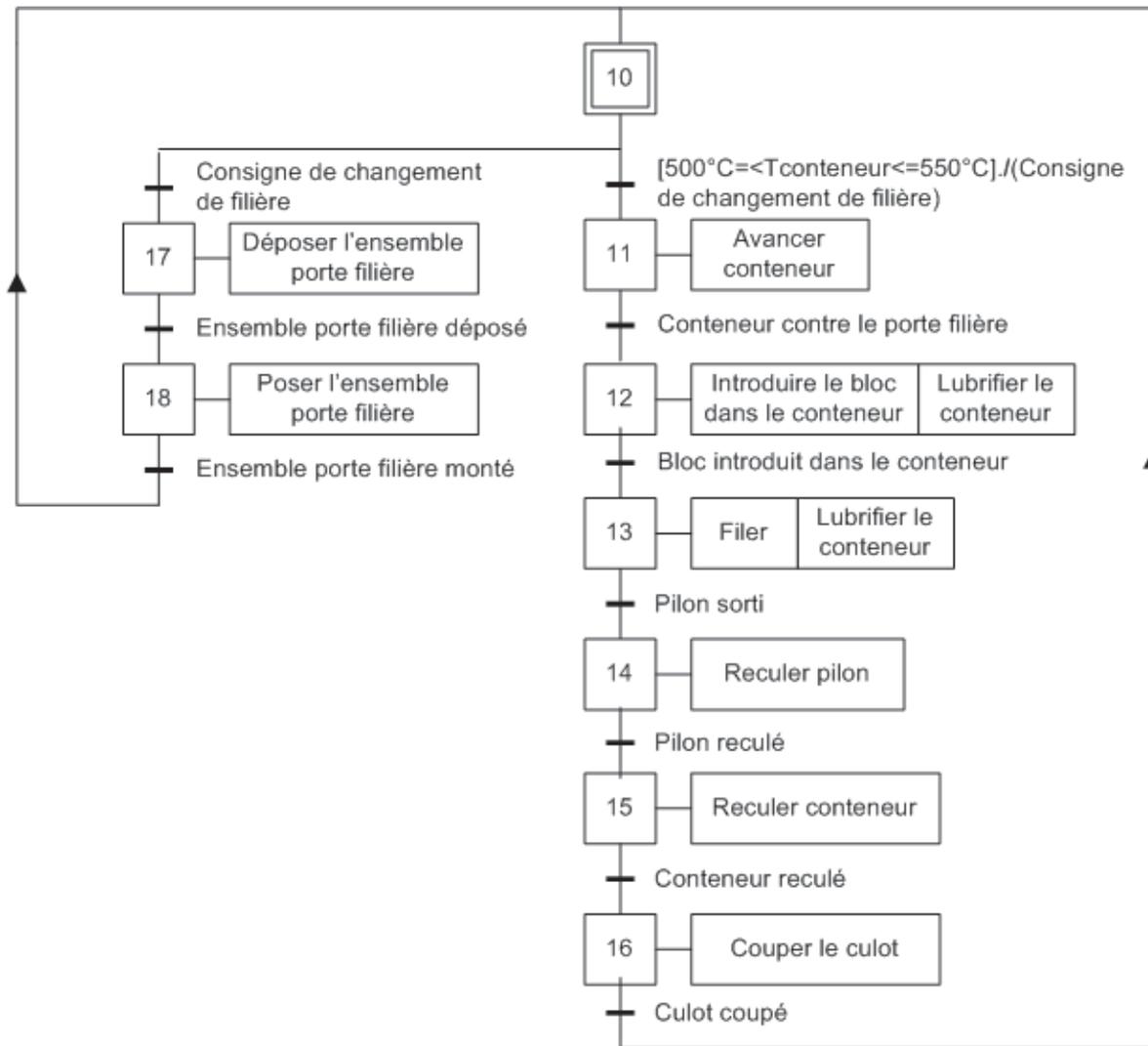


FIGURE 6 – cycle de la presse

Q- 4

L'actionneur linéaire placé en partie supérieure de la pompe manœuvre le plateau de la pompe pour l'incliner par rapport à l'axe principal. Lorsque le plateau est perpendiculaire à l'axe du barillet le débit est nul. Lorsque le plateau est incliné, les pistons ont un mouvement de translation alternative par rapport au barillet, ce qui provoque l'aspiration et le refoulement de l'huile. L'aspiration et le refoulement se fait par un jeu de lumières réalisées dans un distributeur à glace placé à l'extrémité du barillet.

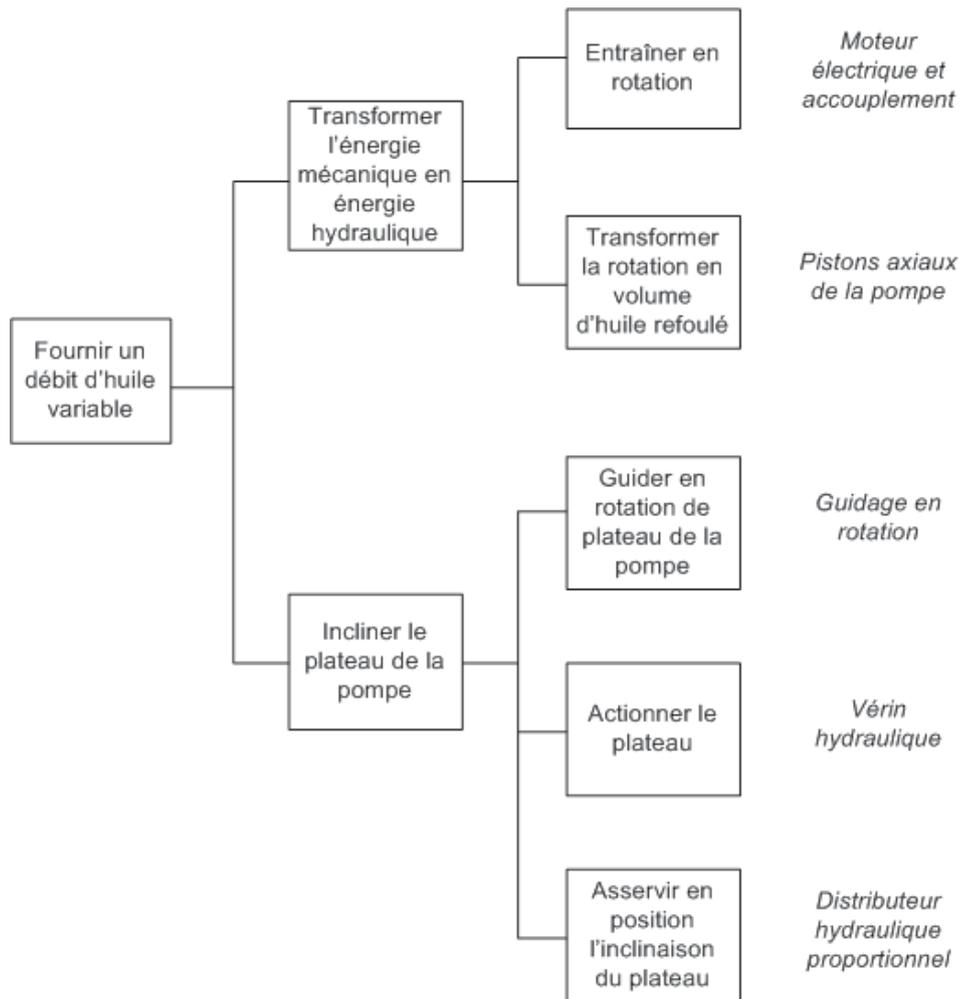


FIGURE 8 – Décomposition fonctionnelle

Q- 5

		1 pompe	2 pompes	3 pompes	4 pompes
R1	débit	725 L/min	1450	2175	2900
	pression	100 bar	100	100	100
	puissance	120 kW	240	360	480
R2	débit	480 L/min	960	1440	1920
	pression	280 bar	280	280	280
	puissance	224 kW	448	672	896
R3	débit	440 L/min	880	1320	1760
	pression	305 bar	305	305	305
	puissance	224 kW	447	671	895

TABLE 2 – Débit, pression et puissance disponible

Q- 6

$$F_{filage} = \pi \cdot 125^2 \cdot 180 \cdot \ln(60) = 36,2 \times 10^6 \text{ N}$$

$$P = F_{filage} \cdot v$$

$$P = F_{filage} \cdot \frac{20}{60 \cdot \delta R}$$

$$P = 201 \text{ kW}$$

Choix de 2 pompes (241 kW)

Q- 7

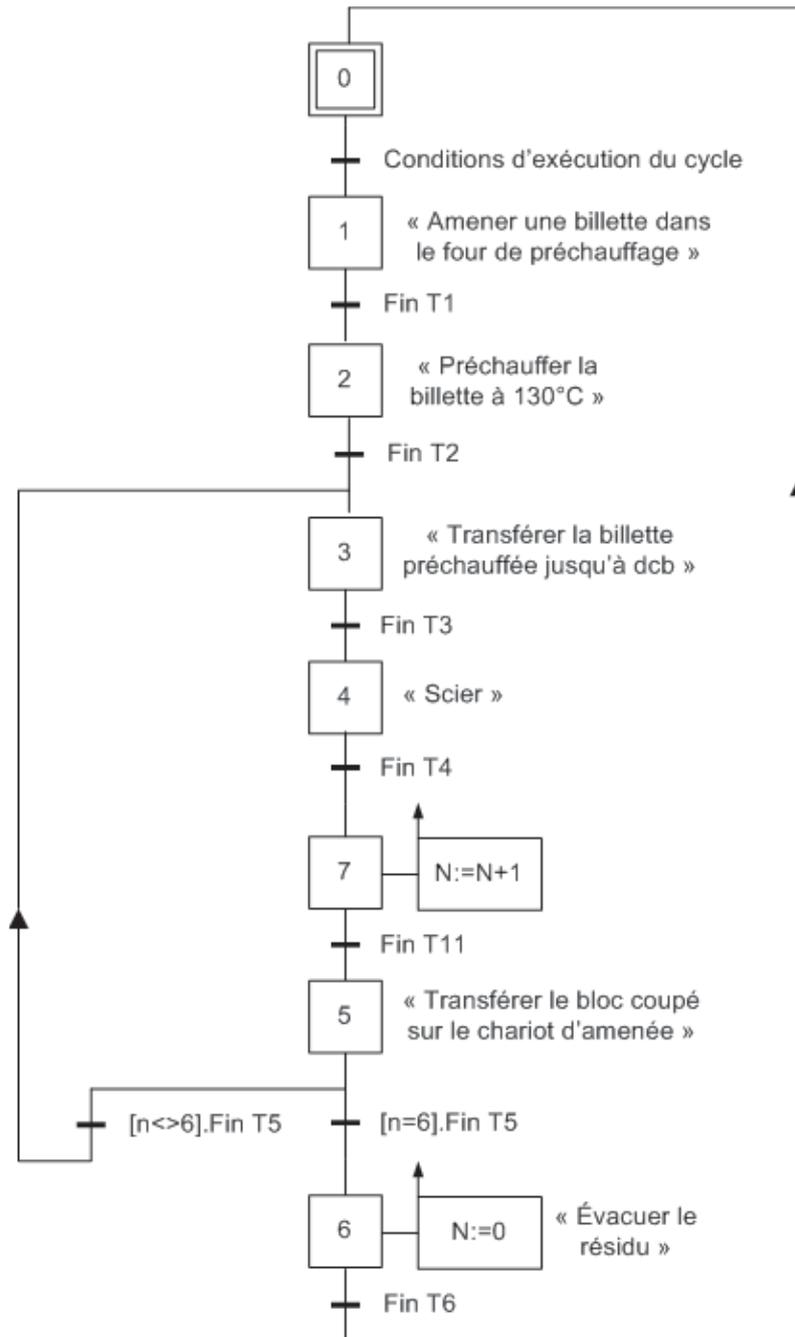


FIGURE 10 – grafcet GCamenée

Q- 8

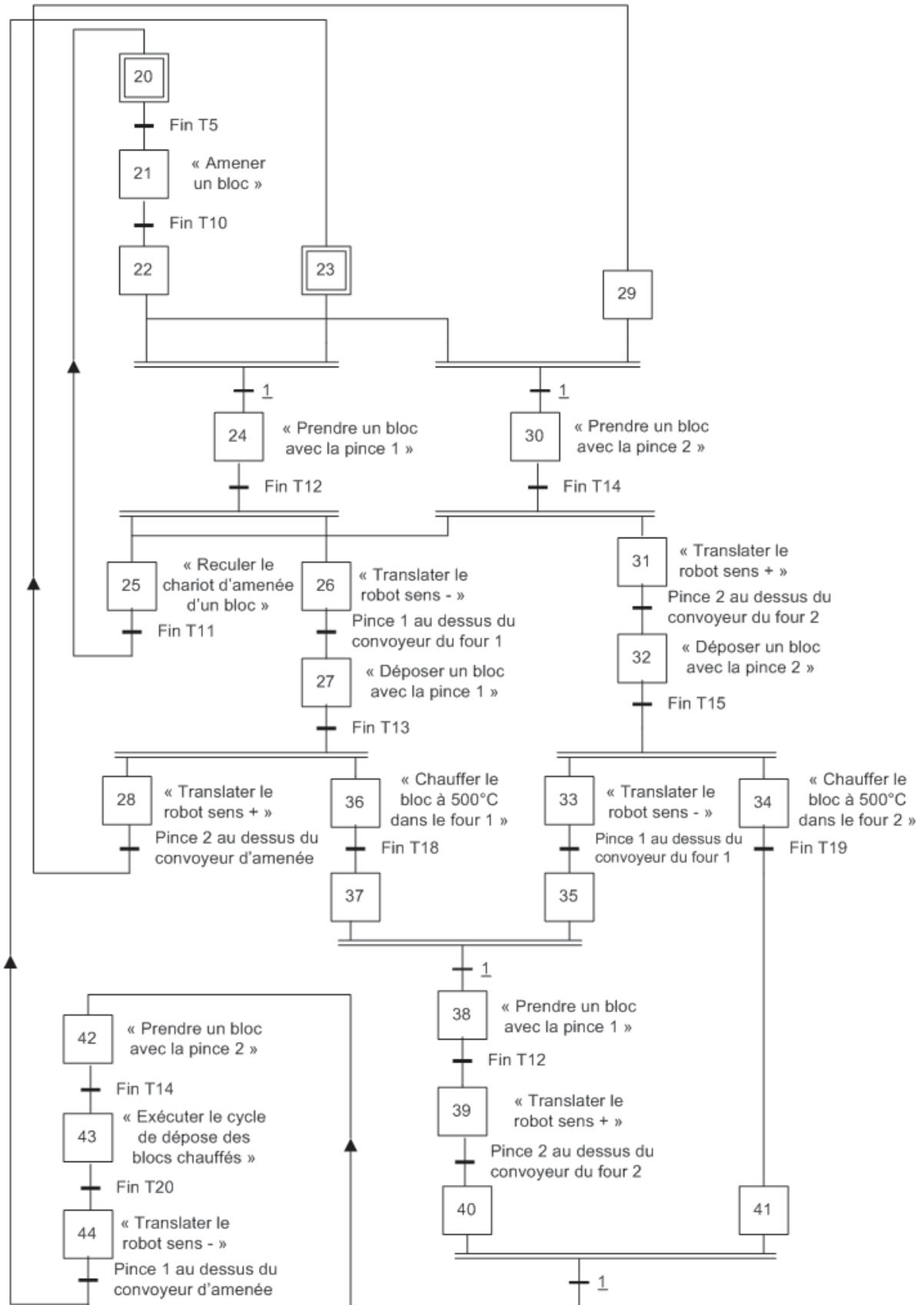


FIGURE 11 – grafcet GCamenée

Un autre cycle où le robot se présenterait systématiquement au dessus de chaque convoyeur de four avec un bloc à chauffer pourrait être imaginé. Cela permettrait de réaliser dans la même séquence une prise du bloc chauffé avec une pince et une dépose d'un bloc à chauffer avec l'autre pince. Dans ce cycle, le robot prend un bloc avec la pince 2, se dirige vers le four 1, fait un cycle de prise et dépose complet, puis effectue la tâche T20. Ensuite, le robot prend un bloc avec la pince 2, se dirige vers le four 2, fait un cycle de prise et dépose complet, puis effectue la tâche T20. Dans ce principe de fonctionnement, les fours n'attendent jamais le robot, ils fonctionnent sans discontinuer.

Q- 9 Dans le cas de la barrière simple utilisée dans l'application (émetteur/récepteur) : l'émetteur et le récepteur sont dans deux boîtiers différents montés en vis-à-vis. Le bloc est détecté dès qu'il coupe le faisceau optique.

Il est possible aussi d'utiliser une barrière réflex où émetteur et récepteur sont dans le même boîtier, la lumière émise étant renvoyée par un réflecteur.

Le détecteur direct où émetteur et récepteur sont dans le même boîtier et où la lumière émise est réfléchiée par l'objet nécessite des objets suffisamment réfléchissants.

Q- 10

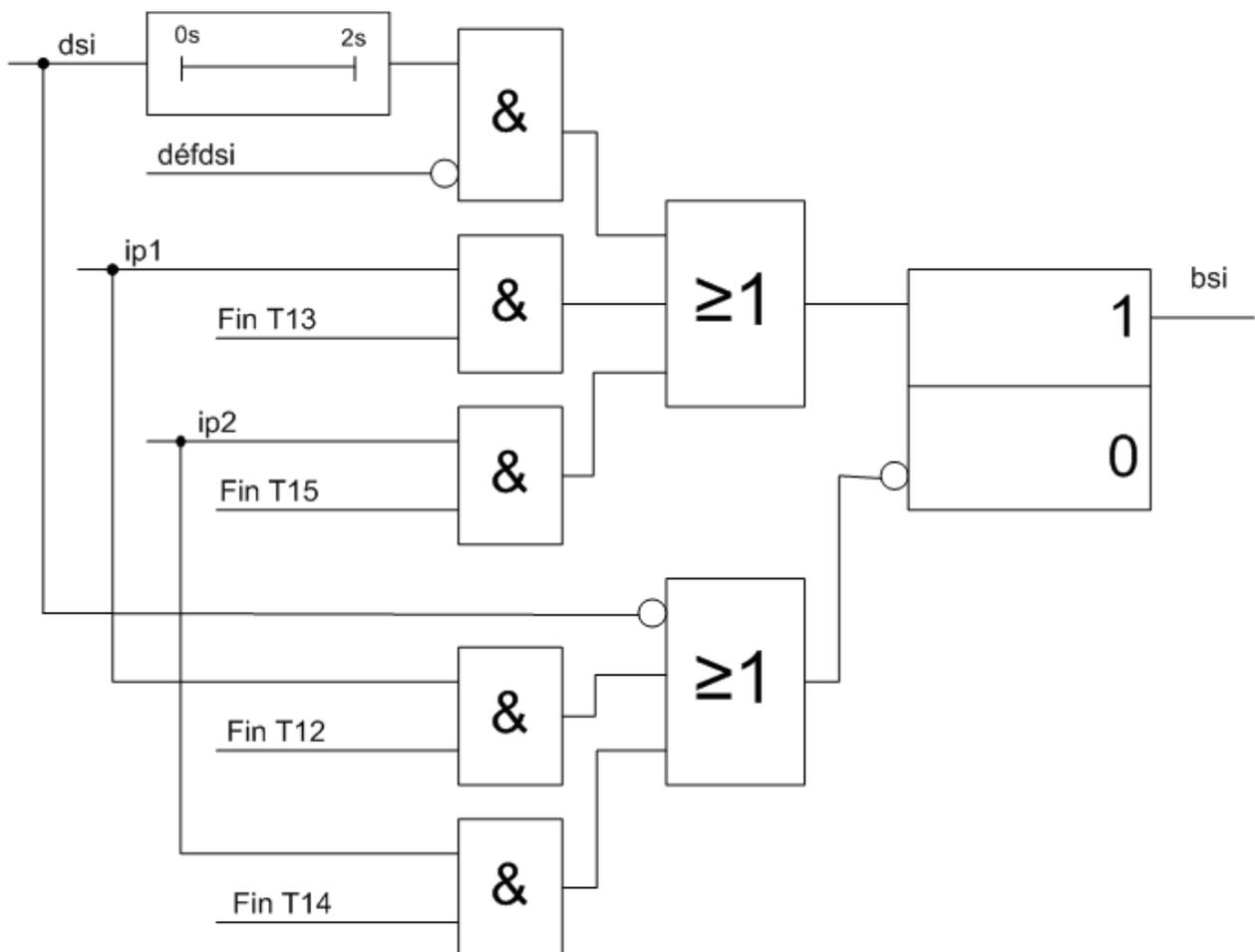


FIGURE 12 – Logigramme

Q- 11

Cette structure du programme permet d'éviter les évolutions fugaces (états instables), une étape pouvant être activée et désactivée lors de la même scrutation du programme. Il s'agit également de respecter la règle 4 d'évolution du Grafcet portant sur les franchissements simultanés de transitions.

Q- 12

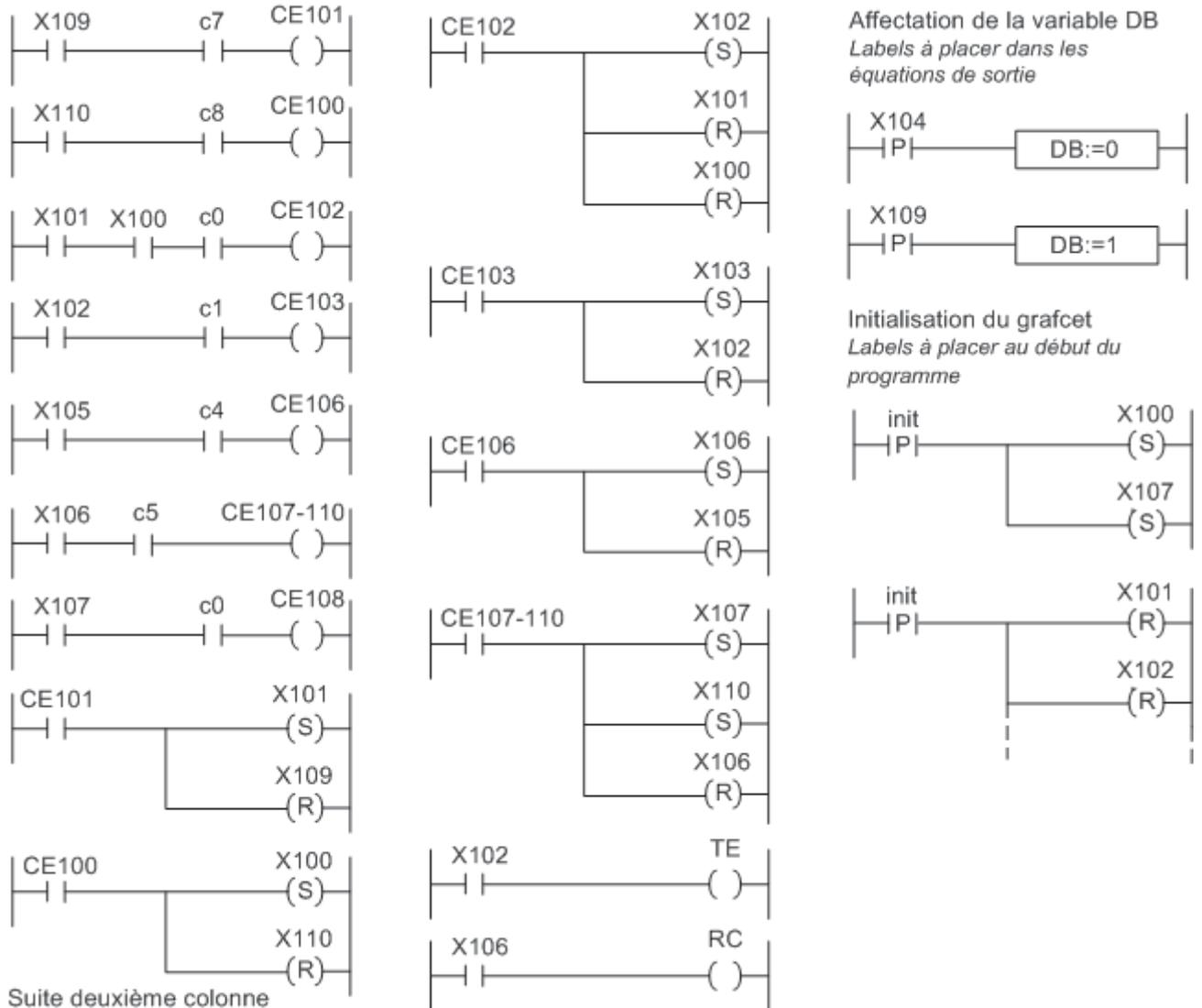


FIGURE 14 – schéma ladder

Q- 13 On isole l'ensemble {étaiu + mors}. On écrit théorème de la résultante dynamique en projection suivant l'axe (O, \vec{x}) ce que donne :

$$m_e \cdot \ddot{x}_f = T_c - T_f \quad (1)$$

Q- 14 On isole maintenant tout l'ensemble mobile hormis l'étaiu et les mors, et on applique le théorème de l'énergie cinétique.

Déterminons dans un premier temps l'énergie cinétique E_c

$$E_c = \frac{1}{2}J_m \cdot \omega_m^2 + \frac{1}{2}J_r \cdot \omega_m^2 + \frac{1}{2}M_{ch} \cdot v_c^2 + \frac{1}{2}M_c \cdot v_c^2$$

avec $v_c = \frac{R_p}{\lambda} \omega_m$

$$E_c = \frac{1}{2}J_m \cdot \omega_m^2 + \frac{1}{2}J_r \cdot \omega_m^2 + \frac{1}{2}M_{ch} \cdot \left(\frac{R_p}{\lambda} \omega_m\right)^2 + \frac{1}{2}M_c \cdot \left(\frac{R_p}{\lambda} \omega_m\right)^2$$

$$E_c = \frac{1}{2} \left(J_m + J_r + M_{ch} \cdot \frac{R_p^2}{\lambda^2} + M_c \cdot \frac{R_p^2}{\lambda^2} \right) \omega_m^2 \quad (2)$$

d'où

$$\frac{d}{dt} \left[\frac{1}{2} J_e \cdot \omega_m^2 \right] = C_m \cdot \omega_m - T_c \cdot v_c$$

$$J_e \cdot \omega_m \cdot \dot{\omega}_m = C_m \cdot \omega_m - T_c \cdot v_c$$

$$J_e \cdot \dot{\omega}_m = C_m - T_c \cdot \frac{R_p}{\lambda} \quad (3)$$

que l'on peut aussi écrire en fonction de v_c

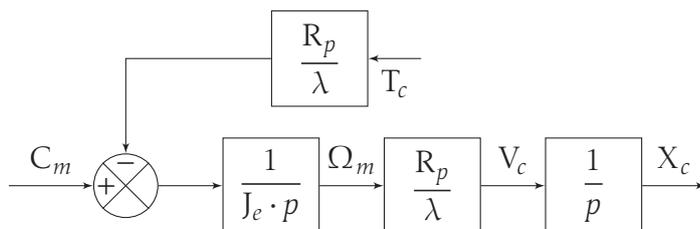
$$J_e \cdot \frac{\lambda}{R_p} \dot{v}_c = C_m - T_c \cdot \frac{R_p}{\lambda} \quad (4)$$

puis de x_c

$$J_e \cdot \frac{\lambda}{R_p} \ddot{x}_c = C_m - T_c \cdot \frac{R_p}{\lambda} \quad (5)$$

$$(6)$$

Q- 15



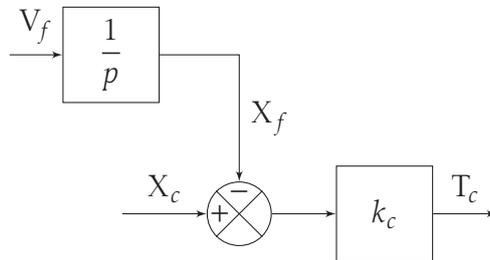
Q- 16 Capteur à jauge de contrainte...

Q- 17 L'effort T_c est proportionnel à la déformation, si on suppose que à l'instant initial les

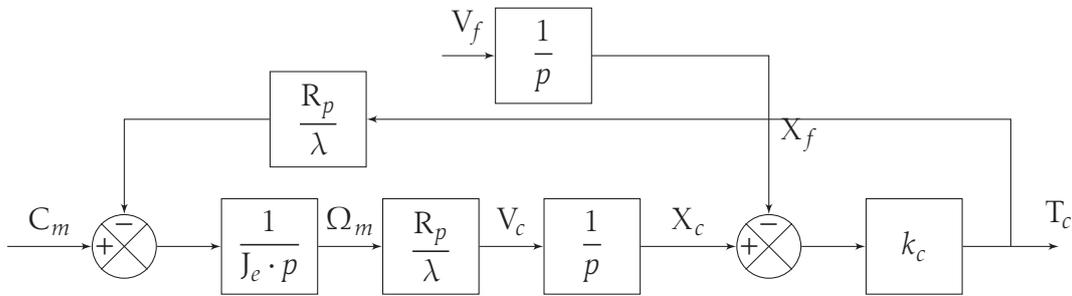
positions relatives du chariot et de l'étiau sont telles que $x_c = x_f = 0$ alors pendant le déplacement.

$$T_c = -k_c(x_f - x_c). \quad (7)$$

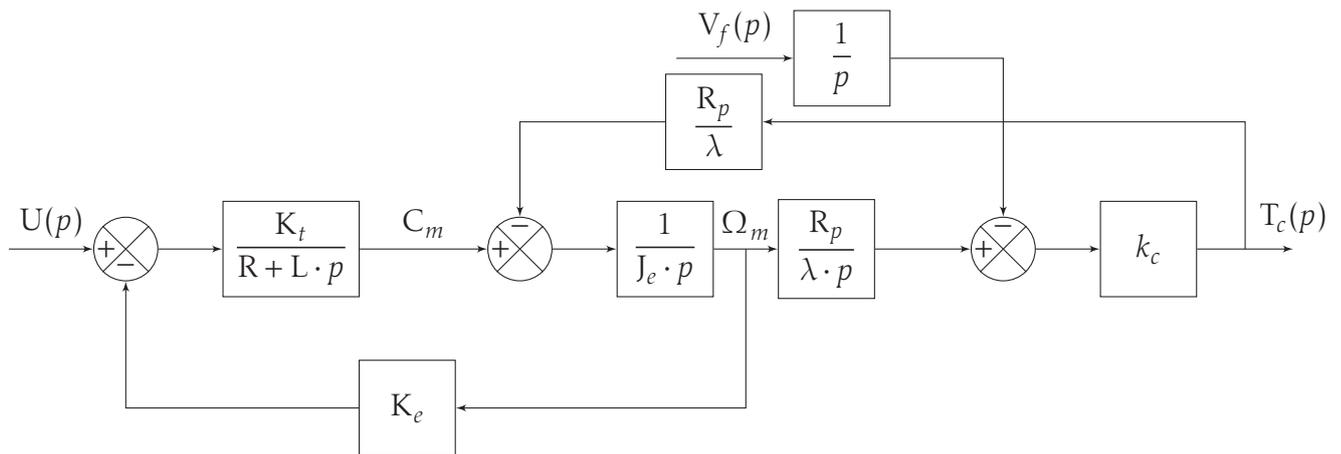
Q- 18



Q- 19



Q- 20



Q- 21

$$T_c(p) = H_e \cdot (H_c \cdot \Omega_m(p) - H_g \cdot V_f(p)) \quad (11)$$

$$\Omega_m(p) = H_b \cdot (H_a \cdot (U(p) - H_d \cdot \Omega_m(p)) - H_f \cdot T_c(p)) \quad (12)$$

d'où

$$\Omega_m(p) = H_b \cdot \frac{H_a \cdot U(p) - H_f \cdot T_c(p)}{1 + H_b \cdot H_a \cdot H_d} \quad (13)$$

en substituant dans la première relation :

$$T_c(p) = H_e \cdot \left(\frac{H_c \cdot H_b \cdot (H_a \cdot U(p) - H_f \cdot T_c(p))}{1 + H_b \cdot H_a \cdot H_d} - H_g \cdot V_f(p) \right) \quad (14)$$

finalement

$$T_c(p) = \frac{H_a \cdot H_b \cdot H_c \cdot H_e}{1 + H_a \cdot H_b \cdot H_d + H_b \cdot H_c \cdot H_e \cdot H_f} \cdot U(p) - H_e \cdot H_g \frac{1 + H_a \cdot H_b \cdot H_d}{1 + H_a \cdot H_b \cdot H_d + H_b \cdot H_c \cdot H_e \cdot H_f} \cdot V_f(p) \quad (15)$$

Q- 22

On identifie à un second ordre $H_2(p) = \frac{K}{1 + 2\frac{z}{\omega_n} \cdot p + \frac{p^2}{\omega_n^2}}$ et on obtient

$$K \approx 535 \quad (16)$$

$$\omega_n \approx 3,45 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1} \quad (17)$$

$$z \approx 7,43 \quad (18)$$

et . La fonction de transfert peut donc être mise sous la forme d'un produit de deux premiers ordres :

$$H_2(p) \approx \frac{535}{1 + 4,31 \cdot p + 0,0085 \cdot p^2} \approx \frac{535}{(1 + 0,02 \cdot p)(1 + 4,3 \cdot p)} \quad (19)$$

Q- 23

On constate sur la représentation de Bode que les deux lieux sont relativement semblable jusqu'à environ $20 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$, au delà, le modèle du troisième ordre tend vers -270° alors que l'autre ne tend que vers -180° .

La modélisation par le modèle du second ordre ne sera donc possible que si le domaine de fréquence du système à étudier est inférieur à $\frac{10}{\pi} \approx 3 \text{ Hz}$ et que le gain de boucle ne soit pas trop important. Le risque d'instabilité est certainement ce qui va le plus limiter cette modélisation, en effet, une système du second ordre boucle avec uniquement un correcteur proportionnel ne sera jamais instable, alors que le système du troisième ordre lui peut être instable. **Remarque** : les deux réponses sont acceptées, seule la qualité de la justification est évaluée.

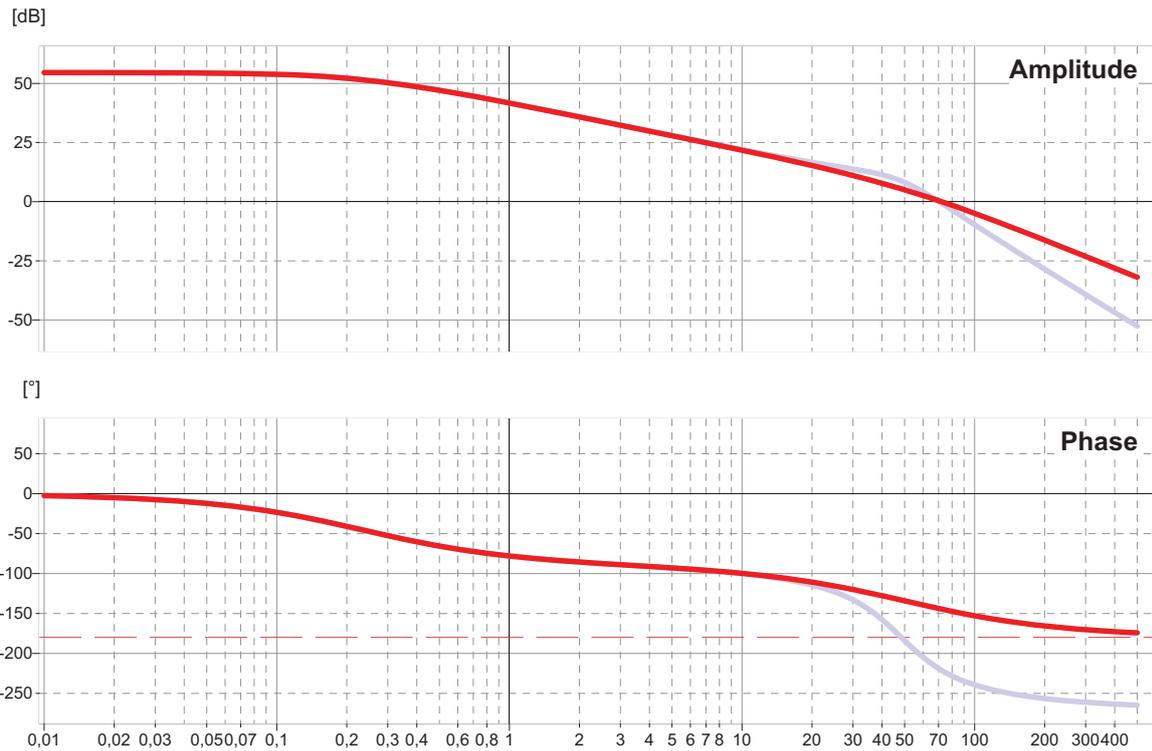
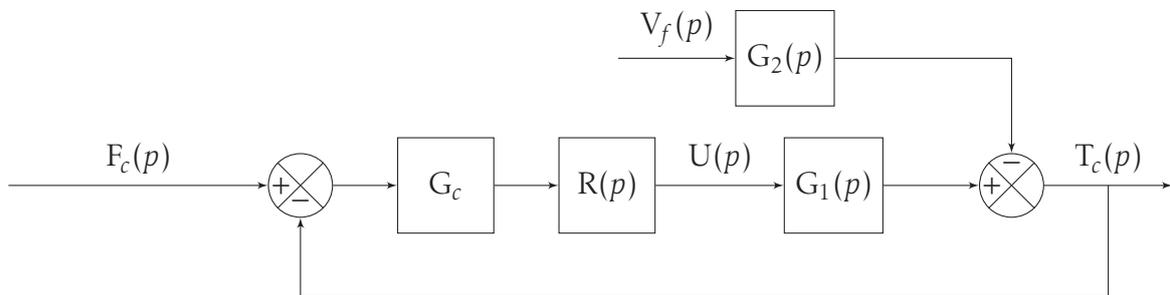


FIGURE 20 – Diagramme de Bode $G_1(p)$

Q- 24 Le modèle proposé ne régule pas l'effort de traction mais la mesure de cet effort, ces deux efforts ne sont identiques que dans des phases de fonctionnement à vitesse constante (Cf équation du PFD sur l'étau).

Q- 25 Le gain du bloc Adapt doit être le même que G_c afin que la comparaison soit valide. Il est judicieux ici de mettre le schéma sous la forme d'un schéma à retour unitaire. le schéma devient donc :



Il est nécessaire de vérifier si le système proposé est stable.
On peut soit faire une étude graphique, soit à partir du critère de Routh

Calculons dans un premier temps la FTBO puis la FTBF pour $V_f(p) = 0$

$$\begin{aligned} \text{BO}(p) &= G_c \cdot R_0 \cdot G_1(p) \\ \text{BO}(p) &= \frac{2,90 \cdot 10^5 \cdot R_0}{(p + 0,232) \cdot (p^2 + 45,2 \cdot p + 2330)} \end{aligned} \quad (22)$$

$$\begin{aligned} \text{BF}(p) &= \frac{\text{BO}(p)}{1 + \text{BO}(p)} \\ \text{BF}(p) &= \frac{1450 \cdot R_0}{5 \cdot p^3 + 226 \cdot p^2 + 11695 \cdot p + 2330 + 1450 \cdot R_0} \end{aligned} \quad (23)$$

Le critère de Routh nous permet de déterminer la valeur limite de R_0

$$\begin{vmatrix} 5 & 11695 & 0 \\ 226 & 2330 + 1450 \cdot R_0 & 0 \\ \frac{1315710 - 3625 \cdot R_0}{113} & 0 & 0 \\ 2330 + 1450 \cdot R_0 & 0 & 0 \end{vmatrix} \quad (24)$$

Le système est stable si tous les termes de la première colonne sont positifs c'est à dire $R_0 < 363$.

Posons $R_0 < 363$. Nous pouvons alors appliquer le théorème de la valeur finale pour déterminer l'erreur statique $\epsilon_s = F_c(p) - T_c(p) = \lim_{t \rightarrow \infty} (\epsilon(t)) = \lim_{p \rightarrow 0} (p \cdot \epsilon(p))$.

$$\begin{aligned} \epsilon(p) &= F_c(p) - T_c(p) = F_c(p) - \text{BO}(p) \cdot \epsilon(p) + G_2(p) \cdot V_f(p) \\ \epsilon(p) &= \frac{1}{1 + \text{BO}(p)} F_c(p) + \frac{G_2(p)}{1 + \text{BO}(p)} \cdot V_f(p) \\ \epsilon_s &= \lim_{p \rightarrow 0} \left(p \cdot \left(\frac{1}{1 + \text{BO}(p)} F_c(p) + \frac{G_2(p)}{1 + \text{BO}(p)} \cdot V_f(p) \right) \right) \end{aligned} \quad (25)$$

avec dans la première phase $V_f = 0$ et $F_c(p) = \frac{2000}{p}$

$$\begin{aligned} \epsilon_s &= \lim_{p \rightarrow 0} \left(p \cdot \frac{1}{1 + \text{BO}(p)} F_c(p) \right) = \lim_{p \rightarrow 0} \left(p \cdot \frac{1}{1 + G_c \cdot R_0 \cdot G_1(p)} F_c(p) \right) \\ \epsilon_s &= \lim_{p \rightarrow 0} \left(p \cdot \frac{1}{1 + G_c \cdot R_0 \cdot G_1(p)} \frac{2000}{p} \right) = \lim_{p \rightarrow 0} \left(\frac{2000}{1 + G_c \cdot R_0 \cdot G_1(p)} \right) \end{aligned} \quad (26)$$

$$\epsilon_s = \lim_{p \rightarrow 0} \left(\frac{2000}{1 + \frac{2,90 \cdot 10^5 \cdot R_0}{(p + 0,232) \cdot (p^2 + 45,2 \cdot p + 2330)}} \right) = \frac{466000}{233 + 145 \cdot R_0} \quad (27)$$

Finalement pour respecter le cahier des charges il faut : $\frac{466000}{233 + 145 \cdot R_0} < 100$ d'où $R_0 = 30,5$.

R_0 doit être tel que $30,5 \leq R_0 < 363$.

Q- 26

Nous avons vus précédemment que

$$\epsilon_s = \lim_{p \rightarrow 0} \left(p \cdot \left(\frac{1}{1 + \text{BO}(p)} F_c(p) + \frac{G_2(p)}{1 + \text{BO}(p)} \cdot V_f(p) \right) \right) \quad (28)$$

ce qui donne en fonction de R_0 , F_c et v_3 .

$$= \lim_{p \rightarrow 0} \left(p \cdot \left(\frac{1}{1 + G_c \cdot R_0 \cdot G_1(p)} F_c(p) + \frac{G_2(p)}{1 + G_c \cdot R_0 \cdot G_1(p)} \cdot V_f(p) \right) \right) \quad (29)$$

$$= \lim_{p \rightarrow 0} \left(p \cdot \left(\frac{1}{1 + \frac{2,90 \cdot 10^5 \cdot R_0}{(p + 0,232) \cdot (p^2 + 45,2 \cdot p + 2330)}} F_c(p) \right) \right) \quad (30)$$

$$+ \lim_{p \rightarrow 0} \left(p \cdot \left(\frac{\frac{150000}{1 + 4 \cdot p}}{1 + \frac{2,90 \cdot 10^5 \cdot R_0}{(p + 0,232) \cdot (p^2 + 45,2 \cdot p + 2330)}} \cdot V_f(p) \right) \right)$$

avec $F_c(p) = \frac{2000}{p}$ et $V_f(p) = \frac{v_3}{p}$

$$\epsilon_s = \frac{233}{233 + 145 \cdot R_0} \cdot F_c + \frac{33555915}{233 + 145 \cdot R_0} \cdot v_3 \quad (31)$$

Compte tenu des valeurs numériques, pour respecter le cahier des charges, il faut $R_0 \approx 230$. Cette valeur est compatible avec le critère de stabilité, il est donc théoriquement possible de fonctionner avec un correcteur proportionnel.

Q- 27 Respecter toute la gamme de vitesse, nécessite de choisir une valeur de R_0 trop importante pour que le système reste stable, il est donc nécessaire de prévoir une correction de type P.I, voire P.I.D en amont de la perturbation afin d'améliorer la précision sans dégrader la stabilité.

Q- 28

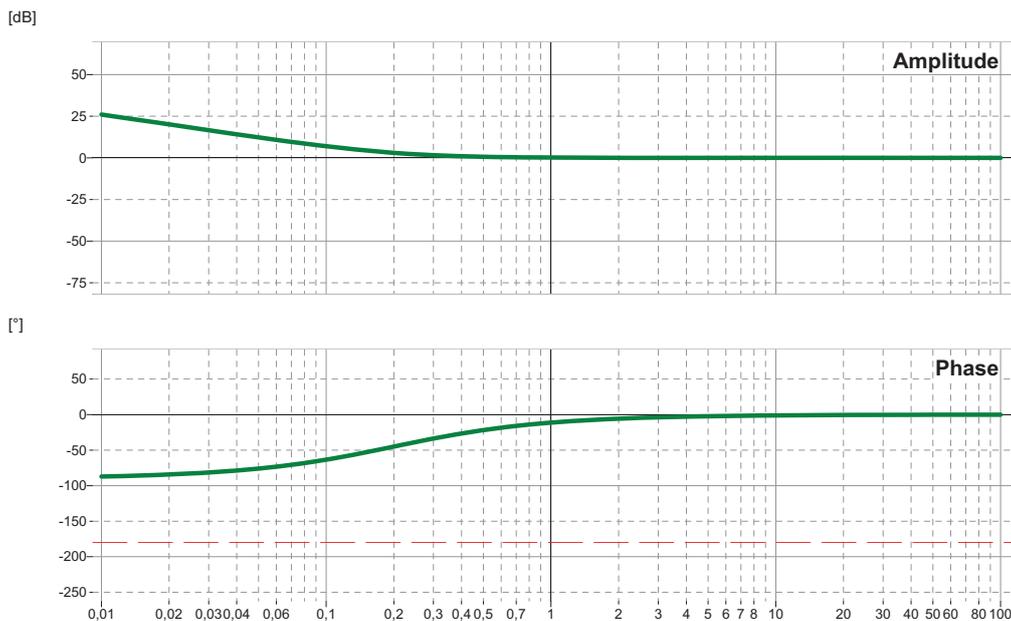


FIGURE 22 – Diagramme de Bode correcteur $R(p)$

On reconnaît pour $R(p)$, un correcteur de type P.I. En rajoutant une intégration dans la boucle, il permet d'annuler l'erreur statique pour les phases à perturbation de vitesse constante. pour la phase en rampe de vitesse, l'erreur devient constante. Le défaut principal de ce régulateur est d'augmenter l'instabilité s'il est mal réglé.

Q- 29 Diagramme de Black

La marge de gain est très importante ≈ 50 dB, la marge de phase est $\approx 90^\circ$.

Le système est stable.

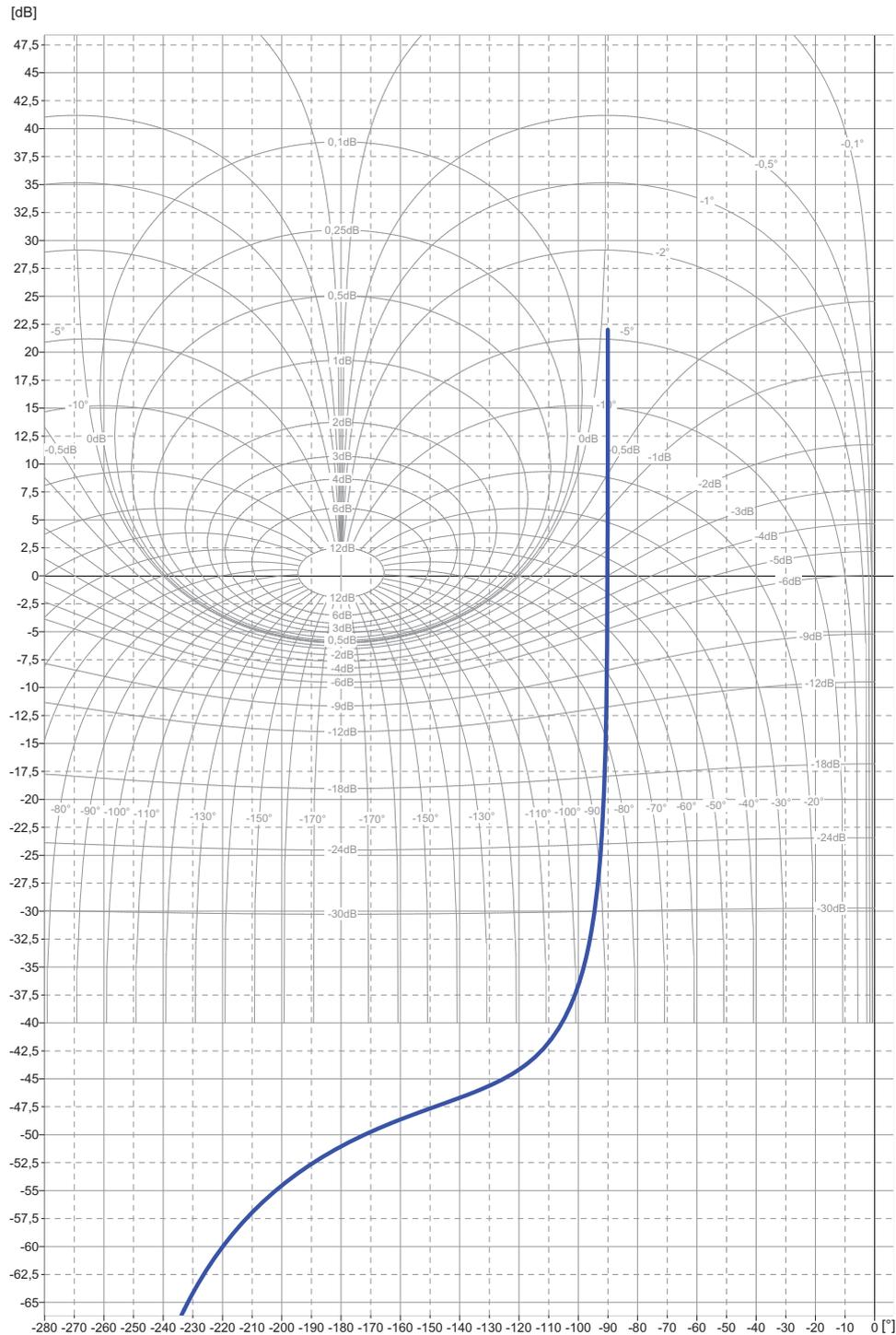
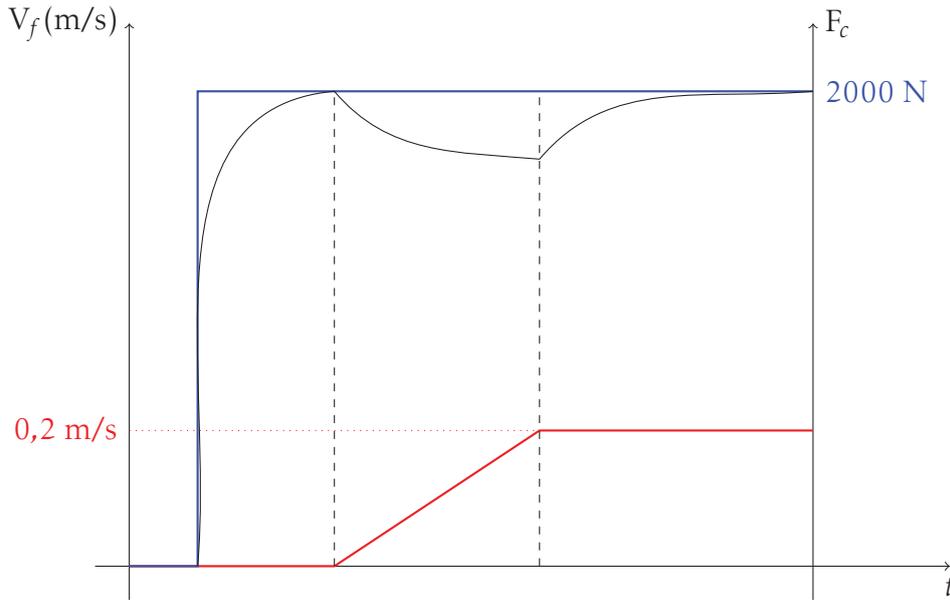


FIGURE 23 – Diagramme de Black FTBO corrigée ($R_0 = 1$)

Q- 30 Le correcteur P.I placé avant la perturbation permet d'annuler l'erreur indicielle pour une perturbation constante (ici la vitesse de filage V_f).



première phase : la consigne d'effort est constante, la perturbation (vitesse) est nulle, l'erreur statique est nulle ;

deuxième phase : effort constant et phase d'accélération constante, l'erreur statique est non nulle mais constante ;

troisième phase : effort constant, vitesse constante, erreur statique nulle.

Q- 31

« La réponse temporelle ne doit pas présenter d'oscillations »

La fctb ne doit comporter que des racines réelles.

Il n'y a pas de lien direct entre la réponse fréquentielle et la réponse temporelle mais nous savons malgré tout que si le lieu de Black de la FTBO tangente une des courbes de Hall, la FTBF présentera une résonance. Il semble donc pertinent de choisir comme première étape du réglage de remonter le lieu de Black au maximum, sans qu'il soit tangent à aucune courbe de Hall puis de vérifier expérimentalement le comportement.

On peut par exemple remonter le lieu de black d'environ +40 dB soit $R_0 = 10^{\frac{40}{20}} = 10^2 = 100$.

On pourra aussi si cela ne suffit rajouter un correcteur à avance de phase pour faire en sorte que la marge de phase soit supérieure à 90° .

Commentaires concernant l'épreuve d'automatique - informatique industrielle

PARTIE 1

Cette partie porte sur l'étude du comportement séquentiel de l'installation. Elle a permis d'évaluer de nombreuses compétences relatives à la spécification, aux connaissances technologies, et aux techniques de réalisation programmée.

Le filage

Q-1 : Les candidats ont trouvé sans problème l'épaisseur E1 du profilé.

Q-2 : Cette question a été traitée correctement par une majorité de candidat. Certains candidats ont cependant rencontré des difficultés pour calculer des surfaces apparaissant dans la relation qui permet de calculer le rapport de filage en prenant en compte les tolérances.

Le cycle de la presse

Q-3 : Peu de réponses à la question concernant la comparaison (ou confusion avec un convertisseur analogique/numérique). Concernant l'élaboration du grafset, le jury a observé parfois un non respect des entrées/sorties. Par ailleurs, le changement d'outillage a souvent été intégré au cycle principal alors qu'il fait l'objet d'une divergence en OU (choix en début de cycle).

Étude du circuit de puissance du vérin hydraulique de la presse

Q-4 : Une grande majorité de candidats a traité correctement cette question, toutefois le diagramme FAST ne semble pas encore maîtrisé par certains d'entre eux. Le rôle du distributeur proportionnel a souvent été oublié.

Q-5 : Les candidats n'ont pas rencontré de difficultés particulières. Toutefois le jury a remarqué parfois des problèmes avec les unités et les valeurs de pression.

Q-6 : La principale erreur commise est l'oubli du rapport de filage dans le calcul de la puissance. Les deux autres questions n'ont posé aucune difficulté.

Gestion de l'amenée des blocs

Q-7 : Les candidats ont eu des difficultés pour spécifier la gestion des 5 coupes (intégration d'un opérateur de comptage dans le grafcet). Le cahier des charges n'est pas toujours respecté (par exemple : transfert d'une billette entière dans le four de préchauffage uniquement lorsqu'il est vide).

Gestion du robot portique à deux pinces indépendantes

Q-8 : Cette question où le jury souhaitait évaluer la gestion des synchronisations entre tâches nécessitait du temps d'appropriation avant de composer. Peu de candidats l'ont traité complètement. Les candidats ayant commencé à élaborer le grafcet avec des synchronisations correctes ont obtenus des points.

Détection dans le stock tampon

Q-9 : Les réponses restent souvent superficielles.

Réalisation programmée

Q-10 : Un nombre significatif de candidat n'a pas répondu à la question posée. Les logigrammes et le langage structuré ne sont parfois pas maîtrisés.

PARTIE 2

Le jury a regretté que de nombreux candidats se présentent à l'agrégation de mécanique avec une maîtrise insuffisante des systèmes asservis.

Dans cette deuxième partie, il s'agit d'étudier le fonctionnement du « Puller ». Celui-ci doit assurer un effort de traction le plus constant possible sur le profilé pendant la phase de filage afin d'éviter les déformations. Cette étude se décompose en trois étapes, la modélisation du système, l'étude de la régulation et finalement la correction de celui-ci.

Modélisation

Il s'agissait dans cette partie de proposer un schéma bloc pour décrire le fonctionnement du système à partir des équations de la mécanique et des équations de fonctionnement du moteur.

Q13, Q14 : Ces deux questions, à priori simples pour un candidat à l'agrégation de mécanique puisqu'il s'agissait d'écrire, pour la première, le théorème de la résultante dynamique et pour l'autre, le théorème de l'énergie cinétique, n'ont été correctement traitées que par les deux tiers des candidats. Cette remarque s'applique aussi à la modélisation du capteur par un ressort (Q17).

Q15, Q18, Q19, Q20 : Ces quatre questions permettaient de construire pas à pas le schéma bloc du système. Une moitié seulement des candidats a tenté de répondre à ces questions, souvent correctement. Certains candidats ont malgré tout confondu la dérivation et l'intégration dans le domaine de Laplace. Il est toujours préférable dans une phase de modélisation de faire apparaître dans le schéma bloc les fonctions de transfert élémentaires ayant un sens physique plutôt que la fonction globale du système.

Q21 : Détermination de $T(p)$ en fonction de $U(p)$ et $V_f(p)$: question sans réelle difficulté mais qui nécessitait un peu de méthode et de rigueur pour ne pas partir dans des calculs qui n'en finissaient plus.

Q22, Q23 : Étude et tracé des diagrammes de Bode d'un système du second ordre. La détermination des coefficients du second ordre n'a en général pas posé de problèmes (certains candidats confondent forme canonique et décomposition en éléments simples). Par contre, le tracé des diagrammes est souvent faux ou trop simplifié pour permettre de répondre à la deuxième partie de la question 23.

Régulation de l'effort de traction

Q25, Q26 : Il s'agissait de vérifier si une simple régulation proportionnelle pouvait convenir. Une moitié des candidats a répondu correctement à la question concernant la stabilité, mais les calculs de l'erreur statique sans perturbation ($V_f(p)=0$) puis avec perturbation ont rarement été menés correctement.

Correction

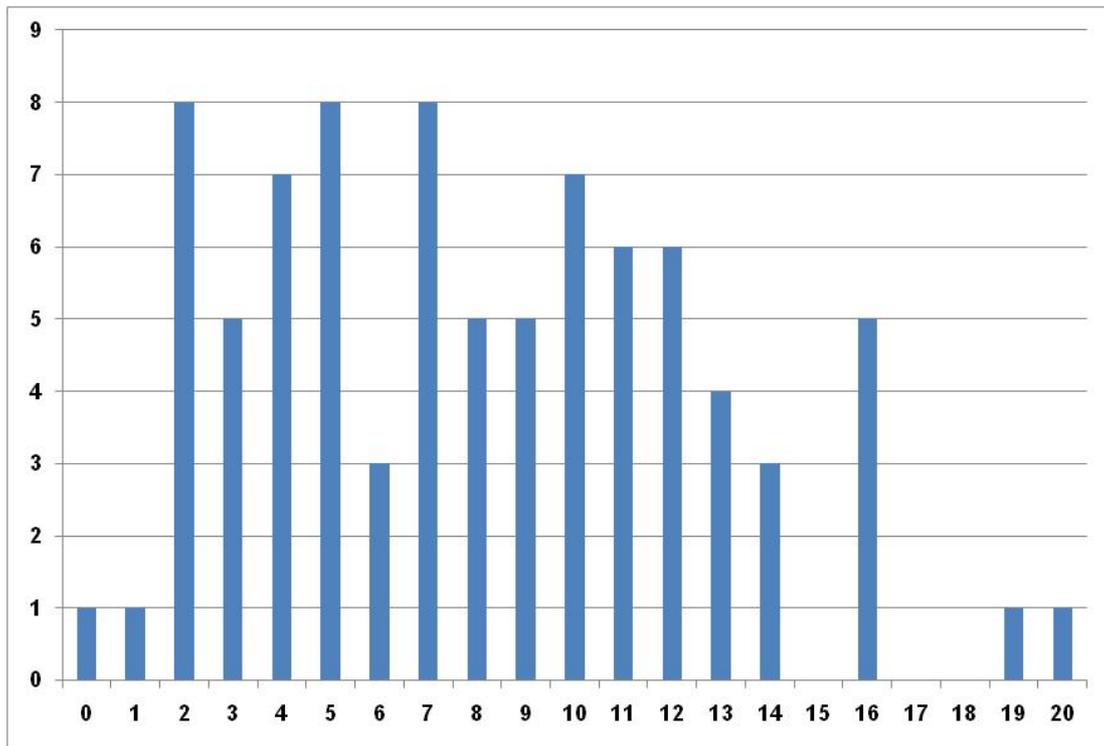
Q28 : Il s'agit de l'étude d'un correcteur PI. Cette question classique n'aurait pas dû poser de difficultés aux candidats, or seul un cinquième des candidats a répondu correctement.

Q29 : Seuls quelques candidats ont tenté le tracé du diagramme de Black. Le jury a relevé deux erreurs : oubli du gain G_c , ajout de la courbe réelle de G_1 et du diagramme asymptotique du correcteur PI.

Q30, Q31 : Aucun candidat n'a répondu correctement à ces deux questions.

Résultats

Le graphe ci-dessous présente l'ensemble des résultats obtenus à cette épreuve au cours de la session 2009.



Moyenne = 7,8 / 20