

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 :

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

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

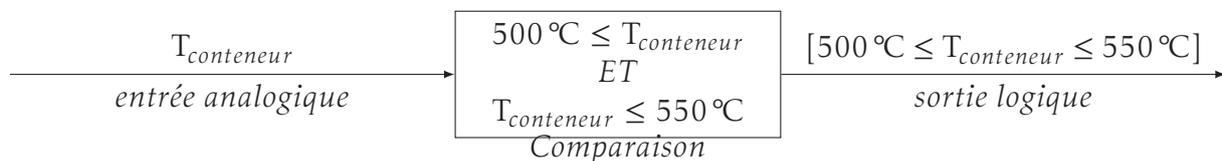
$$(\text{Longueur du bloc}_{mini}) \cdot S = (\text{Longueur du profilé}) \cdot s_{maxi}$$

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

$$\text{Longueur du bloc}_{mini} = 0,903 \text{ m}$$

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 :

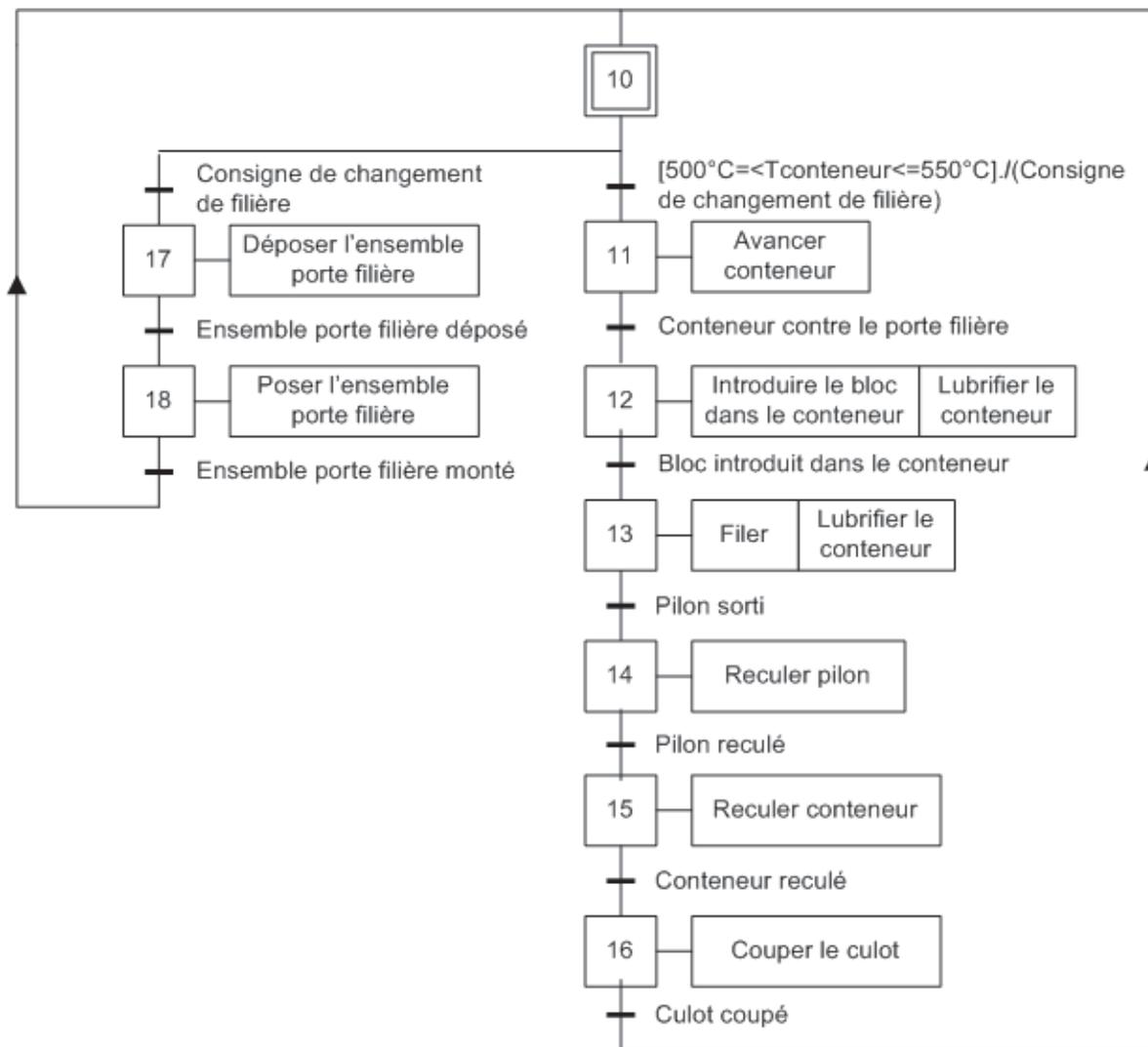


FIGURE 6 – cycle de la presse

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.

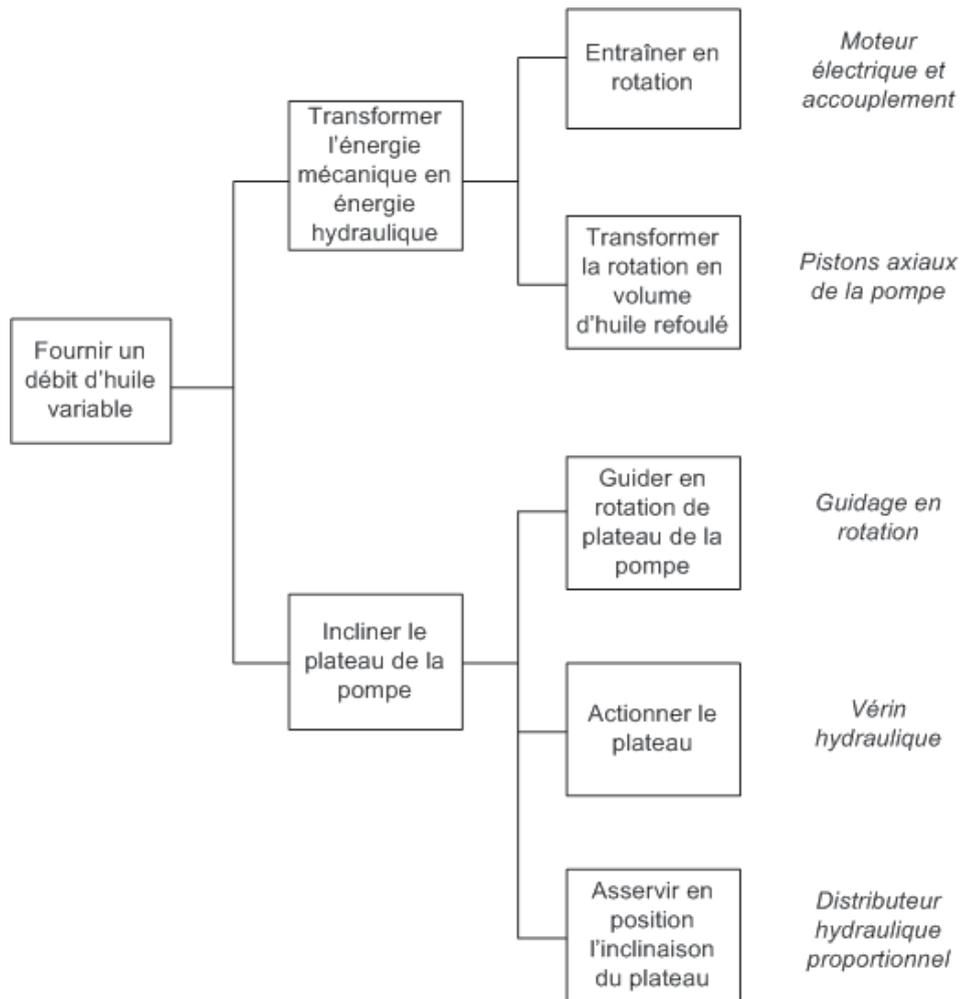


FIGURE 8 – Décomposition fonctionnelle

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

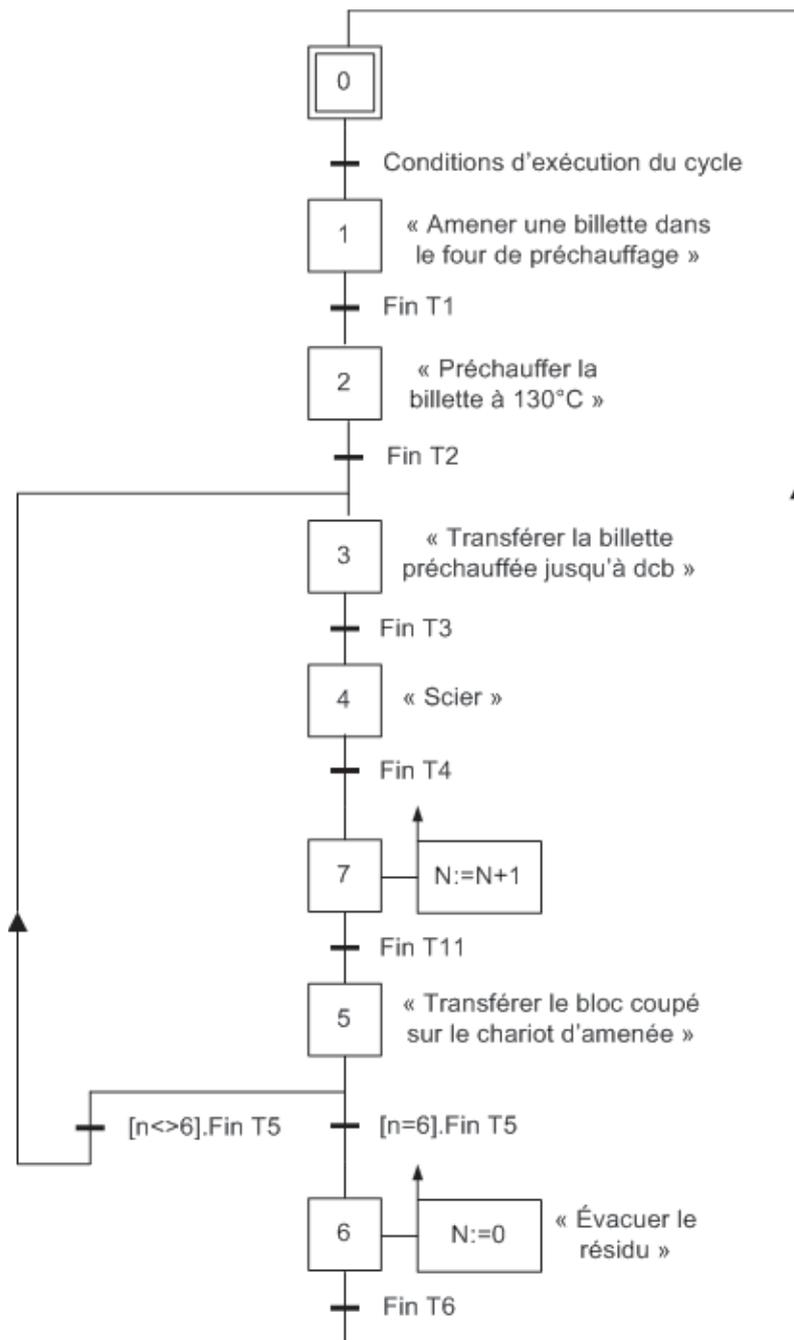


FIGURE 10 – grafset GCamenée

Q- 8

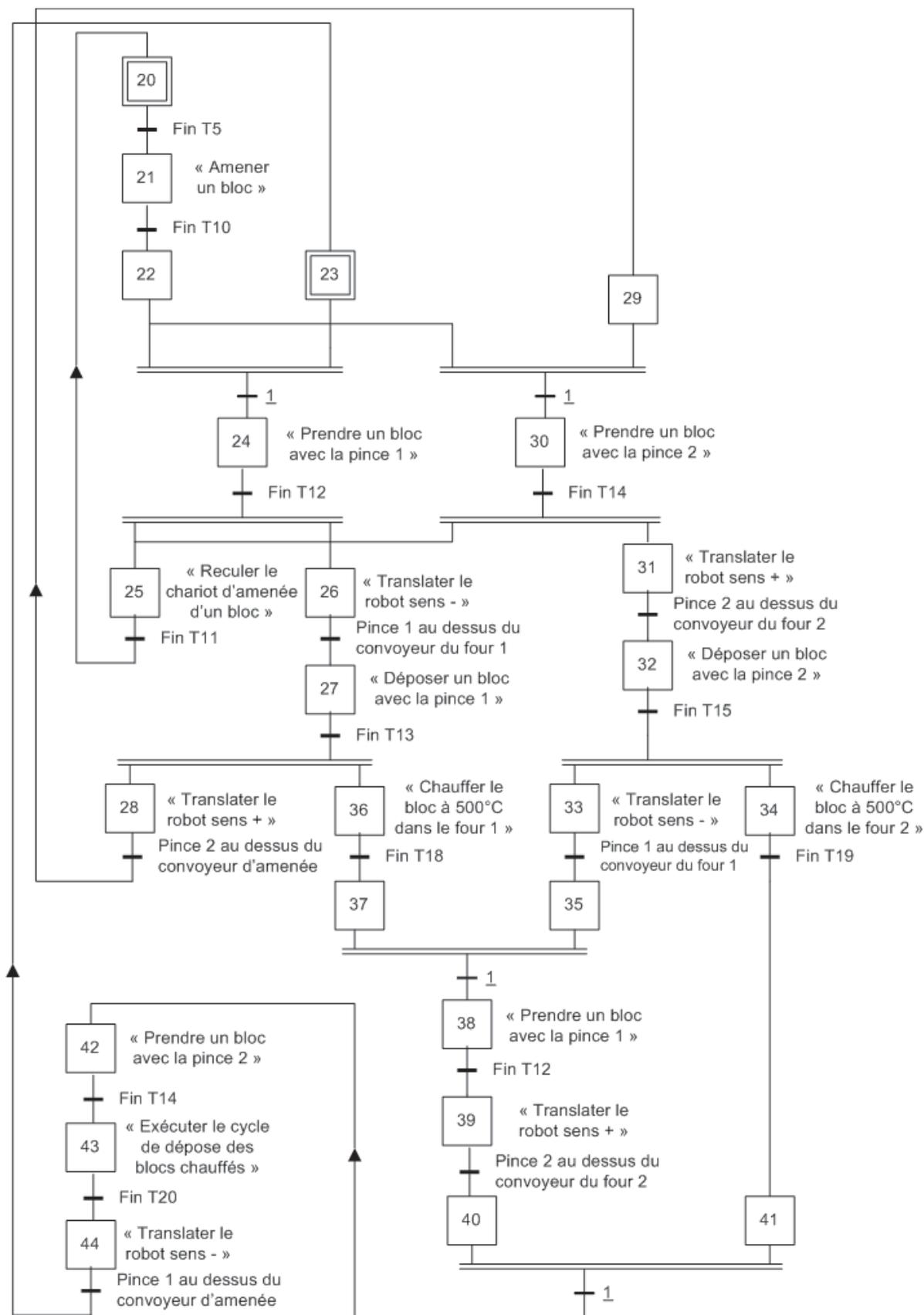


FIGURE 11 – grafset GC robot

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

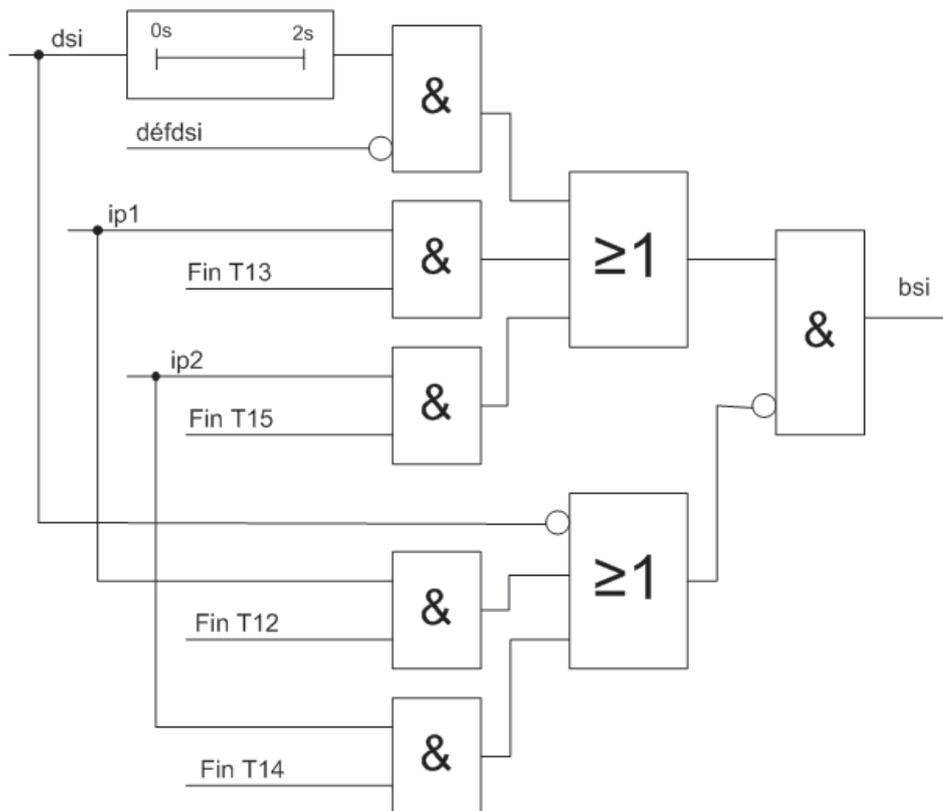


FIGURE 12 – Logigramme

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

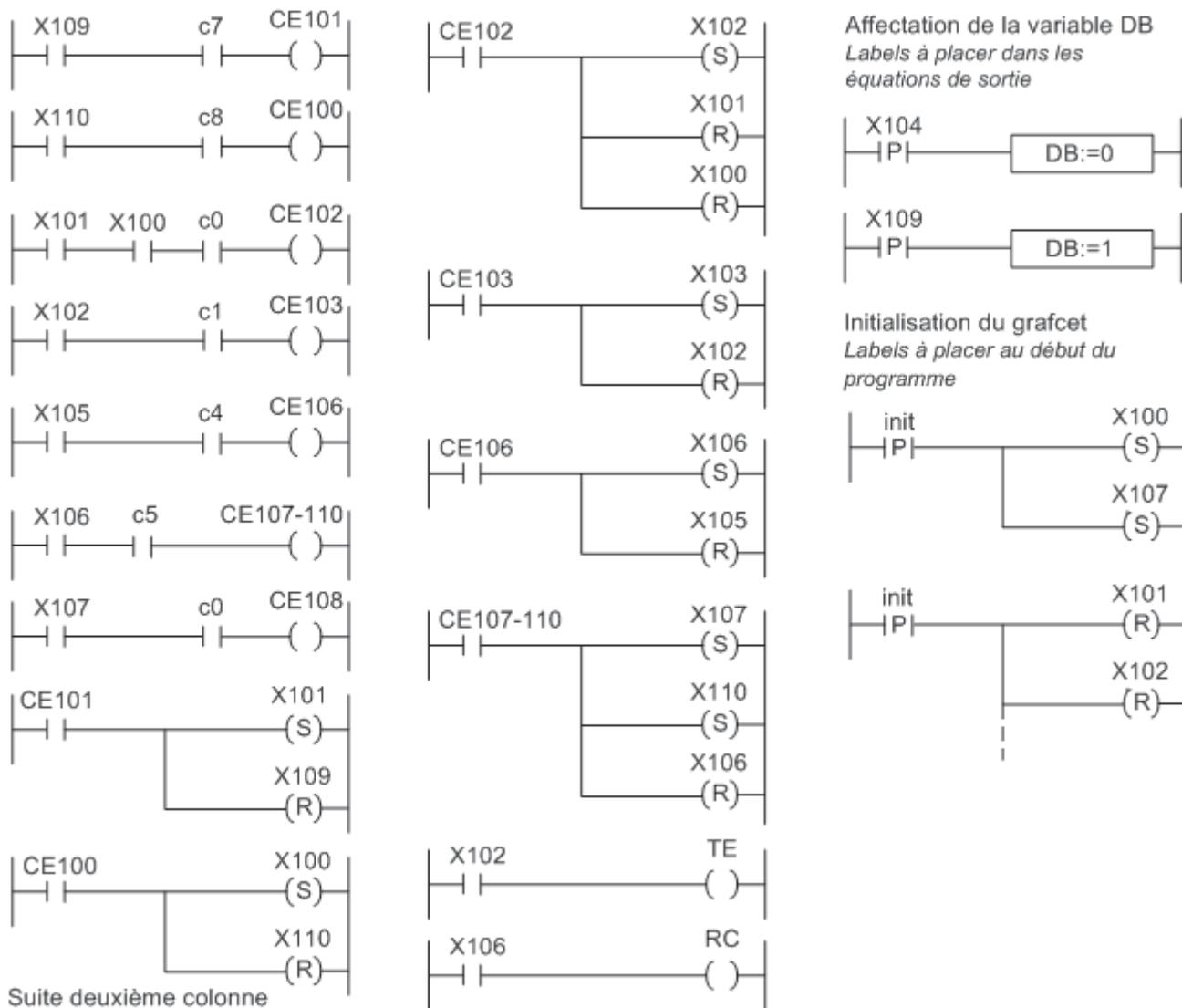


FIGURE 14 – schéma ladder

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

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

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

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

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

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

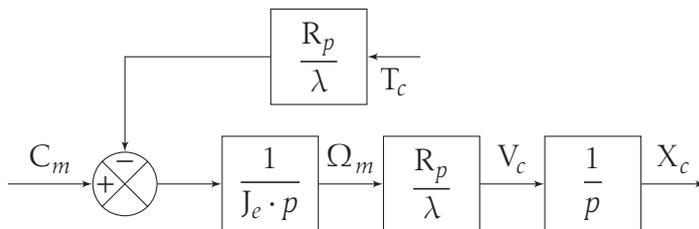
$$J_e \cdot \frac{\lambda}{R_p} \dot{v}_c = C_m - T_c \cdot \frac{R_p}{\lambda} \quad (4)$$

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

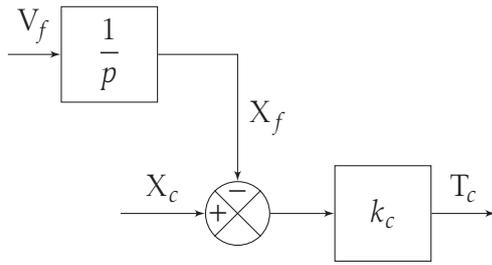


Q- 16 Capteur à jauge de contrainte

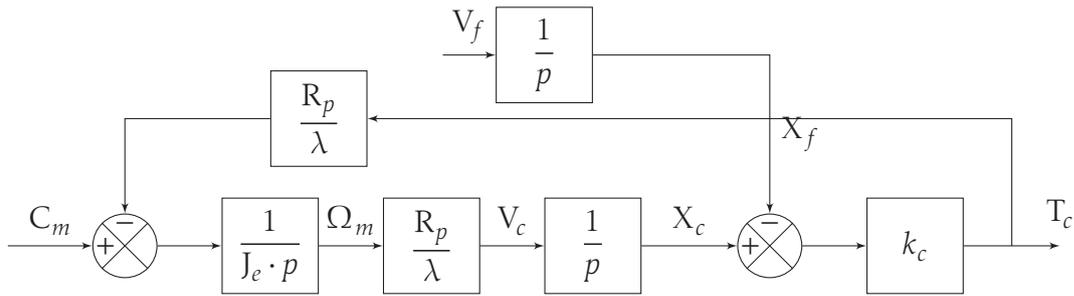
Q- 17 L'effort T_c est proportionnel à la déformation, si on suppose que à l'instant initial les positions relatives du chariot et de l'étaiu sont telles que $x_c = x_f = 0$ alors pendant le déplacement.

$$T_c = -k_c (x_f - x_c)$$

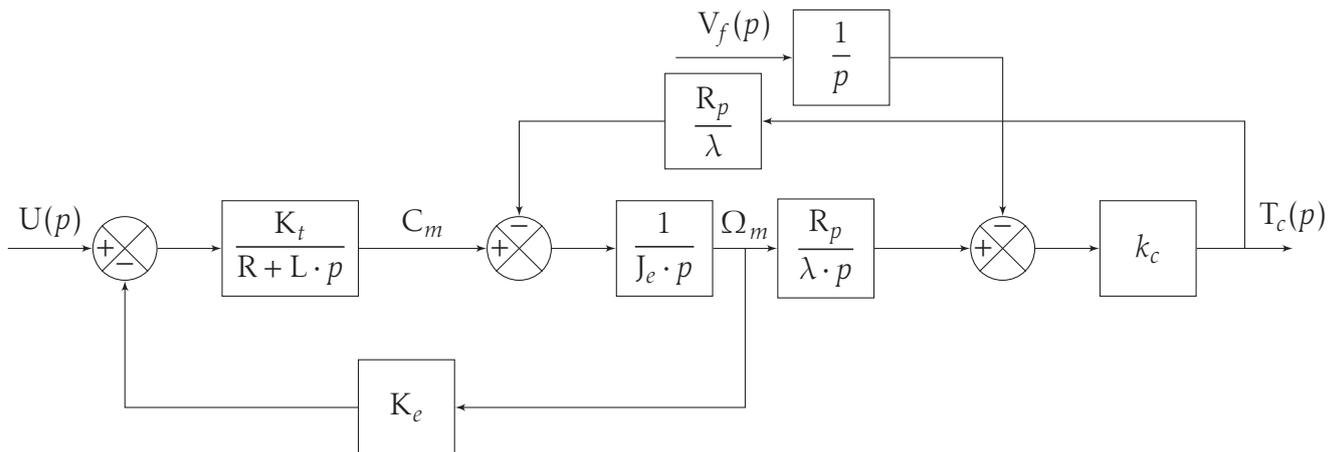
Q- 18



Q- 19



Q- 20



Q- 21

$$T_c(p) = H_e \cdot (H_c \cdot \Omega_m(p) - H_g \cdot V_f(p)) \quad (10)$$

$$\Omega_m(p) = H_b \cdot (H_a \cdot (U(p) - H_d \cdot \Omega_m(p)) - H_f \cdot T_c(p)) \quad (11)$$

$$d'o\grave{u} \Omega_m(p) = H_b \cdot \frac{H_a \cdot U(p) - H_f \cdot T_c(p)}{1 + H_b \cdot H_a \cdot H_d} \quad (12)$$

en substituant dans la première relation :

$$T_c(p) = H_e \cdot \left(\frac{H_c \cdot H_b \cdot (H_a \cdot U(p) - H_f \cdot T_c(p))}{1 + H_b \cdot H_a \cdot H_d} - H_g \cdot V_f(p) \right) \quad (13)$$

finalement

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

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 $K \approx 535$, $\omega_n \approx 3,45 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$

et $z \approx 7,43$.

La fonction de transfert peut donc être mise sous la forme d'un produit de deux premiers ordres : $H_2(p) \approx \frac{535}{1 + 4,31 \cdot p + 0,0085 \cdot p^2} \approx \frac{535}{(1 + 0,02 \cdot p)(1 + 4,3 \cdot p)}$

Q- 23

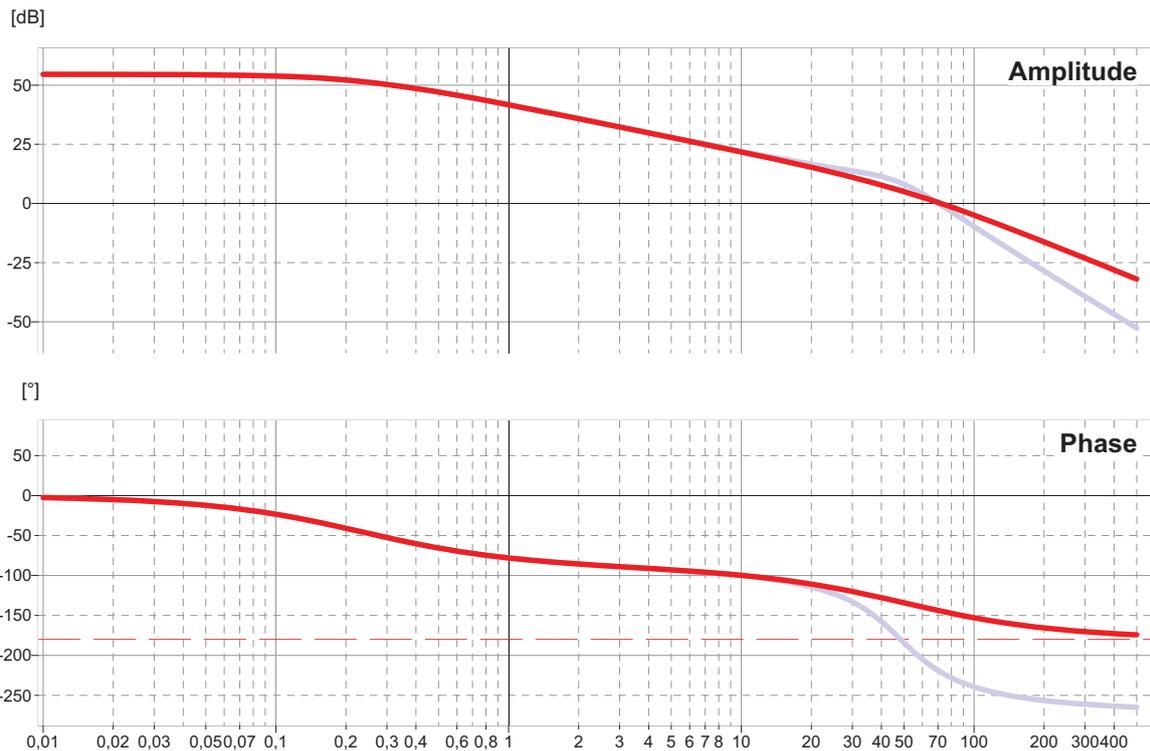


FIGURE 20 – Diagramme de Bode $G_1(p)$

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° .

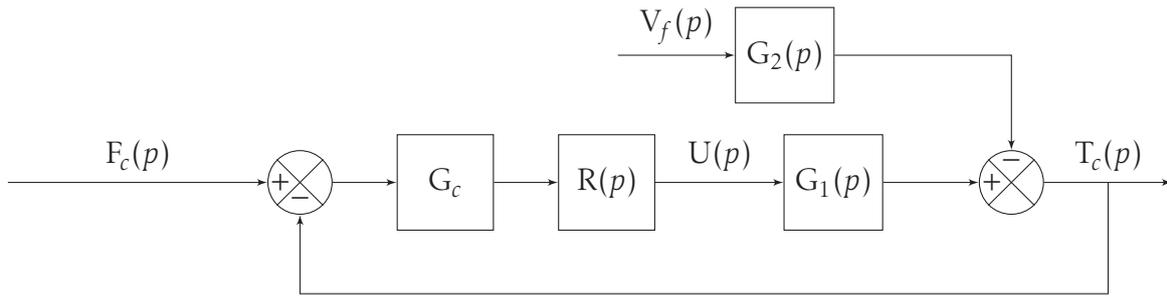
La modélisation par le modèle du second ordre ne sera donc possible que si le domaine de fréquence du système à étudier est inférieur à $\frac{10}{\pi} \approx 3 \text{ Hz}$ et que le gain de boucle ne soit pas trop important. Le risque d'instabilité est certainement ce qui va le plus limiter cette modélisation, 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 justification est évaluée.

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 $V_f(p) = 0$

$$BO(p) = G_c \cdot R_0 \cdot G_1(p)$$

$$BO(p) = \frac{2,90 \cdot 10^5 \cdot R_0}{(p + 0,232) \cdot (p^2 + 45,2 \cdot p + 2330)} \quad (17)$$

$$BF(p) = \frac{BO(p)}{1 + BO(p)}$$

$$BF(p) = \frac{1450 \cdot R_0}{5 \cdot p^3 + 226 \cdot p^2 + 11695 \cdot p + 2330 + 1450 \cdot R_0} \quad (18)$$

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

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

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 $\epsilon_s = F_c(p) - T_c(p) = \lim_{t \rightarrow \infty} (\epsilon(t)) = \lim_{p \rightarrow 0} (p \cdot \epsilon(p))$.

$$\epsilon(p) = F_c(p) - T_c(p) = F_c(p) - BO(p) \cdot \epsilon(p) + G_2(p) \cdot V_f(p)$$

$$\epsilon(p) = \frac{1}{1 + BO(p)} F_c(p) + \frac{G_2(p)}{1 + BO(p)} \cdot V_f(p)$$

$$\epsilon_s = \lim_{p \rightarrow 0} \left(p \cdot \left(\frac{1}{1 + BO(p)} F_c(p) + \frac{G_2(p)}{1 + BO(p)} \cdot V_f(p) \right) \right) \quad (19)$$

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

$$\begin{aligned}\epsilon_s &= \lim_{p \rightarrow 0} \left(p \cdot \frac{1}{1 + \text{BO}(p)} F_c(p) \right) = \lim_{p \rightarrow 0} \left(p \cdot \frac{1}{1 + G_c \cdot R_0 \cdot G_1(p)} F_c(p) \right) \\ \epsilon_s &= \lim_{p \rightarrow 0} \left(p \cdot \frac{1}{1 + G_c \cdot R_0 \cdot G_1(p)} \frac{2000}{p} \right) = \lim_{p \rightarrow 0} \left(\frac{2000}{1 + G_c \cdot R_0 \cdot G_1(p)} \right)\end{aligned}\quad (20)$$

$$\epsilon_s = \lim_{p \rightarrow 0} \left(\frac{2000}{1 + \frac{2,90 \cdot 10^5 \cdot R_0}{(p + 0,232) \cdot (p^2 + 45,2 \cdot p + 2330)}} \right) = \frac{466000}{233 + 145 \cdot R_0}\quad (21)$$

Finalemment 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

$$\epsilon_s = \lim_{p \rightarrow 0} \left(p \cdot \left(\frac{1}{1 + \text{BO}(p)} F_c(p) + \frac{G_2(p)}{1 + \text{BO}(p)} \cdot V_f(p) \right) \right)\quad (22)$$

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

$$= \lim_{p \rightarrow 0} \left(p \cdot \left(\frac{1}{1 + G_c \cdot R_0 \cdot G_1(p)} F_c(p) + \frac{G_2(p)}{1 + G_c \cdot R_0 \cdot G_1(p)} \cdot V_f(p) \right) \right)\quad (23)$$

$$= \lim_{p \rightarrow 0} \left(p \cdot \left(\frac{1}{1 + \frac{2,90 \cdot 10^5 \cdot R_0}{(p + 0,232) \cdot (p^2 + 45,2 \cdot p + 2330)}} F_c(p) \right) \right)\quad (24)$$

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

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

$$\epsilon_s = \frac{233}{233 + 145 \cdot R_0} \cdot F_c + \frac{33555915}{233 + 145 \cdot R_0} \cdot v_3\quad (25)$$

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 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.

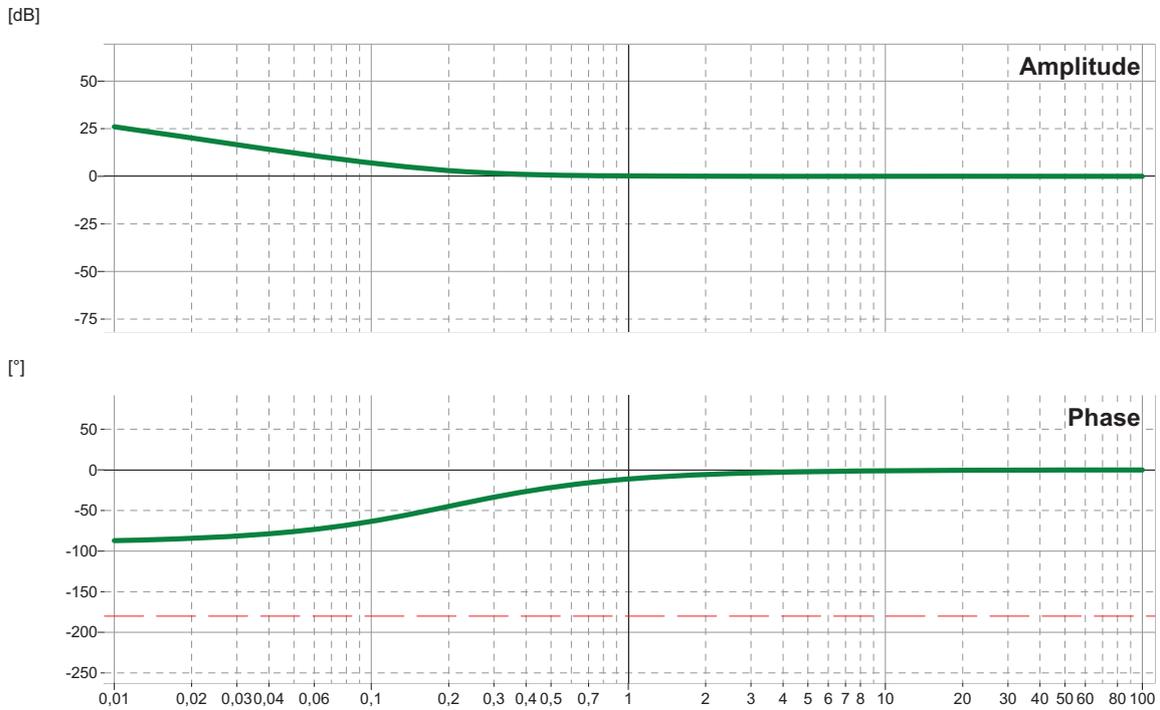


FIGURE 22 – Diagramme de Bode correcteur $R(p)$

Q- 29 Diagramme de Black

La marge de gain est très importante, la marge de phase est $\approx 90^\circ$.
Le système est stable.

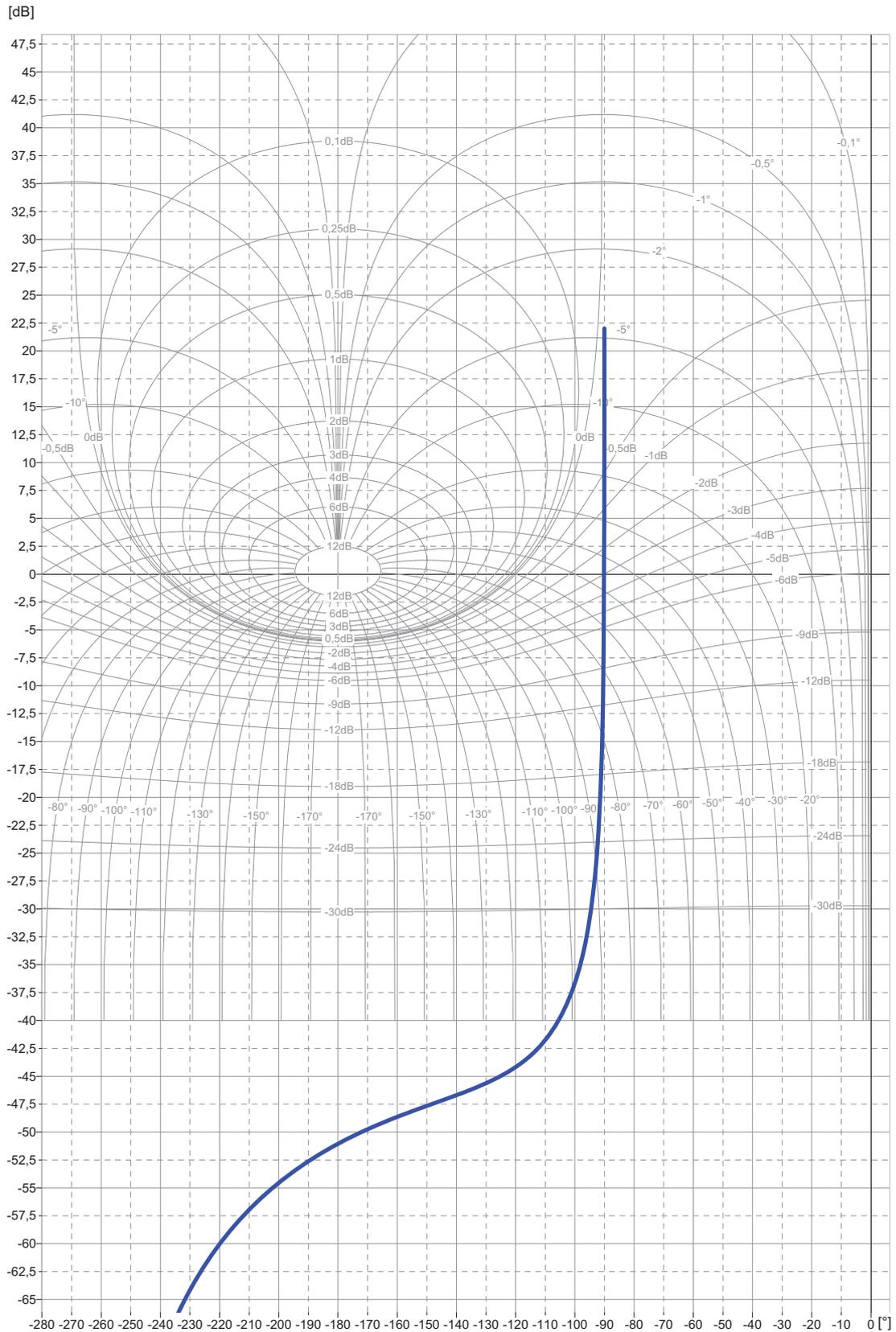
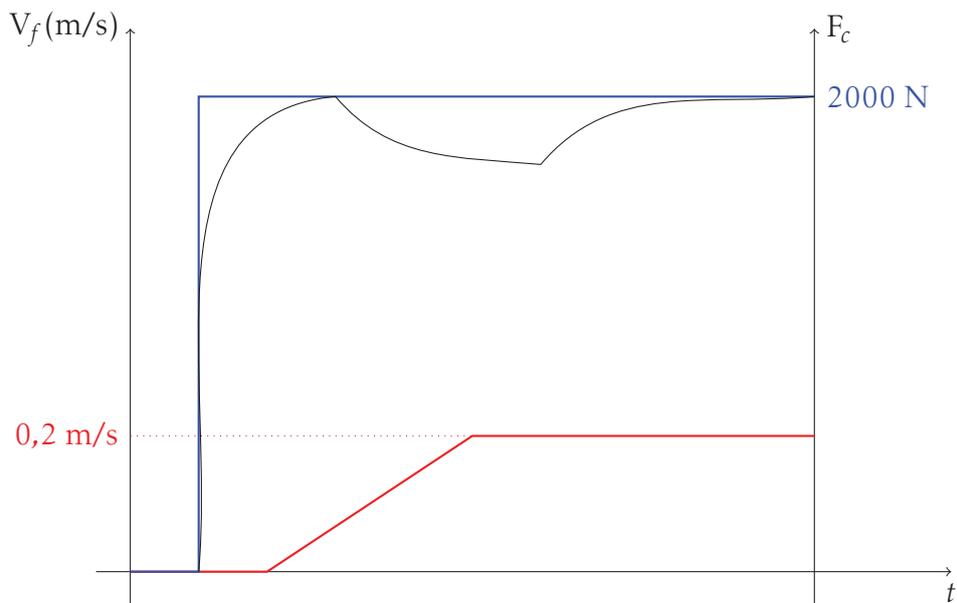


FIGURE 23 – Diagramme de Black FTBO corrigée ($R_0 = 1$)

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).



Q- 31

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

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 quelle soit tangente 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° .

RÉSULTATS ET COMMENTAIRES

Philippe TAILLARD - Khalid KOUIS

Résultat global de l'épreuve

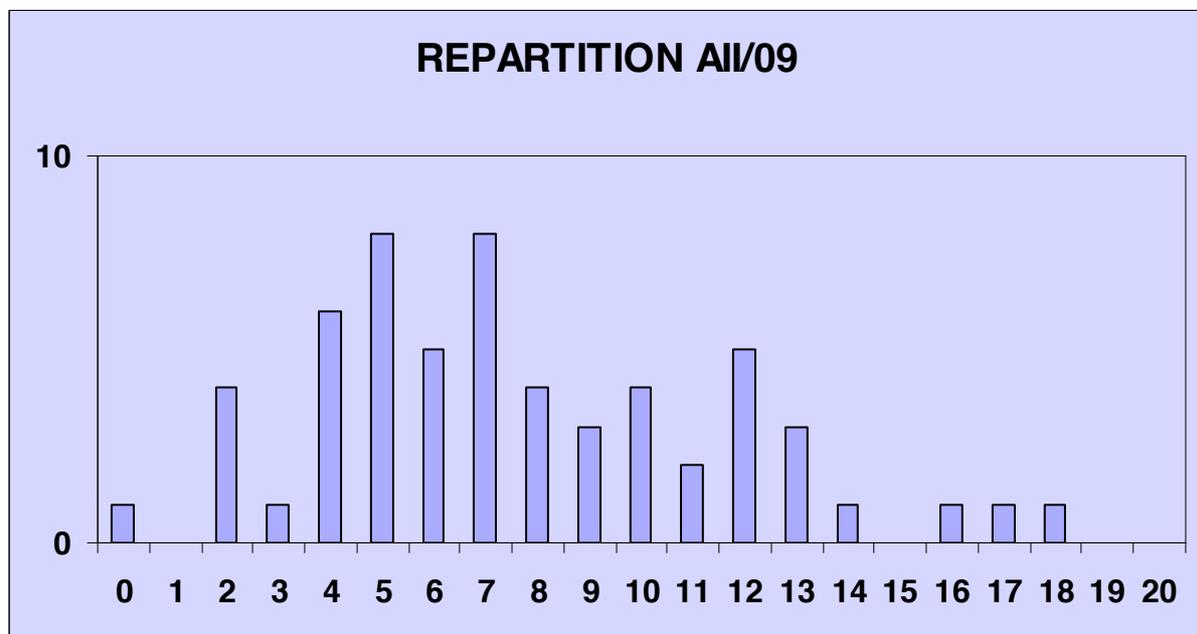
L'analyse des notes montre que les candidats ayant bien réussi ($\text{note} \geq 10$) ont composé dans les deux parties de l'épreuve. A l'inverse, des candidats brillants dans l'une des parties ayant fait l'impasse sur autre partie, obtiennent au final un résultat médiocre.

La moyenne de l'épreuve est de **7,2**.

La note mini est **0**.

La note maxi **17,85**.

L'écart type est de **3,98**.



Partie A : cycle de fabrication de profilés

Question 1

Pour cette question traitée par tous, les candidats ont fréquemment commis deux erreurs : oubli de tenir compte des deux profilés dans le calcul de la section filée (mauvaise lecture de la question en page 5) et confusion entre le diamètre du bloc brut et le diamètre circonscrit du profilé (mauvaise lecture de l'annexe 2). *Taux de réponse 66%*.

Question 2

Pour ce calcul de longueur du bloc mini – traité par une grande majorité – il fallait prendre en compte les pertes de matière, et considérer les dimensions maximales du profilé. La principale erreur rencontrée a été au niveau de la tolérance dimensionnelle des épaisseurs. *Taux de réponse 42%*.

Question 3

La première partie de cette question (traitement du signal du capteur de température) a été traitée très inégalement. Il y a eu peu de réponses précises.

Pour le grafcet du cycle de la presse, le séquençement des opérations n'a pas posé de problème. Par contre le choix de séquences – changement d'outillage et production normale – avec la divergence en OU du cycle, a posé beaucoup de difficultés à bon nombre de candidats. *Taux de réponse 66%*.

Question 4

L'explication littérale du fonctionnement de la pompe à débit variable n'a pas posé de problème particulier. *A contrario*, la description fonctionnelle de type FAST a été peu et mal traitée. De toute évidence l'outil FAST est très mal maîtrisé par les candidats de génie mécanique. La réponse attendue à cette question était cependant générale et indépendante de la résolution du problème d'automatisme. *Taux de réponse 33%*.

Question 5

Cette question très simple a permis à beaucoup de candidats de glaner le maximum de points. Les erreurs les plus fréquentes ont été de sommer les pressions des pompes montées en parallèle ou d'unité dans les calculs de puissances. *Taux de réponse 47%*.

Question 6

Cette question aisée a été traitée par tous, avec néanmoins une erreur classique commise par 50% des candidats : prise en compte de la vitesse de sortie du profilé pour calculer la puissance d'entrée... *Taux de réponse 48%*.

Question 7

Cette question classique qui ne présentait pas de difficulté particulière n'a pas majoritairement été bien traitée. Très peu de candidats ont su décrire la reprise de séquence (faire tant que $n < 6$) avec l'usage d'une variable interne de comptage. *Taux de réponse 40%*.

Question 8

Cette question n'était pas aisée. La description du cycle du robot donne lieu à un grafcet complexe nécessitant une bonne maîtrise de l'outil Grafcet. Seul 10% des candidats l'a traitée de manière satisfaisante.

Par contre la réflexion demandée pour l'amélioration du cycle a été majoritairement bien menée. Cela signifie que le problème d'automatisation a été bien appréhendé par tous les candidats qui ne maîtrisent pas suffisamment l'outil Grafcet pour aboutir dans l'analyse fonctionnelle de l'automatisme séquentiel. *Taux de réponse 22%*.

Question 9

Cette question aisée a été assez bien traitée. *Taux de réponse 50%*.

Question 10

Cette question a révélé que les candidats ne connaissent pas l'outil logigramme ou n'ont pas l'habitude de le manipuler. Certains ont répondu, soit avec des équations logiques, soit avec des schémas à contact (en schéma Ladder). *Taux de réponse 20%*.

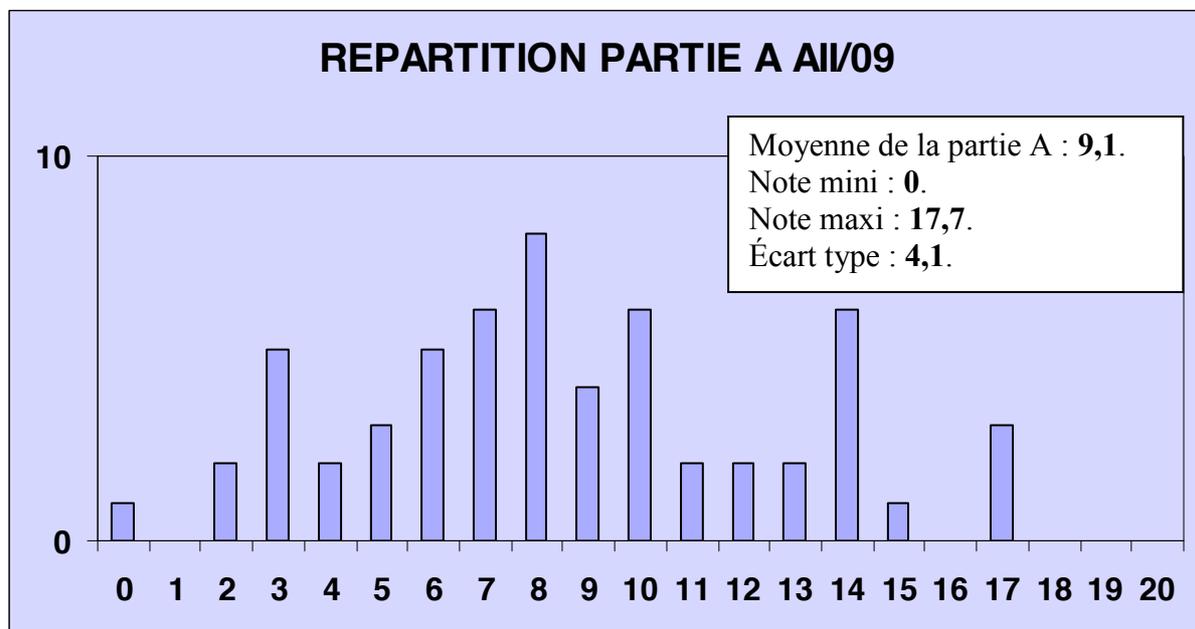
Question 11

Cette question de connaissance générale indépendante du problème à résoudre a été peu abordée. *Taux de réponse 17%*.

Question 12

Cette dernière question de programmation n'a été abordée que par 50% des candidats. Pour ce travail classique d'interprétation logique du modèle Grafcet il était donné beaucoup d'éléments essentiels à sa résolution dans l'énoncé qui permettait à non spécialiste de répondre. *Taux de réponse 23%*.

Il apparaît nettement que les candidats ont su appréhender les caractéristiques et la problématique de l'automatisation de cette unité de fabrication, mais sont pénalisés par la non maîtrise des outils de description fonctionnelle de base que sont le FAST, le Grafcet, et le logigramme. Les réponses aux questions 4, 8 et 10 en font la démonstration. Les candidats ont expliqué littéralement le fonctionnement de la pompe sans être capable d'en faire le FAST, ils ont proposé des améliorations du cycle de robot sans l'avoir décrit par Grafcet, enfin ils ont répondu avec des schémas à contacts ou équations logiques ou en langage structuré là où il était demandé du logigramme.



Partie B : étude du Puller

Cette partie traitait du problème d'asservissement de l'effort de traction pour le filage des profilés. Ce système, appelé « puller » dans le sujet, était constitué d'un moteur à courant continu, d'un vérin pour la saisie des profilés et d'un capteur d'effort. Les questions étaient partagées en deux sous-ensembles :

- Un premier sous-ensemble de 11 questions, dont le but était de proposer un modèle de connaissance du système d'asservissement de l'effort de traction, à partir des lois physiques et de la structure mécanique.
- Un deuxième ensemble de 7 questions, dont le but était d'étudier les performances d'un correcteur proportionnel puis d'un correcteur proportionnel-Intégral pour l'asservissement.

La répartition des notes (sur 20), présentée ci-dessous, montre que plus de la moitié des candidats ne l'a presque pas abordée. Le niveau global des candidats pour la partie asservissement reste encore très faible. Les difficultés concernent aussi bien les aspects modélisation de systèmes réels que les aspects étude des performances de modèles d'asservissement fournis.

Partie « modélisation »

Les questions de 13 et 14 permettaient de poser les équations mécaniques qui régissaient le mouvement du chariot. 40% des candidats a traité ces deux questions.

Les questions de 15 à 20 consistaient à construire le modèle de la boucle d'asservissement de l'effort de traction. Seulement un tiers des candidats a traité convenablement ces questions même si un pourcentage plus important a répondu correctement à la question 16 sur la technologie employée pour le capteur d'effort.

Les questions de 21 à 23 consistaient à simplifier le modèle de la boucle d'asservissement et pouvaient être traitées d'une manière indépendante. Un nombre plus important de candidats a répondu correctement à ces questions.

Partie « régulation de l'effort de traction »

Les sept questions de cette partie, même s'ils étaient très classiques dans leur forme et dans leur niveau de difficulté, n'ont été traitées que par une dizaine de candidats. Ce qui est très décevant et montre, encore une fois, que la grande majorité des candidats passe à côté des enjeux principaux de la partie asservissement.

