

# AMÉLIORATION DES PERFORMANCES DES SLCI

## POSTE DE DÉROULEMENT DE LA LIGNE LG37

### 1 Présentation

La société *Péchiney-Rhénalu* installée à Issoire (Puy de Dôme) est spécialisée dans la fabrication de tôles d'aluminium de différentes épaisseurs à hautes caractéristiques mécaniques. Schématiquement, le processus de fabrication débute par la coulée de lingots d'aluminium et de métaux d'addition qui sont ensuite laminés et conditionnés en bobines (à gauche sur la FIGURE 1).

Ces bobines sont ensuite déroulées et débitées en tôles de différentes dimensions (FIGURE 2). Une des lignes de fabrication à haut rendement de ces tôles (repérée *LG37*) est l'objet de cette étude.



FIGURE 1 – vue partielle de la ligne *LG37*



FIGURE 2 – produits finis en sortie de la *LG37*

### 2 Description sommaire et limite de l'étude

Comme le montrent les FIGURE 1 et FIGURE 2, la ligne de débitage *LG37* fait apparaître plusieurs systèmes en série (dérouleuse → planeuse → cisaille → empileuse). On restreint le champ de notre étude au seul poste d'engagement des bobines dans la ligne de débitage. La FIGURE 3 présente l'entrée de la *LG37*, notamment la dérouleuse (objet de cette étude). On remarque les bobines en attente en arrière de la ligne. Montée sur la tête mobile de dérouleuse, une bobine est en cours de conditionnement.

Schématiquement, le processus semi-automatique de fabrication est le suivant :

- un système de chariot amène la bobine face au poste d'engagement ;
- un mandrin monté sur la tête de déroulage vient saisir la bobine par son centre ;

- le bras porte-rouleaux vient casser la soudure de première spire de bobine et maintient celle-ci en position plaquée ;
- la bobine est alors centrée suivant l'axe de la ligne et le système de bêche vient guider le début de la bande dans le premier rouleau de la planeuse (phase d'engagement) ;
- la bande planée passe ensuite dans une cisaille à la volée qui débite la tôle à la longueur désirée avant que ces dernières ne soient empilées et emballées en sortie par un poste de conditionnement (FIGURE 2).

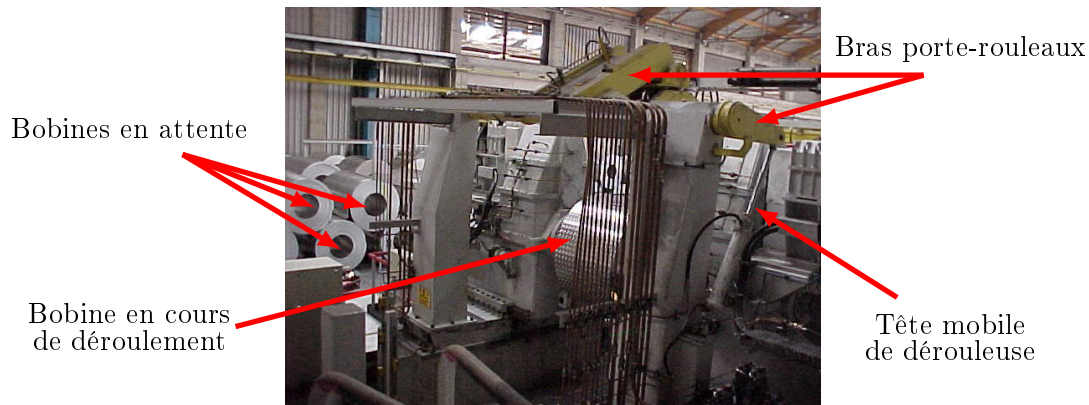


FIGURE 3 – vue de la dérouleuse coté engagement

On concentre notre étude sur le système de régulation de position de bande. La recherche de la qualité des produits finis en bout de ligne impose le maintien des bobines dans l'axe de la ligne durant leurs traitements sur la *LG37*.

Sur les dérouleuses-enrouleuses, on centre en général les bandes axialement. Ainsi, la position de la bande en défilement est détectée en permanence par des capteurs qui fournissent une information sur la position relative de son axe par rapport à l'axe de la ligne.

---

### Objectif

---

L'objectif de ce travail est de vérifier si les performances du système de régulation de position de bande satisfont bien les exigences du cahier des charges.

---

## 3 Travail demandé

### 3.1 Modélisation de l'actionneur principal

On cherche à modéliser le comportement dynamique du vérin hydraulique VH accouplé à l'ensemble {tête mobile + bobine}. Plutôt que d'écrire les équations de bilan, on cherche à établir un modèle de comportement à partir de la réponse indicielle  $v(t) = f(q_v(t))$  donnée sur le document réponse DR1. On rappelle que  $q_v(t)$  représente le débit volumique entrant dans le vérin hydraulique VH et que  $v(t)$  représente sa vitesse de translation par rapport au bâti.

**Question 1** À partir du document réponse DR1, justifier une approche au premier ordre pour le comportement dynamique du système. On précise que  $q_v(t) = q_{v0}.u(t)$  avec  $q_{v0} = 10 \text{ l.s}^{-1}$ .

**Question 2** Donner la forme canonique de la fonction de transfert  $H_{VH}(p) = \frac{V(p)}{Q_v(p)}$ .

**Question 3** Déterminer graphiquement les deux grandeurs caractéristiques, c'est-à-dire le gain statique  $G_{VH}$  et la constante de temps  $\tau_{VH}$  en précisant leurs unités.

### 3.2 Étude des performances en mode « Recentrage »

On donne le schéma-blocs suivant (FIGURE 4) pour le modèle de commande en mode « Recentrage ».

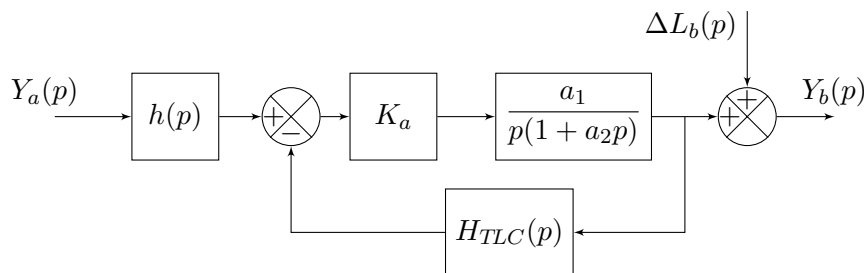


FIGURE 4 – Modèle de commande en mode « Recentrage »

**Question 4** Quelle est l'utilité du bloc de fonction de transfert  $h(p)$ ? Justifier le fait que  $h(p) = H_{TLC}(p)$ . Précisez les unités.

On prendra pour la suite :  $H_{TLC}(p) = \frac{U_{m1}(p)}{Y_b(p)} = K_{TLC} = \frac{0,02}{3} \text{ V/m}$ .

**Question 5** Déterminer la fonction de transfert en boucle fermée de ce système et la mettre sous la forme :

$$Y_b(p) = H_m(p)Y_a(p) + H_r(p)\Delta L_b(p)$$

L'hypothèse de linéarité nous incite à étudier séparément les deux fonctions de transfert  $H_m(p)$  et  $H_r(p)$ . On considère dans un premier temps le système **non perturbé**.

**Les valeurs numériques suivantes seront utilisées afin de répondre à la suite du problème :**  $a_1 = 11,67 \text{ m.V}^{-1}$ ;  $a_2 = 1 \text{ s}$ ;  $K_a = 1$

**Question 6** Déterminer le gain en boucle ouverte  $G_{BO}$  et la classe en boucle ouverte  $\alpha_{BO}$  du système non perturbé. En déduire l'erreur statique relative en boucle fermée  $\varepsilon(\infty)$  pour une entrée de consigne du type échelon. Faire l'application numérique.

**Question 7** Ce modèle de commande est-il stable en boucle fermée? Justifier votre réponse.

**Question 8** La réponse indicielle du système non perturbé présente-t-elle un dépassement? Déterminer numériquement le coefficient d'amortissement  $\xi$ , pour  $K_a = 1$ . Estimer alors numériquement le temps de réponse à 5%, noté  $t_{5\%}$ .

**Question 9** Estimer la valeur de  $K_a$  assurant une réponse sans dépassement et un temps de réponse minimal. Faire les applications numériques.

**Question 10** Sur le DR2, tracer l'allure des deux réponses indicelles  $y_b(t)$ . Placer sur le graphique les échelles et les caractéristiques remarquables.

**Question 11** Sur quels critères de performances (respectivement la stabilité, la précision  $\varepsilon(\infty)$ , le temps de réponse  $t_{5\%}$ ), une modification de la valeur de  $K_a$  agit-elle ? Justifier votre réponse pour chaque critère en indiquant le sens de variation.

On considère à présent le système complet incluant les variations de demi-largeur de bande  $\Delta L_b(p)$  comme le montre la FIGURE 4.

**Question 12** Montrer simplement que, dans ce cas perturbé, l'erreur statique due à la perturbation  $\Delta L_b(p)$  ne peut jamais être nulle et que sa valeur est indépendante du réglage de  $K_a$ .

#### 4 Modèle de commande en mode « Automatique »

Afin de pallier les variations de largeur de bande en cours de déroulage, un système de palpage (cellules EVK) est installé sur la ligne. L'architecture de la commande retenue est donnée par le schéma-blocs suivant (on considèrera que  $H_{EVK}(p) = pK_{EVK}$ ).

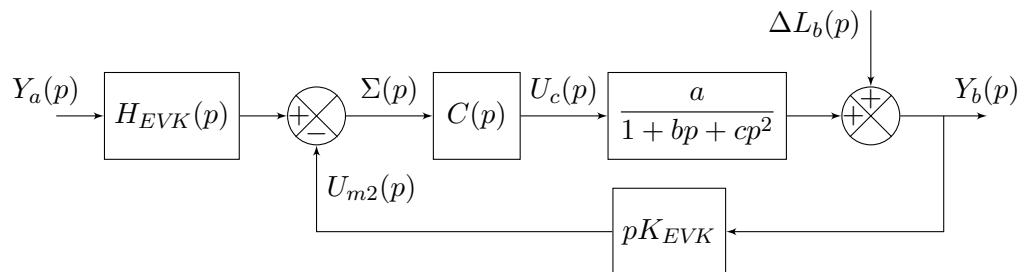


FIGURE 5 – Modèle de commande en mode « Automatique »

On prendra pour la suite :  $a = \frac{3}{20}$ ,  $b = c = 1,98$  et :  $K_{EVK} = 100 \text{ V.s.m}^{-1}$ .

**Question 13** Quelle est l'unité de la constante  $a$  ?

On choisit un correcteur dont on donne le schéma-blocs sur la FIGURE 6 :

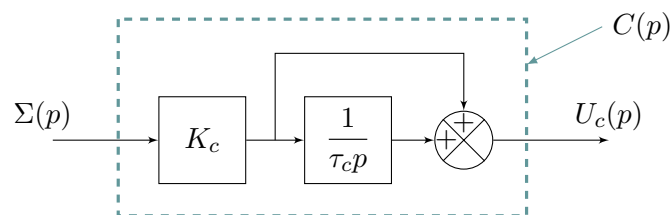


FIGURE 6 – Schéma-blocs du correcteur  $C(p)$

**Question 14** Déterminer la fonction de transfert du correcteur  $C(p) = \frac{U_c(p)}{\Sigma(p)}$ . Donner le nom de ce correcteur.

**Question 15** Déterminer **analytiquement** la fonction de transfert en boucle fermée de ce système (FIGURE 5) et la mettre sous la forme :

$$Y_b(p) = H_{mc}(p)Y_a(p) + H_{rc}(p)\Delta L_b(p)$$

**Question 16** Déterminer la valeur finale  $y_b(\infty)$  en fonction de  $a$ ,  $\tau_c$ ,  $K_c$ ,  $K_{EVK}$ ,  $Y_{a_0}$  et  $\Delta L_0$ . On suppose que l'entrée principale et l'entrée de perturbation sont modélisables par deux signaux de type échelon :

$$Y_a(p) = \frac{Y_{a_0}}{p} \quad \text{et} \quad \Delta L(p) = \frac{\Delta L_0}{p} \quad \text{avec :} \quad (Y_{a_0}, \Delta L_0) \in \mathbb{R}^+$$

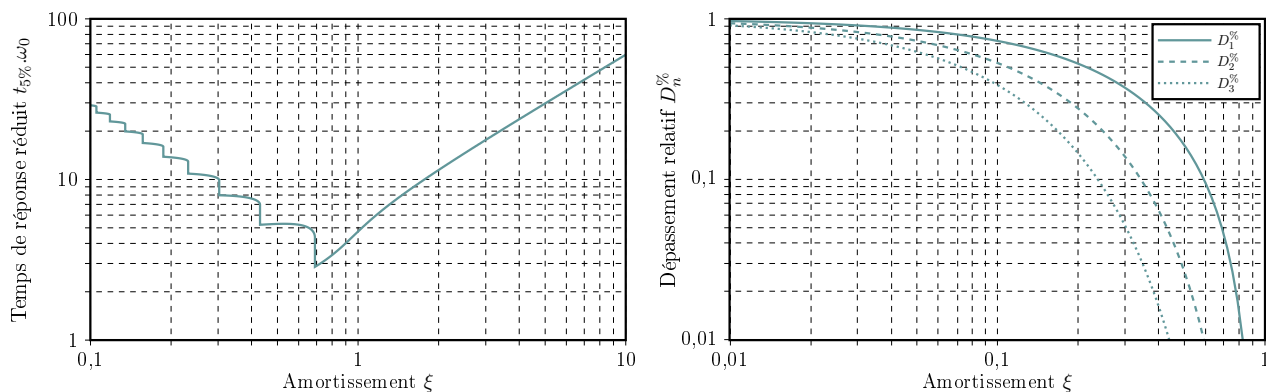
**Question 17** Déterminer l'expression littérale de l'erreur statique  $\varepsilon(\infty)$  de ce système corrigé. En déduire la valeur numérique de l'erreur  $\varepsilon(\infty)$  pour  $K_c = 1$ . On considèrera que  $Y_{a_0} = 3,3\text{ m}$ ,  $\Delta L_0 = 10\text{ mm}$ , et  $\varepsilon(\infty)$  sera exprimée en %. On prendra  $\tau_c = 0,1\text{ s}$ .

**Question 18** Déterminer la valeur numérique de  $K_c$  permettant d'atteindre l'erreur maximale définie par le cahier des charges ( $\varepsilon_{\max} = 0,1\%$ ).

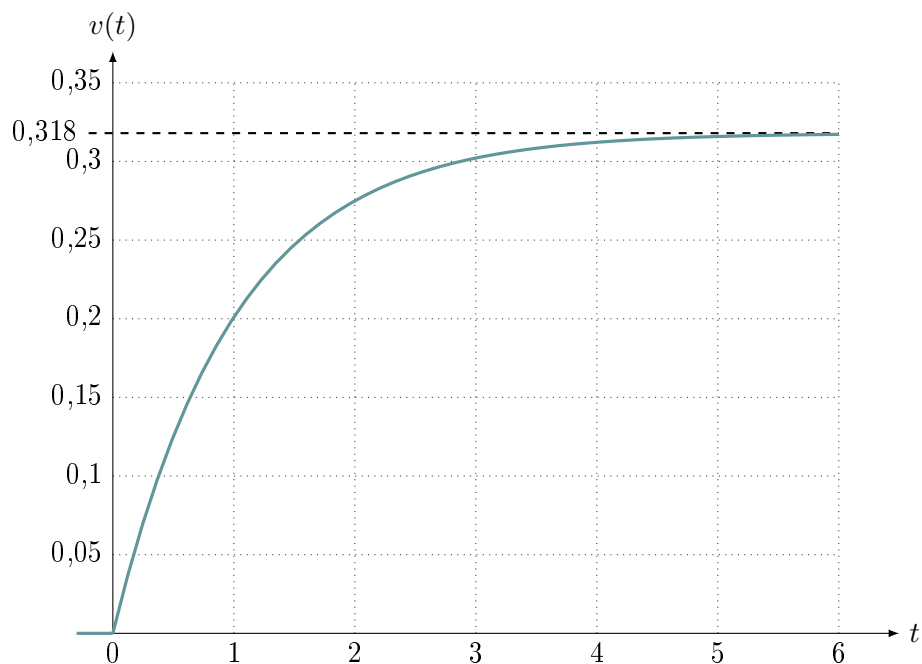
**Question 19** Le système est-il stable en boucle fermée ? Justifier votre réponse. Quelle est l'influence de la perturbation sur la stabilité en boucle fermée de ce modèle de commande ?

**Question 20** Calculer **analytiquement** la fonction de transfert en boucle ouverte notée  $H_{BO}(p)$ .

## Annexe 1



## Document réponse DR1



## Document réponse DR2

