

TP 3 Régulation de pression : commande par retour d'état - Observateur

Intro :

L'objectif de la manipulation consiste à réaliser une régulation de pression d'air dans un tube sur un processus de type "sèche-cheveux". Le modèle étant donné, les études seront menées théoriquement et pratiquement grâce à Simulink Temps Réel.

3.3 Modélisation et identification du processus

3.3.1 Modélisation

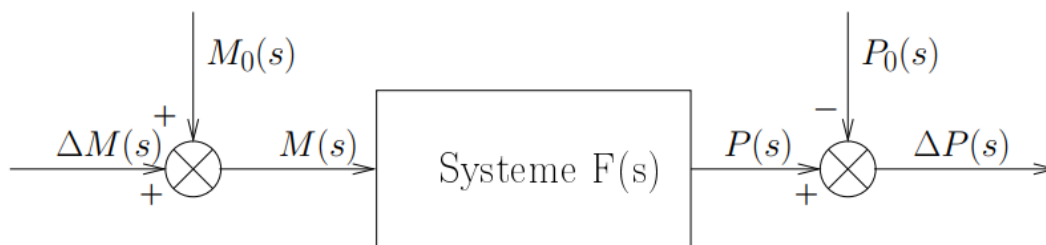


FIGURE 3.2 – Schéma bloc du système en Boucle Ouverte

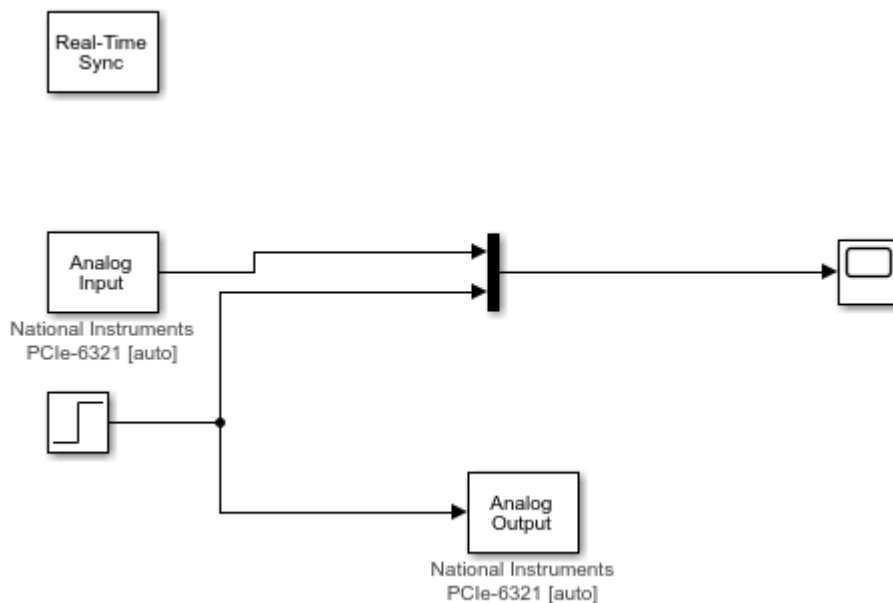
En approximant le système à un deuxième ordre, le modèle identifié en choisissant $M_0 = 80\%$ et en effectuant un échelon de 10% est le suivant :

$$F(s) = \frac{\Delta P(s)}{\Delta M(s)} = \frac{K}{1 + 0.6323s + 0.1001s^2} \quad (3.1)$$

3.3.2 Validité du modèle

Mettre en place un modèle simulink permettant de tracer la réponse du système réel à un échelon autour du point de fonctionnement utilisé lors de l'identification. Identifier la valeur de K.

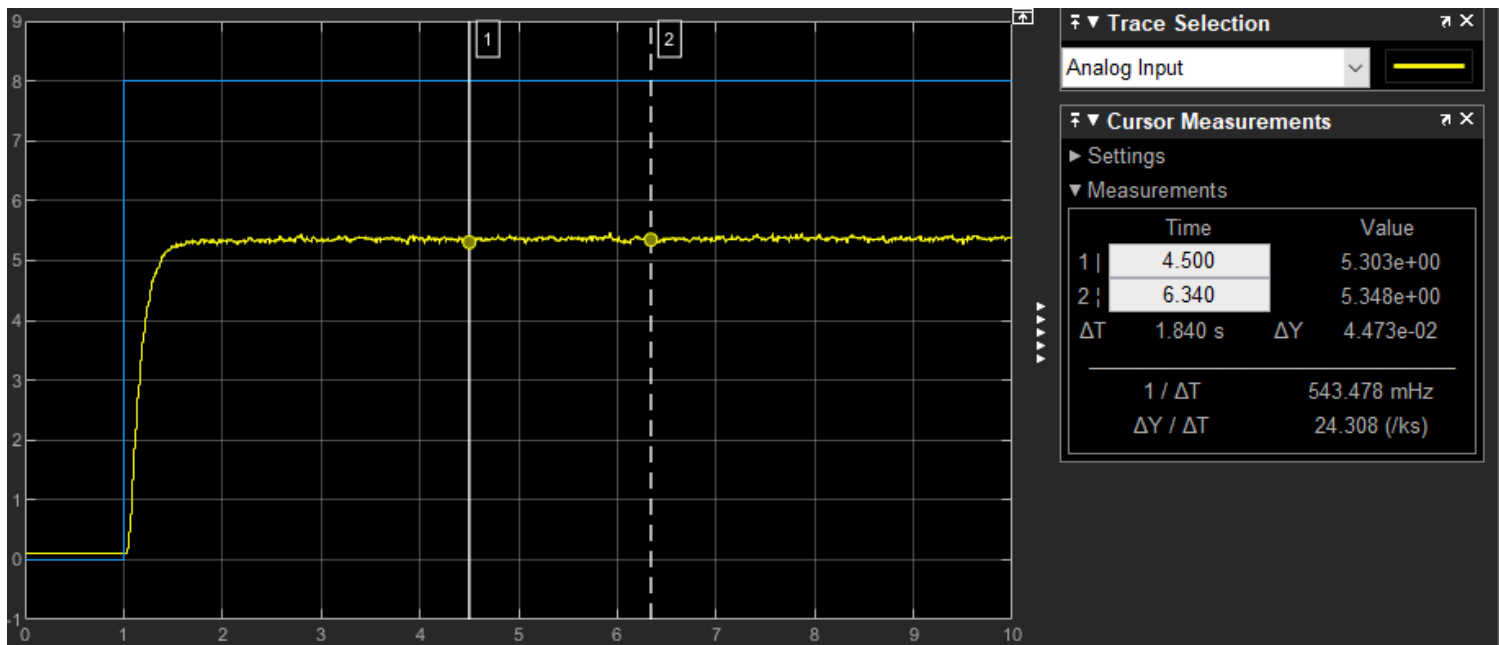
Voici le schéma bloc réalisé sur Simulink pour déterminer le coefficient K :



Afin de déterminer K, nous allons expérimentalement mesurer la tension de sortie du système lorsqu'il est soumis en entrée à un échelon.

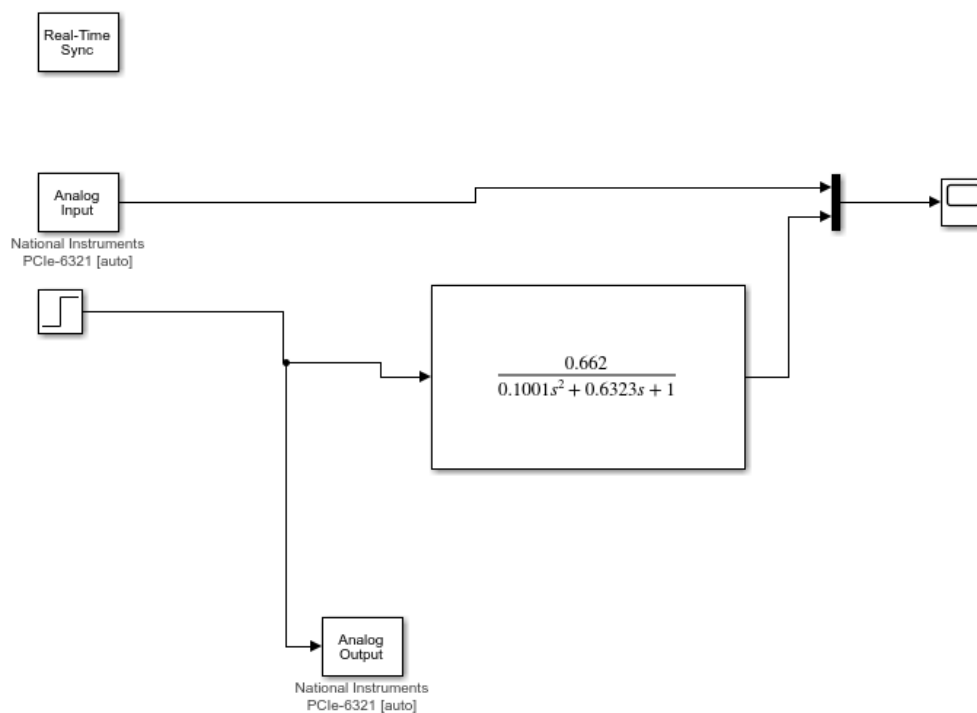
Soit $K = \frac{V_s}{V_e}$, On souhaite fixer M0 à 80%, soit $V_e = 8V$, on a mesuré $V_s = 5.34V$

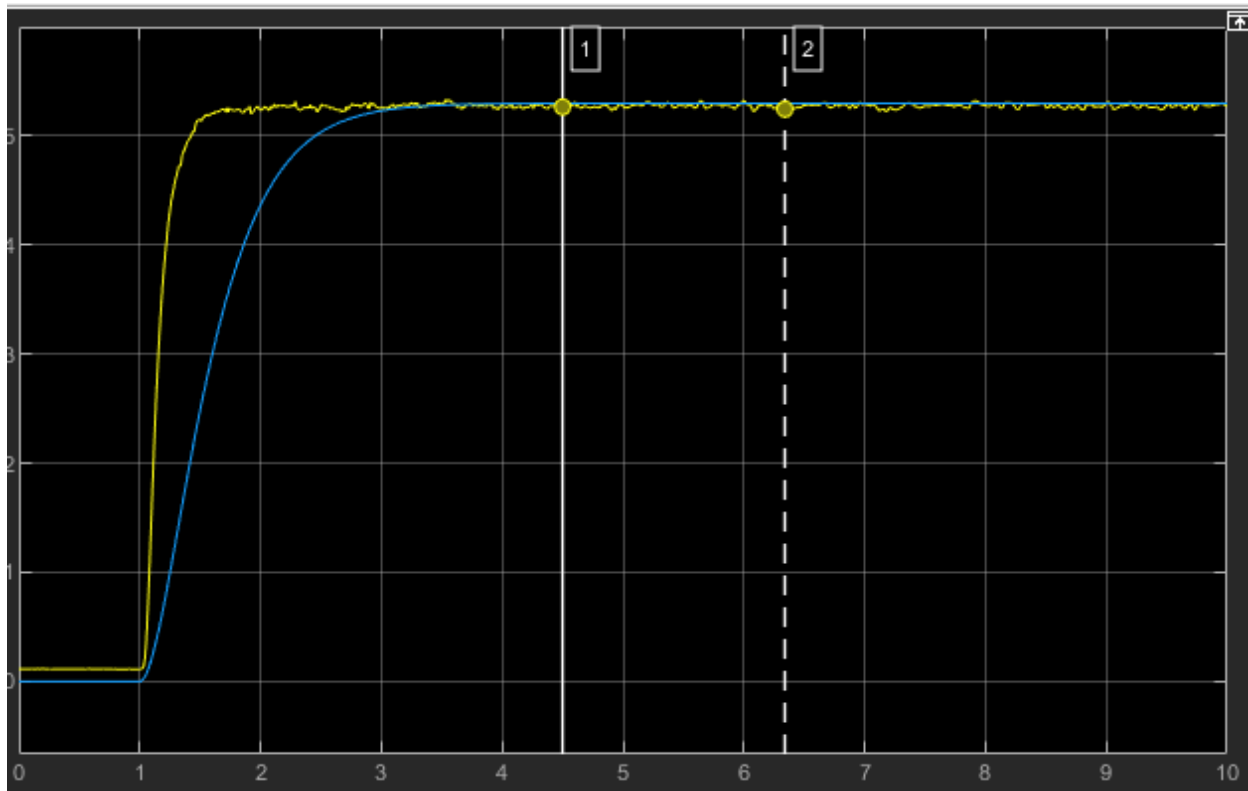
$K = 0.662$



Mesure de sortie de P(s) Simulink

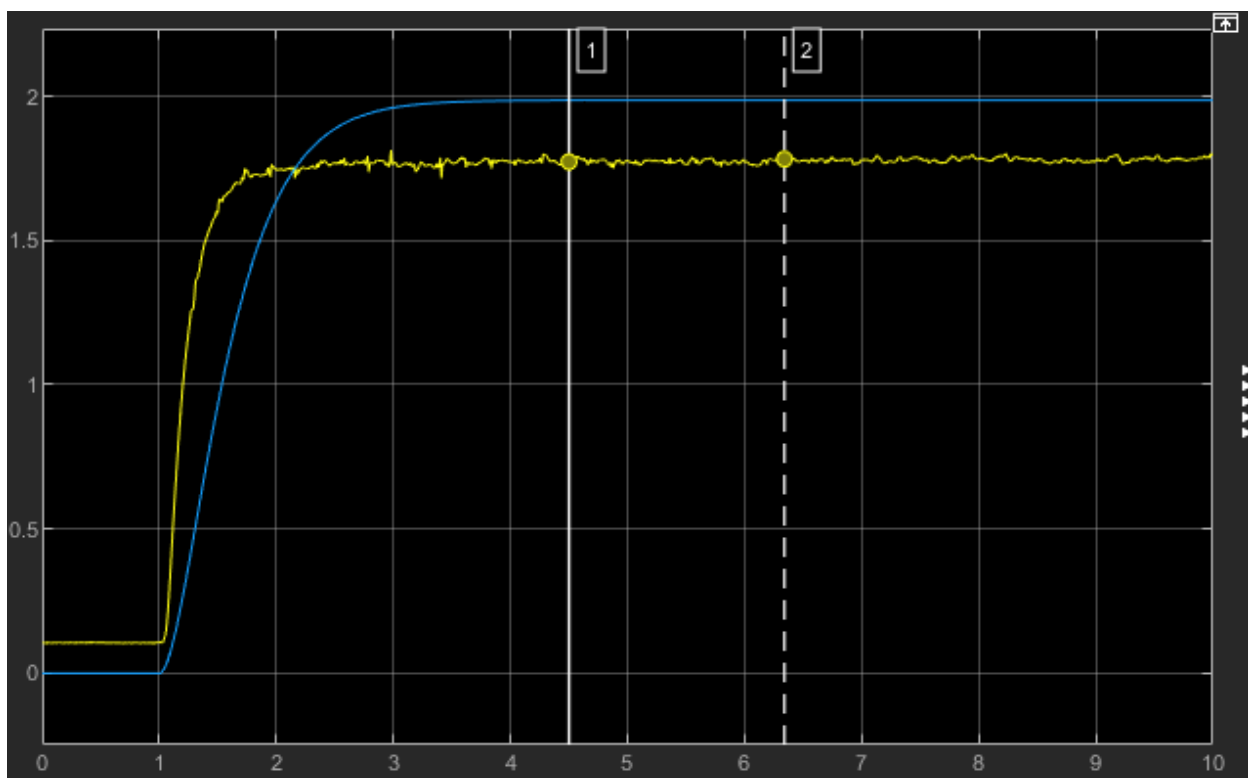
Mettre en place un modèle simulink permettant de tracer la réponse du système identifié à un échelon autour du point de fonctionnement utilisé lors de l'identification.





Mesure avec correction K, quand $E = 8V$

Comparer les deux réponses à un échelon de 5%, 10%, 20% (dépassement, temps de réponse, retard, valeur finale, etc). Conclure sur la validité de la fonction de transfert proposée.



Mesure avec correction K, quand $E = 3V$

On voit que la réponse du système ne se superpose pas lorsque la consigne diminue, on en donc conclut que le système est non linéaire, puisqu'on a corrigé le système que pour un point de fonctionnement.

3.3.3 Mise en place du modèle d'état

De manière à pouvoir mettre en place une commande par retour d'état, définir les matrices A, B, C, D correspondant à la forme compagne de commandabilité

$$\frac{dx}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -9.99 & -6.31 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u$$

$$y = \begin{bmatrix} 6.6134 & 0 \end{bmatrix} x$$

3.4 Conception du retour d'état

3.4.1 Préparation

En préparation pour les deux cahiers des charges basés sur la réponse dynamique, déterminer le polynôme caractéristique souhaité pour le système bouclé. En déduire la loi de commande (gain de retour d'état L et gain de précommande lc).

Temps de montée :	$t_m \simeq \frac{2,16\zeta + 0,6}{\omega_n}$
Temps de pic :	$t_p = \frac{\pi}{\omega_n \sqrt{1 - \zeta^2}}$
Dépassement :	$D = e^{-\frac{\zeta\pi}{\sqrt{1 - \zeta^2}}}$
Temps de réponse (ou temps d'établissement) à 2% :	$t_r = \frac{4}{\zeta\omega_n}$

Nous allons calculer les coefficients de la matrice retour d'état $L = [L0 \ L1]$, en posant $U=L$, soit sur la forme de compagne :

$$\frac{dx}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -9.99 & -6.31 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ L0 & L1 \end{bmatrix}$$

$$y = \begin{bmatrix} 6.6134 & 0 \end{bmatrix} x$$

$$\frac{dx}{dt} = (A-BL)x = A_r x$$

$$\frac{dx}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -9.99-L0 & -6.31-L1 \end{bmatrix}$$

Afin de trouver les coefficients on va calculer le déterminant de la fonction de transfert, soit $\det(sI-A_r)$

$$sI-A_r = \begin{bmatrix} s & -1 \\ 9.99+L0 & s+6.31+L1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} \det(sI-A_r) &= s*(s+6.31+L1)+1*(9.99+L0) \\ &= s^2+s*(6.31+L1)+9.99+L0 \end{aligned}$$

On retrouve la forme d'un polynôme caractéristique du 2nd ordre.

Cas des systèmes du 2nd ordre

Modèle canonique :

$$\hat{y}(s) = \frac{K\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2} \hat{u}(s)$$

- ▶ ζ le coefficient d'amortissement
- ▶ ω_n la pulsation propre
- ▶ K le gain statique

Ainsi, grâce aux différents cahiers des charges, nous allons par identification, déterminer les coefficients L1 et L0 souhaité pour boucler le retour d'état.

Cahier des charges n°1

Le système corrigé doit être un système du second ordre avec les caractéristiques suivantes :

- Dépassement inférieur à 5%,
- Temps de réponse à 5% de 2s

Un dépassement à 5% d'un système du 2nd ordre correspond à un $\zeta = 0.7$

$$\text{Tr}(\%5) = \frac{3}{\zeta * \omega_n} \text{ soit } \omega_n = \frac{3}{\text{Tr}(\%5) * \zeta} = 2.14 \text{ rad/s}$$

Par identification :

$$L1 + 6.31 = 2 * \zeta * \omega_n$$

$$L1 = 2.996$$

$$L0 + 9.99 = \omega_n^2$$

$$L0 = -5.4104$$

Cahier des charges n°2

Le système corrigé doit être un système du second ordre avec les caractéristiques suivantes :

- Dépassement inférieur à 5%
- Temps de réponse à 5% de 0,5s

Un dépassement à 5% d'un système du 2nd ordre correspond à un $\zeta = 0.7$

FISA 3AE
Castanier Romain
Raji Ismail

$$\text{Tr}(\%5) = \frac{3}{\zeta * \omega_n} \text{ soit } \omega_n = \frac{3}{\text{Tr}(\%5) * \zeta} = 8.57 \text{ rad/s}$$

Par identification :

$$L1 + 6.31 = 2 * \zeta * \omega_n$$

$$L1 = 5.688$$

$$L0 + 9.99 = \omega_n^2$$

$$L0 = 63.45$$

Pour le troisième cahier des charges, justifier le choix des valeurs propres.

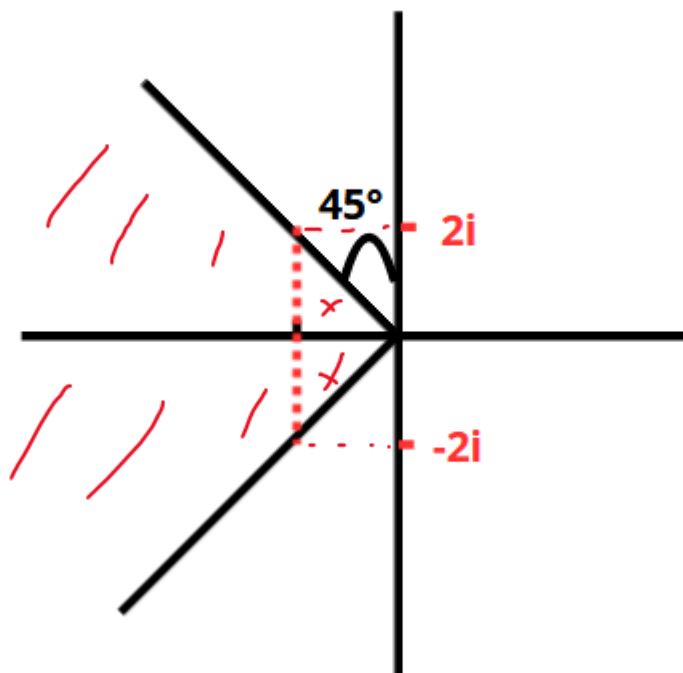
Cahier des charges n°3

Le système corrigé doit être avoir les valeurs propres suivantes :

- valeur propre de $-2 + 2i$
- valeur propre de $-2 - 2i$

Les valeurs propres $-2 + 2i$ et $-2 - 2i$ sont un bon choix car elles garantissent :

- Stabilité (partie réelle négative),
- Comportement oscillatoire amorti (partie imaginaire non nulle)



On remarque également qu'on se situe à la limite de stabilité selon le Secteur ci-dessus.

3.4.2 Travail expérimental

Le retour d'état doit maintenant être mis en place sur le système réel comme sur le schéma suivant :

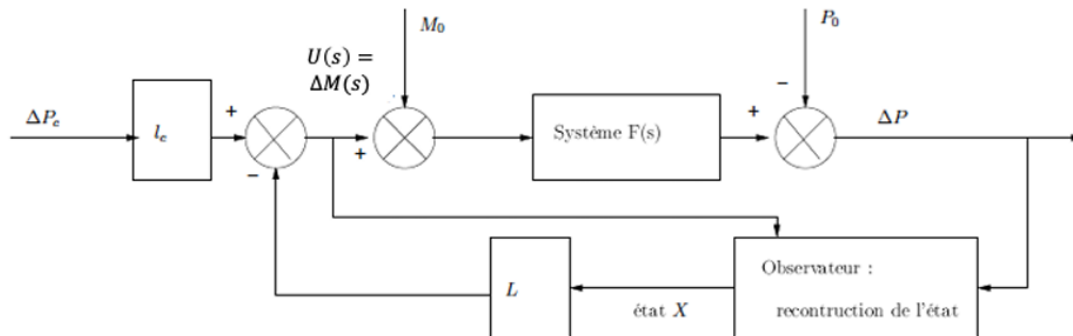
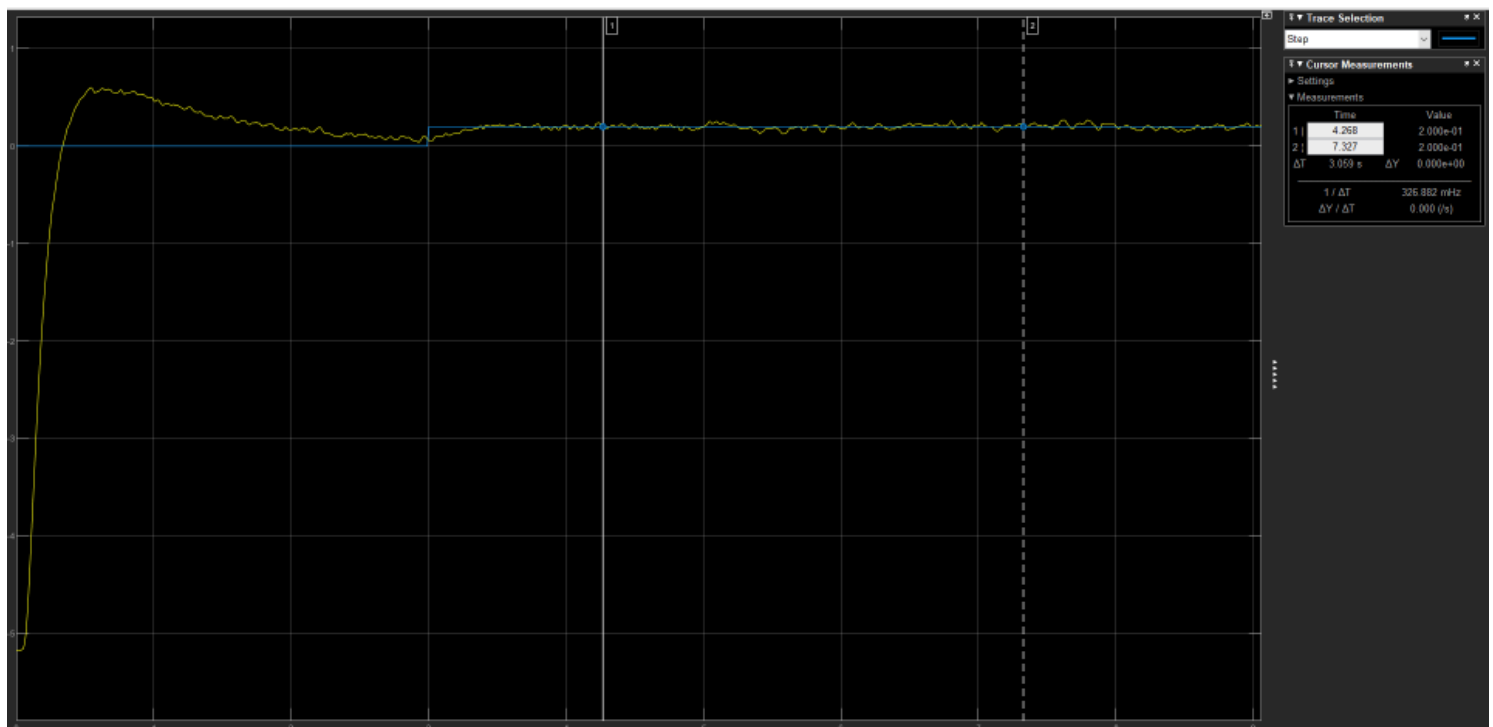


FIGURE 3.3 – Schéma bloc du système en boucle fermée

Tests du cahier des charges 1

Tester votre retour d'état sur le système réel en suivant l'idée de la Figure 3.3 pour la prise en compte du point de fonctionnement.



Mesure du système en retour d'état

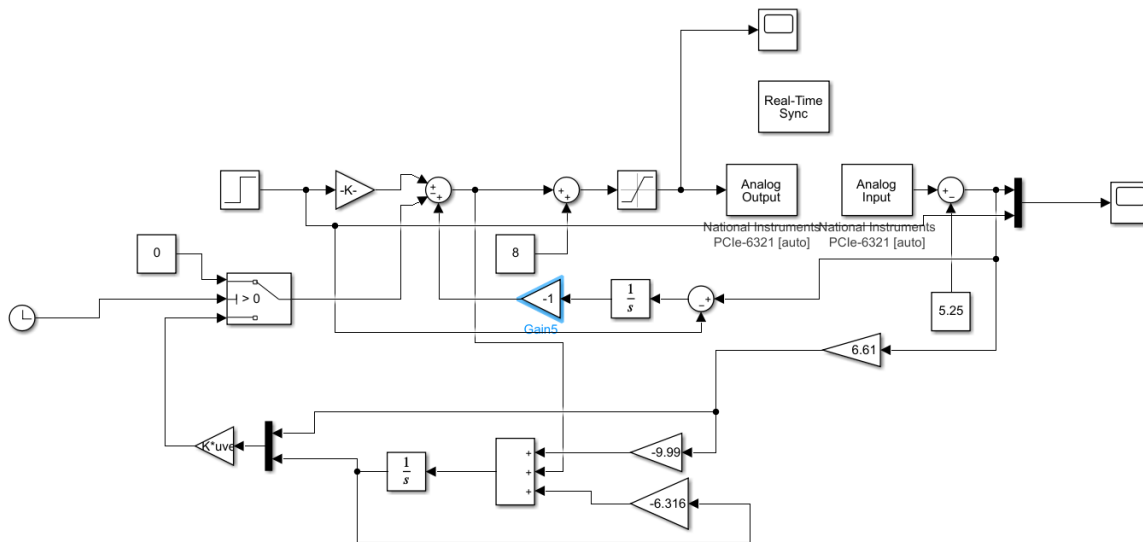


Schéma bloc du système

On peut donc conclure que le système va se stabiliser naturellement après un certain temps, ici de 2s, et qu'une variation sur l'entrée va être corrigé par le système à sa sortie.