

Asservissement et régulation

de température

Objectif : Etudier les effets qu'auront différents correcteur (PI et PID) sur un système non linéaire que l'on transformera en système linéaire en l'étudiant autour d'un point de fonctionnement.

1.4 Identification

1.4.1 Construction de la commande dans la fenêtre simulink

Préparation

L'identification d'un premier ordre commence en écrivant l'équation différentielle décrivant le comportement de celui-ci. Par exemple pour un circuit RC, l'équation différentielle sera :

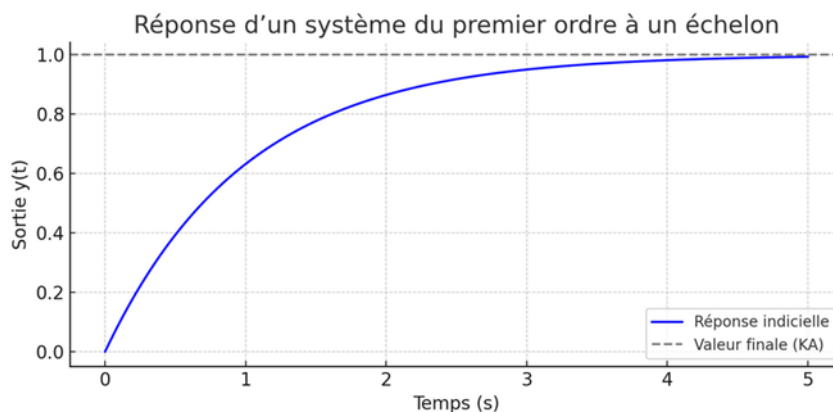
$$e(t) = RC \frac{ds(t)}{dt} + s(t)$$

Et donc lorsqu'on calcule la fonction de transfert de cette équation après l'avoir mise sous Laplace, on obtient une expression de la forme :

$$G(p) = \frac{K}{1 + \tau p}$$

Si notre premier ordre a du retard, alors il y aura un terme avec une exponentielle qui sera ajoutée au numérateur avec $-Trp$ dans l'exponentielle, Tr étant le temps de retard.

Avec ici : $\tau = RC$ et $K=1$. Si on veut passer par une méthode graphique, un système de premier ordre possède cette forme-là lorsqu'on étudie sa réponse :



Ici, j'ai pris $\tau = 1$,

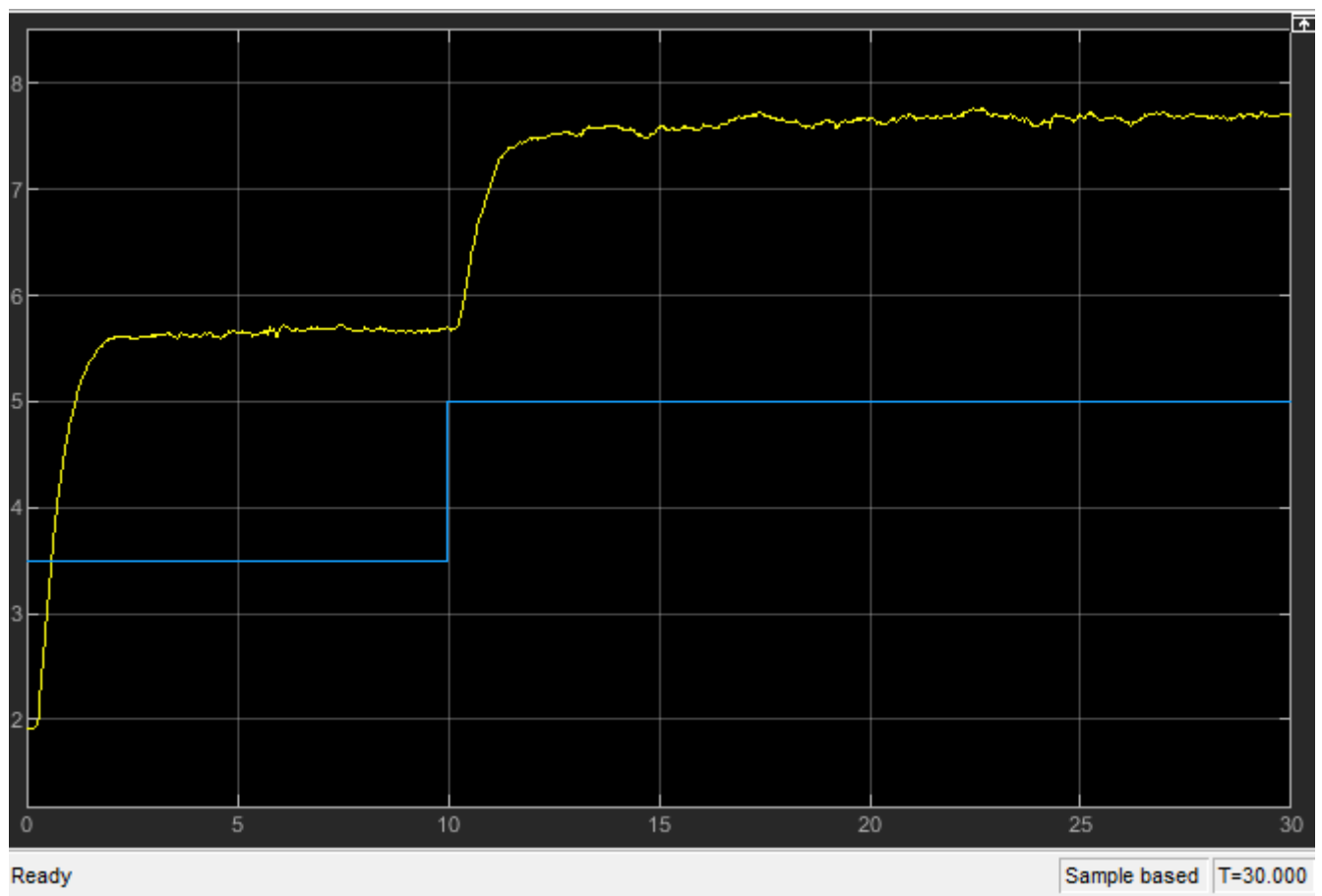
$K = 1$ et une constante $A = 1$.

On peut de plus constater que graphiquement, une courbe d'un premier

ordre aura une tangente en 0 qui ne sera pas nulle à moins d'avoir du retard sur la courbe. A ce moment-là, la courbe débutera à $t = Tr$ et aura une tangente non nulle à partir de Tr .

Pour commencer la partie pratique, il nous a fallu chercher le point de fonctionnement qui donnait une température de 30°C dans le tube. Pour cela, nous avons changer petit à petit la valeur de la tension U et nous sommes finalement arrivés à trouver un point de fonctionnement tel que : $\{U_0=3.5 \text{ et } Y_0=5.673\}$.

Ce qui donnait graphiquement avec simulink :

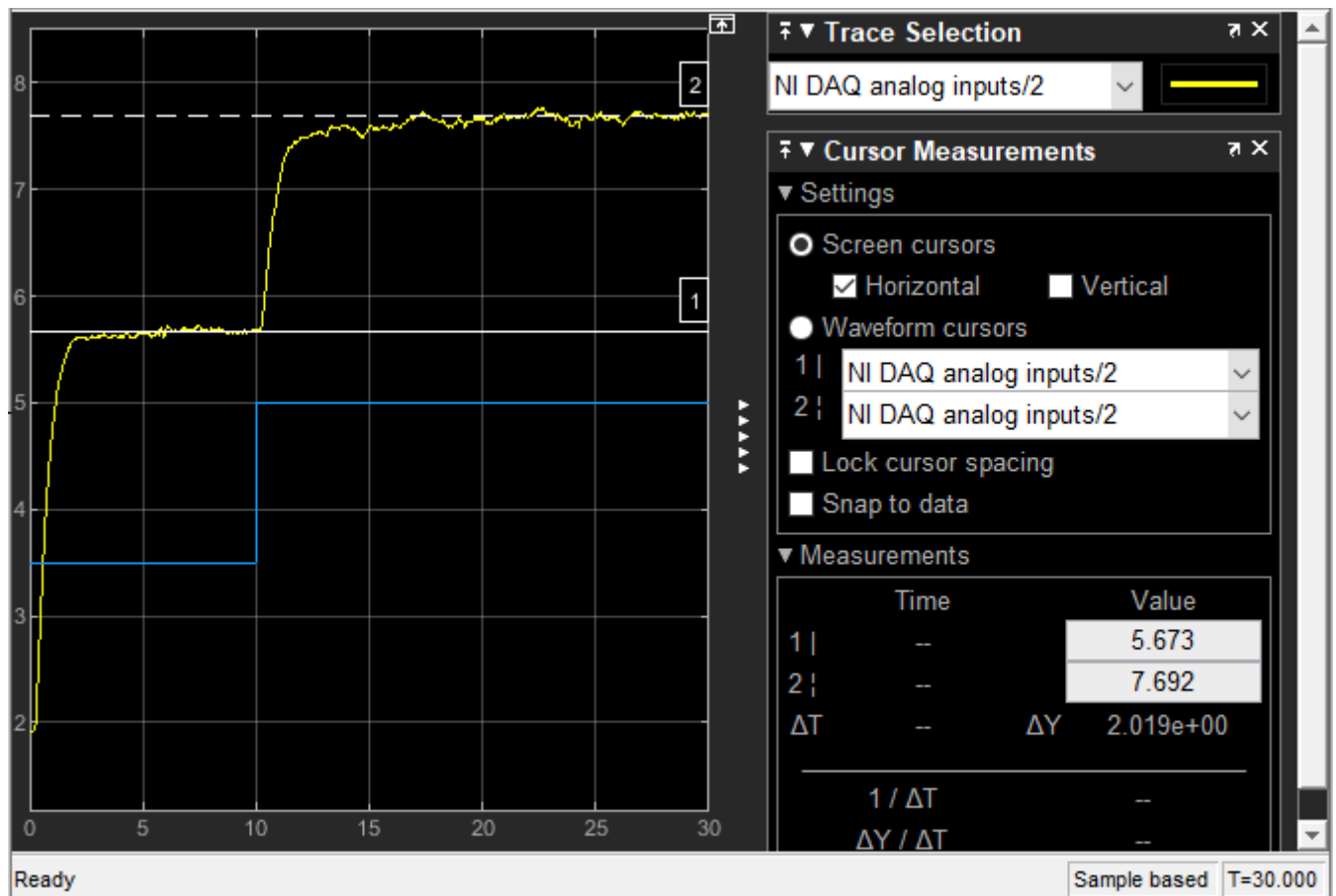


On voit que nous sommes sur un point de fonctionnement car pour toutes les autres valeurs de tension, notre courbe tendait vers l'infini or ici, elle tend vers une valeur finale.

Il ne nous reste plus maintenant qu'à identifier les différents paramètres (K , τ et Tr) grâce à cette courbe.

On continue d'utiliser simulink pour mesurer ces grandeurs sur la courbe.

Pour mesurer K , nous savons que par définition, K est le rapport entre la variation de la sortie sur la variation en entrée. Ce qui nous donne :

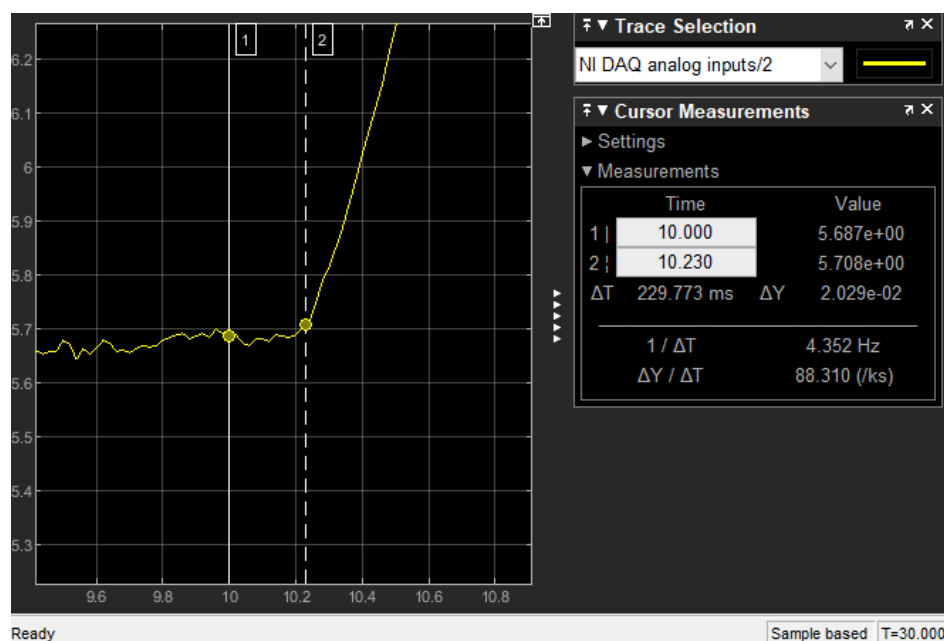


Ainsi, ici, la variation d'entrée est de 1.5 et celle de la sortie est de 2.019.

Donc $2.019/1.5 = 1.346$ V, **K = 1.346 V**.

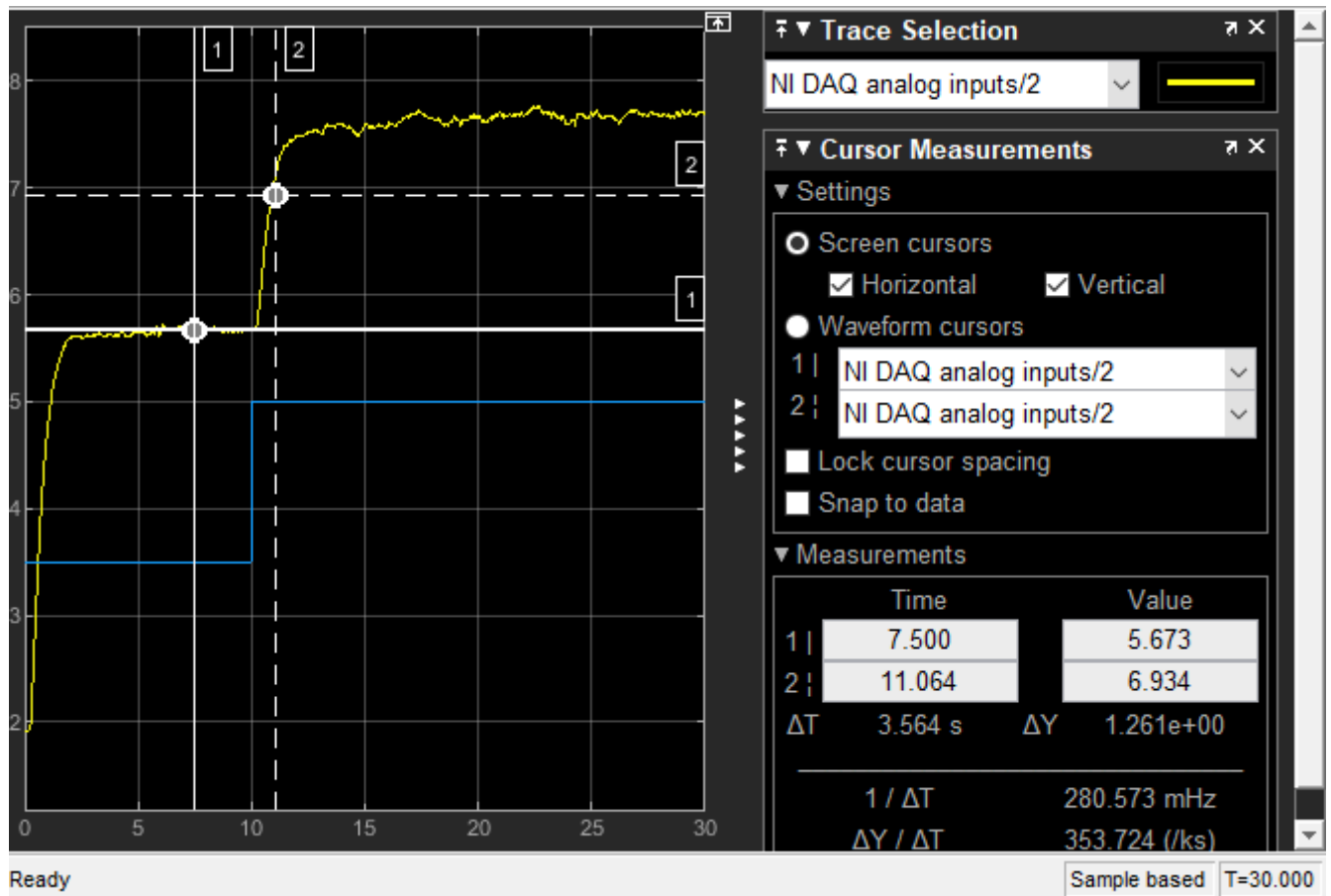
Maintenant, pour T_r , il nous faut regarder le temps qu'il y a entre la commande en échelon de 1.5V et le moment où notre courbe a une tangente qui commence à différer de 0.

On obtient ceci :



Donc **Tr = 0.23 seconde**. Cette valeur est un peu élevée, par la suite, s'il y a un problème de stabilisation d'une courbe, cela pourrait être la faute de Tr, il nous faudra alors réduire Tr. Il y a donc des incertitudes de mesures présentes ici.

Et enfin, on mesure maintenant tau qui est le temps quand on a une tension $T = 0.63 \times$ valeur finale.



Ainsi, $0.63 \times 2.001 = 1.26$ donc $\tau = 1.063 - 0.23$ car n'oublions pas le retard de notre système. Donc **tau = 0.833 secondes**.

1.5 Asservissement

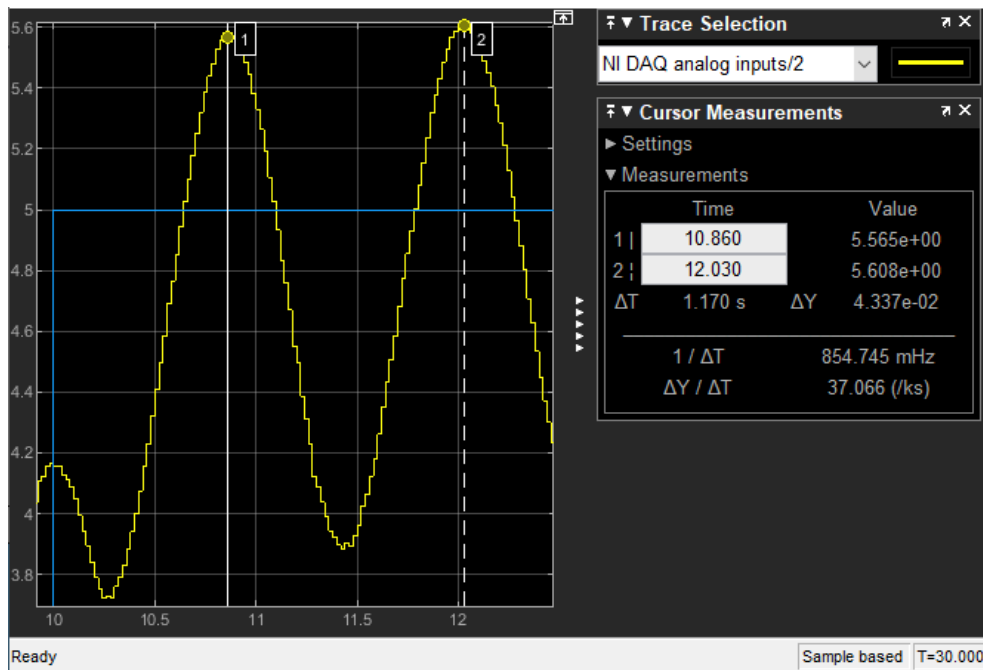
1.5.1 Asservissement en température

Configuration du PI

On construit tout d'abord dans simulink ce schéma pour avoir un correcteur PI :

Kp = Kosc = 3.5. Nous devons ensuite mesurer la période de cette sinusoïde.

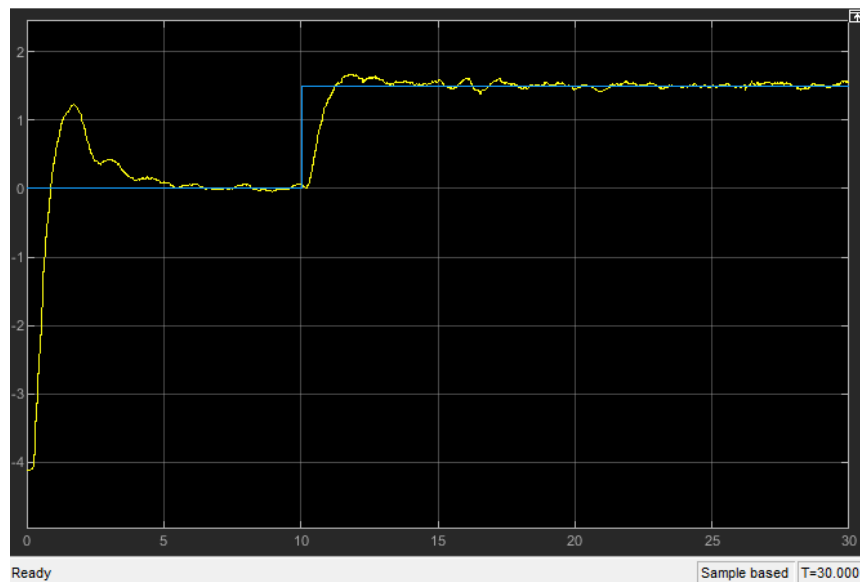
Nous mesurons **Tosc = 1.170**.



Les calculs nous donnent ensuite $K_p = 0.45 \cdot K_{osc} = 0.45 \cdot 3.5 = 1.575$ et $K_i = K_p / T_i = K_p / (T_{osc} / 1.2) = 1.575 / (1.170 / 1.2) = 1.62$

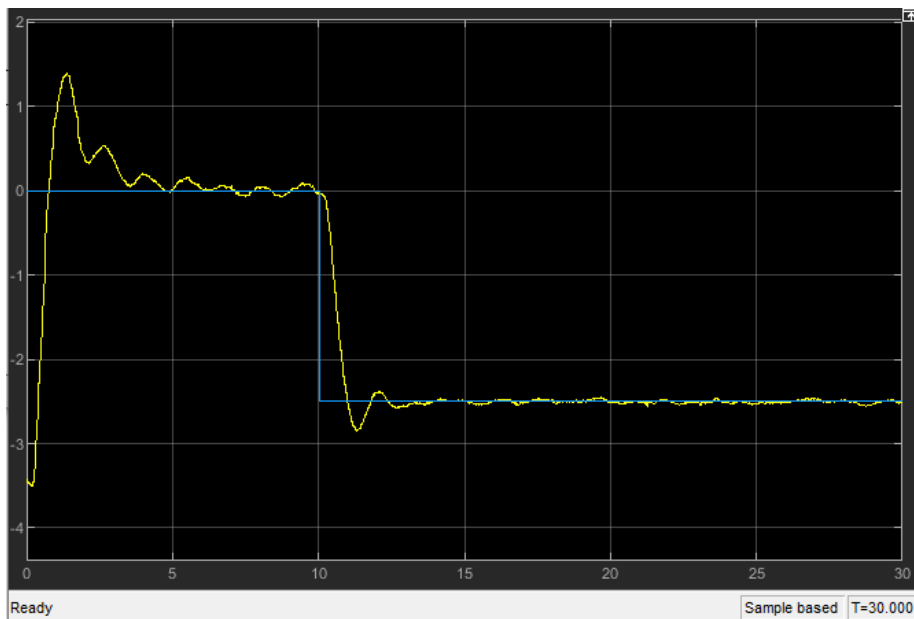
Pour résumer : **Kp=1.575** et **Ki=1.62**.

Cette nouvelle configuration nous donne maintenant

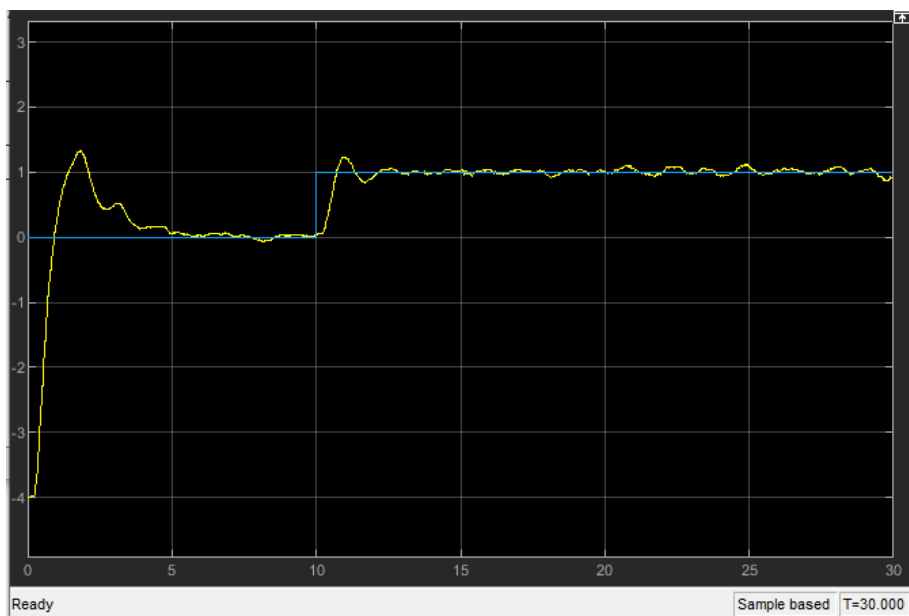


On peut observer que l'erreur statique est nulle (au bruit près) et que les dépassements sont limités. La méthode Ziegler a marché même si ce n'est pas la configuration optimale.

Nous voulons maintenant observer la réponse quand la consigne est de 30°C et 40°C



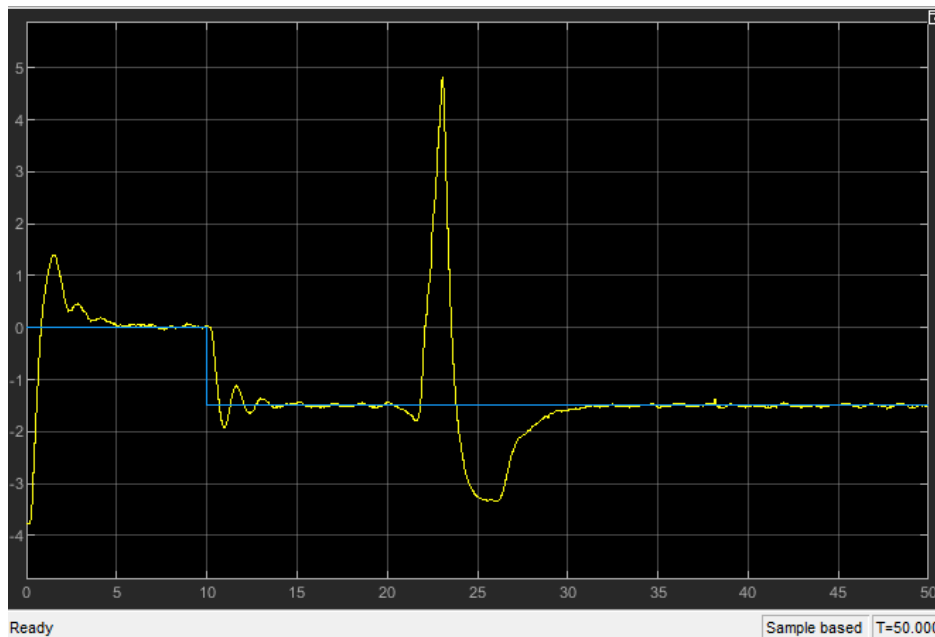
Ici nous avons la consigne à 30°C



Et ici nous avons la consigne à 40°C

Nous pouvons observer une différence aux niveaux des dépassements, ils sont plus prononcés pour la consigne à 30°C. Surement dû à la différence de comparé au point de fonctionnement plus élevée.

Nous allons observer le comportement du régulateur face à une perturbation. J'ai mis ma main devant le tube pendant un court instant et nous obtenons cette courbe :

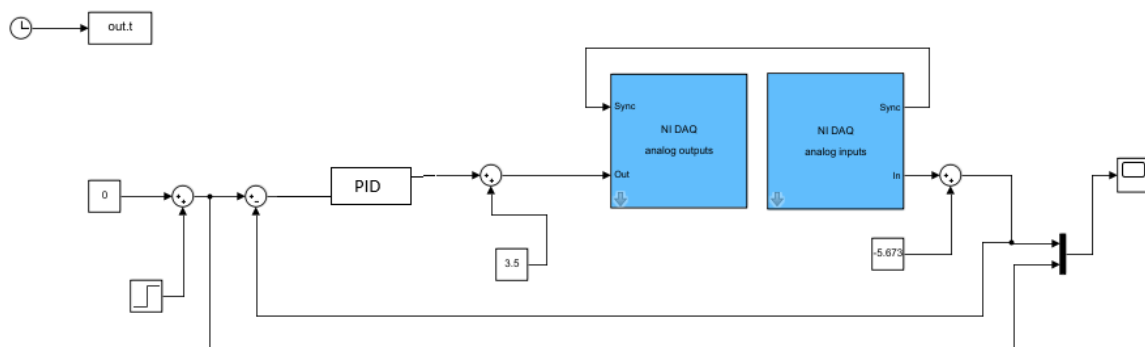


Nous constatons que le système revient à sa valeur finale après une perturbation brusque. La réponse a tout de même des dépassements après cette perturbation.

Nous pouvons conclure pour le PI que nous avons un asservissement de bonne qualité, il peut tout de même être amélioré avec un PID

Configuration du PID

On passe maintenant au paramétrage du PID en construisant ce schéma sur simulink :



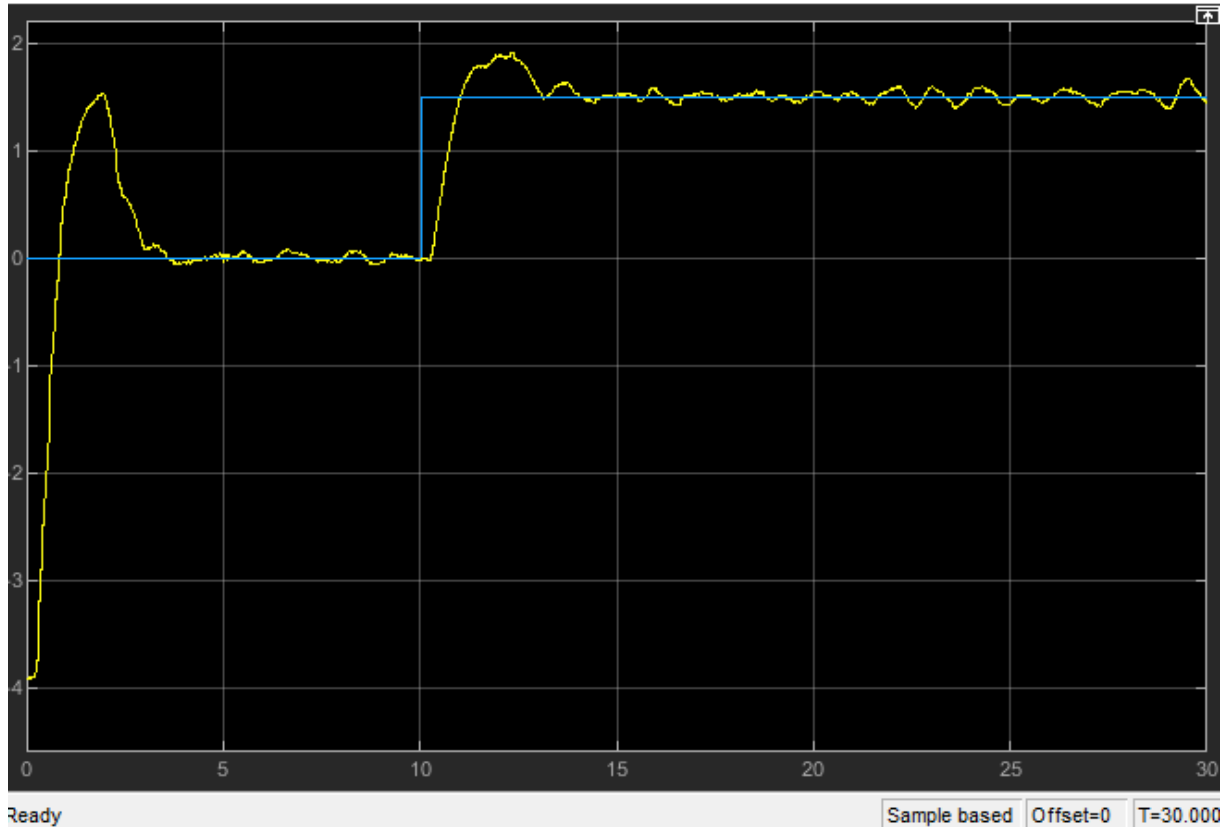
Comme pour le PI, on détermine les gains K_p , K_i , K_d avec la méthode Ziegler-Nichols. Pour cela on utilise les formules suivantes :

$$\begin{aligned}
 K_p &= 0,6 \cdot K_u \\
 T_i &= 0,5 \cdot T_u \Rightarrow K_i = \frac{K_p}{T_i} = \frac{1,2 \cdot K_u}{T_u} \\
 T_d &= 0,125 \cdot T_u \Rightarrow K_d = K_p \cdot T_d = 0,075 \cdot K_u \cdot T_u
 \end{aligned}$$

La démarche étant la même, on donne directement les résultats :

Kp=2.1 Ki=3.5897 Kd=0.31

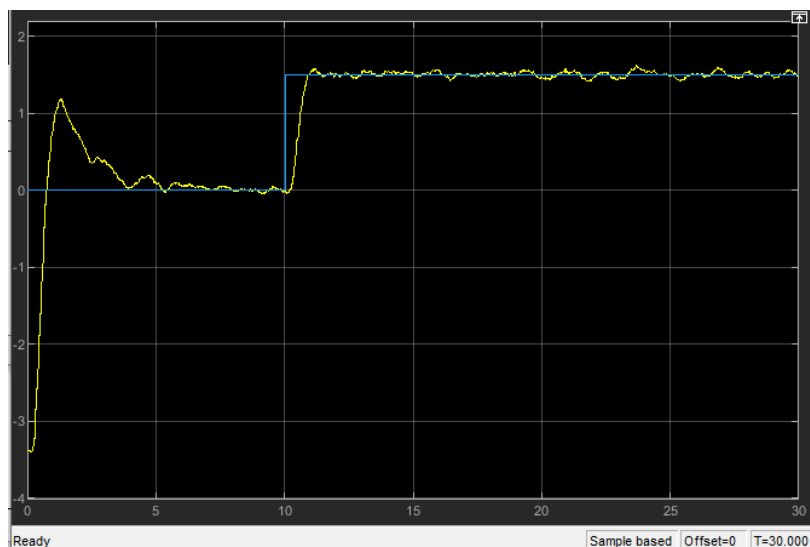
La réponse pour cette configuration est :



On remarque que le premier dépassement est important (+5%), cela est dû au fait que la méthode Ziegler_Nichols est approximative. Nous pouvons modifier le correcteur en observant par tâtonnement. En faisant cela nous obtenons :

Kp=1.45 Ki=1.45 Kd=0.31

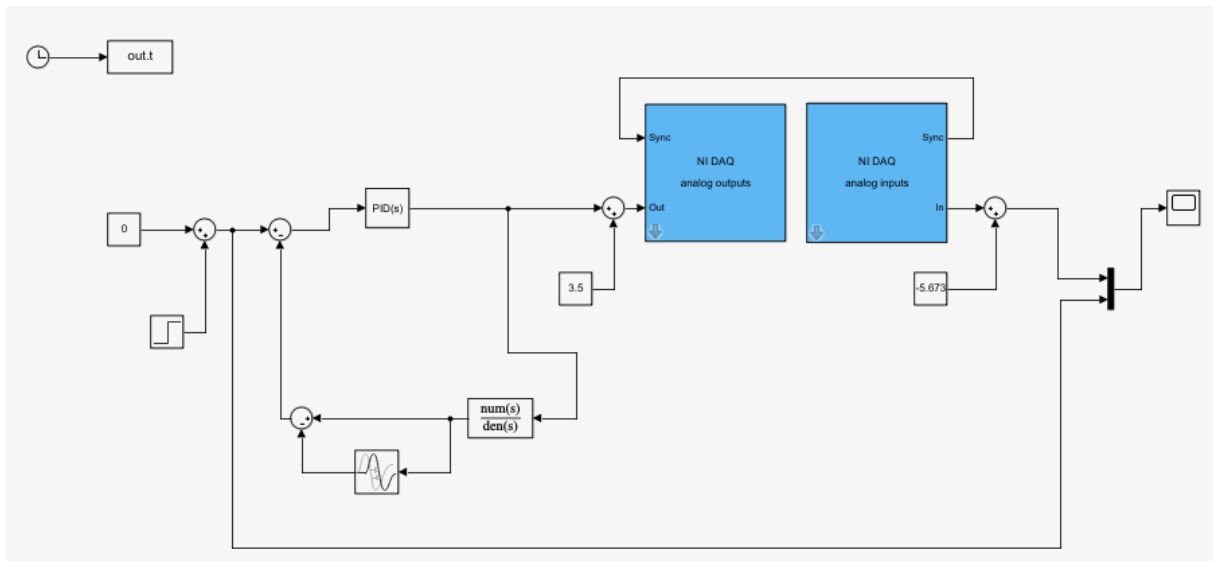
Avec une réponse comme cela :



Nous pouvons voir que le premier dépassement est beaucoup plus petit que sur la courbe précédente, on peut considérer que ce correcteur est satisfaisant étant donné que la réponse se trouve dans l'intervalle $[-5\% ; +5\%]$.

Prédicteur de Smith

Pour limiter le retard du signal de sortie on utilise un prédicteur de Smith, on construit ce schémas sur simulink :



Nous n'avons pas eût le temps d'aller plus loin pour constater les effets du prédicteur de Smith.