

Etude de la position linéaire d'un pendule inversé en mode chariot

Objectif : Appliquer l'asservissement correspondant le plus à des critères demandés sur un système qui ici est le pendule afin que le chariot s'arrête à la position souhaitée le plus vite possible et sans erreur.

Nous avons passé la partie théorique du TP car elle est moins pertinente par rapport au reste du sujet.

1.5 Identification

Pour commencer, on sait que nous avons un système dont la fonction de transfert est de cette forme :

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

Donc ici, nous remarquons la présence d'un intégrateur qui est à l'origine de l'instabilité du système en boucle ouverte car si l'on envoie un signal carré, celui-ci va être intégré en une droite et donc le système sera instable.

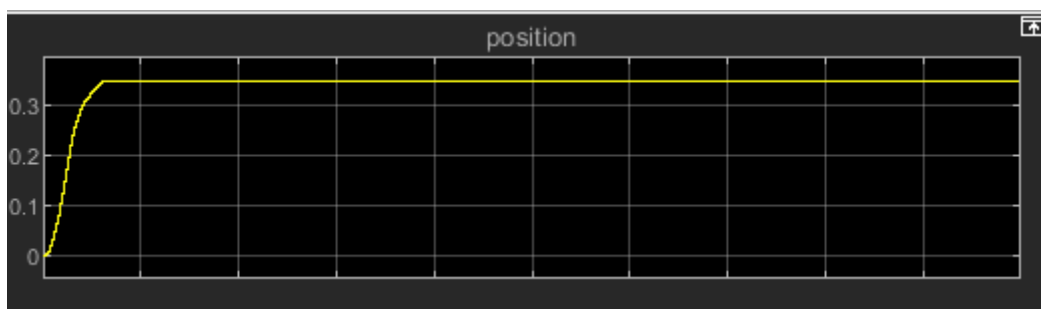
Ainsi, dans la suite, nous enverrons au système un échelon de durée limitée.

Il nous faut maintenant identifier les paramètres de la fonction de transfert. Pour cela, nous allons suivre le protocole indiqué sur le sujet de TP qui met en jeu l'ouverture de Matlab et de Simulink afin de faire l'asservissement du pendule.

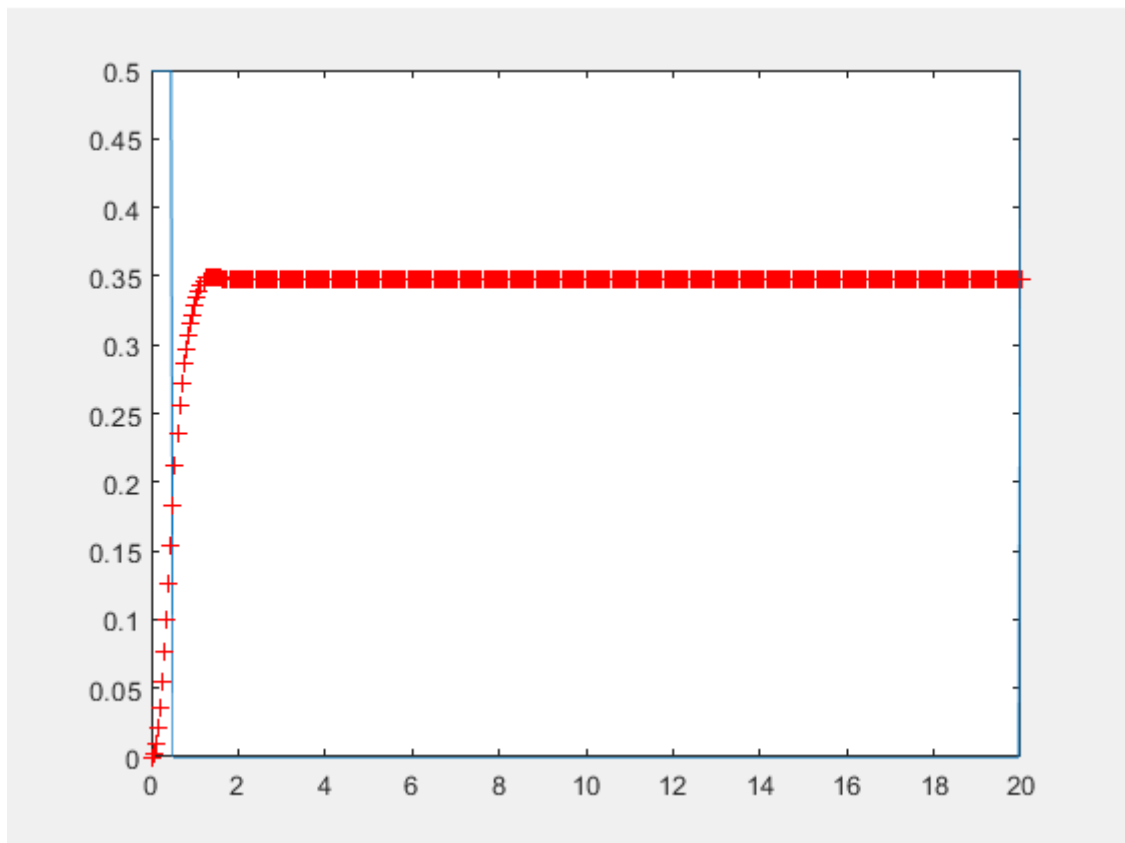
Lorsque les fichiers sont récupérés, on va lancer la simulation afin de récolter les données que sont K et Tau sans modifier le système car il est en boucle ouverte.

On introduit également un script Matlab dans lequel on va calculer à partir des données obtenues la fonction de transfert et procéder par identification pour obtenir K et Tau.

La courbe obtenue sur Simulink est celle-ci avec un échelon :



La seule courbe nous intéressant sur les trois obtenues va être celle-ci, celle de la position. Et donc on la reproduit sur Matlab avec les données de la simulation pour obtenir :



Et donc maintenant, on utilise la fonction $G = \text{tf}(\dots)$ avec G la fonction récupérée grâce à Simulink et on observe ça :

```
>> G = tf(P1I)

G =

    From input "u1" to output "y1":
      75.1
    -----
    0.005139 s^2 + s

Name: P1I
Continuous-time transfer function.
```

Nous sommes donc dans le domaine continu pour l'instant et on peut constater que :

$K = 75.1$ et $\text{Tau} = 0.005139$.

L'objectif maintenant va être de discrétiser la fonction sur Matlab à l'aide d'une période d'échantillonnage que l'on trouvera sur la simulation qui est de 0.001 seconde dans notre cas.

Discrétisation

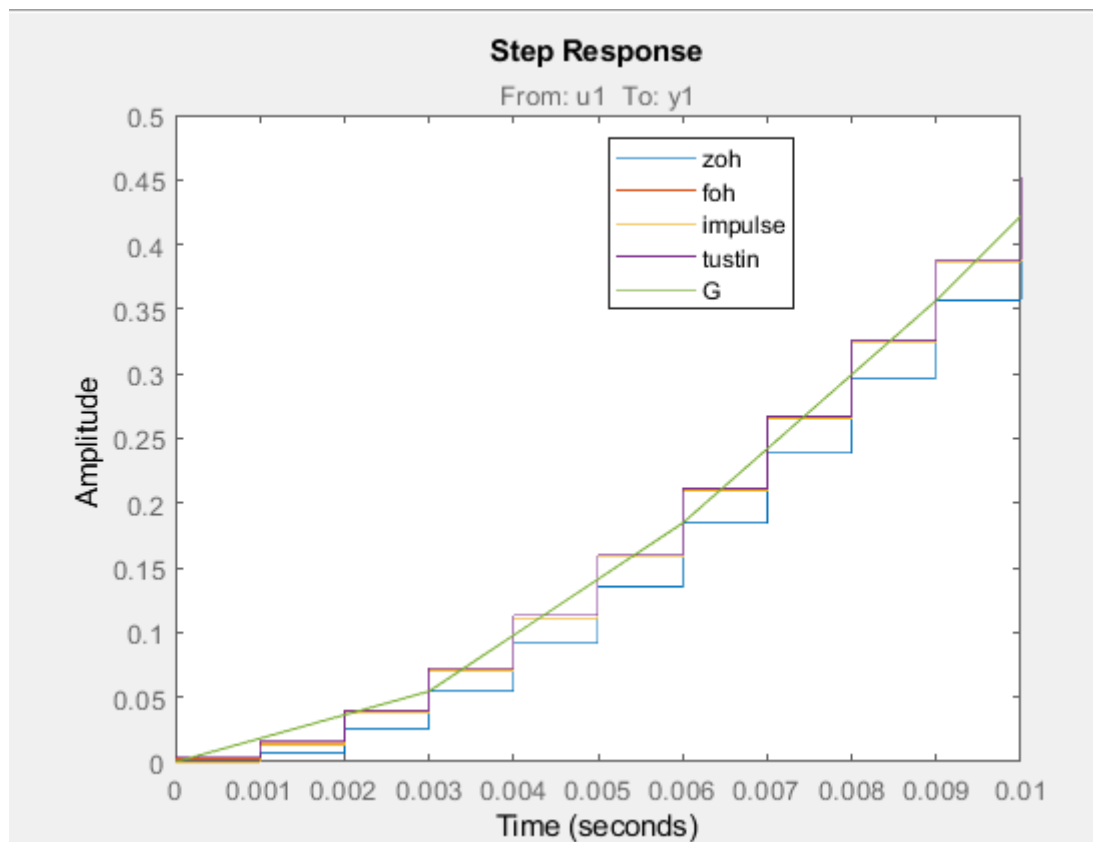
Nous savons qu'il y a un bloqueur d'ordre 0 devant notre fonction de transfert. En s'aidant des tables données en fin de cours nous obtenons :

```
G_D =  
  
From input "u1" to output "y1":  
0.006855 z + 0.006425  
-----  
z^2 - 1.823 z + 0.8232  
  
Sample time: 0.001 seconds  
Discrete-time transfer function.
```

On remarque que sur cette fonction de transfert passée en z, on retrouve 1 comme racine au dénominateur ce qui implique la présence encore une fois de l'intégrateur car on aurait (z-1) facteur de (z-z2) avec z2 la deuxième racine.

Maintenant, on va utiliser la fonction Matlab c2d avec différentes méthodes de discrétisation afin de comparer avec G et voir laquelle est la plus exacte ou correspond à ce que l'on souhaite avoir en fonction de nos critères.

Donc on obtient :



Et les différentes fonctions de G discrétisées sont :

<pre>G_tustin = From input "u1" to output "y1": 0.00333 z^2 + 0.006659 z + 0.00333 ----- z^2 - 1.823 z + 0.8227 Sample time: 0.001 seconds Discrete-time transfer function.</pre>	<pre>G_F = From input "u1" to output "y1": 0.002322 z^2 + 0.008852 z + 0.002106 ----- z^2 - 1.823 z + 0.8232 Sample time: 0.001 seconds Discrete-time transfer function.</pre>
<pre>G_impulse = From input "u1" to output "y1": 0.01328 z - 1.474e-18 ----- z^2 - 1.823 z + 0.8232 Sample time: 0.001 seconds Discrete-time transfer function.</pre>	Il nous manque juste G_Z qui donne la fonction de transfert en z pour la méthode 'zoh' puisque j'ai oublié de faire une capture d'écran de celle-ci mais l'observation sera la même que pour les autres : Le dénominateur ne change pas tandis que le numérateur varie en fonction de la méthode choisie. Et c'est donc ce numérateur qui est à

l'origine de la différence d'amplitude des fonctions de transfert tracées au-dessus.

1.6 Commande

Dans cette partie, nous voulons à présent asservir le système en utilisant une commande Plus-Ou-Moins.

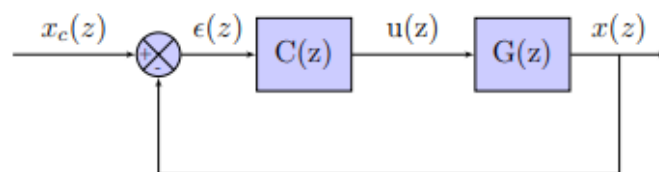
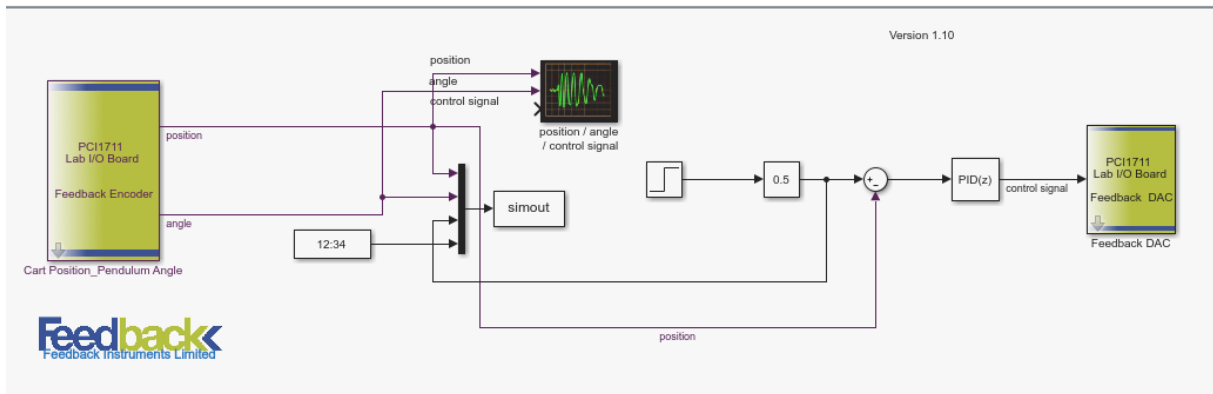


FIGURE 1.6 – Schéma bloc général d'un système asservi en position en numérique.

Pour cela nous allons reproduire le schéma ci-dessus dans Simulink où nous introduirons le bloc C qui contiendra le correcteur. Cela nous donne :

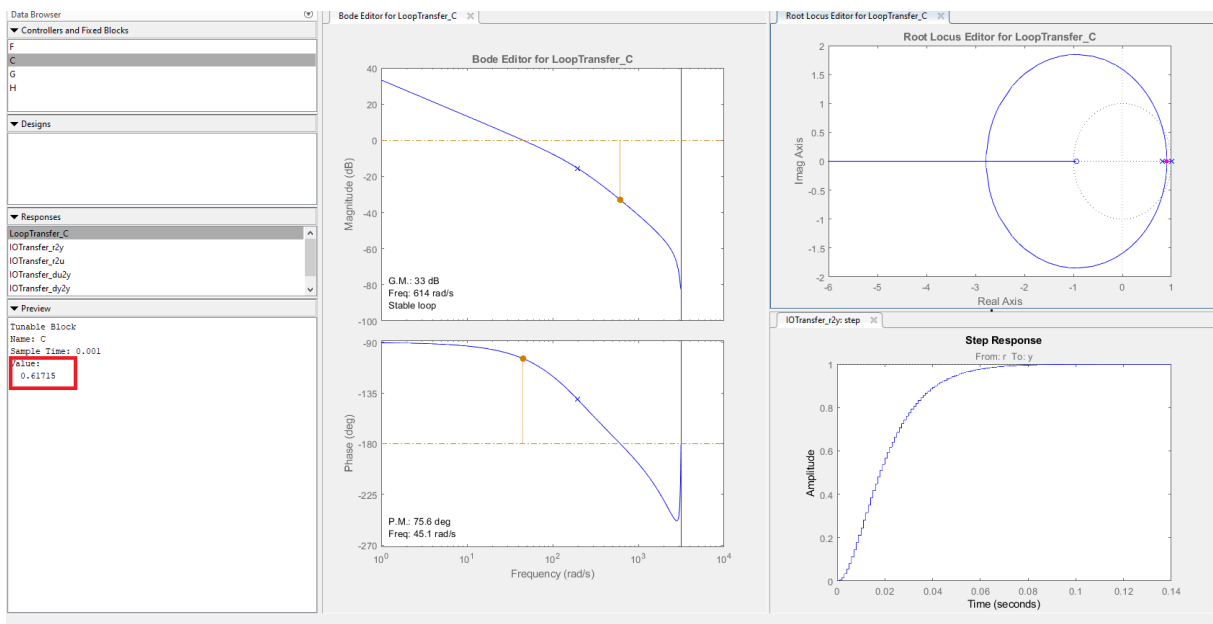
Nous passons maintenant à un correcteur P, on utilise un correcteur PID où nous mettons les gains du dérivateur et de l'intégrateur à 0.

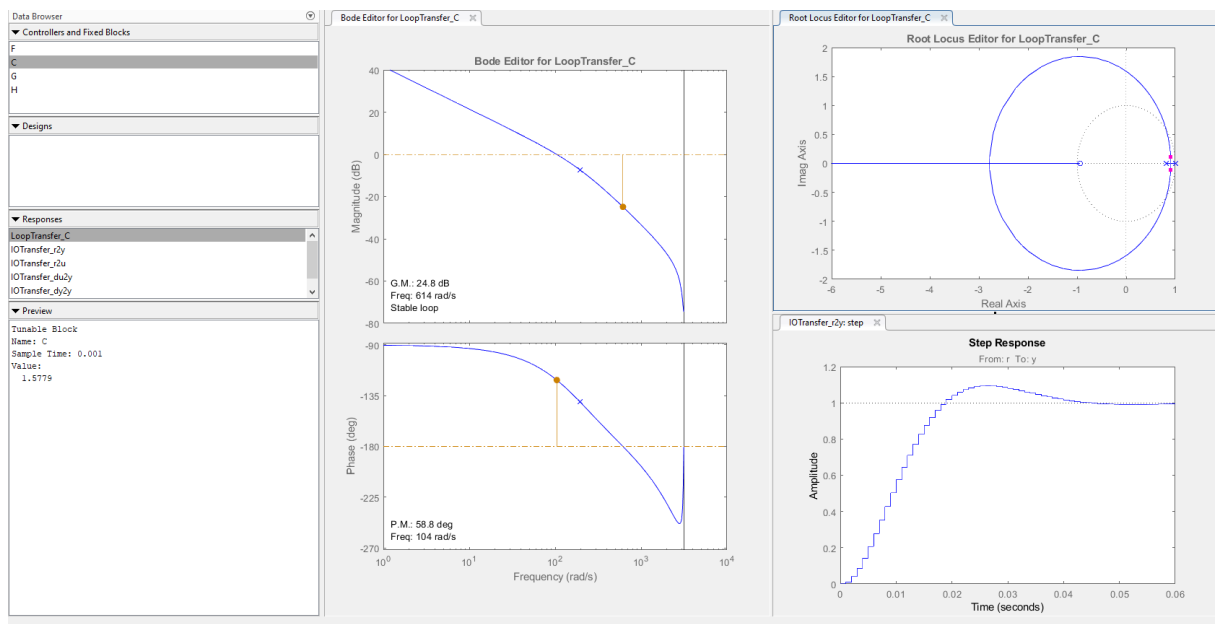
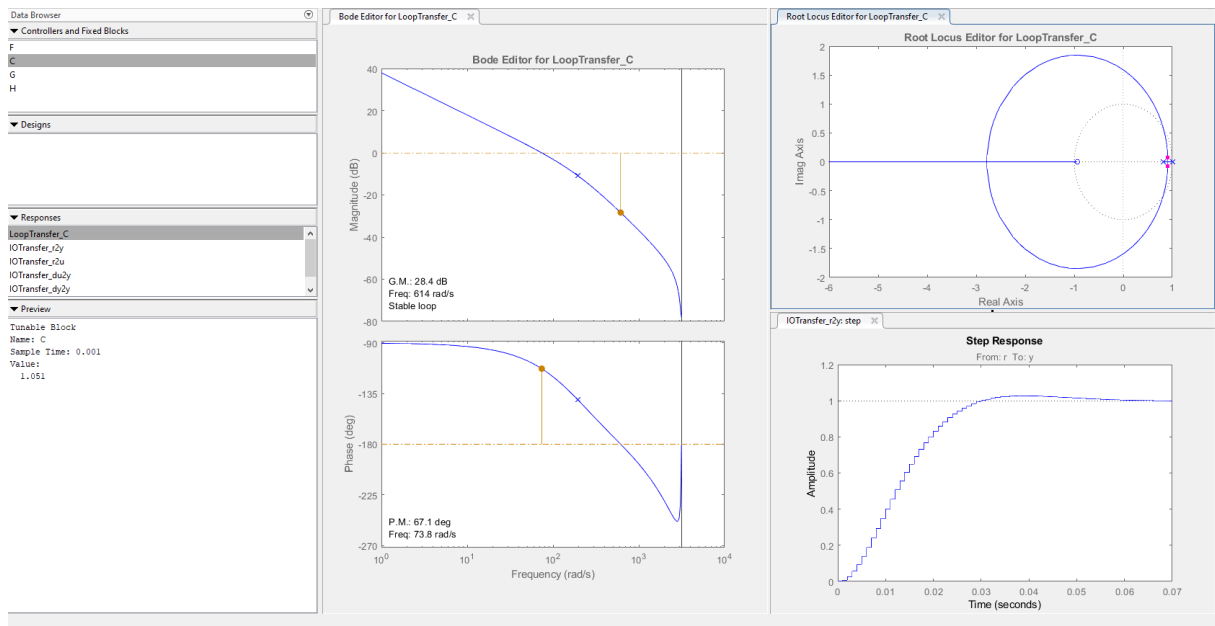
On construit le schéma suivant avec Simulink :

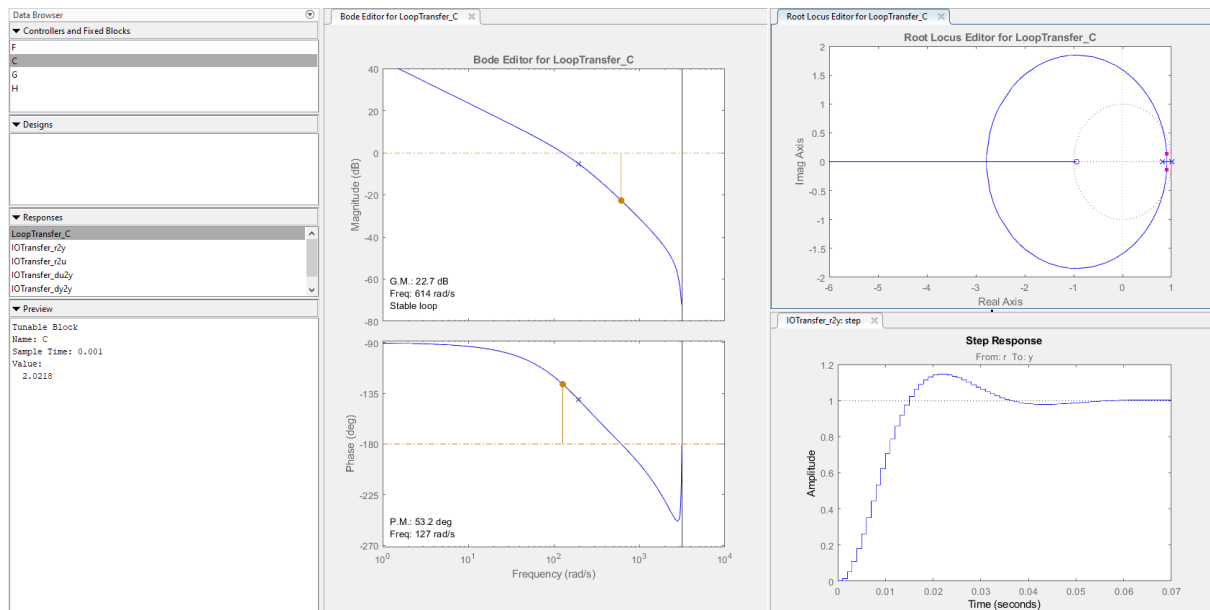


On commence par tester pour différentes valeurs de $K_p=0.5, 1, 1.5, 2$ la réponse à un échelon d'amplitude $x_c=0.5$.

Dans l'ordre croissant de K_p nous avons :







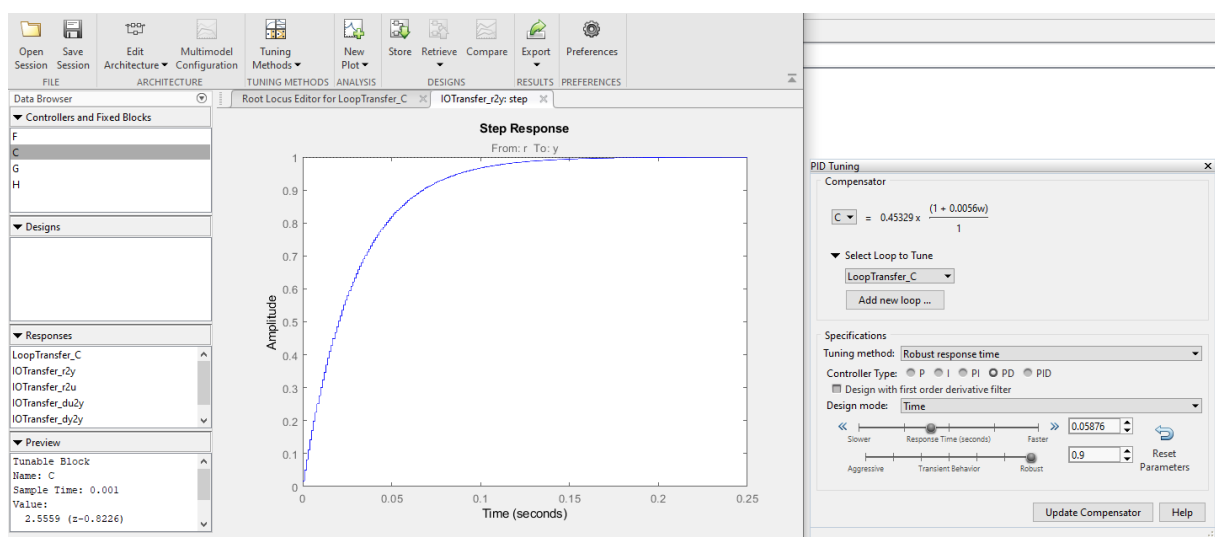
(J'utilise ici des photos de Sisotool car nous n'avons pas pu prendre en capture d'écran les résultats, mais les allures restent les mêmes)

Nous pouvons voir la valeur de Kp dans le rectangle rouge.

Nous constatons ainsi que plus la valeur de Kp est élevée plus la réponse est rapide et son dépassement élevé, nous n'avons, en revanche, jamais d'erreur statique. Une grande valeur de Kp donne une certaine robustesse contre les perturbations mais cela vient avec une certaine instabilité.

Nous constatons donc qu'il n'est pas nécessaire d'ajouter un intégrateur car cela ajouterait trop d'instabilité et nous avons une précision déjà satisfaisante. Il nous faudrait donc plus de vitesse, c'est pour cela que nous nous pencherons vers le correcteur PD.

Pour calibrer le PD nous utilisons rltool et après plusieurs essais nous obtenons :



Les calculs et l'étude graphique nous donnent : $T(95\%)=0.075$ et aucun dépassement. Nous respectons donc bien le cahier des charges.

Pour conclure, nous avons pus identifier et observer le pendule grâce au modèle fournis. Nous avons obtenus des résultats en somme satisfaisants grâce au correcteur PD que nous avons implémenté.