M 3102 - Au3

Automatique :

Compte rendu sur l'étude d'une plaque chauffante

IUT GEII 2021-2022
Groupe B
Eliott DELEPLANQUE
Emeric DAVID

Table des matières

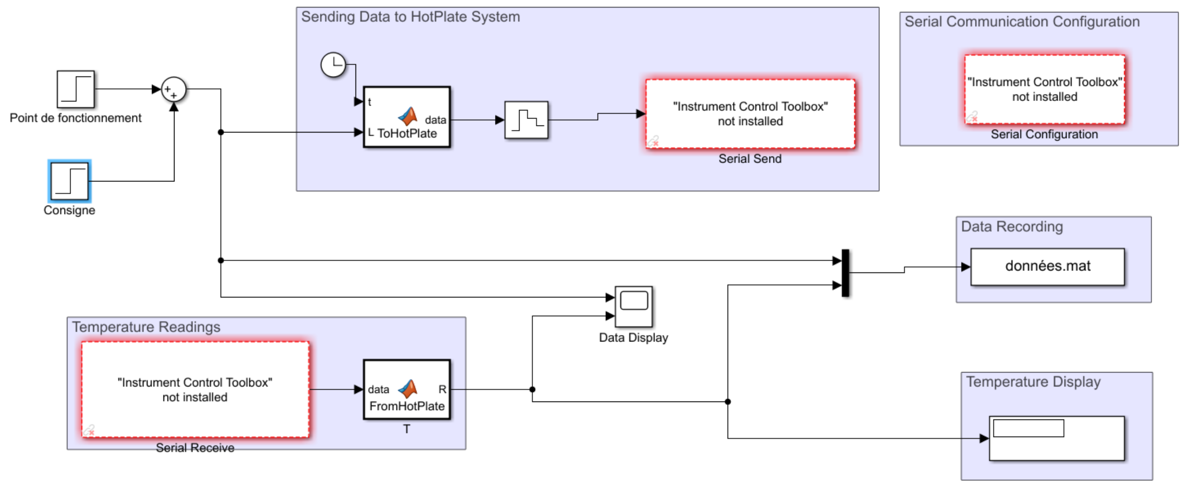
I) Objectif

L'objectif de ce TP est d'établir un modèle de la dynamique d'une maquette de plaque chauffante avec différentes méthodes, Broïda et Strejc. Afin de réaliser une régulation de la maquette en utilisant un PID.

II) Identification du modèle de la maquette

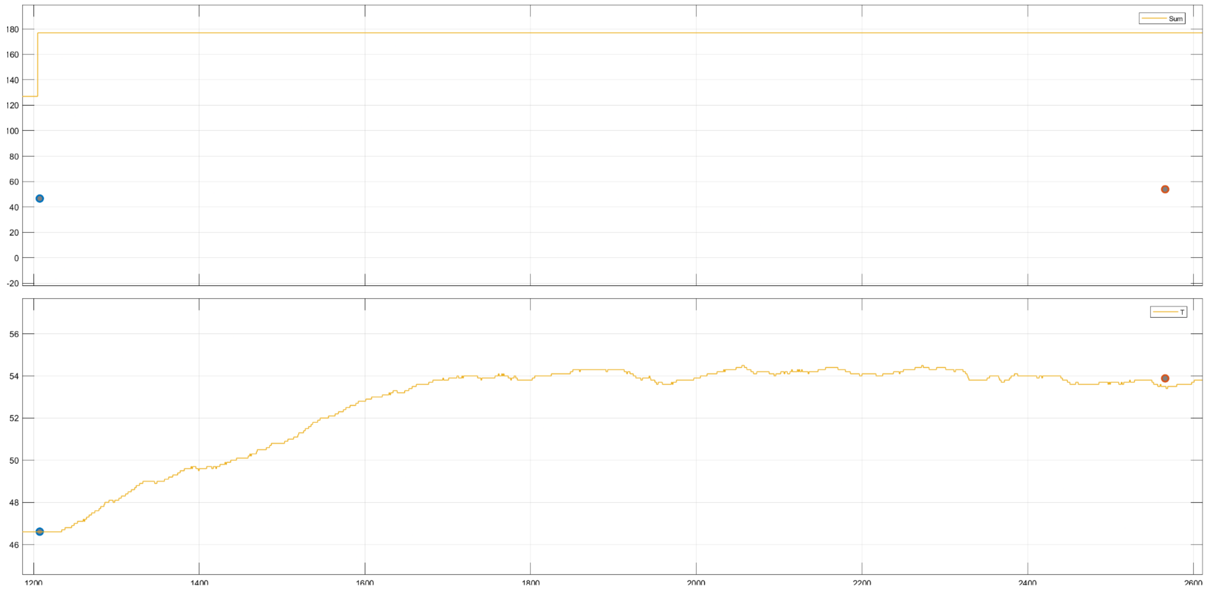
Pour commencer nous prenons connaissance des différentes marches à suivre et du fonctionnement de la maquette dans les documents mis à notre disposition. Nous allons dans un premier temps effectuer un premier test de la maquette. Le but va être de mettre la maquette en température puis de lui donner une consigne pour voir comment elle réagit.

Pour récupérer les données de l'expérience, on utilise Matlab et le Simulink *HotPlate*SISO.



Schémas simulink HotPlateSISO.

Nous avons donc alimenté la plaque en 11 V comme demandé dans la documentation technique pour effectuer l'expérience. La plaque est commandée par une PWM de ce fait de 0 à 255. Pour la mettre en température (point de fonctionnement) nous lui avons envoyé comme 127. Une fois au point de fonctionnement, nous lui envoyons cette fois la consigne de 50. Ainsi, nous sommes à 172 sur la PWM. Puis nous attendons que la plaque atteigne la consigne pour étudier les données.

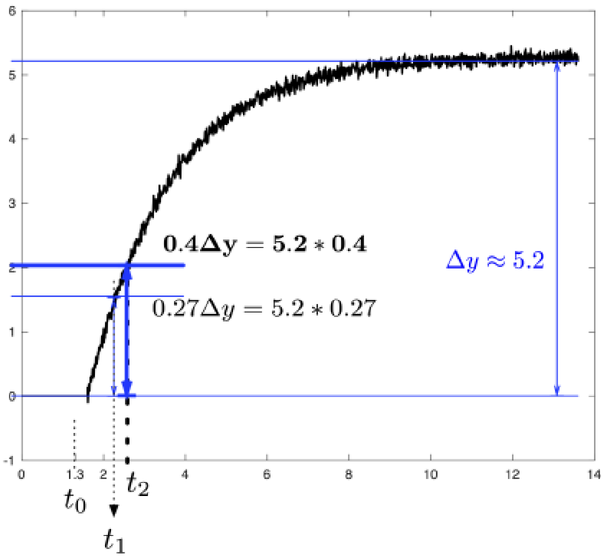


Voici le graphique que nous obtenons, nous étudions juste la réaction à la consigne et non pas la monter au point de fonctionnement. On voit bien que le système est stabilisé au point de fonctionnement dans les alentours des 47 °C à 1200 secondes. Puis au moment de la consigne à 1205 secondes, la température monte progressivement à 54 °C.

III) Identification avec Broïda

Nous décidons de commencer par la méthode de Broïda, car cette méthode nous paraît simple et rapide.

Dans un premier temps, on récupère le Δy qui est égale a la différence de température en sortie du système (à partir de 1200 secondes).



À l'aide de l'outil curseurs dans la fenêtre de visualisation du signal, on récupère la valeur de Δy qui est égale à 7,4. On récupère également Δu, de la même manière. Δu est donc égale à 50 soit la consigne.

On trouve ensuite t0 qui est le temps auquel on envoie la consigne, c'est-à-dire 5 secondes. On a par la même occasion t1, qui correspond au temps pour lequel la courbe est à 27% du Δy qui est égale à 2.072. On finit par récupérer t2 qui est le temps pour lequel la courbe est à 40% du Δy qui est égale à 2.96. On a :

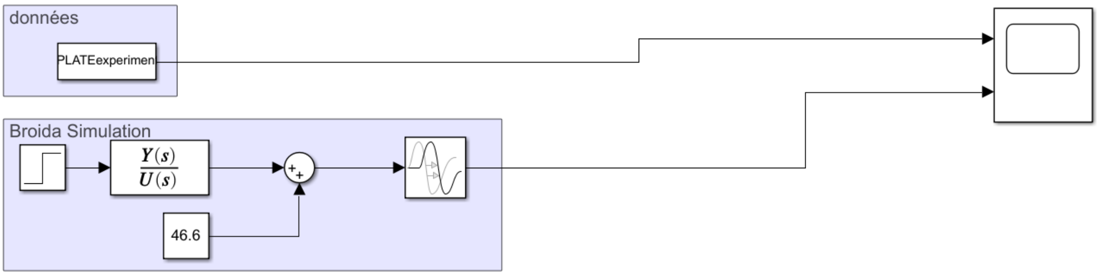
τ = 5.5*(t2 - t1) et r = 2.9*t1 - 1.8*t2 et K = Δy/Δu

On obtient alors τ = 330, r = 9 et K = 0.148.

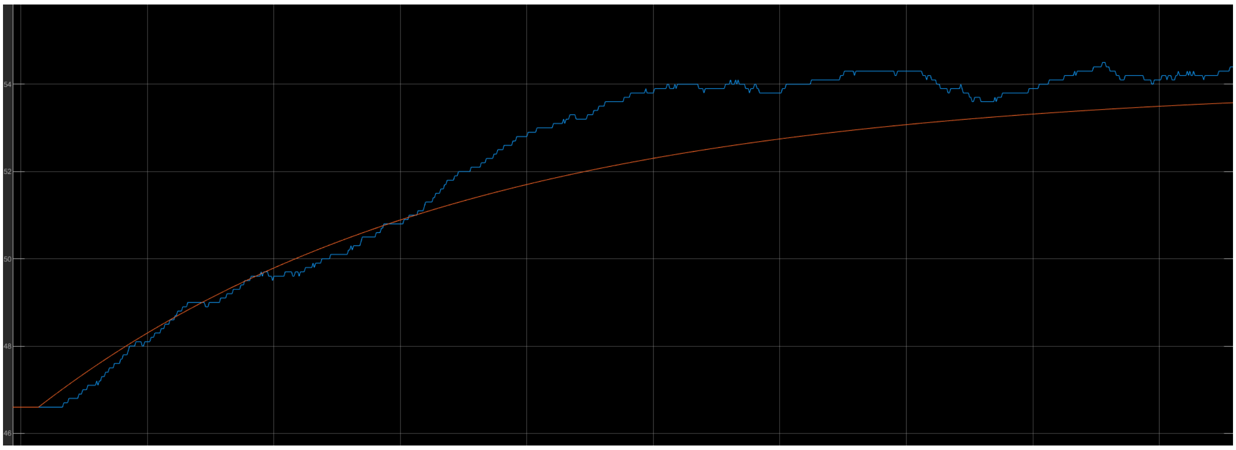
Nous avons ainsi une fonction de transfert d'ordre 1.

$$F(s) = \frac{K}{1+\tau s} e^{-rs} \qquad F(s) = \frac{0.148}{1+330\ s}\ e^{-9\ s}$$

Pour valider ce modèle, nous faisons une simulation sur Simulink :



Schémas de simulations du modèle de Broïda



Résultat de la simulation de F(s).

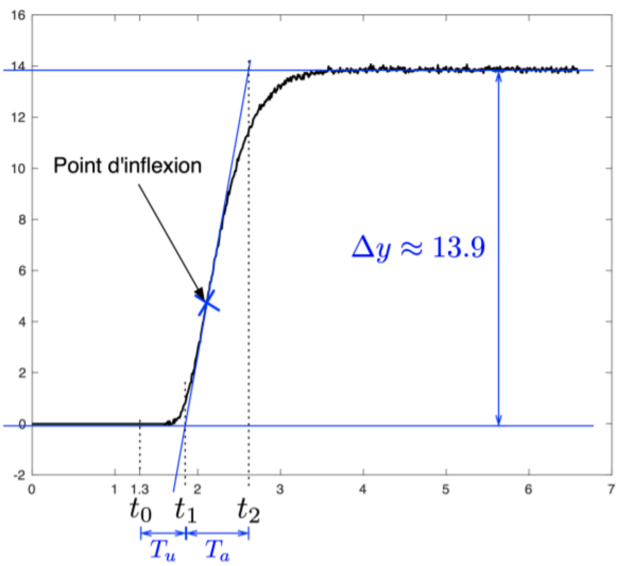
La courbe bleue correspond aux données de la première expérience et la courbe rouge a la simulation de notre modèle avec Broïda. Les deux courbes sont à peu près similaires, on valide donc ce modèle pour la suite.

IV) Identification avec Strejc

Après l'identification avec Broïda, on a eu le choix entre choisir de faire soit le calcul du PID avec le modèle que l'on venait de calculer, ou de refaire des calculs pour détailler le modèle de Strejc. On est parti sur la deuxième option et on a décidé de faire dans un premier temps les calculs d'identifications du système, puis dans un deuxième temps, faire les différents PID.

En reprenant la courbe obtenue précédemment, on va chercher le point d'inflexion, c'est-à-dire le point où un changement de concavité de la courbe s'opère.

Une fois ce point défini, on va relever les point t0, t1 et t2 dans un premier temps, comme fait pour la méthode avec Broïda. Pour t0 est le début de la courbe donc il ne change pas, il reste donc 1205 secondes. Pour t1, on a besoin de tracer la tangente du point d'inflexion que l'on a trouvé et relever le temps pour lequel la tangente croise la température du point de fonctionnement, nous avons donc t1 = 54.1 secondes. Une fois cela fait, il faut relever t2 qui équivaut au temps pour lequel la tangente du point d'inflexion et la température de la consigne se croisent. On trouve donc un t2 équivalent 300 à secondes.



Exemple aidant à la compréhension.

Avec ces valeurs, on va dans un premier temps calculer Tu et Ta :

$$T_u = t_1 - t_0, \quad T_a = t_2 - t_1$$

Ce qui nous donne un Tu = 49.1 , et un Ta = 245.9. Grâce à ces valeurs, on peut calculer η qui est est Tu/Ta, ce qui nous donne η = 0.1997. On va à partir de maintenant utiliser un tableau pour nous donner des coefficients.

$\left(\frac{T_u}{T_a}\right)_{tab}$	*Ordre n*	$\left(\frac{\tau}{T_a}\right)_{tab}$
0.000	1	1.000
0.104	2	0.368
0.218	3	0.271
0.319	4	0.224
0.410	5	0.195
0.493	6	0.175
0.570	7	0.161
0.642	8	0.149

Tableau de Strejc.

On va pouvoir grâce à ce tableau, et notre η, savoir sur quelle ligne il faut lire. Il faut pour cela regarder la ligne de la première colonne qui est égale ou strictement inférieure à η. Ici, cela sera la troisième ligne.
Grâce à cela, on peut donc dire que notre fonction de transfert sera d'ordre 2.
On va ensuite calculer τ, qui est la constante de temps, qui est égale au nombre de la 3ème colonne, ici 0.368, multiplier par Ta, ce qui nous donne un τ = 90.4912. Pour finir, on calcule r, qui est le retard pur, qui est égale à Tu-(0.104*Ta), ce qui nous donne un r = 23.5264. On arrive à la fonction de transfert suivante :

$$F(s) = \frac{K}{(1+\tau s)^n} e^{-rs}$$

$$F(s) = \frac{0.148}{(1+90.4912\ s)^2} e^{-23.5264\ s}$$

Pour valider ce modèle, nous faisons une simulation sur Simulink :

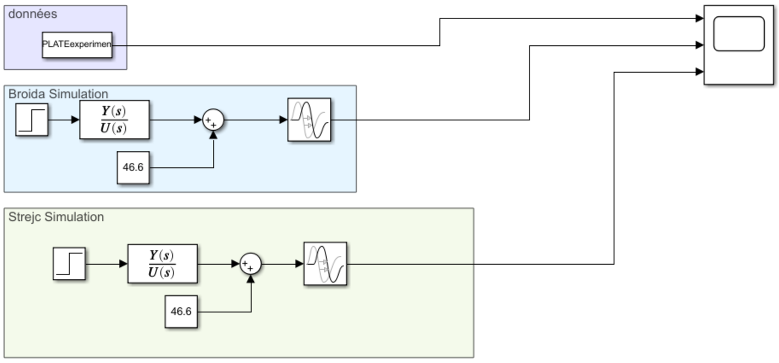
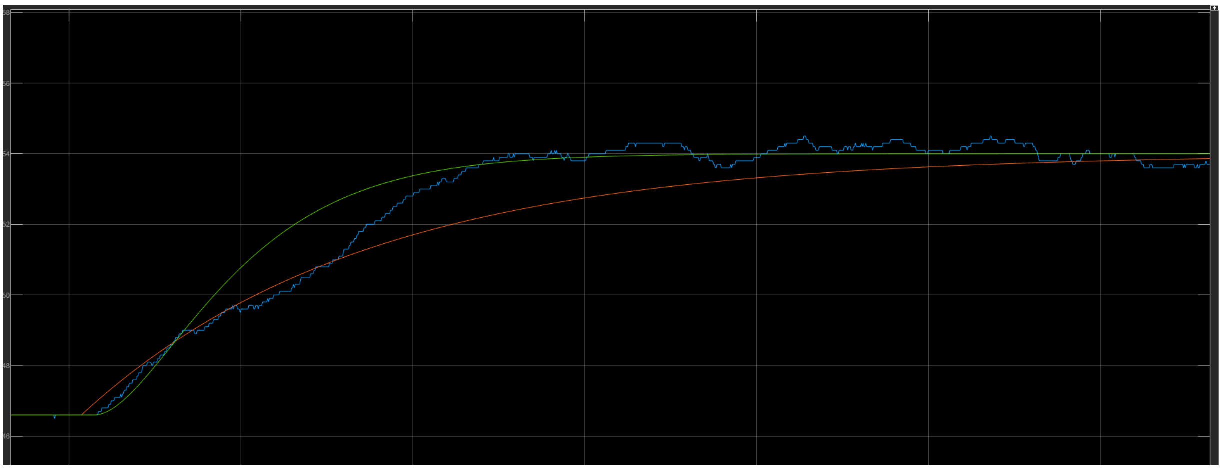


Schéma de la simulation de Strejc



Résultat de la simulation de F(s), avec en vert Strejc, et en orange Broïda.

V) Réglage d'un PID par le coefficient de réglabilité

Pour établir les différents coefficients du PID, on utilise le tableau suivant :

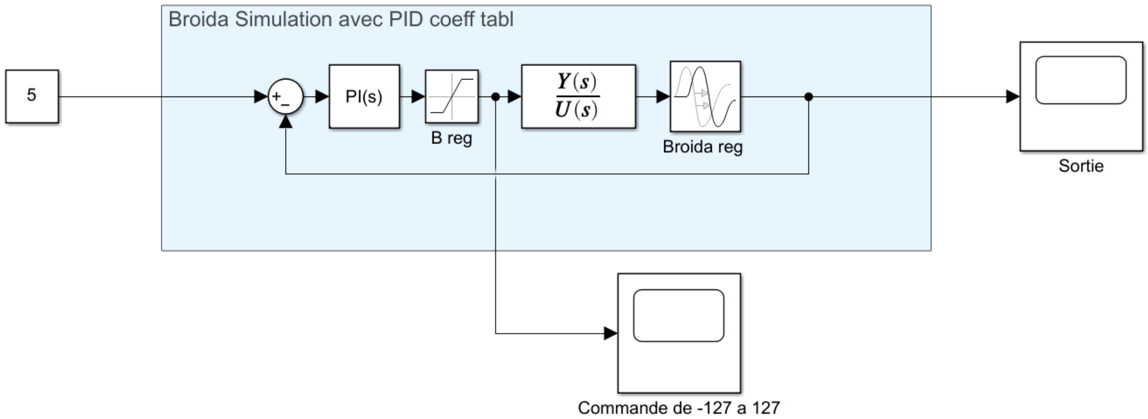
Réglabilité (Reg)	K_P	T_i	T_d
De 0 à 0.1	$\frac{5}{K}$	τ	0
De 0.1 à 0.2	$\frac{0.5}{K \times Reg}$	τ	0
De 0.2 à 0.5	$\frac{0.5(1+0.5Reg)}{K \times Reg}$	$(1+0.5Reg)\,\tau$	$\frac{0.5\tau \times Reg}{(1+0.5Reg)}$
> 0.5	PID non recommandé		

Avec Reg = r/ τ = 9/330 = 0,027 donc on utilise la première ligne du tableau.

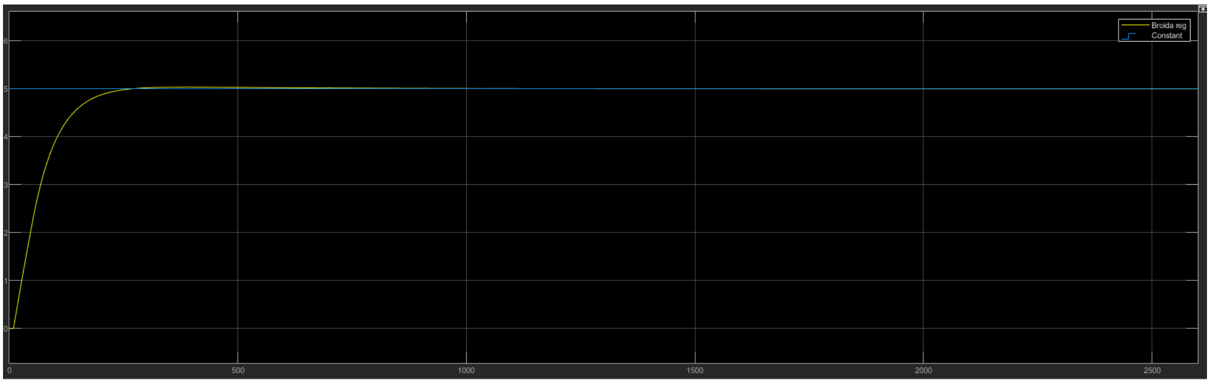
On a alors : Kp = 5/K Ti = τ et Td = 0

Kp = 5/0,148 Ti = 330

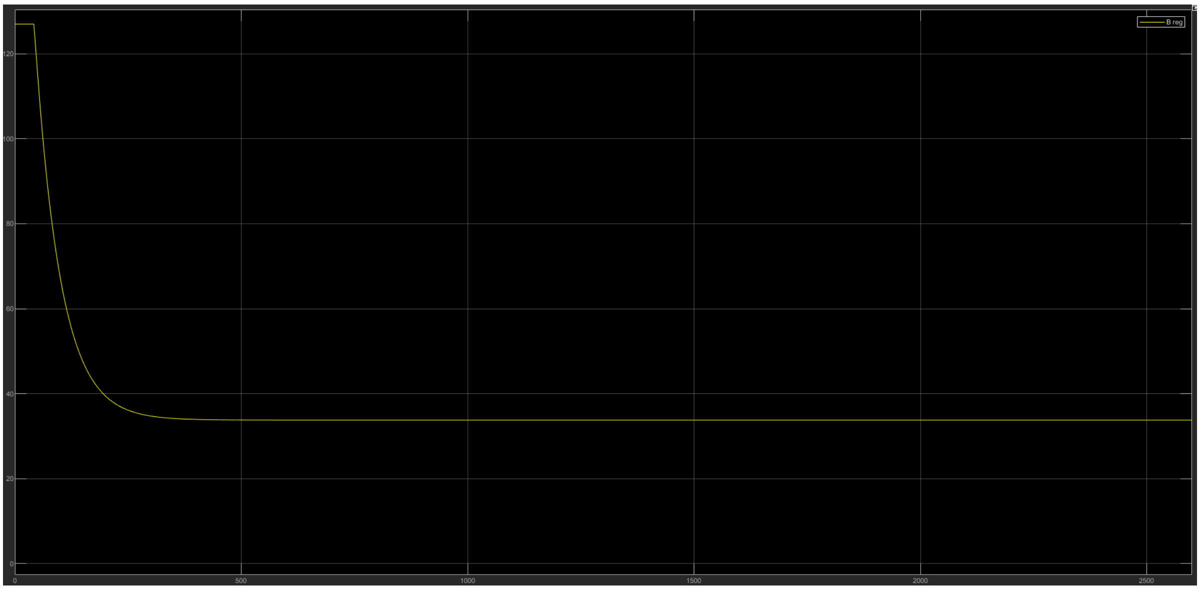
Nous allons alors maintenant créer un Simulink avec notre fonction de transfert du modèle de Broïda et notre PI pour faire une simulation de la régulation.



Schémas, simulation de la régulation pour Broïda.



__Graphique théorique de la sortie de la maquette.__



__Graphique de la sortie du PID (de 127 à -127)__

VI) Réglage d'un PID par essai-erreur

On va dans un premier temps créer sur Simulink le schéma qui va nous permettre de comparer notre PID avec le système de base.

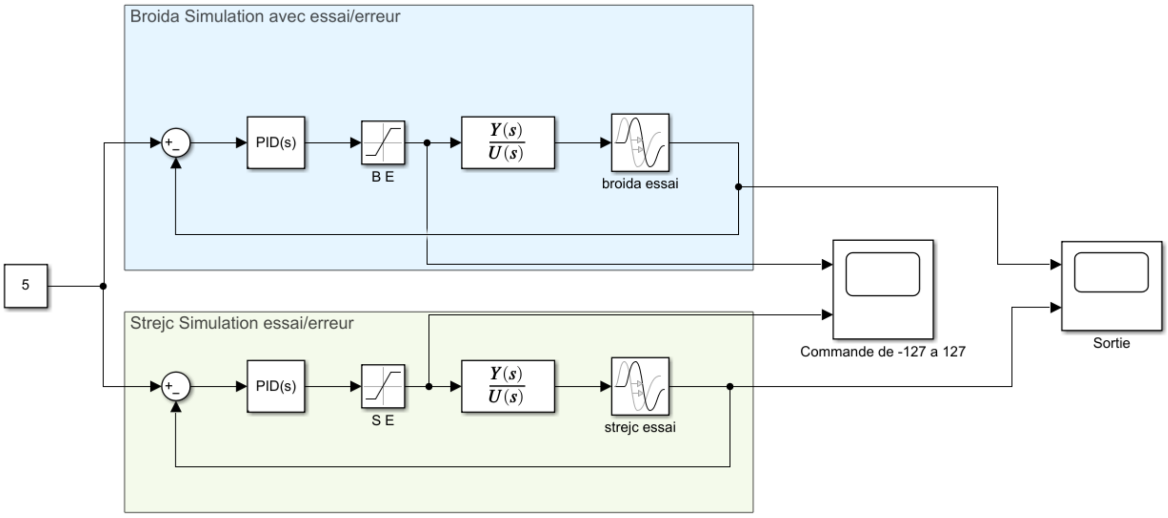


Schéma de la simulation pour l'essai-erreur avec Broïda et Strejc

Vu que pour le réglage par essai-erreur le PID doit être à structure parallèle, on n'oublie pas de le préciser dans le réglage. Afin de le régler, on va déjà mettre le réglage de l'intégrale (Ti) et de la dérivée (Td) à 0, afin de pouvoir modifier uniquement la proportion (Kp).

Dans un premier temps, prendre une petite valeur de Kp, que l'on va augmenter progressivement jusqu'à voir apparaître une très légère oscillation, signe de la dégradation de la stabilité. Une fois que l'on aperçoit ces légères oscillations, on va mettre un Ti qui vaut environ ⅓ de Kp, sachant que si la fonction présente un retard, cela pourrait être encore plus petit. On peut jouer sur Ti en l'augmentant si cela manque de précision, et en le diminuant si cela manque de stabilité.

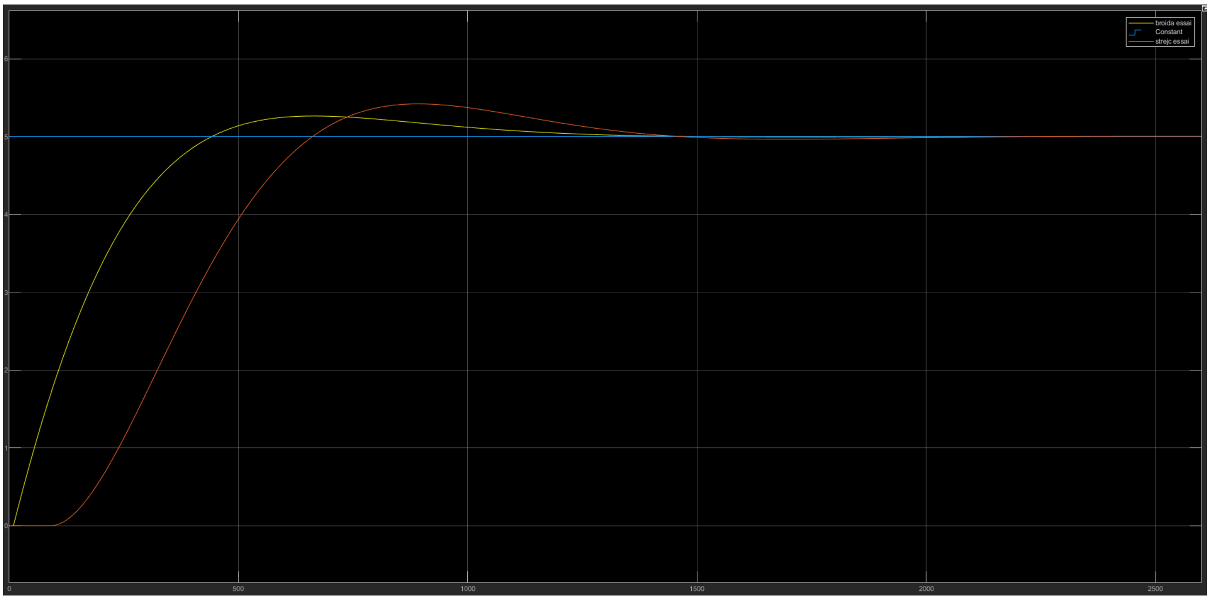
Après que le résultat nous convient, on peut jouer sur Kp et Td, pour améliorer le temps de montée, diminuer l'amplitude des dépassements.

Pour le Broïda, on arrive au réglage suivant :

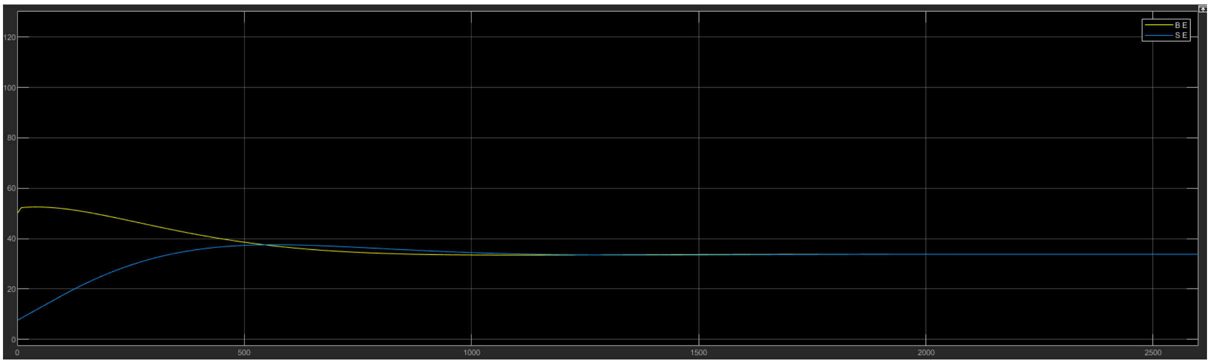
Kp = 10 Ti = 0.05 Td = 0

Pour le Strejc, on arrive au réglage suivant :

Kp = 1.5 Ti = 0.082 Td = 0



Graphique théorique de la sortie de la maquette, avec en jaune Broïda, et en orange Strejc.



Graphique de la sortie du PID (de 127 à -127), avec en jaune Broïda, et en bleu Strejc

VII) Réglage d’un PID par MATLAB

On peut régler un PID automatiquement par Matlab. Pour cela, nous créons une boucle de régulation puis nous ouvrons les paramètres du PID.

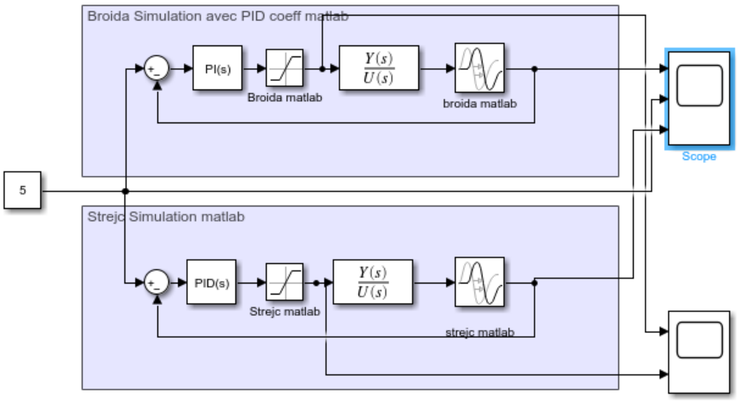
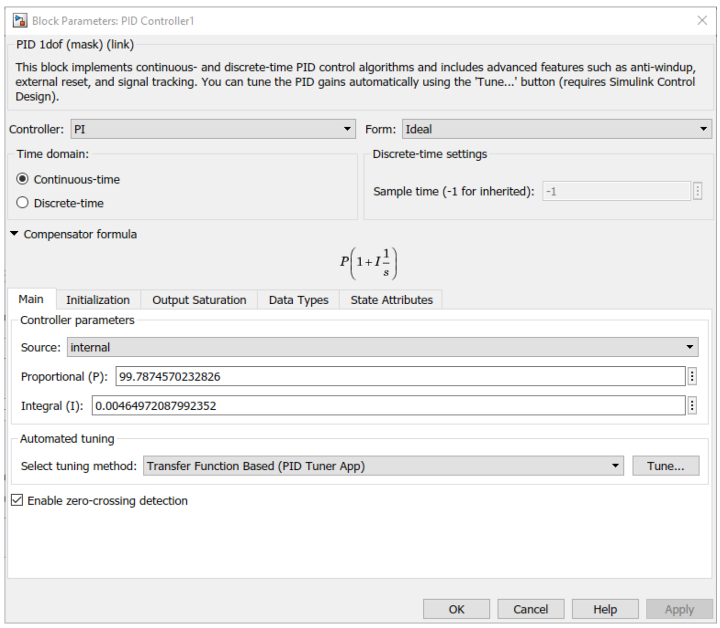


Schéma simulink Broïda et Strejc pour réglage par Matlab

On sélectionne “Ideal” dans “Form” puis on clique sur “Tune” pour régler automatiquement son PID. On peut ajuster le réglage selon nos préférences pour avoir la réponse qui nous satisfait le plus.

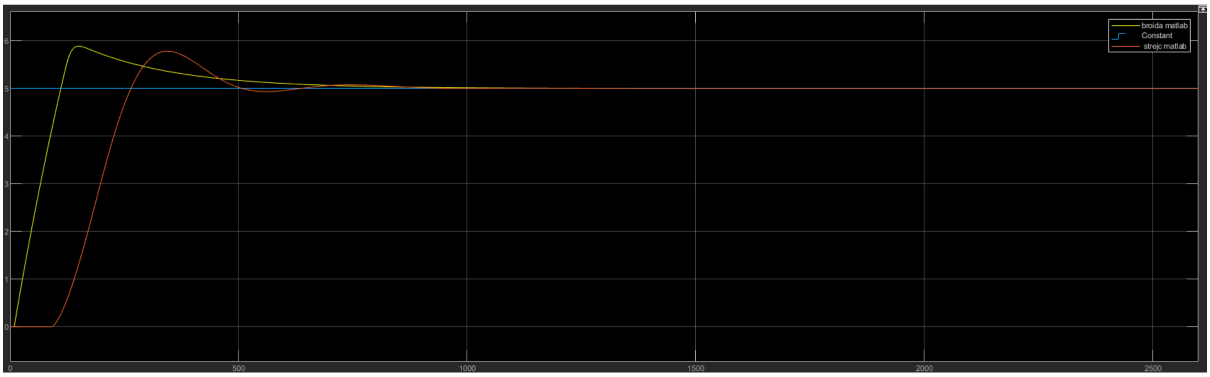


PI pour Broïda :

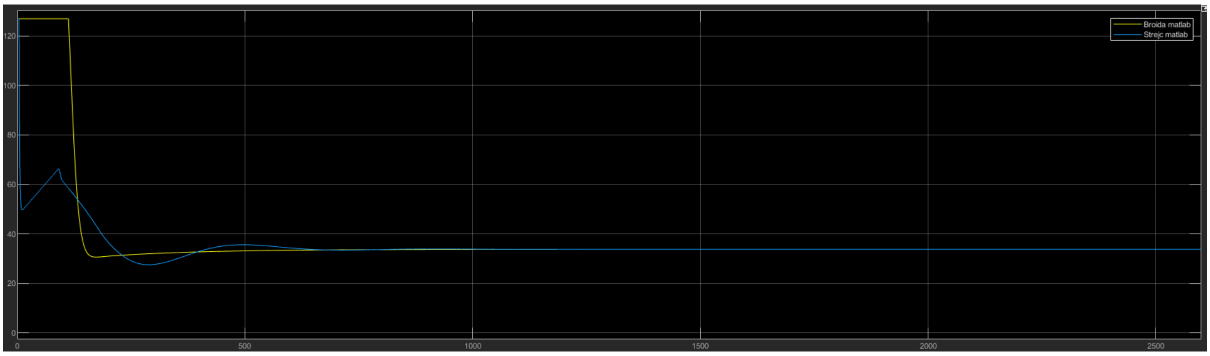
Kp = 99.7874 Ti = 0. 0046

PID pour Strejc :

Kp = 9.4404 Ti = 0.0044 Td =52.3469



Graphique théorique de la sortie de la maquette, pour le



Graphique de la sortie du PID (de 127 à -127)

VIII) Test des PID sur la maquette

Afin de finir ce TP, on choisit ce que nous pensons être nos deux meilleurs PID, le Broïda avec les coefficients de la réglabilité (cf partie V), et le Strejc avec les coefficients de Matlab (cf partie VII) . On va d'abord faire les schémas Simulink qui vont nous permettre de tester dans la maquette nos PID.

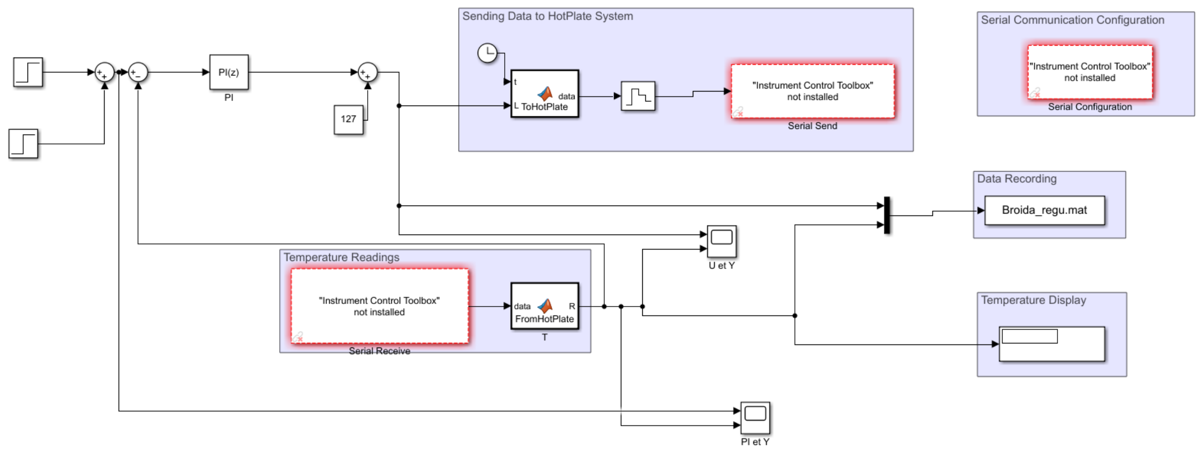


Schéma du test du PID Broïda avec les coefficients de la réglabilité pour la maquette

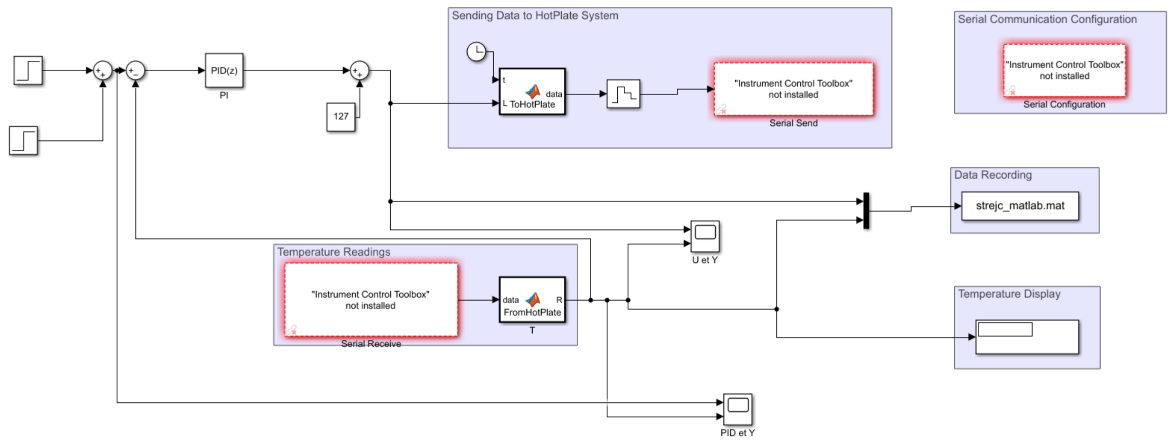
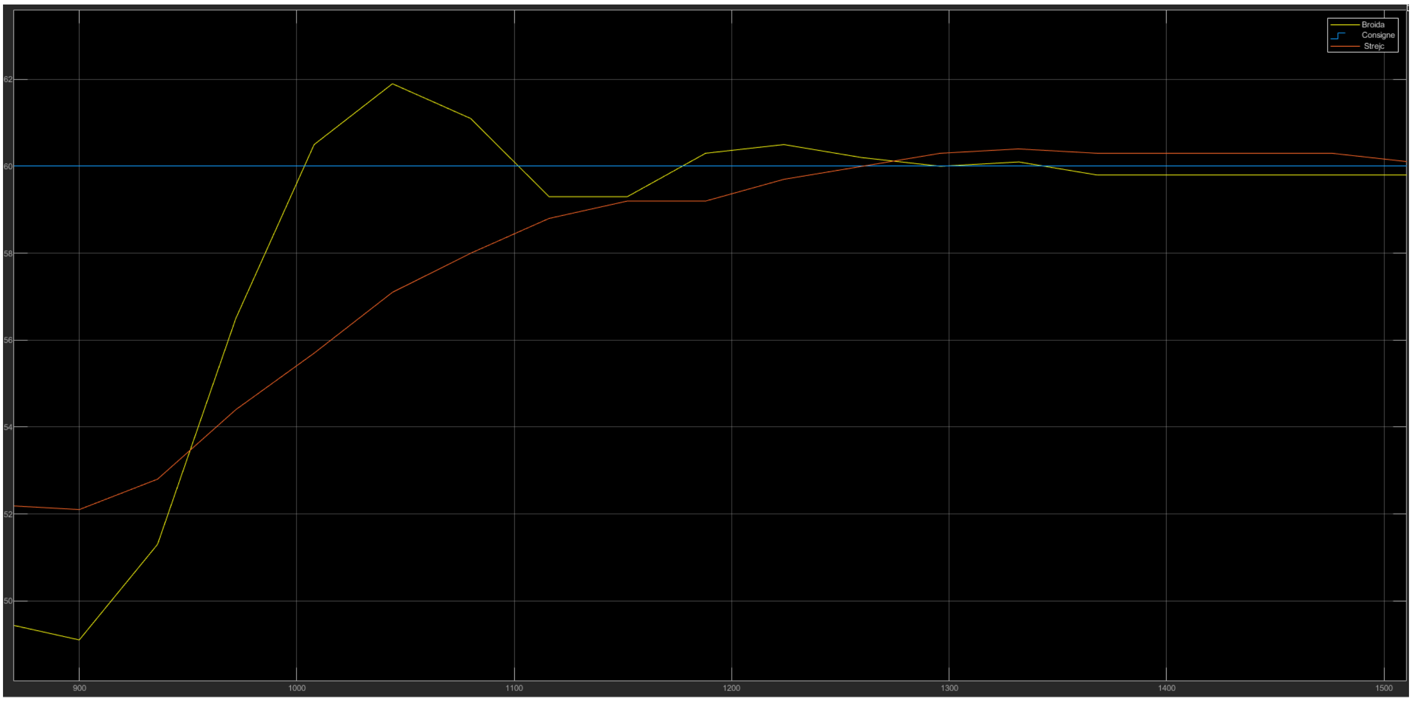


Schéma du test du PID Strejc avec les coefficients de Matlab pour la maquette

Nous avons donc mis en place une régulation sur la maquette. On va maintenant mettre la maquette en température à un point de fonctionnement puis lui envoyer une consigne. Pour voir comment les différentes régulations réagissent.



Test pratique des deux PID, avec en jaune Broïda et en orange Strejc

IX) Conclusion

On notera avant tout que pour les tests pratiques, nous n’avions pas la même maquette que lors des premiers tests faits pour établir les modèles de Broïda et Strejc, ce qui impacte légèrement les résultats. Les résultats sont plutôt satisfaisants, on a un temps de stabilisation autour de la consigne de l'ordre de 300 secondes au lieu des 600 secondes lors du premier test sans régulation. Pour le PI avec les coefficients de régulation, nous avons un dépassement, mais nous le considérons acceptable, car notre but est d'atteindre et de se rapprocher le plus rapidement de la consigne. Puis c’est seulement un dépassement de 2 °C. Le PID avec Matlab est satisfaisant, il est moins rapide que le premier, mais commet moins d'erreurs ce qui peut être préférable si on a besoin d’une plaque qui n'excède pas la température demandée.