16/04/2018

Identification et correction de processus industriel

TP 1

« Nous attestons que ce travail est original, qu'il indique de façon appropriée tous les emprunts, et qu'il fait référence de façon appropriée à chaque source utilisée »

Léo Guilpain & Thomas Legris - IoT

Table des matières

Introduction

Le but de ce TP est d'étudier la régulation du débit d'air. Pour cela, nous avons accès à un tube relié à un bloc de commande. Nous allons nous focaliser sur l'étude non-exhaustive d'un des organes d'un aérotherme. Nous mettrons en œuvre une correction PID à partir des méthodes semi-empiriques.

Question n°2

Nous avons modélisé le système comme ceux-ci.

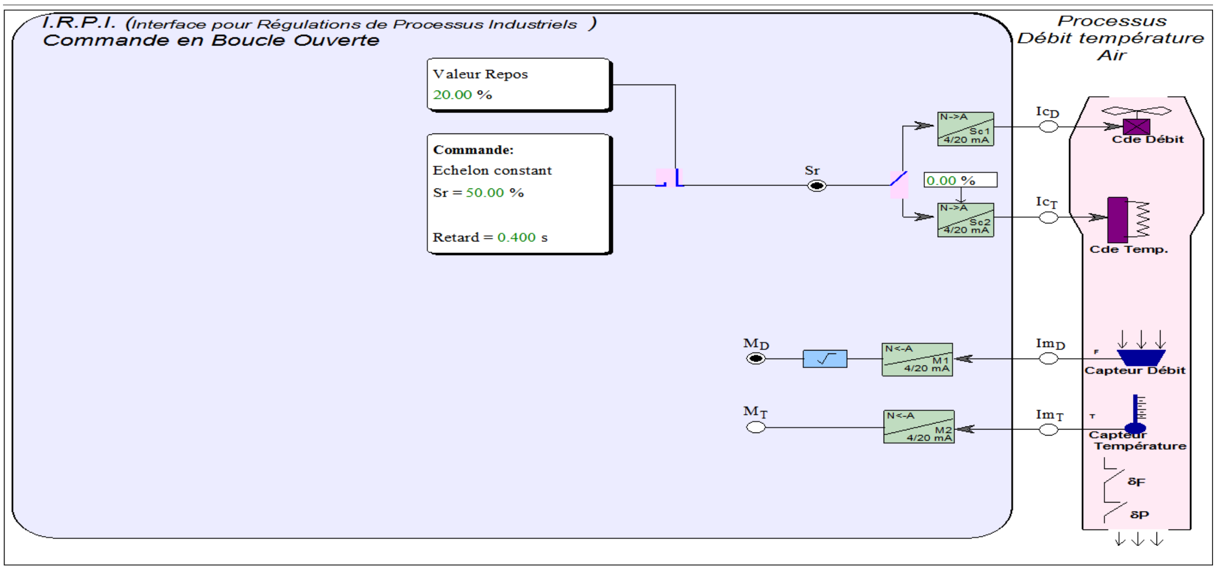

Figure 1 : Simulation du système

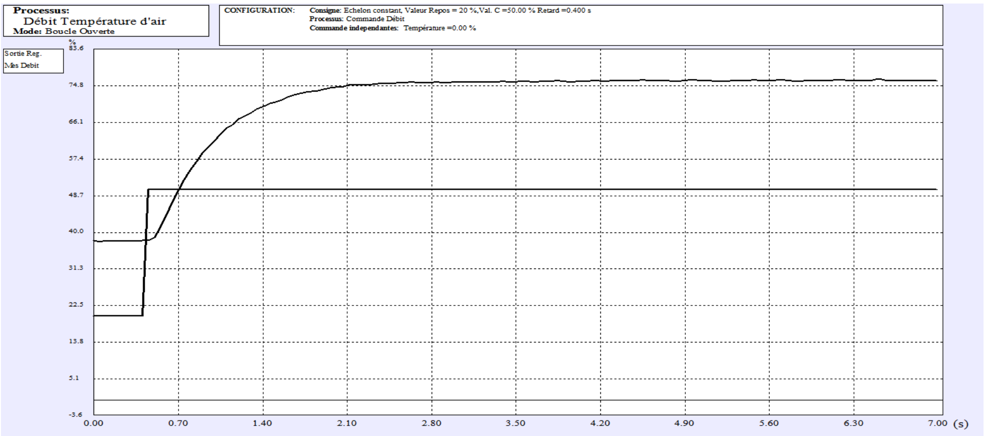

Figure 2 : Visualisation de la réponse suite à une entrée en échelon

Après avoir modélisé le système, on obtient la courbe ci-dessus.

Question n°3

Non, le système ne possède pas d'intégration. En effet, comme on peut le voir sur la courbe, cette dernière atteint une valeur finale et ne monte pas indéfiniment.

Question n°4

On cherche à déterminer la fonction de transfert qui est de la forme :

$$H(p) = K\frac{e^{-\mathrm{Tr}\,p}}{1+\tau_1 p}$$

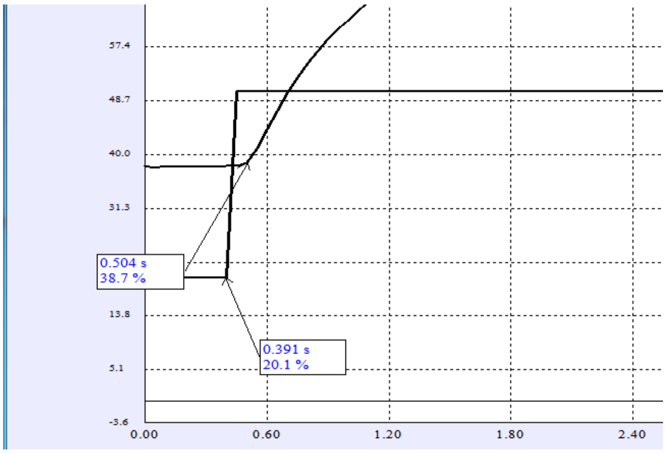

Figure 3 : Calcul de Tr

Grâce à cette image, on peut calculer Tr. Ici :

Tr = 0.504 – 0.391

Tr = 0.113 s

Le retard est donc de 0.113 seconde.

Ensuite on cherche à calculer τ_1 :

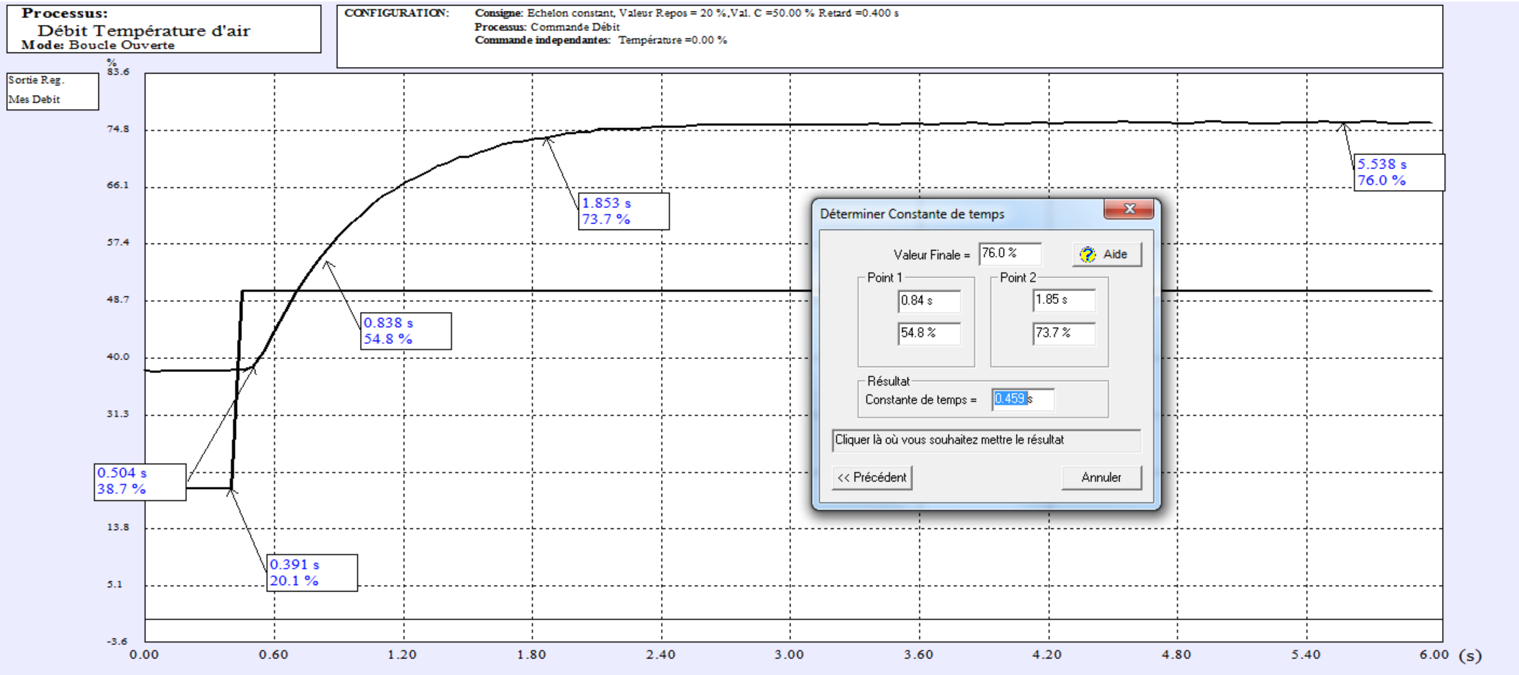

Figure 4 : Calcul de τ_1

On calcule τ_1 par la méthode de décroissance exponentielle qui est intégrée directement au logiciel comme on peut le voir sur la photo ci-dessus.

On a donc $\tau_1 = 0.459\ s$

Enfin, la dernière valeur à calculer est le gain K :

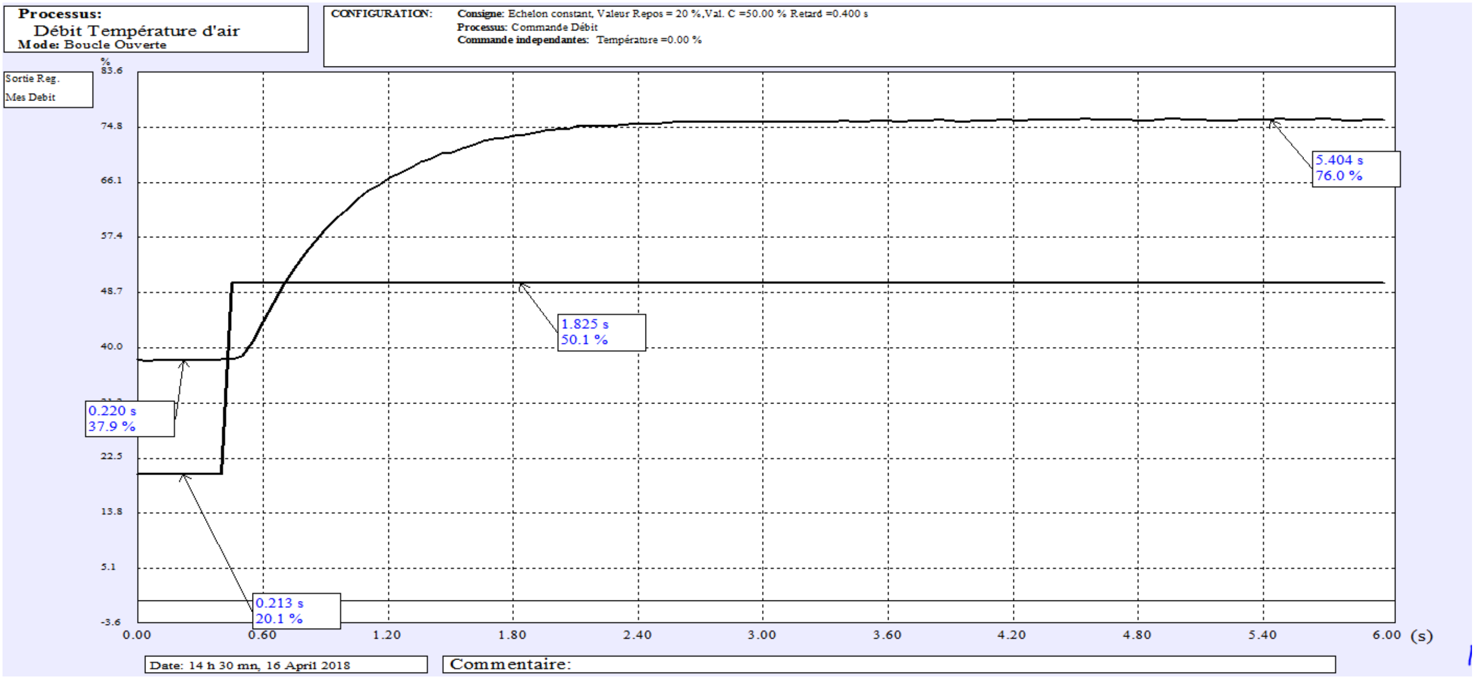

Figure 5 : Calcul du gain

Pour avoir le gain K, il faut faire le rapport entre l'amplitude des échelons :

$$K = \frac{76 - 37.9}{50.1 - 20.1}$$

On trouve donc **K = 1.27**

La fonction de transfert est donc de la forme :

$$H(p) = 1.27\,\frac{e^{-0.113\,p}}{1 + 0.459p}$$

Question n°5

On cherche avec Matlab la fonction de transfert en z. On fait donc le code ci-dessous :

```
Te = 0.113 %retard mesuré
sys1 = tf([1.27],[0.459 1],'ioDelay',0.113)%fct de transfert avec les valeurs prisent aux anciennes questions
sys1d = c2d(sys1,Fe,'zoh') %tz avec bloqueur d'ordre 0
```

Figure 6 : Code Matlab

On obtient le résultat suivant :

```
Te =

    0.1130


sys1 =

                        1.27
  exp(-0.113*s) * -----------
                     0.459 s + 1

Continuous-time transfer function.


sys1d =

              0.2771
  z^(-1) * ----------
            z - 0.7818

Sample time: 0.113 seconds
Discrete-time transfer function.
```

Figure 7 : Résultat du code Matlab

On trouve donc :

$$\boldsymbol{H(z) = z^{-1} * \frac{0.2771}{z - 0.7818}}$$

On devrait trouver :

1 – 0.7818 = 0.2182

Or, on obtient 0.2771, ce qui signifie que notre modélisation n'est pas optimale.

Pour trouver C_{0Max} on utilise les conditions du critère de Jury

$$|C_0 K| < \frac{1}{1-\delta}$$

$$|C_{0max} K| = \frac{1}{1-\delta}$$

$$C_{0max} = \frac{1}{K(1-\delta)}$$

Pour résoudre, on prend K = 1.27 et $1 - \delta$ = 0.2771.

$$C_{0max} = \frac{1}{1.27 * 0.2771}$$

$$C_{0max} = 2.84$$

Question n°6

On cherche désormais à étudier la correction. Pour cela, on prend différentes valeurs pour C_0 : 1, C_{0max} – 1 et C_{0max}.

On modélise à l'aide du schéma suivant :

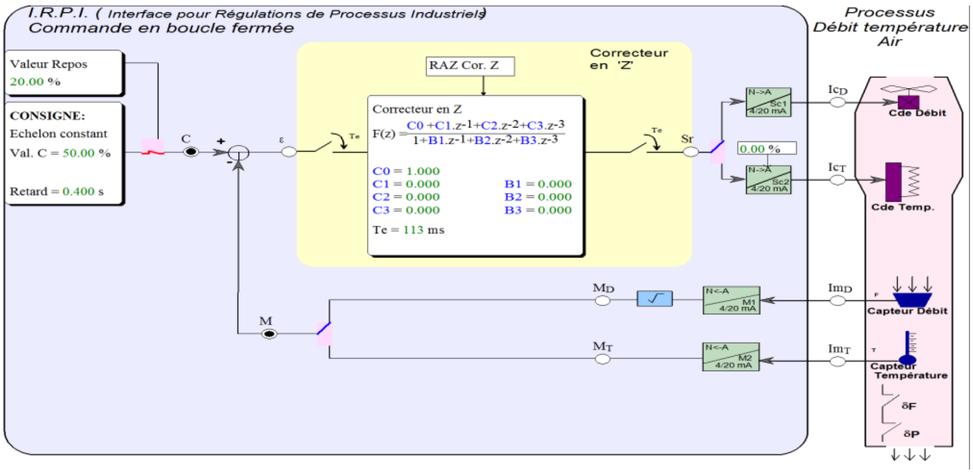

Figure 8 : Modélisation du système

$C_0 = 1$

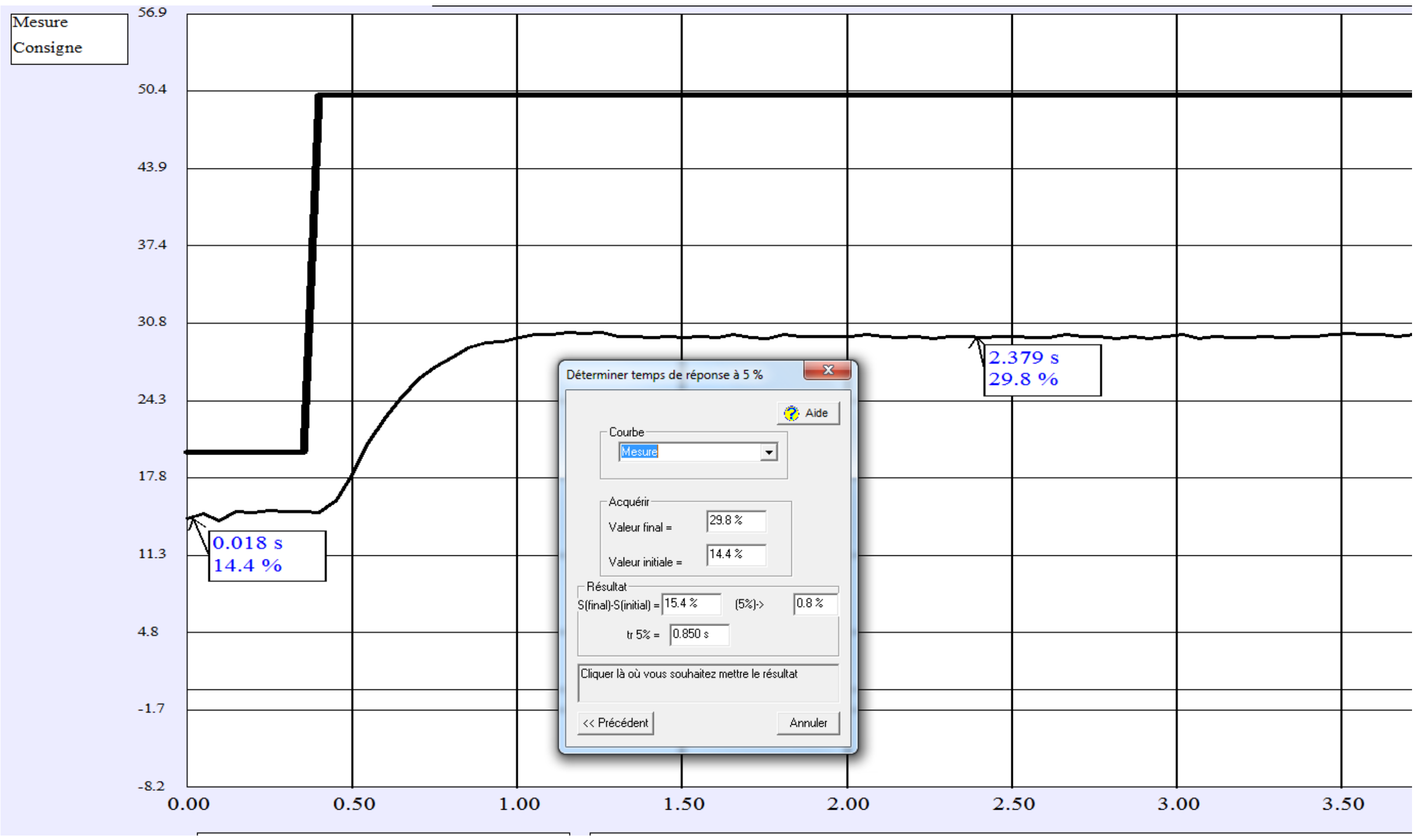

Figure 9 : Réponse pour C = 1

Le logiciel a mesuré les valeurs du temps de réponse à 5 % et de l'erreur statique :

$T_{5\%}$ = 0.850 – 0.4

$T_{5\%}$ = 0.45 s

Erreur statique = 30 -15.4

Erreur statique = 14.6 %

$C_0 = C_{0max} - 1$

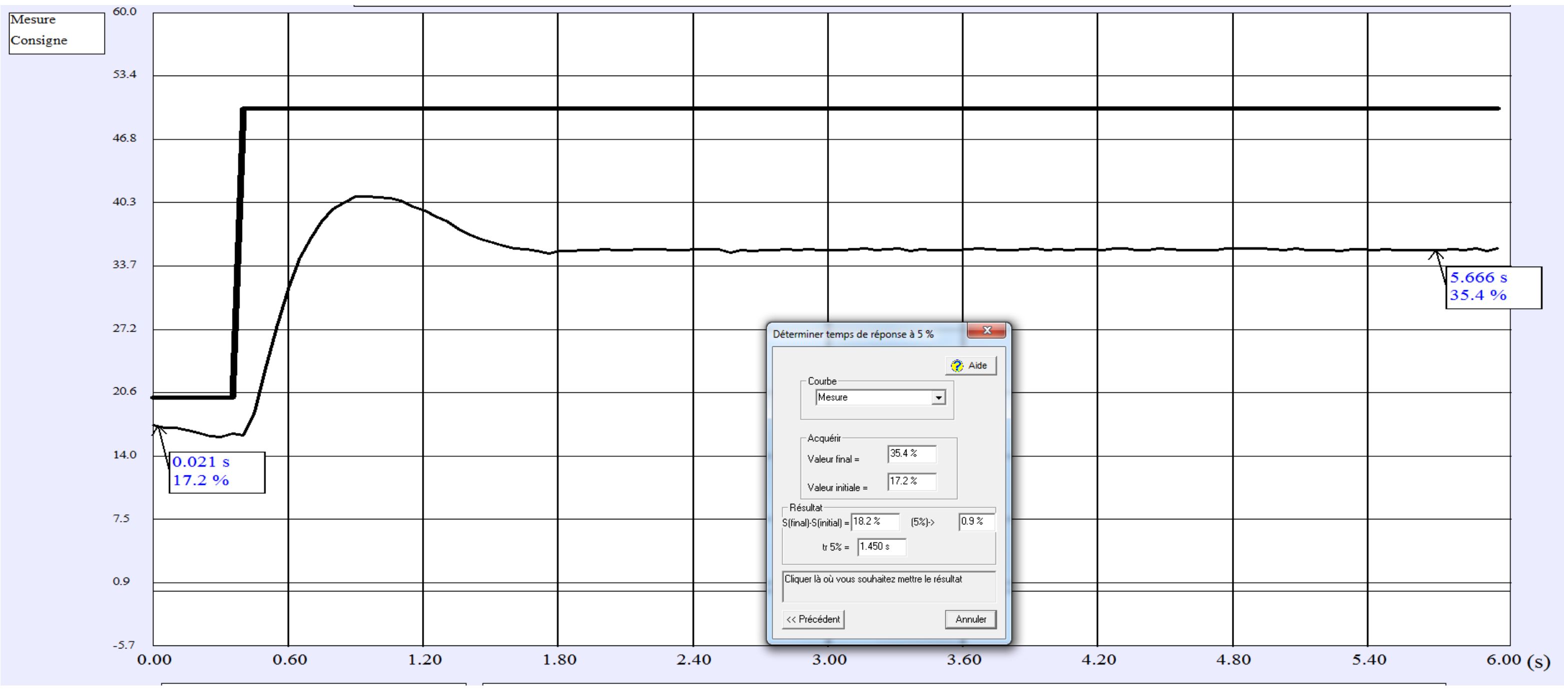

Figure 10 : Réponse pour C0 - 1

Le logiciel a mesuré les valeurs du temps de réponse à 5 % et de l'erreur statique :

$T_{5\%} = 1.450 - 0.4$

$T_{5\%} = 1.05$ s

Erreur statique = 30 - 18.2

Erreur statique = 11.8 %

$C_0 = 9$

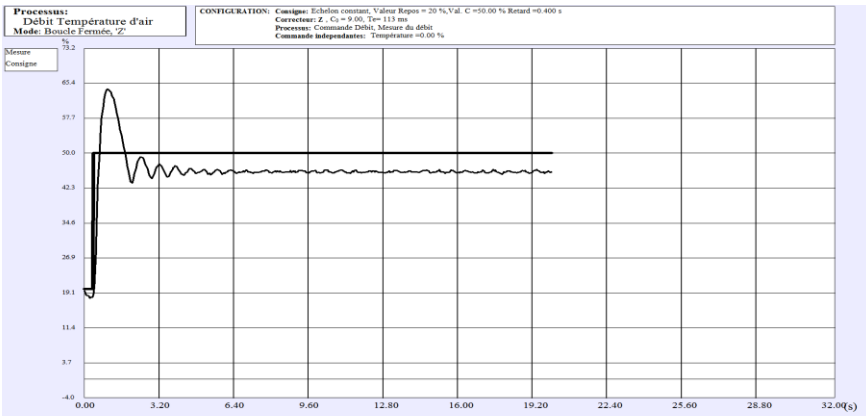

Figure 11 : C0 = 9

On voit bien que le système est instable.

Question n°7

On rajoute désormais un intégrateur en plus de la correction proportionnelle.

$C_0 = 0.1$

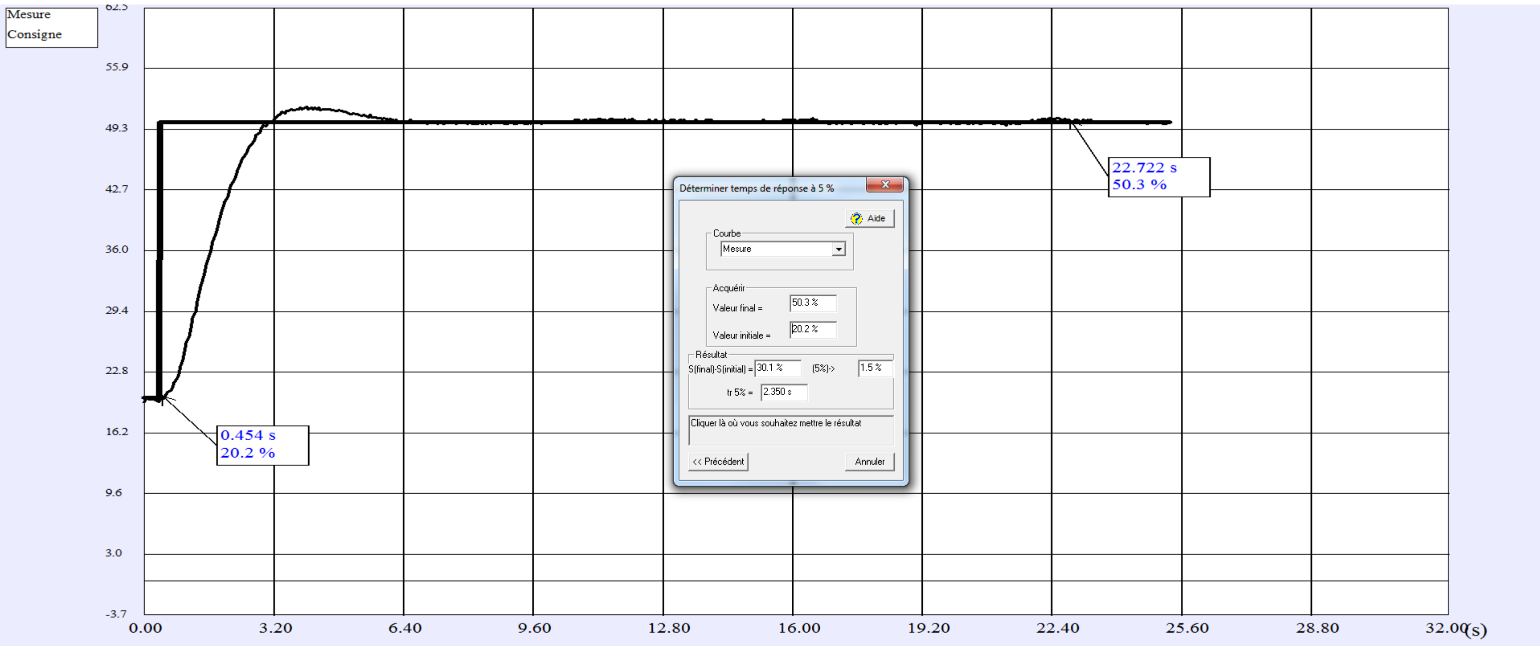

Figure 12 : C0 = 0.1

$T_{5\%}$ = 2.350 – 0.4

$T_{5\%}$ = 1.95 s

Erreur statique = 30 – 30

Erreur statique = 0 %

L'intégrateur apporte un gain infini en basse fréquence donc cela annule l'erreur statique.

$C_0 = 0.7$

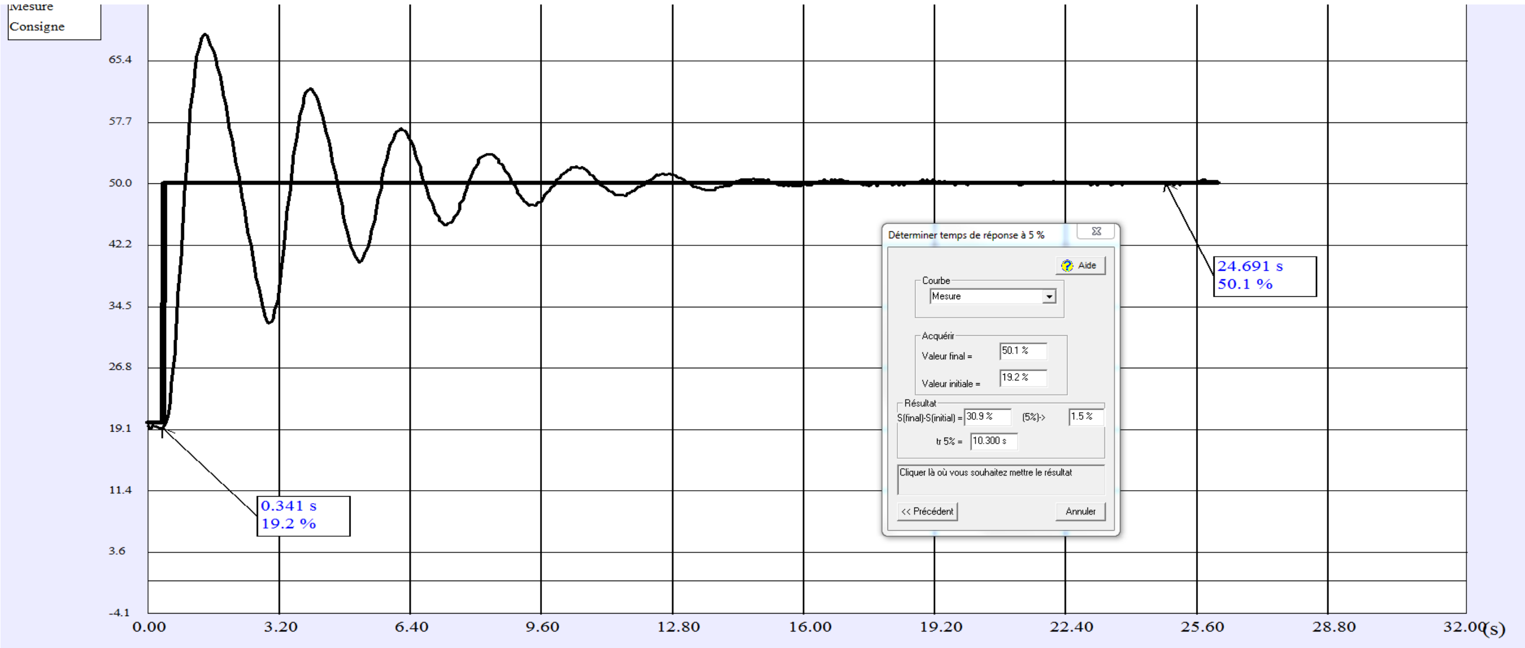

Figure 13 : C0 = 0.7

$T_{5\%} = 10.3 - 0.4$

$T_{5\%} = 9.9$ s

Erreur statique = 30 – 30

Erreur statique = 0 %

L'intégrateur apporte un gain infini en basse fréquence donc cela annule l'erreur.

Si on augmente C_0 on voit bien que le temps de réponse à 5% augmente également.

On cherche C_{0max} pour trouver une juste instabilité.

On trouve C_{0max} = 1.2 :

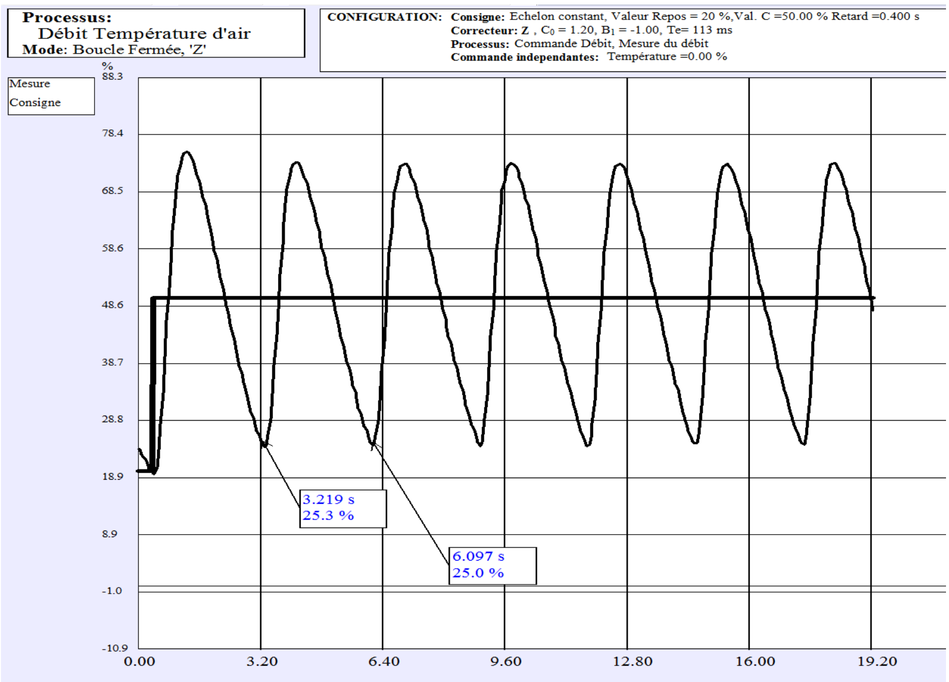

Figure 14 : C0 = 1.2

Pour trouver w_{osc}, on cherche la période :

$$w_{osc} = \frac{2\pi}{T} \text{ avec T = 6.097 - 3.219 = 2.878}$$

$$\boldsymbol{w_{osc} = 2.18 \text{ rad/s}}$$

Question n°8

L'apport de l'intégrateur permet d'avoir une erreur statique nulle. Cependant, en combinant l'action du gain et de l'intégrateur, on rend le système instable.

Nous venons de faire un correcteur PI. Pour rendre le système plus stable, on rajoute un correcteur dérivé.

Question n°9

On cherche à rajouter un terme C_1 au numérateur afin d'améliorer la stabilité du système. Pour le calculer, on utilise la formule suivante :

$$\frac{C_1}{C_0} = \frac{-\tan(\phi)}{\sin(w_{osc} * T_e) + \tan(\phi) * \cos(w_{osc} * T_e)}$$

On prend :

- $\phi = 45\,°$
- $T_e = 0.113\ s$
- $w_{osc} = 2.18$ rad/s
- $C_0 = C_{0max} = 1.2$

On trouve ainsi **$C_1 = -0.988$**

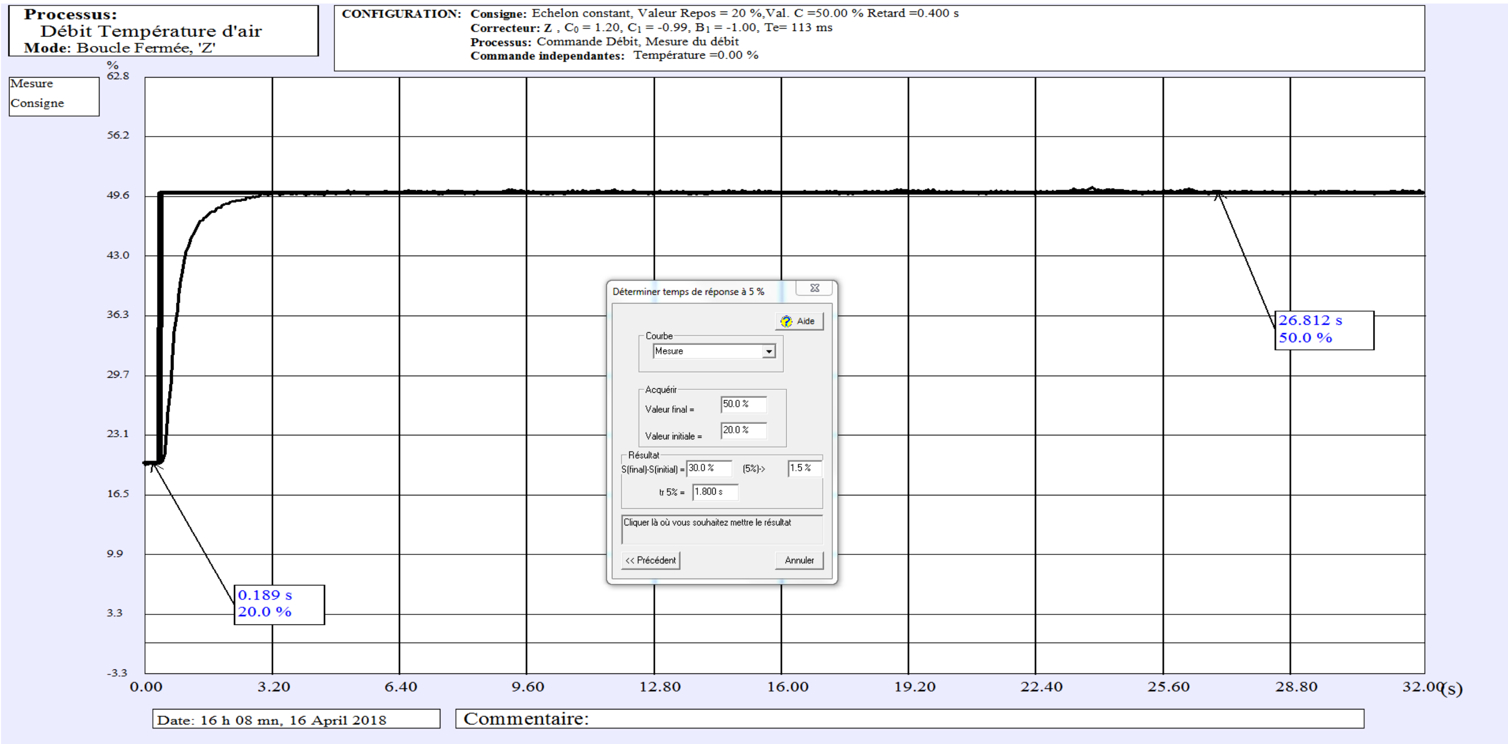

Figure 15 : C1 = -0.998

On voit bien que C_1 permet de rendre le système stable puisqu'il n'oscille plus pour la même valeur de C_0. De plus, l'intégrateur assure toujours une erreur statique nulle.

Question n°10

Dans la question 9, nous avons apporté une avance de phase de 45° afin d'améliorer notre système. Cependant, cette avance de phase apporte un gain qu'il faut compenser. Nous avons alors cherché à « tâtons » ce gain pour avoir un dépassement inférieur à 5%. Après avoir essayé plusieurs valeurs, nous avons multiplié C0 et C1 par 1.7. On obtient la figure suivante :

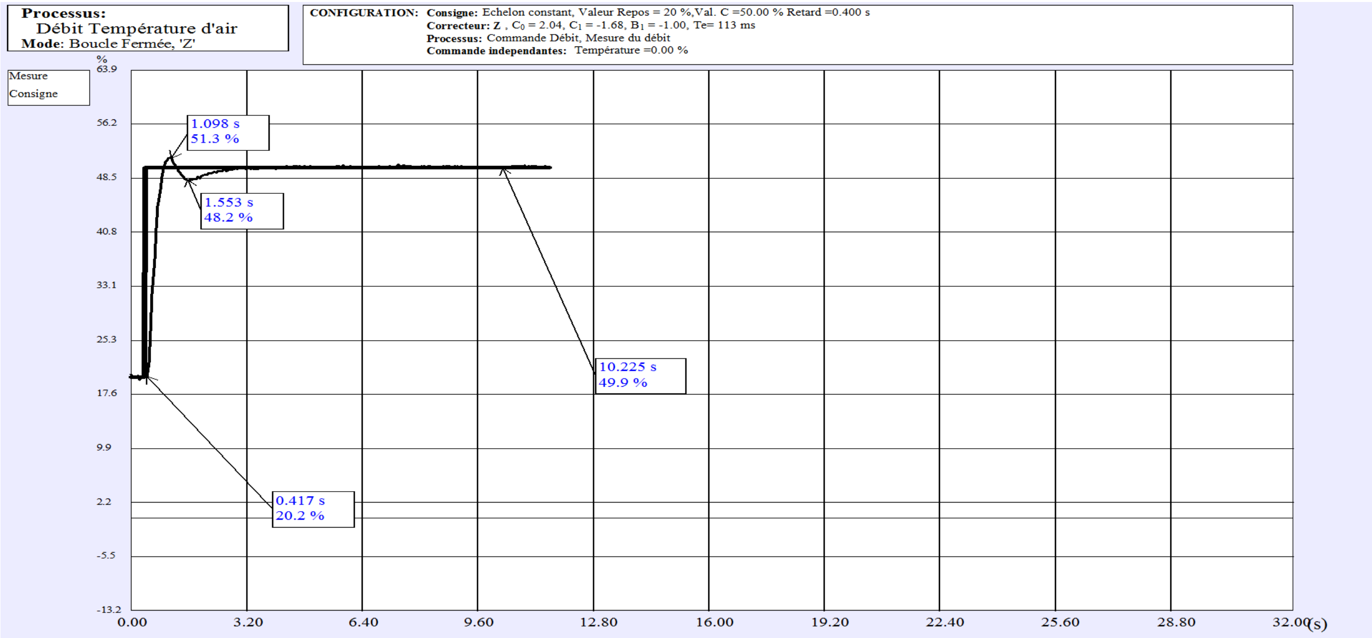

Figure 17 : Ajustement du gain global

Sur la figure précédente, le premier dépassement est de 51.3%. Le saut étant de 30%, on obtient une marge de : 0.05 * 30 = 1.5. Le pourcentage du premier dépassement est bien inférieur à 51.5%. On a donc un système qui est plus efficace que les autres déjà réalisés.

Conclusion

Durant ce premier TP, nous avons étudié et corrigé un aérotherme. Le but a été de limiter l'erreur statique et le temps de réponse à 5%. Pour cela nous avons rajouté un correcteur au circuit, un intégrateur et enfin une avance de phase. Il a fallu régler les différents paramètres tels que les coefficients de F(z) et le gain global pour que le système s'ajuste de façon à rester stable. Nous nous sommes limités à la régulation du flux d'air, mais la partie thermique aurait pu aussi être intéressante.