Analyse et synthèse d'un régulateur PID numérique

Juliette Bluem

1er avril 2022

Table des matières

Partie I : Système hydraulique en boucle ouverte

Nous étudions le remplissage d'une cuve hydraulique en boucle ouverte. La fonction de transfert du système peut s'écrire sous la forme : $F_{thorique}(s) = \frac{H(s)}{Q_e(s)}$.
CDI_h et $QL0$ correspondent au point de fonctionnement du système.

$$S.\frac{dh(t)}{dt} = q_e(t) - q_s(t)$$

.

$$= q_e(t) - \alpha.\sqrt{h(t)}$$

avec $\alpha = m_n.S_n.\sqrt{2g}$
Or, nous travaillons avec de petites variations autour de CDI_h.

$$\sqrt{h(t)} = \sqrt{CDI\_h + \Delta h(t)}$$

D'après les series de Taylor,

$$\sqrt{h(t)} = \sqrt{h(CDI\_h)} + \frac{1}{2.\sqrt{h(CDI\_h)}}\Delta h(t)$$

On remplace $\sqrt{h(t)}$ dans $S\frac{dh(t)}{dt}$:

$$q_e(t) - \alpha.\sqrt{h(t)} = q_e(t) - \alpha.\sqrt{h(CDI\_h)} - \frac{\alpha}{2.\sqrt{h(CDI\_h)}}\Delta h(t)$$

Je ne sais pas comment en déduire une fonction de transfert.
Je choisi donc de déterminer la fonction de transfert indicielle en injectant directement un échelon dans le système.
Nous voulons une hauteur variant entre 0.4 et 0.45m. J'envoie donc cet échelon :

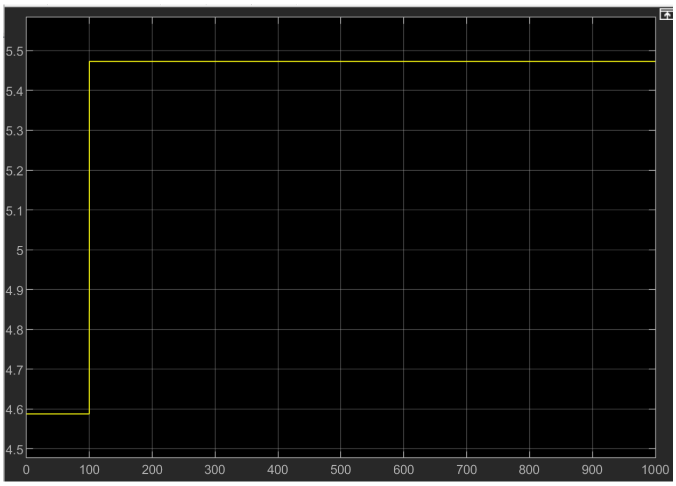

FIGURE 1 – Échelon envoyé dans le système

La réponse du système est la suivante :

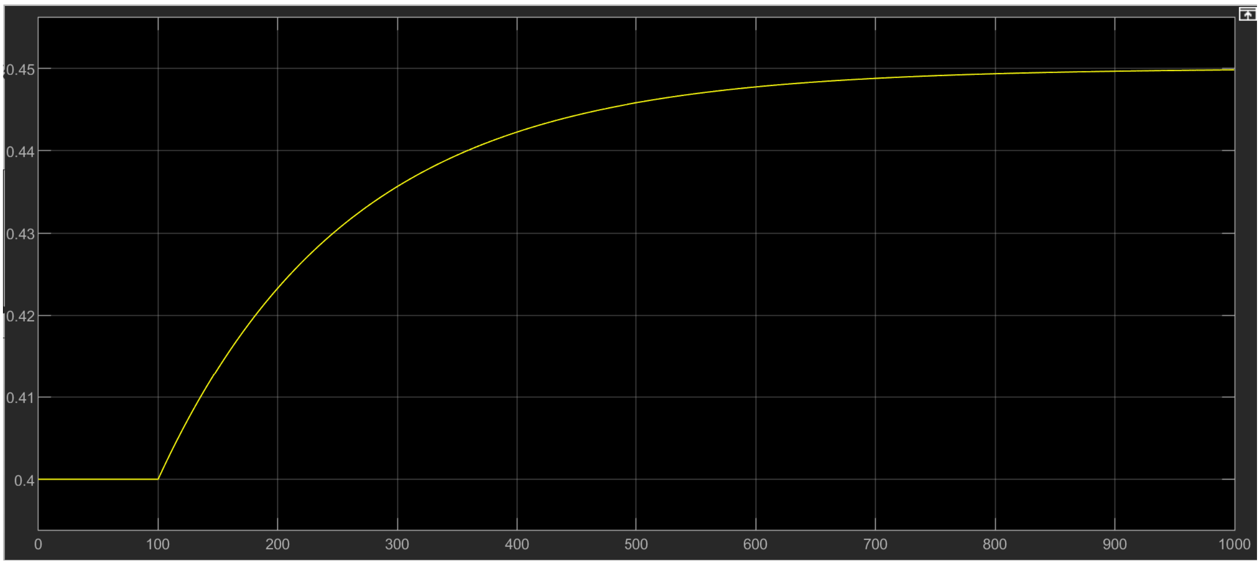

FIGURE 2 – Réponse indicielle

C'est un système du premier ordre.
Par manque de temps, nous admettons :

$$F_{indicielle}(s) = \frac{K}{1 + \tau s}$$

Avec $\tau = 160$ et $K = -1.5778$.

Nous décidons maintenant de vérifier notre résultat à l'aide d'une simulation sur Simulink et de la stratégie des jumeaux numériques.

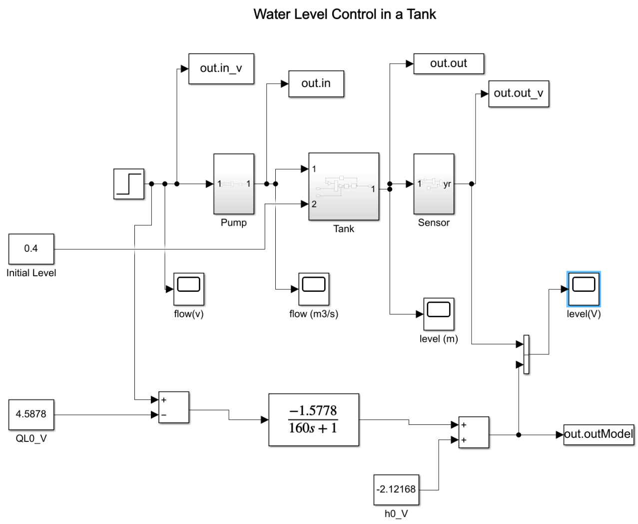

FIGURE 3 – Schémas Simulink adapté

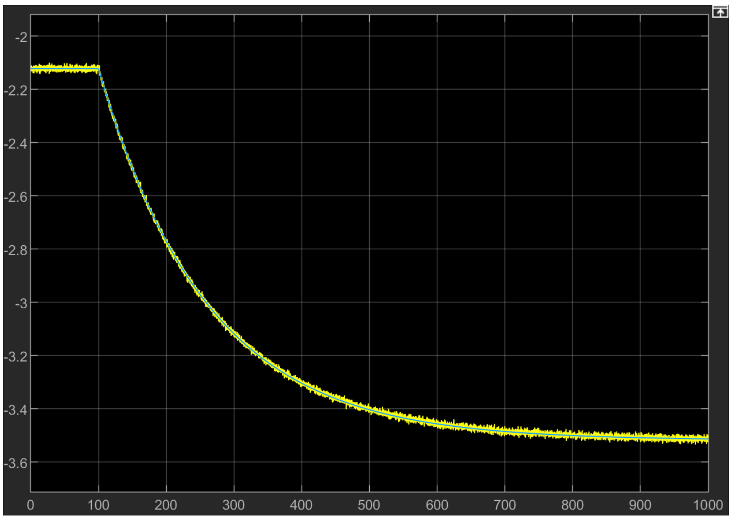

FIGURE 4 – Niveaux d'eau en volts

Nos deux courbes se superposent. Notre fonction de transfert est donc validée.

$$F_{indicielle}(s) = \frac{-1.5778}{1 + 160s}$$

On choisira pour la suite, une période d'échantillonage de $T = 10s$.

Partie II : Synthèse des paramètres d'un régulateur discret

Nous passons sur un système en boucle fermée avec un correcteur PI.
Choisissons les valeurs de P et I les plus adaptées. La consigne ne demande pas de rapidité, mais un système précis et sans dépassement.
De façon empirique, nous nous satisfaisons de la réponse obtenue avec $P = 13$ et $I = 0.2$.

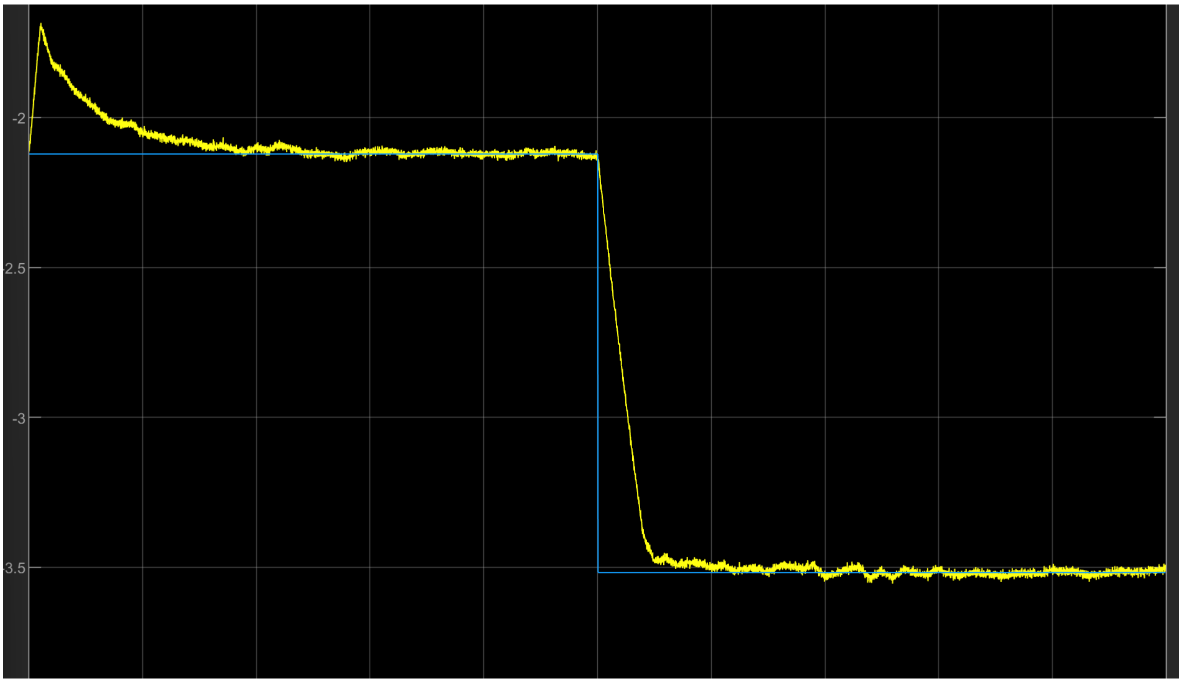

FIGURE 5 – Consigne et réponse du système

Cette solution comprend un antiwindup clamp. En le désactivant, nous obtenons une réponse avec un dépassement. Elle ne répond plus à la consigne.

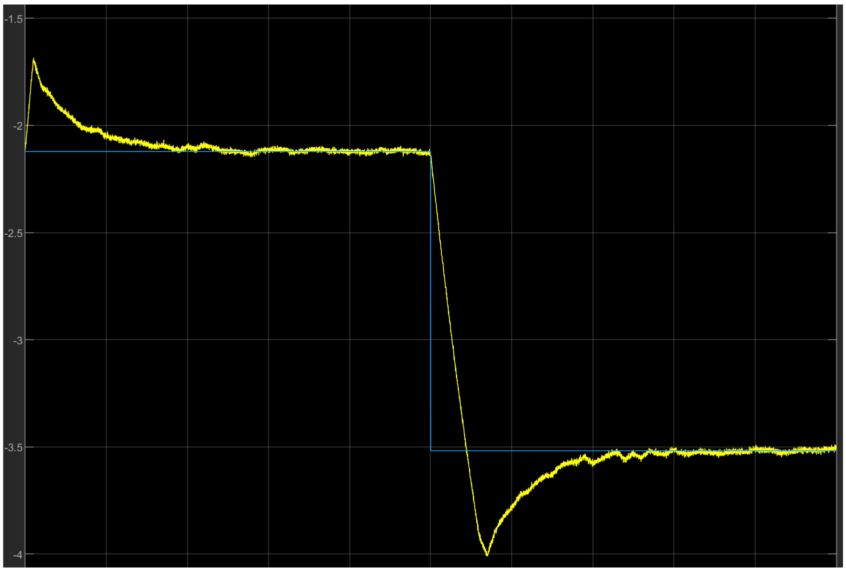

FIGURE 6 – Consigne et réponse sans antiwindup

Si nous voulions augmenter la dynamique de la boucle fermée, nous pourrions tolérer un dépassement. Mais dans ce cas, nous ne répondrions plus à la consigne. Cependant, nous savons qu'un dépassement peut souvent se corriger avec une dérivée. Nous utiliserions donc un correcteur PID. Cela est vraiment cohérent car nous savons que le PID est connu pour améliorer la rapidité d'une boucle fermée.

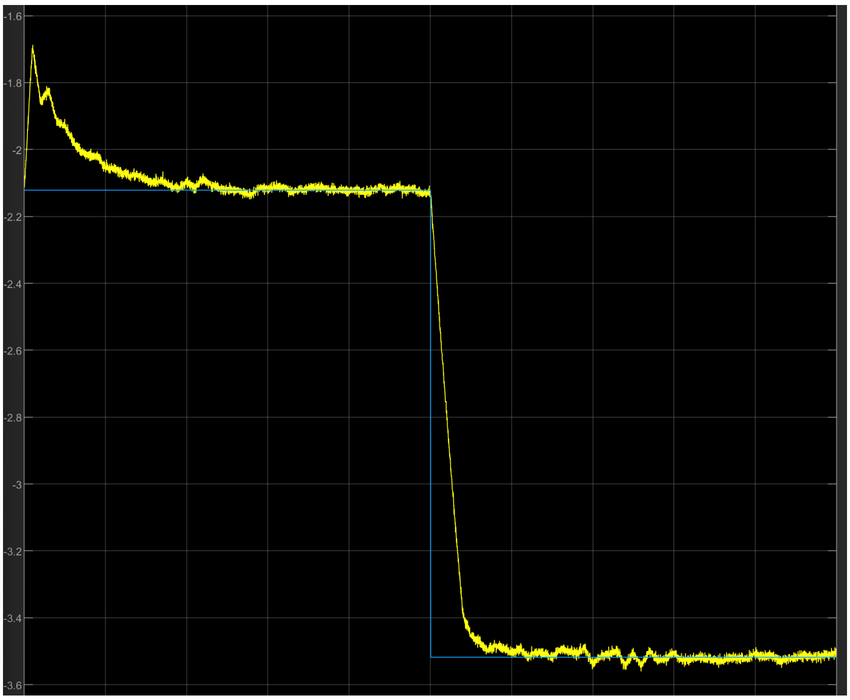

FIGURE 7 – Système avec PID