

13 mai 2025

TP - 234 - Étude comparative des correcteurs PID

Scott Hamilton

Ibrahim EL KASSIMI

Encadrement par M.ABBAS TURKI

Groupe 2, Binomôme 4

Table des matières

1. Manipulation 1	2
2. Manipulation 2	2
3. Manipulation 3	4
4. Manipulation 4	5
5. Manipulation 5	7
6. Manipulation 6	9

1. Manipulation 1

On relève la réponse indicielle du processus A en prenant $K_p = 1$, On trouve

- Un gain statique de: 1
- Une fréquence de coupure à -3dB : $f_c = 153 \text{ Hz}$.
- Un produit gain-bande: 153 Hz

Pour la mesure de la bande passante du processus, on met en entrée un signal sinusoïdal d'amplitude environ 10V et on observe à l'oscilloscope les signaux d'entrée et de sortie et on cherche la fréquence pour laquelle $\frac{V_s}{V_e} = \frac{1}{\sqrt{2}}$

On boucle le système et on prend $K_p = 1$, on refait la même manipulation, on obtient une fréquence de coupure $f_{c,BF} = 311 \text{ Hz}$, et un gain statique de $0,49$. Soit un produit gain-bande de 153 Hz . On vérifie donc bien que le produit gain-bande est conservé.

On envoie maintenant un échelon en entrée de 1 V et on cherche le K_P limite avant saturation (on détecte la saturation en observant le signal de commande après le gain pur K_P réalisé par un ALI). On obtient $K_{P,\max} = 15,1$

Pour un créneau de $\pm 0,1 \text{ V}$ on observe un régime auto-oscillant pour $K_p > 40$.

2. Manipulation 2

Pour un correcteur intégral pur $C(p) = \frac{K_P}{T_i p}$ et $K_p = 1$, on obtient l'évolution suivante

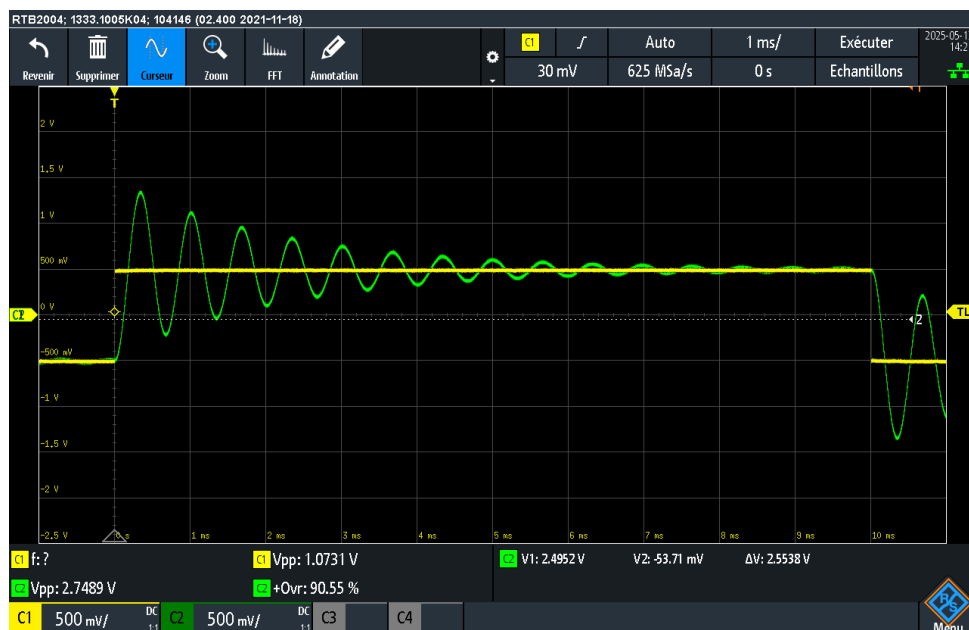


Fig. 1. – Réponse indicielle en boucle fermée

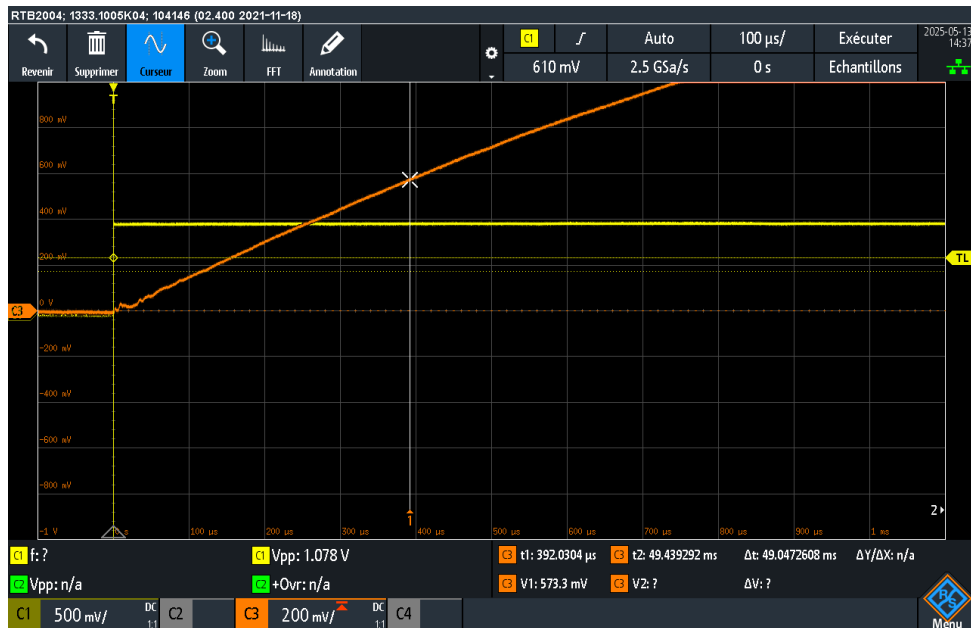


Fig. 2. – Calcul de la pente à l'origine de la tension de commande du processus.

Commentaire

On observe un gain unitaire avec plusieurs dépassements, on peut en tirer les valeurs suivantes

- $K_F = 1$
- $\varepsilon_S = 0$
- $D_1 = 80\%$
- $t_{r5\%} = 7,8 \text{ ms}$
- pente à l'origine de la commande du processus = $1,47 \cdot 10^3 \text{ V/s}$

Influence de T_i sur la sur la réponse indicielle du système

On fait varier T_i de 10 ms à 0,1 ms tout en visualisant la sortie du système.

On remarque que pour les faibles valeurs de T_i le temps de montée est plus élevé, par contre le système présente des oscillations ainsi qu'un dépassement élevé.



Fig. 3. – Visualisation de la sortie du système pour $T_i = 10$ ms



Fig. 4. – Visualisation de la sortie du système pour $T_i = 0,1$ ms

Les figures ci-dessous illustrent les valeurs extrêmes de T_i qu'on a choisi.

3. Manipulation 3

Pour $K_P = 4$ et $T_i = T$, on obtient la réponse indicielle suivante

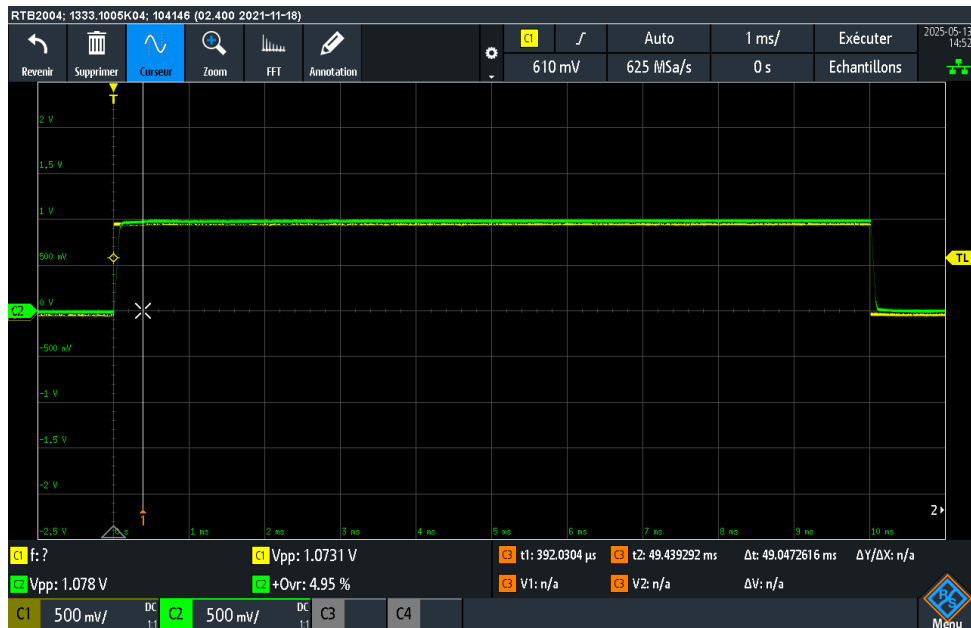


Fig. 5. – Réponse indicielle

On mesure un temps de réponse $t_{r,5\%} < 500 \mu s$, une bonne robustesse (pas de dépassement), donc a fortiori une bonne stabilité; et une précision satisfaisante. La correction PI suffit pour un processus du 1er ordre.

4. Manipulation 4

On cherche K_p tel que la BO corrigée ait une marge de phase de 45° . Pour ce faire, on adapte d'abord la fréquence jusqu'à obtenir un déphasage de -135° . Puis on adapte K_p jusqu'à ce que le gain de la BO atteigne 1. C'est ce qui correspond à la figure suivante.

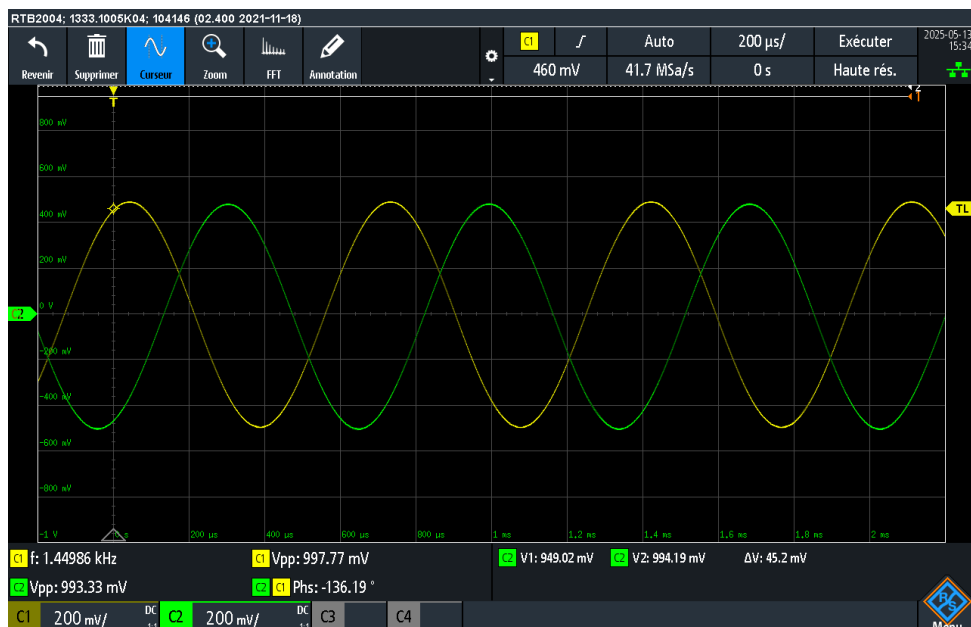


Fig. 6. – Réponse à un sinus

REMARQUE: lors de l'expérimentation, on s'est rendu compte que le gain du correcteur K_p influençait le déphasage de la sortie par rapport à l'entrée en boucle ouverte ! Ce n'est pas du tout ce qui est attendu.

On obtient $K_{45} = 12,5$.

On teste la réponse indicielle du système avec $K_P = K_{45}$, $f = 10$ Hz. On obtient les caractéristiques suivantes:

- $K_S = 0,93$
- $\varepsilon_S = 0,11$ V
- $t_{r,5\%} = 690 \mu\text{s}$
- $t_{m,10\%-90\%} = 176 \mu\text{s}$

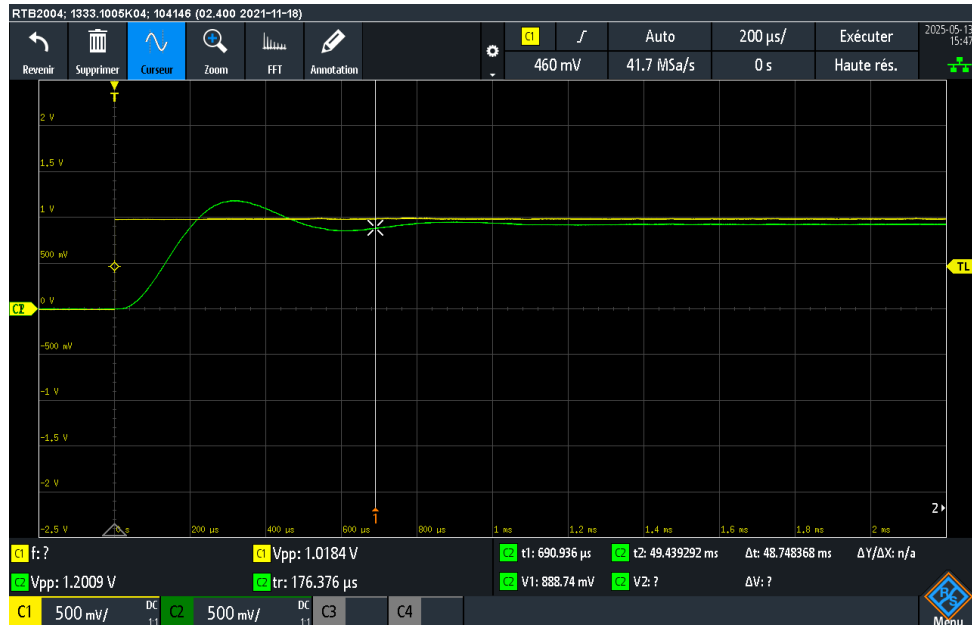


Fig. 7. – Réponse indicielle

Toutes choses égales par ailleurs, en partant de $K_P = K_{45}$ et en l'augmentant progressivement, on observe une diminution du temps de monté mais une augmentation des dépassements.

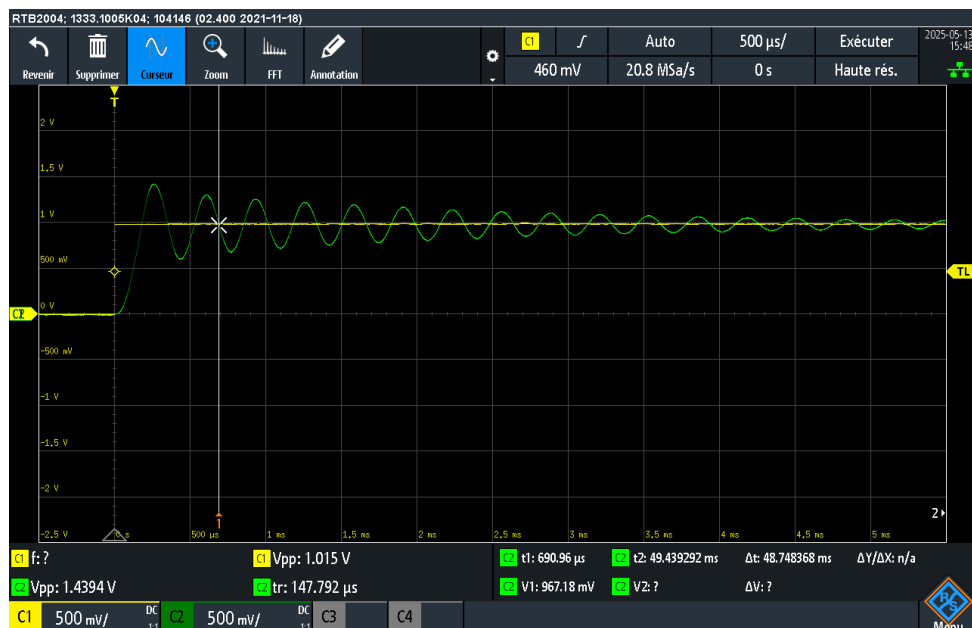


Fig. 8. – Réponse indicielle

On impose une entrée nulle et on augmente K_P jusqu'à obtenir un régime auto-oscillant. La limite du régime est atteinte pour $K_P = 48,4$.

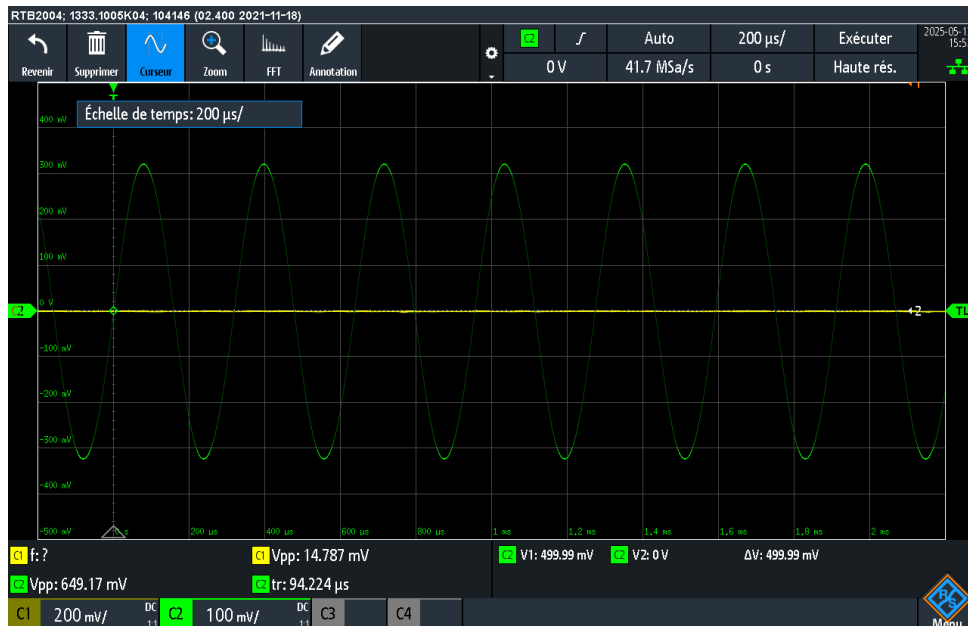


Fig. 9. – Réponse indicielle

On propose une valeur optimale à $K_P = 6,4$ produisant la réponse indicielle suivante.

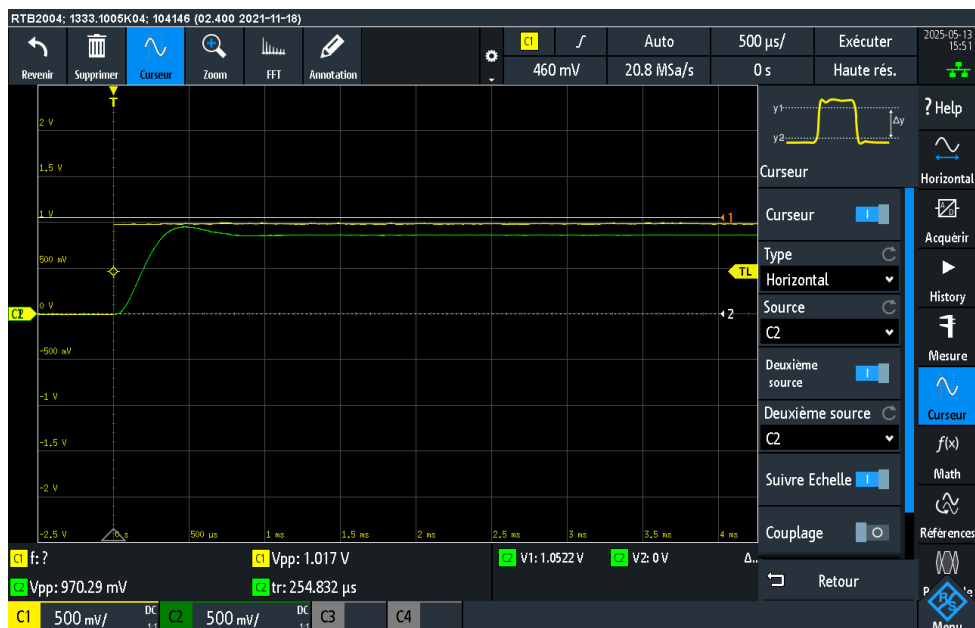


Fig. 10. – Réponse indicielle

Le gain pur est convaincant en stabilité et rapidité, mais il n'est pas précis, d'où la nécessité de proposer une autre structure de correction.

5. Manipulation 5

On envoie un sinus en entrée et on cherche la première fréquence à partir de laquelle le rapport des amplitudes passe définitivement sous les 0dB (en s'assurant d'être après la résonance). On obtient $f_{0dB} = 540$ Hz. Pour connaître la marge de phase, on mesure la phase à f_{0dB} . On obtient une phase de 50° , soit une marge de phase de 130° .

On mesure les caractéristiques de la réponse impulsionnelle pour la BF avec le correcteur PI ($T_i = 1$ ms et $K_P = 10$),

- $K_S = 1$
- $\varepsilon_S = 0$
- $t_{r,5\%} = 550 \mu\text{s}$
- $t_{m,10\%-90\%} = 206 \mu\text{s}$
- $D_1 = 24\%$

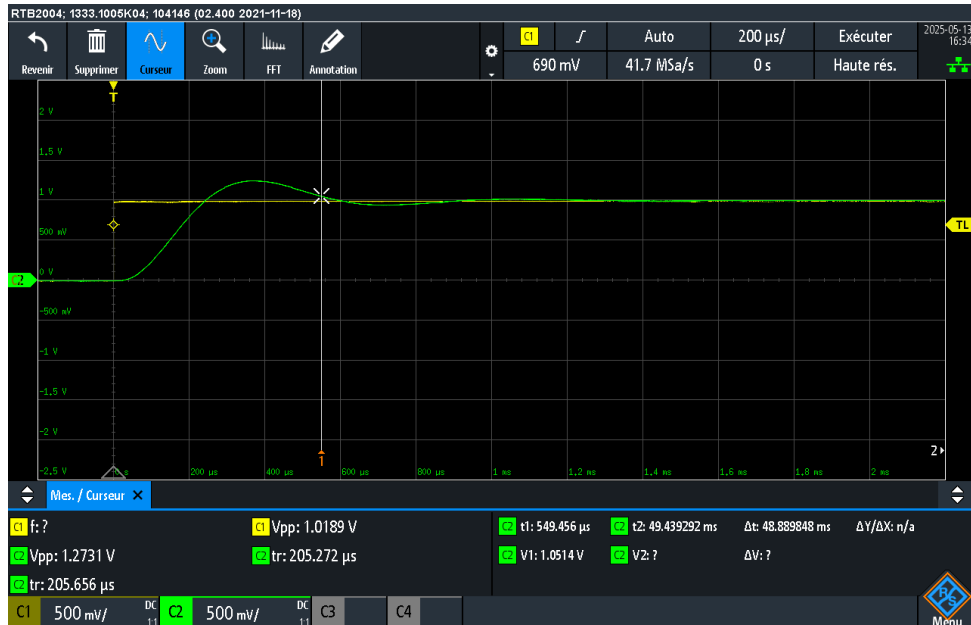


Fig. 11. – Réponse indicielle

On augmente K_P et on observe l'effet sur la réponse temporelle, pour $K_P = 100$ (et T_i inchangé), on obtient

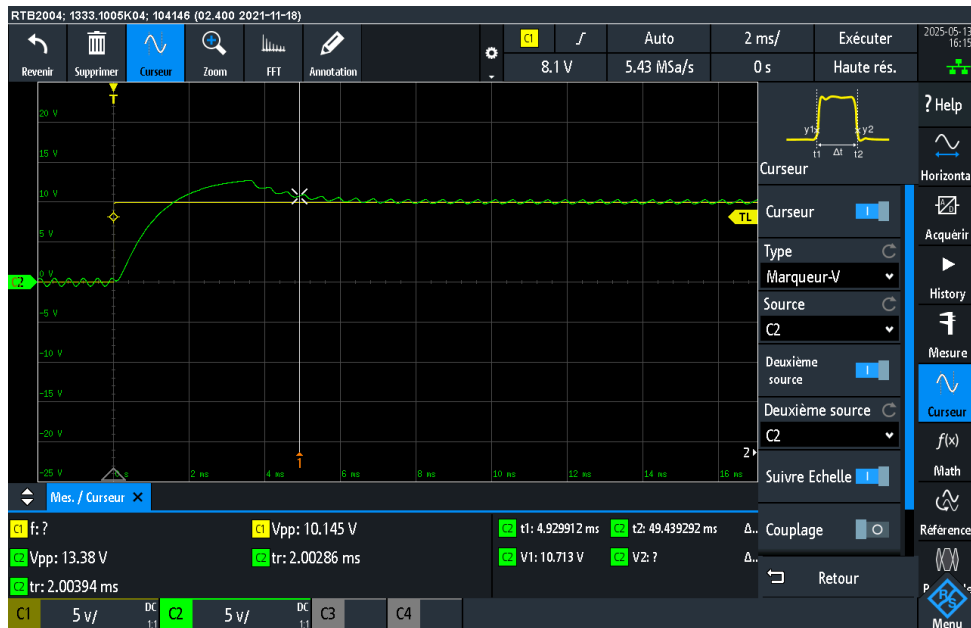


Fig. 12. – Réponse indicielle

REMARQUE: Cette courbe est inexploitable puisqu'elle a tout l'air d'être le résultat de non-linéarités, ce qui n'est pas étonnant puisque l'ALI sature vers 15V, or l'entrée est un échelon de 10V et le gain du correcteur est très élevé (100).

On diminue cette fois-ci T_i et on observe l'effet sur la réponse temporelle, pour $T_i = 76 \mu s$ (et $K_P = 10$ inchangé), on obtient

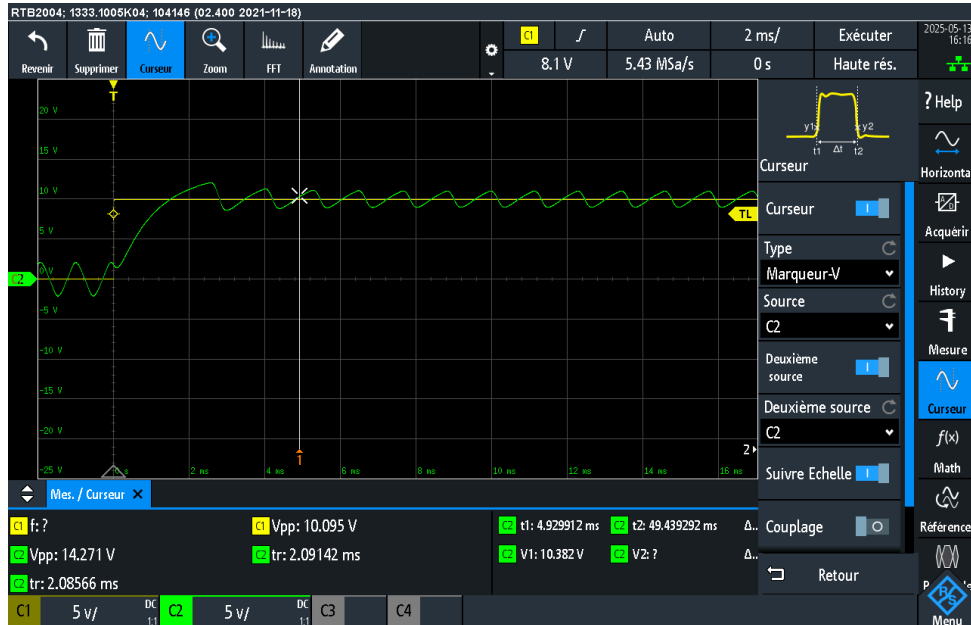


Fig. 13. – Réponse indicielle

REMARQUE: Même problème de saturation que pour ce qui précède

6. Manipulation 6

On mesure les caractéristiques de la réponse indicielle pour la BF avec le correcteur PID($T_i = 1,3 \text{ ms}$ et $K_P = 20$, $T_d = 0,05 \text{ ms}$, $a = 0,1$),

- $K_S = 1$
- $\varepsilon_S = 0$
- $t_{r,5\%} = 542 \mu s$
- $t_{m,10\%-90\%} = 172 \mu s$
- $D_1 = 79\%$

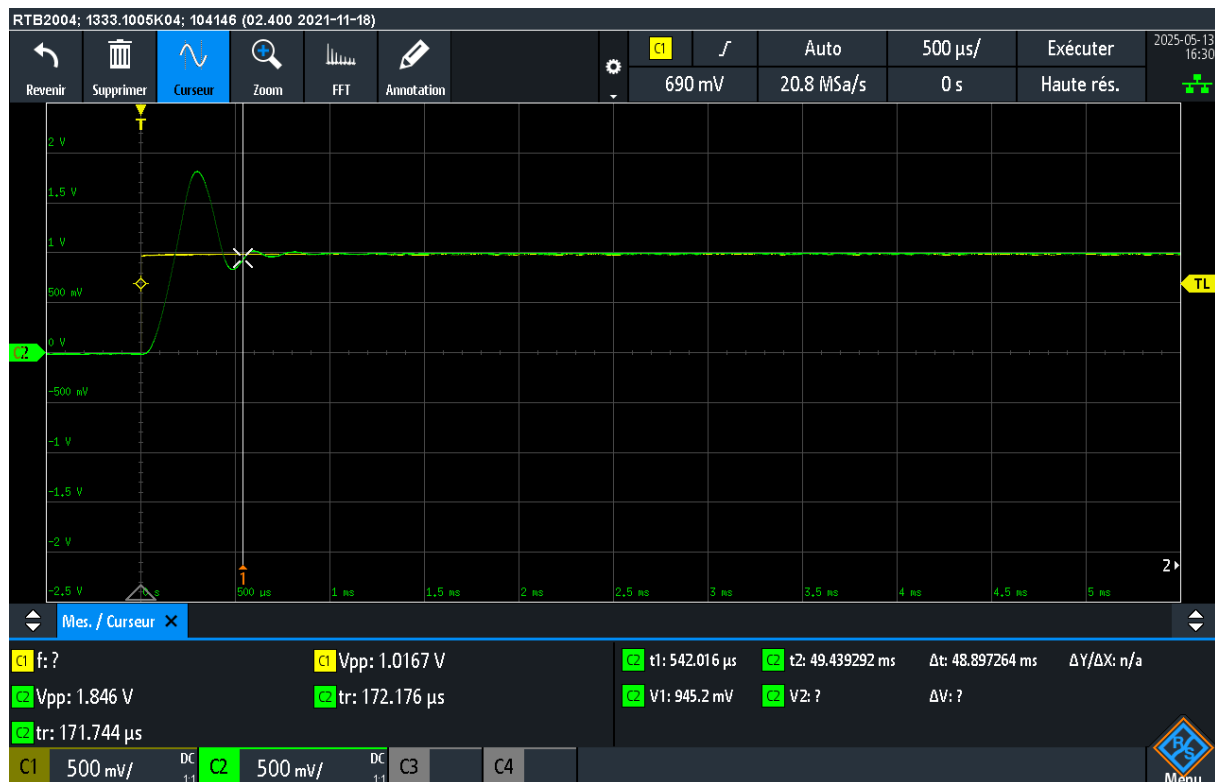


Fig. 14. – Réponse indicielle pour $T_i=1,3$ ms et $K_P=20$, $T_d=0,05$ ms, $a=0,1$
 Pour $K_P = 58$, on obtient le temps de réponse minimal $t_{r,5\%} = 423$ μs.

On compare maintenant la correction PID optimisée avec la correction PI optimisée pour une entrée triangle à basse puis haute fréquence.

À Basse fréquence, la correction PI donne (jaune → entrée, vert → sortie, bleu → erreur)

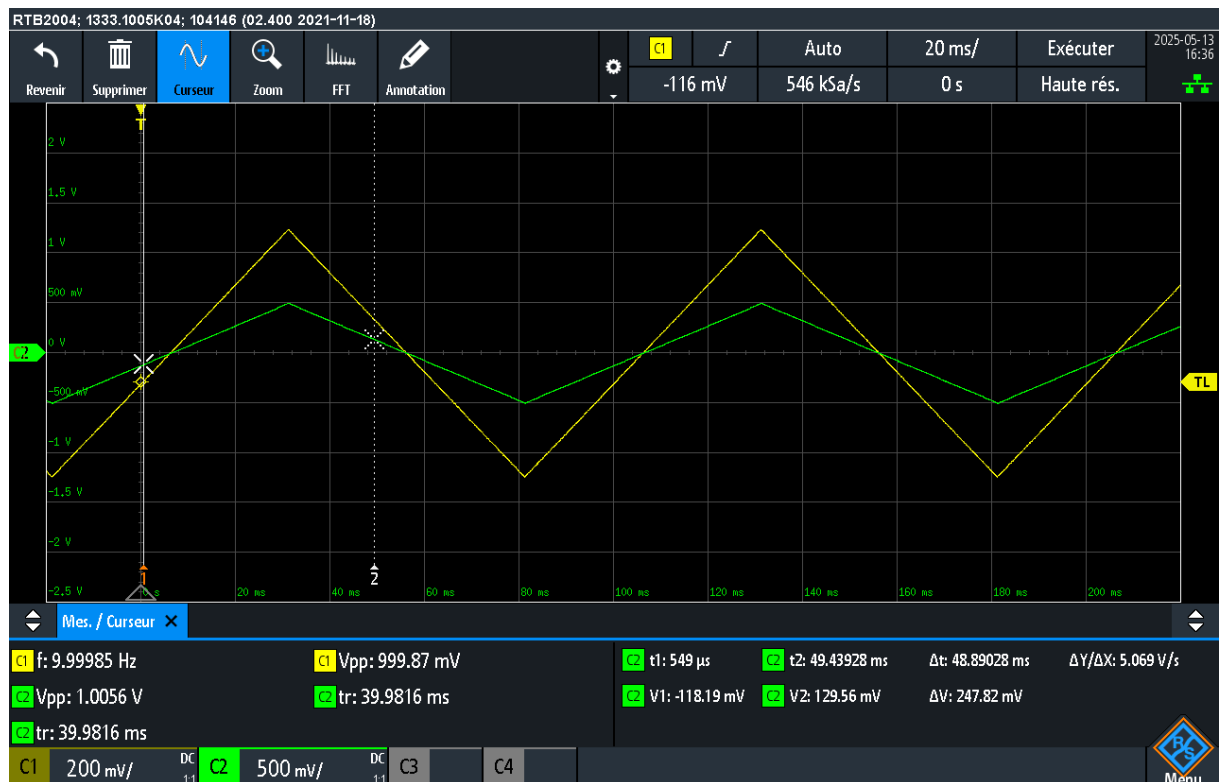


Fig. 15. – réponse triangle PI, BF

Tandis que la correction PID donne

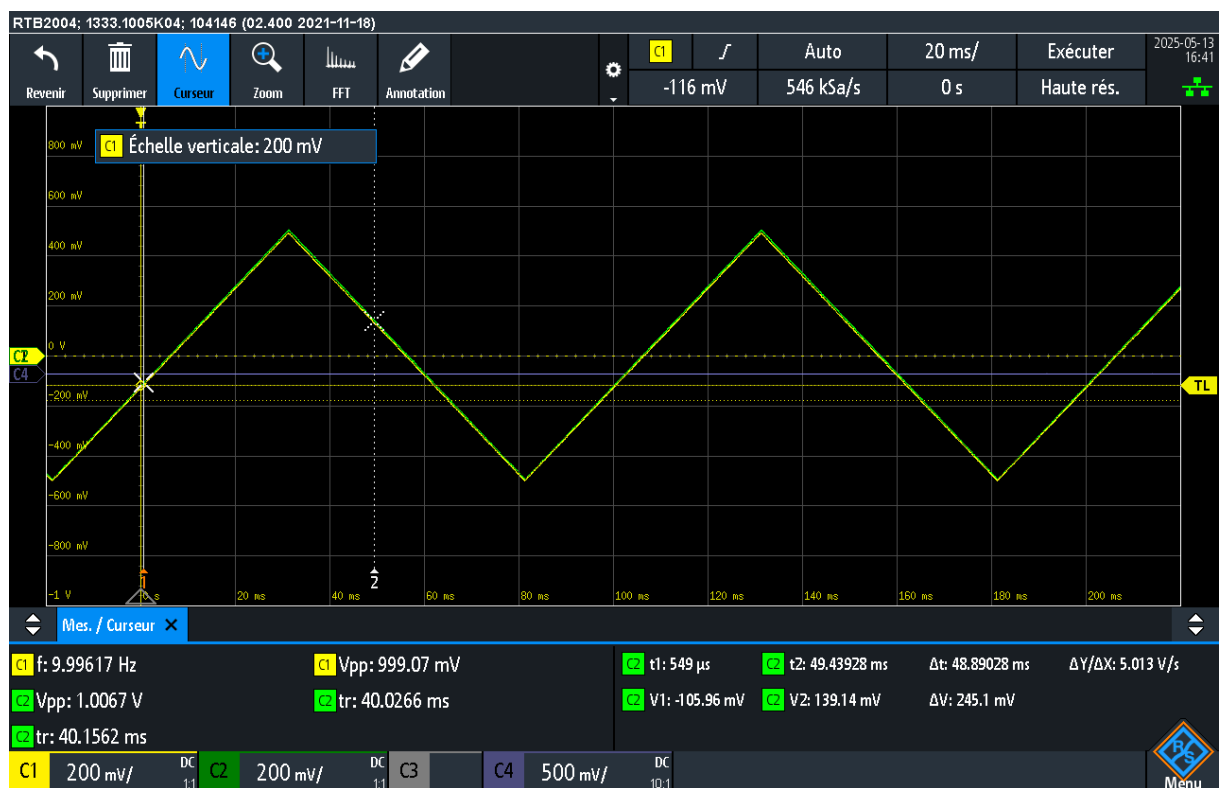


Fig. 16. – réponse triangle PID, BF

Aucune différence notable entre les deux corrections à BF

À haute fréquence, la correction PI donne

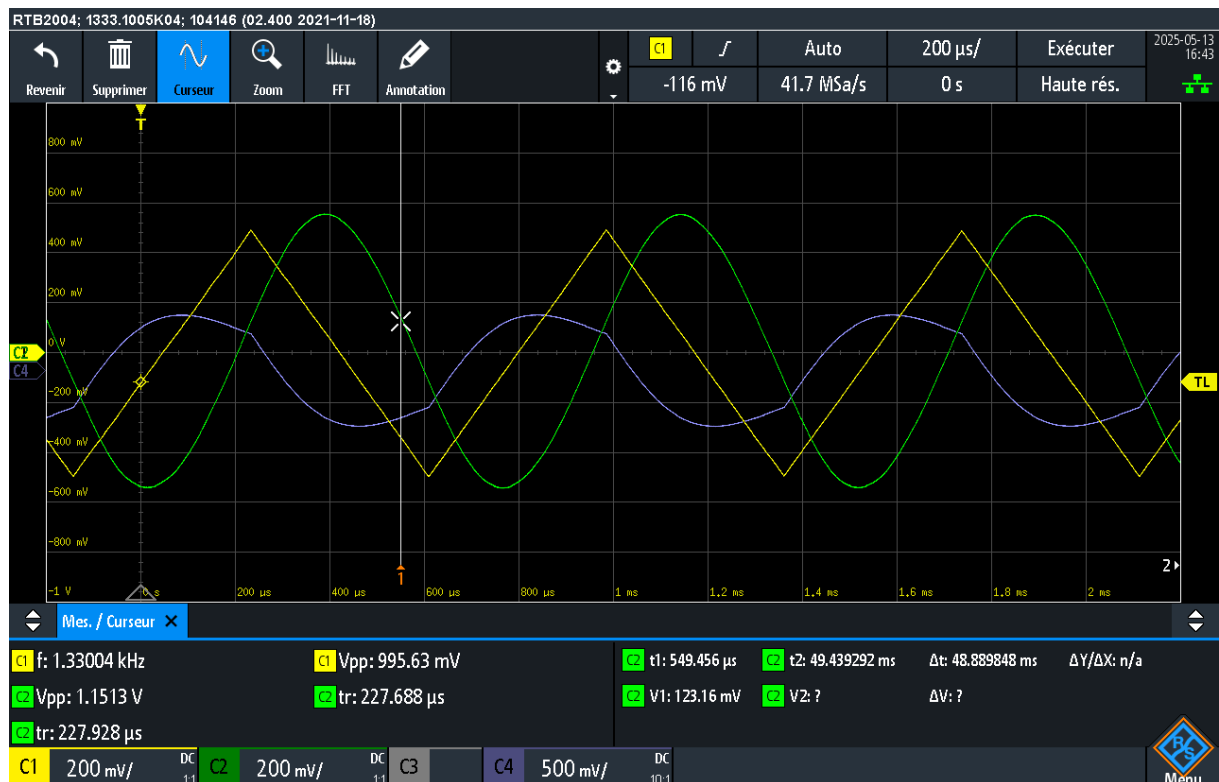


Fig. 17. – réponse triangle PI, HF

Tandis que la correction PID donne



Fig. 18. – réponse triangle PID, HF

La correction PID est légèrement plus performante que la correction PI en HF pour une entrée en triangle