



## Compte Rendu du TP n°3

Formation : INSTRUMENTATION

Matière : Systèmes asservis

Elaboré par :

MHADHEBI Zied

AIT NOURI Rayane

## Introduction :

Ce TP vise à étudier l'asservissement de profondeur d'immersion d'une torpille.

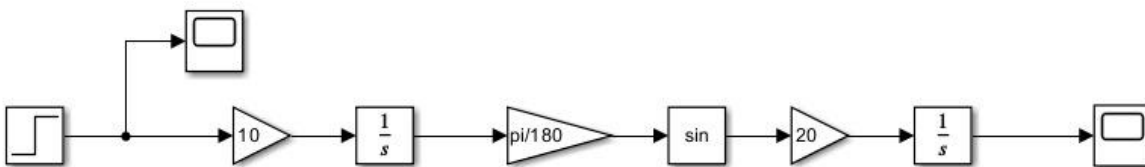
En modélisant le comportement dynamique de la torpille à l'aide d'équations différentielles, nous allons analyser son inclinaison, son angle de braquage et les perturbations dues aux vagues et aux courants, et nous évaluerons sur simulink les performances d'un régulateur tachymétrique et de son équivalent discret, tout en examinant l'impact de la saturation de la commande sur le système.

1/

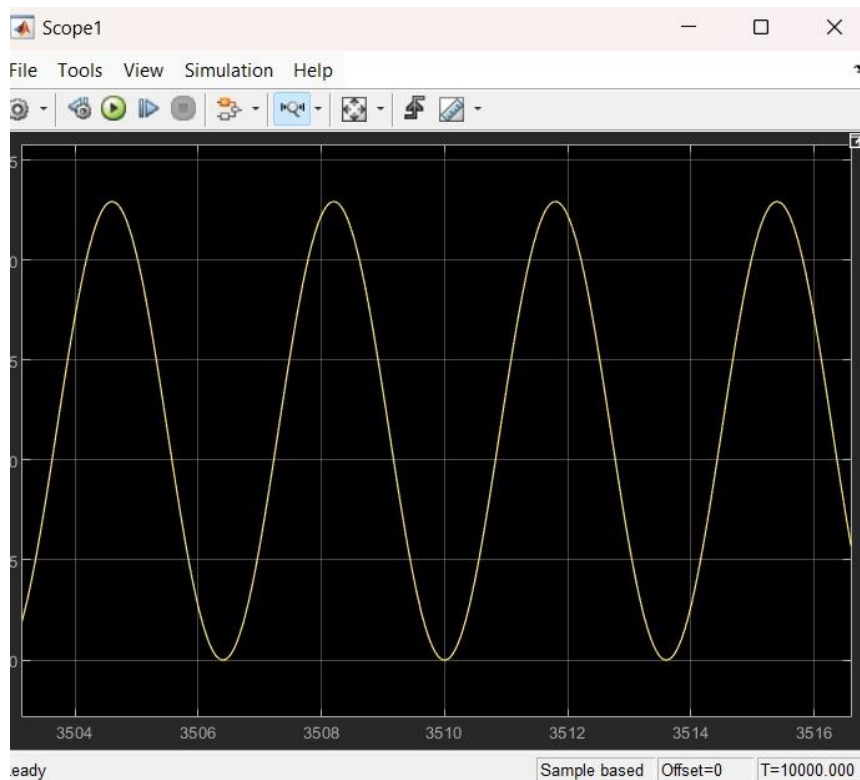
$$\theta(t) = \theta(0) + \int_{s=0}^t (10u(s) + v(s)) ds$$

i/  $y(0) = 0, \theta(t) = 0, u = 10$  et  $v = 0$  :

Schéma bloc utilisé :

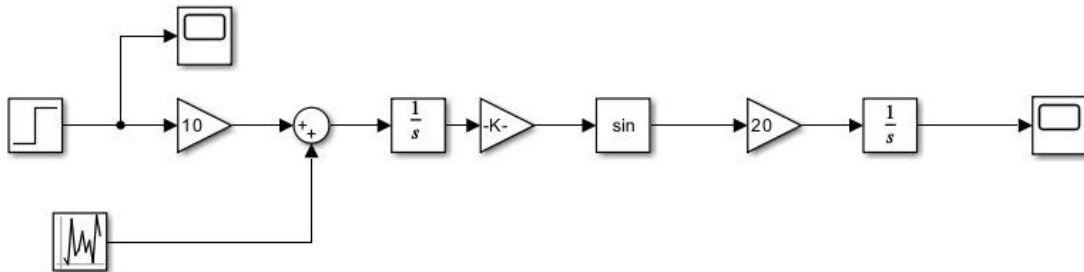


On obtient le graphe suivant :

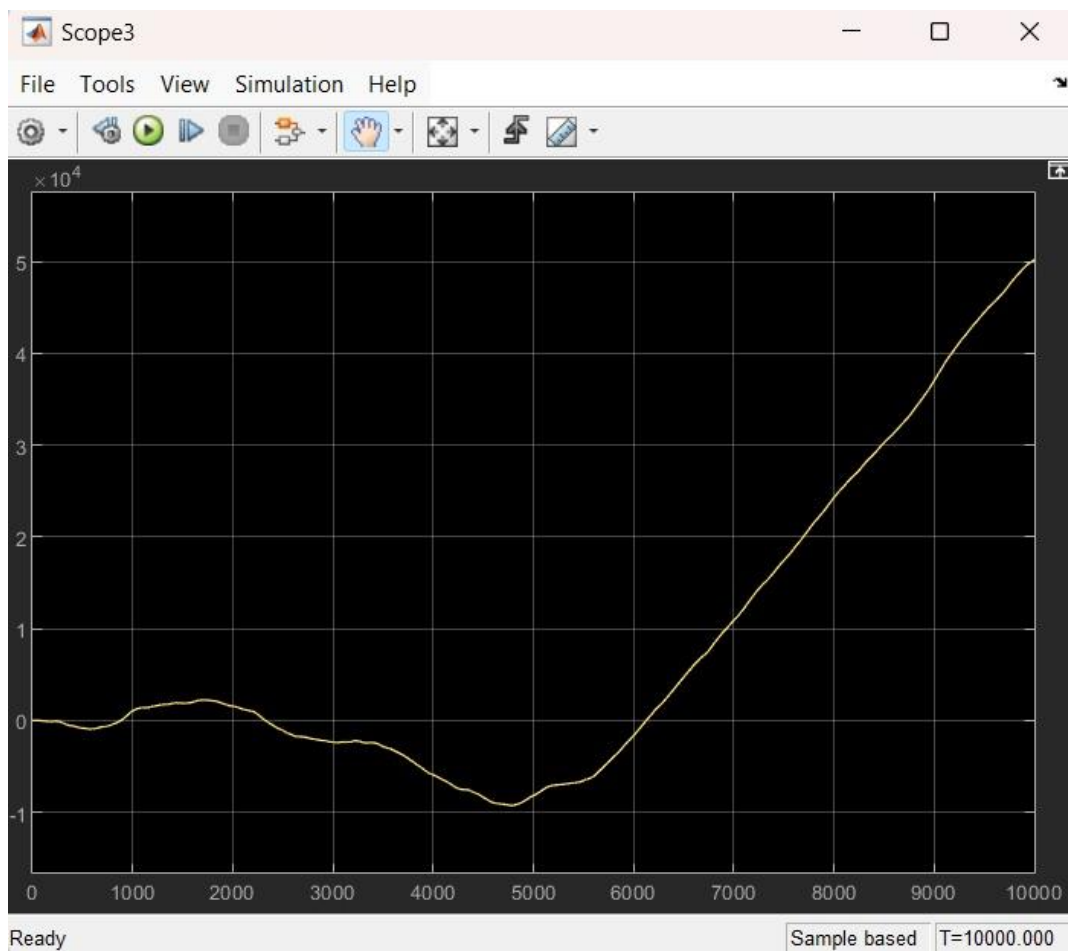


La profondeur en fonction du temps est logique, car la torpille tourne sur elle-même, et cette rotation entraîne une évolution de la profondeur qui forme une sinusoïde.

li/  $y(0) = 0, \theta(t) = 0, u = 0$  et  $v$  compris entre -5 et 5 :



Résultat obtenu :



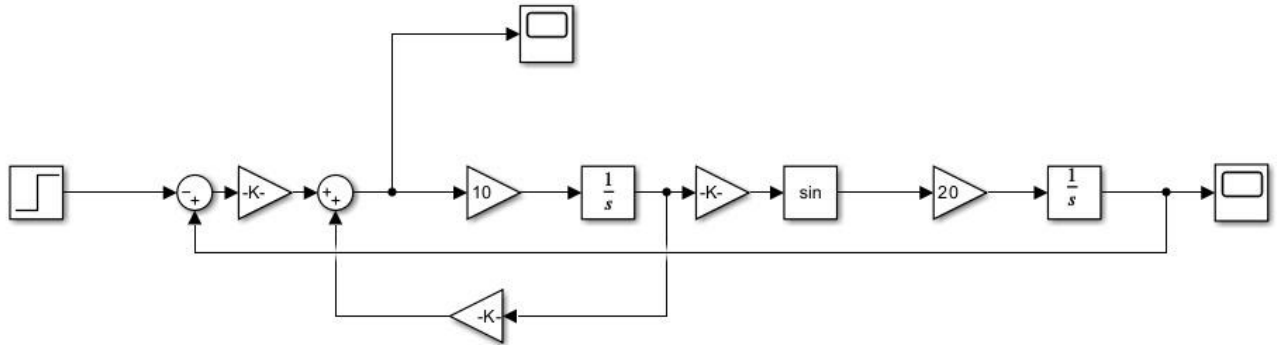
On remarque que la torpille est affectée par les perturbations, qui représentent peut être l'effet des vagues ou des courants.

2/ Régulateur tachymétrique :

$$u(t) = -k_1(y(t) - y_r(t)) - k_2\theta(t)$$

a/ On programme ce régulateur sous simulink, en prenant  $y_r(t) = 20$ , pour visualiser les trajectoires de  $y(t)$  et de  $u(t)$ .

On utilise le schéma bloc ci-dessous pour faire la simulation.



.  $y(t)$  :

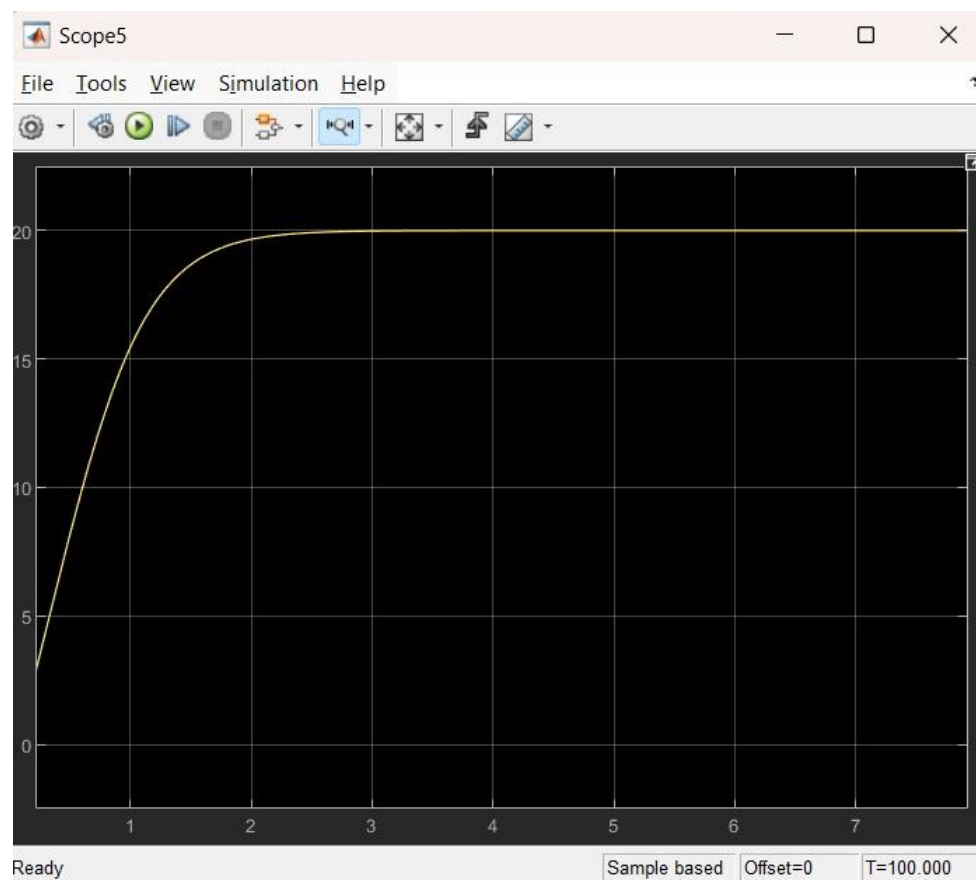
$$K1 = 7.16 / t_s^2$$

$$K2 = 1 / t_s$$

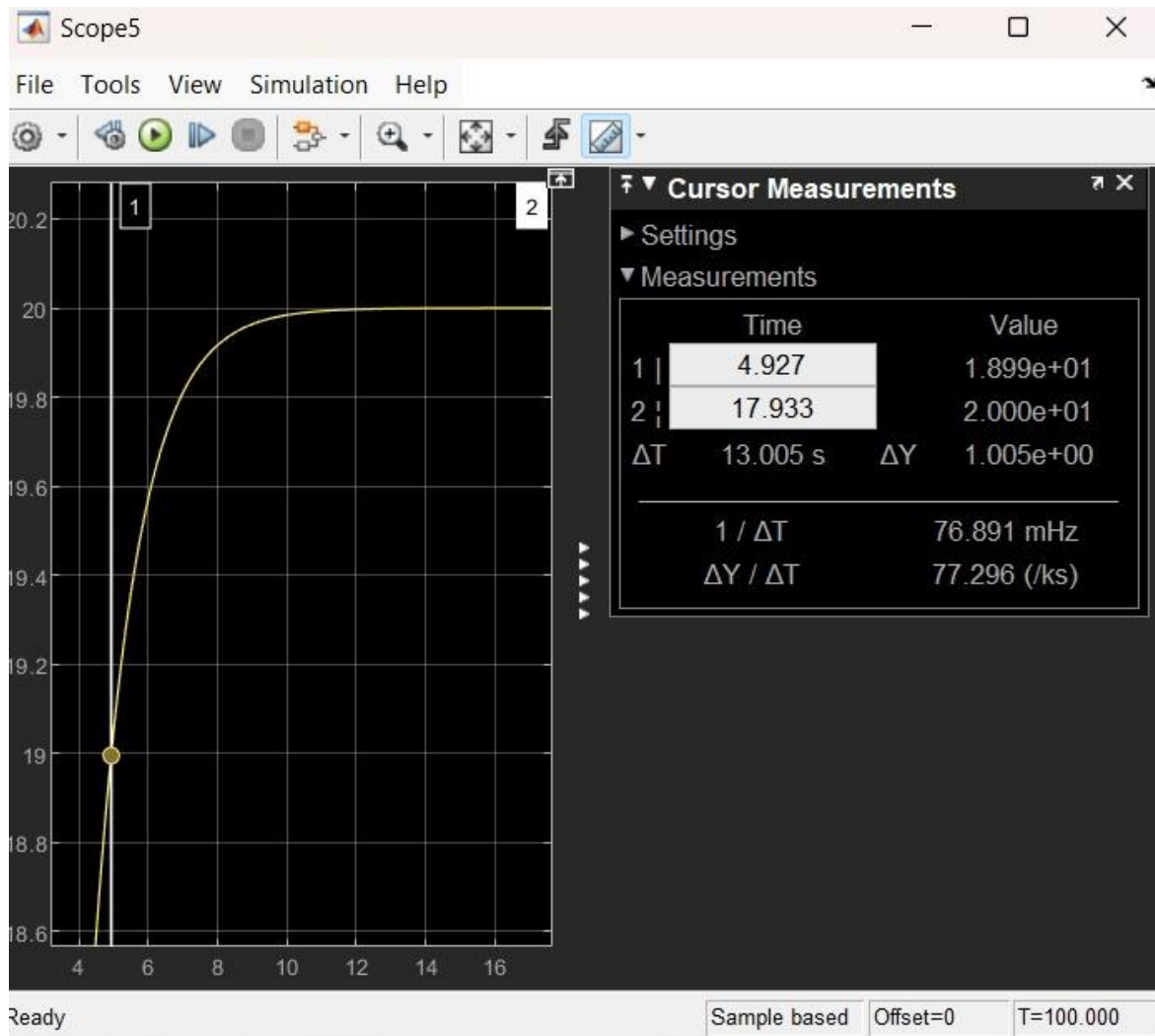
i/Le temps de sortie du régime transitoire à 5% est inférieur à 2 secondes comme on peut le remarquer en utilisant le premier réglage.

$$t_s = 5 / \omega_n$$

On prend  $\omega_n = 2.5$  car  $t_s \leq 2$  et  $k_1=1.79/s$  et  $k_2=0.5/s$

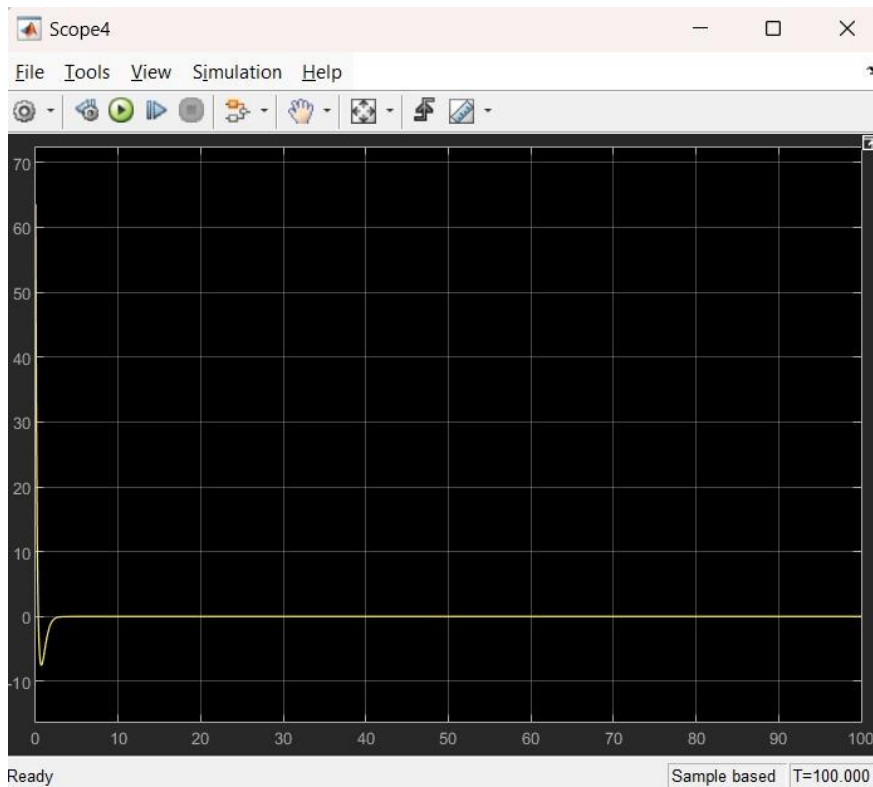


ii/En utilisant le deuxième réglage, le temps de sortie du régime transitoire à 5% est inférieur à 5s, donc  $\omega_n = 1$ , et  $k_1=0.2865/s$  et  $k_2=0.2/s$



$y(t) \leq$  est toujours vérifiée pour les deux réglages.

.  $u(t)$  :



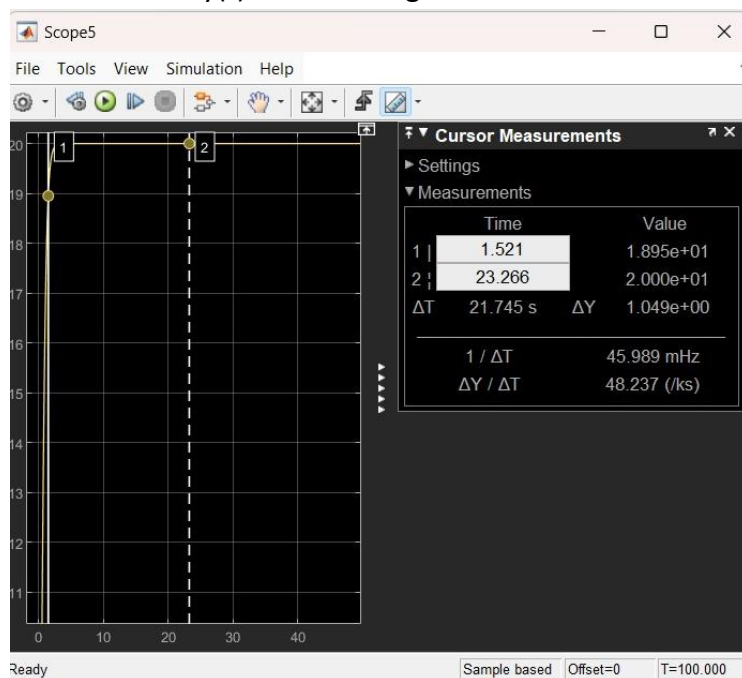
$u(t)$  tend vers 0, nous montre que la torpille ne tourne plus (l'angle de braquage = 0)

Maintenant on s'intéresse à simuler le comportement du système asservi quand la torpille n'est pas lancée à l'horizontale. Pour réaliser cela, il faut changer dans les paramètres du simulateur et mettre dans l'intégrateur une valeur initiale de faire en sorte que

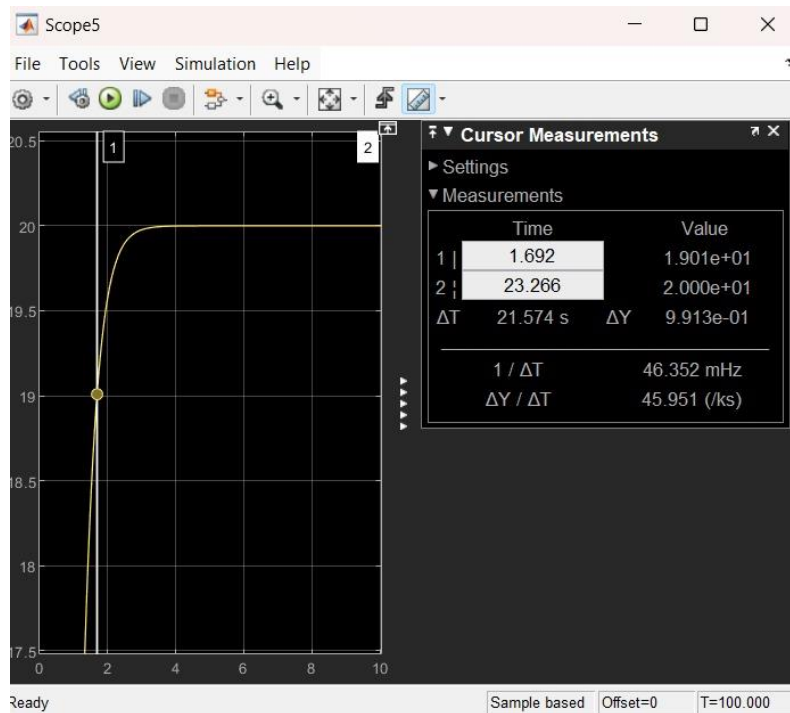
$$\theta(0) = \text{constante}$$

On a pris deux valeurs, pour  $\theta(0)$  :

**Lorsque  $\theta(0) = 50$  :** on obtient  $y(t)$  comme la figure ci-dessous nous montre



Lorsque  $\theta(0) = -50$  :

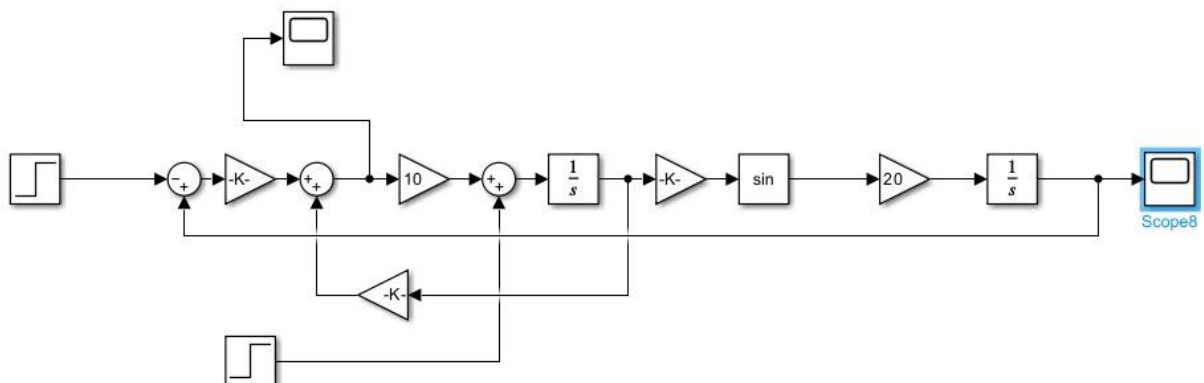


On remarque que le temps de sortie pour  $\theta(0) = -50$  est inférieur à celui de  $\theta(0) = 50$ , et cela est dû à l'orientation de la torpille.

b/ dans cette partie, on va simuler les performances du régulateur tachymétrique en prenant trois choix de  $v$ .

**1<sup>er</sup> cas :**  $v(t) = 5$

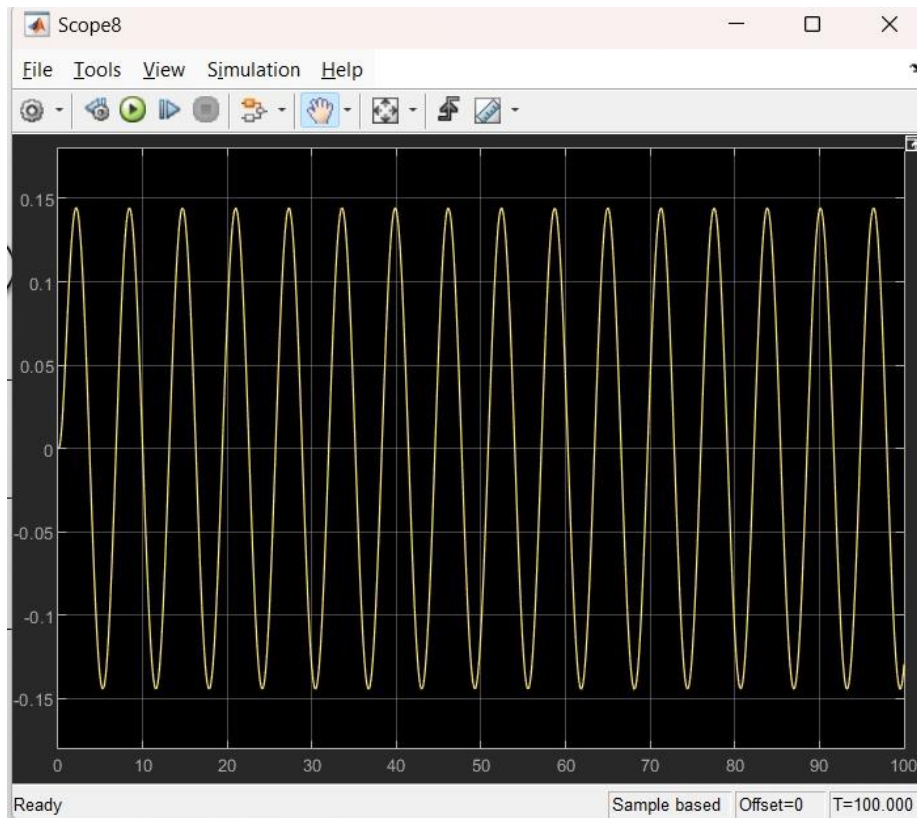
Schéma bloc avec la perturbation  $v$  :



Résultat :



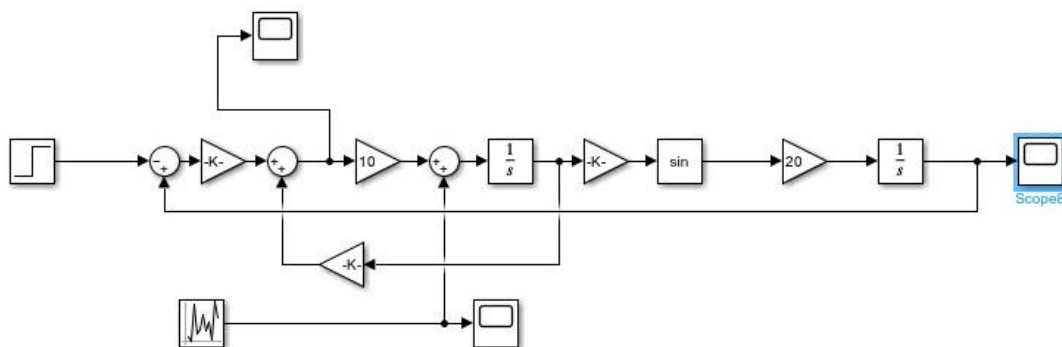




L'amplitude  $5 \cdot \text{gain}$ , donc inférieure à 0.15 c'est parce que l'amortissement est égal à 1  
 Plus on augmente la fréquence plus l'effet diminue parce que on a un filtre passe-bas.  
 (la sortie suit la consigne)

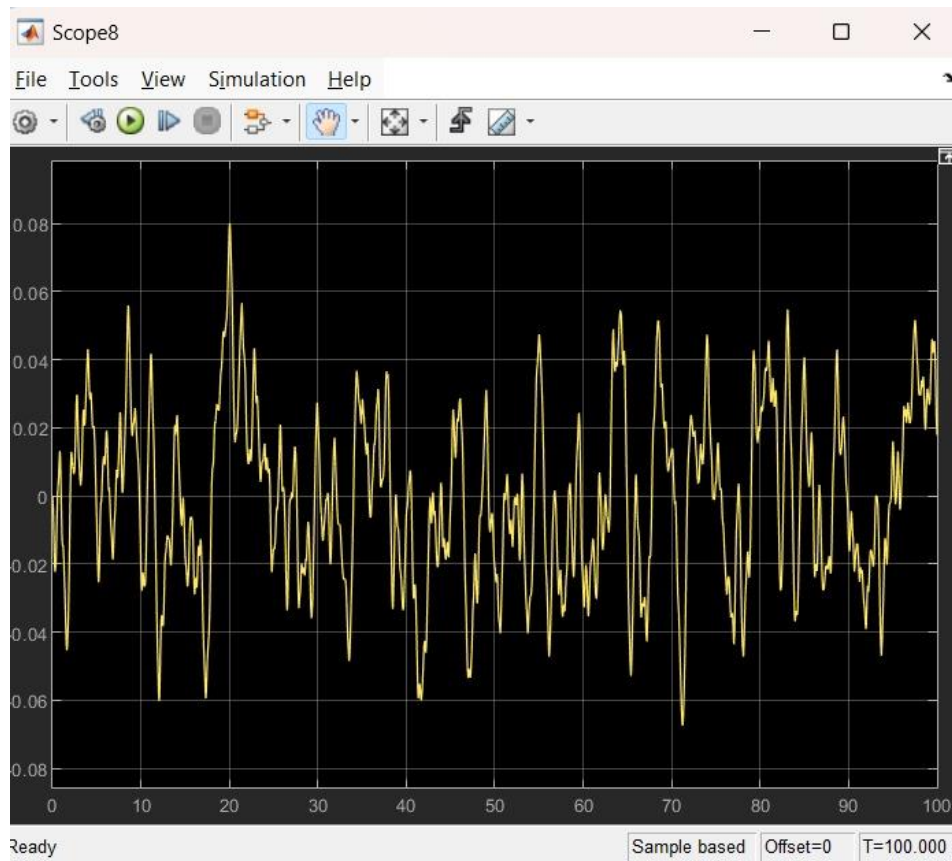
Pour les deux premiers choix de  $v(t)$ , les performances sont conformes aux prédictions théoriques effectuées à partir du modèle linéaire

**3<sup>ème</sup> cas :**  $v(t)$  en utilisant *uniform random number*



**Remarque :** Sur les schéma-blocs des trois choix de  $v(t)$ , on change juste les blocs du bruit  $v(t)$ .

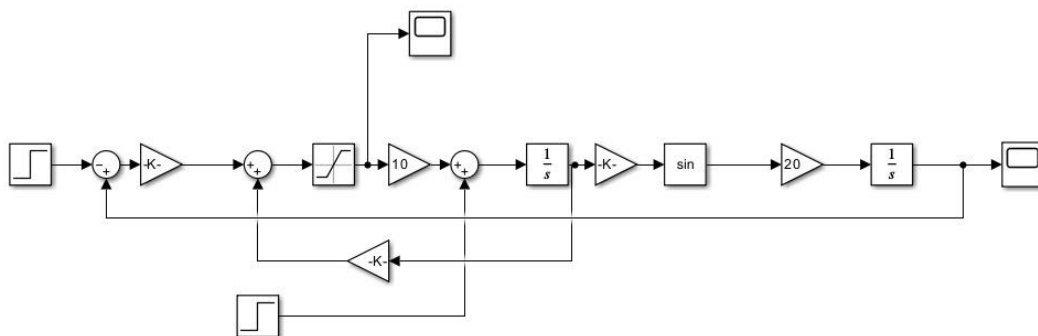
Résultat :



À partir du modèle théorique, on peut prédire la stabilité et la réponse du système pour chaque type d'entrée  $v(t)$ , en estimant si le régulateur tachymétrique maintiendra les sorties dans les limites souhaitées.

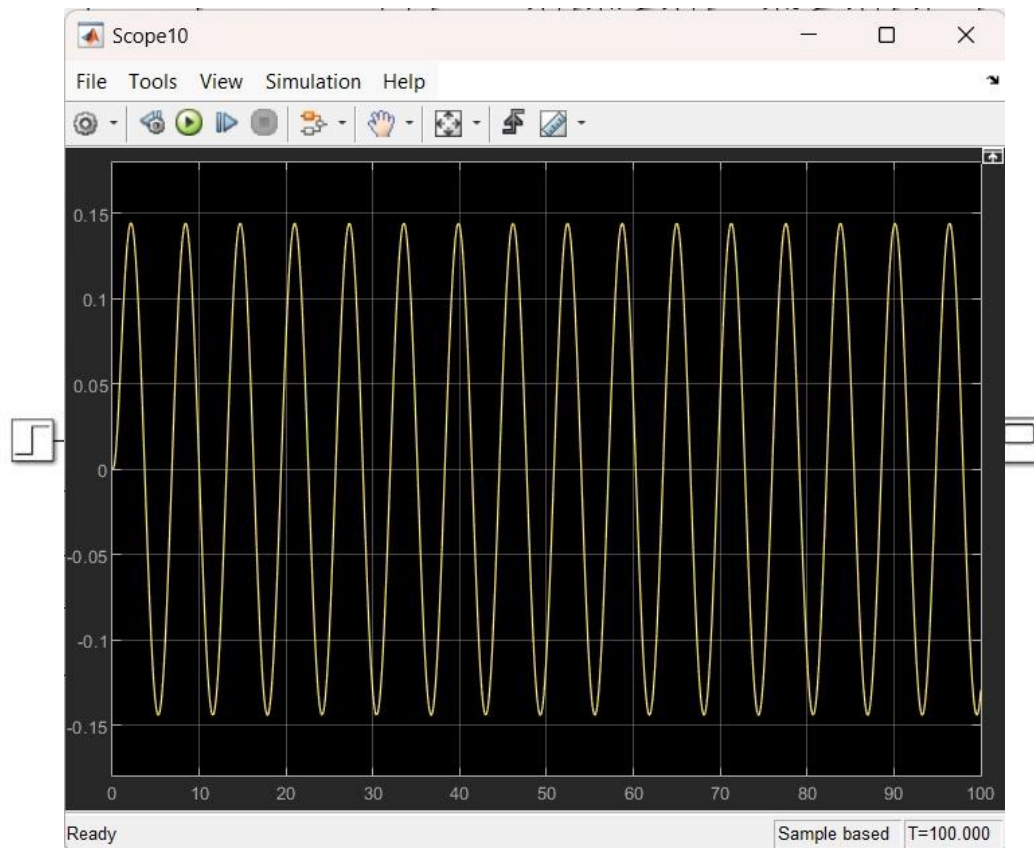
c/ Simulation de l'effet de la limitation de la commande  $-10 \leq u(t) \leq 10$ , et l'ajout du bloc saturation :

Schéma utilisé :



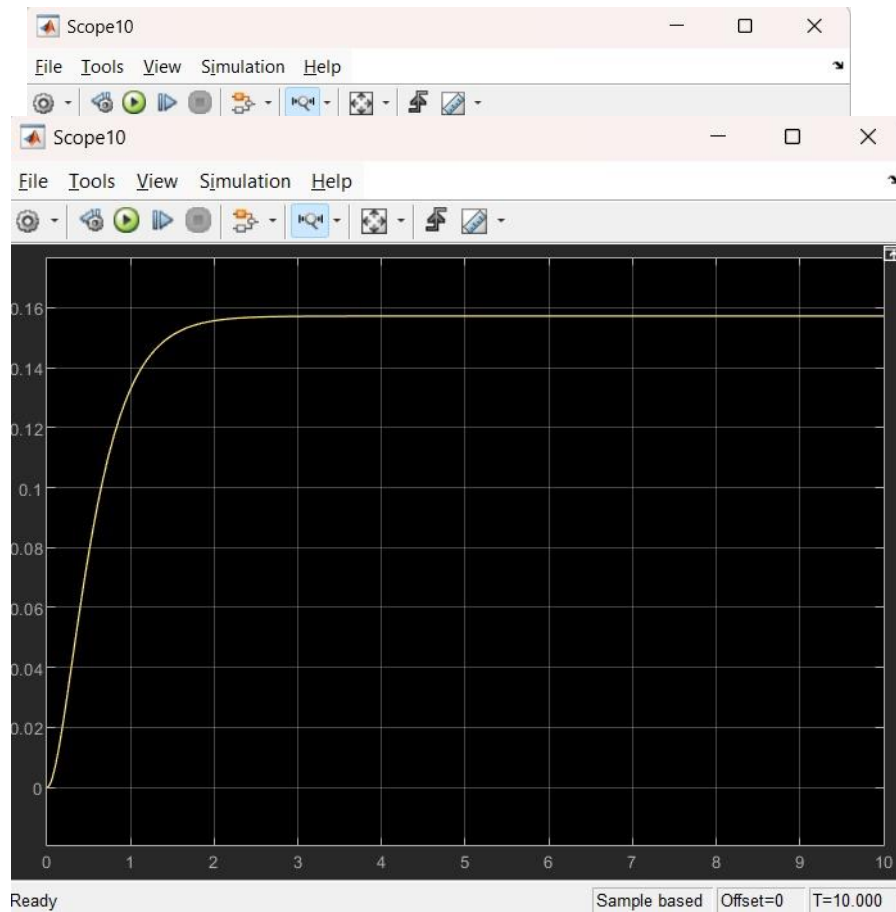
En mettant  $v(t)=5\cos(t)$ , comme le schéma ci-dessous nous montre

On obtient ce résultat : « sortie lorsque  $v(t)=5\cos(t)$  »



Maintenant en mettant  $v(t)=$  uniforme random

La sortie obtenue est :



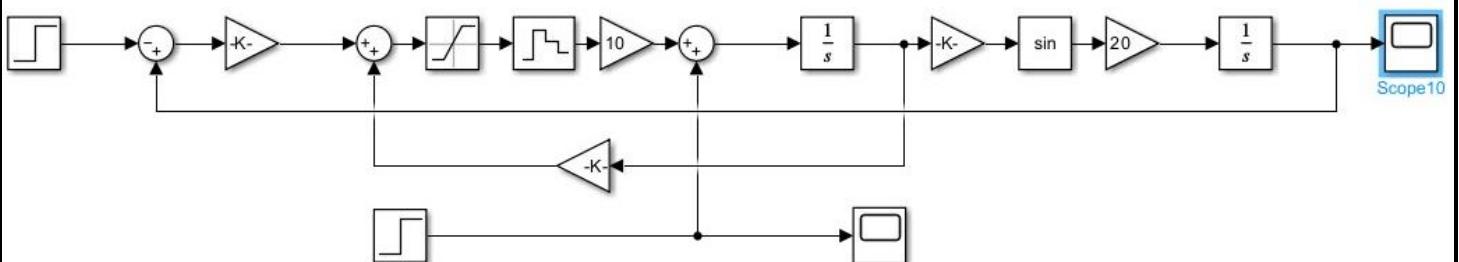
Et maintenant en prenant le cas de  $v(t) = 5$ , on obtient une sortie comme la figure ci-dessous nous montre :

### Remarque :

Les figures illustrant les sorties pour chaque cas (avec  $v(t)=\text{random number}$ ,  $v(t)=5\cos(t)$ , et  $v(t)=5$ ) sont identiques à celles de la question précédente, ce qui indique que la limitation n'a eu aucun impact sur le comportement du système.

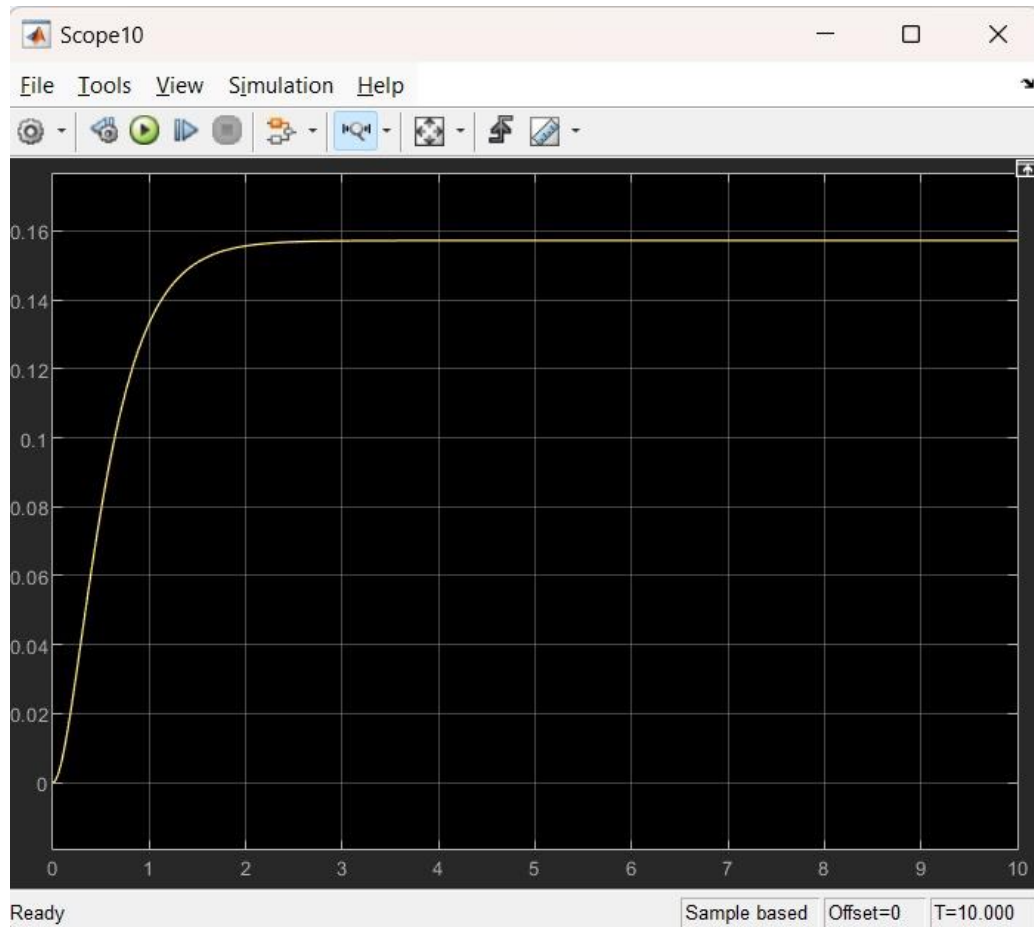
d/Simulation du comportement :

Schéma utilisé pour cette partie :



**Remarque :** On a pris  $T_e=0.01$  ms (le plus petit possible)

Résultat obtenu de la sortie :



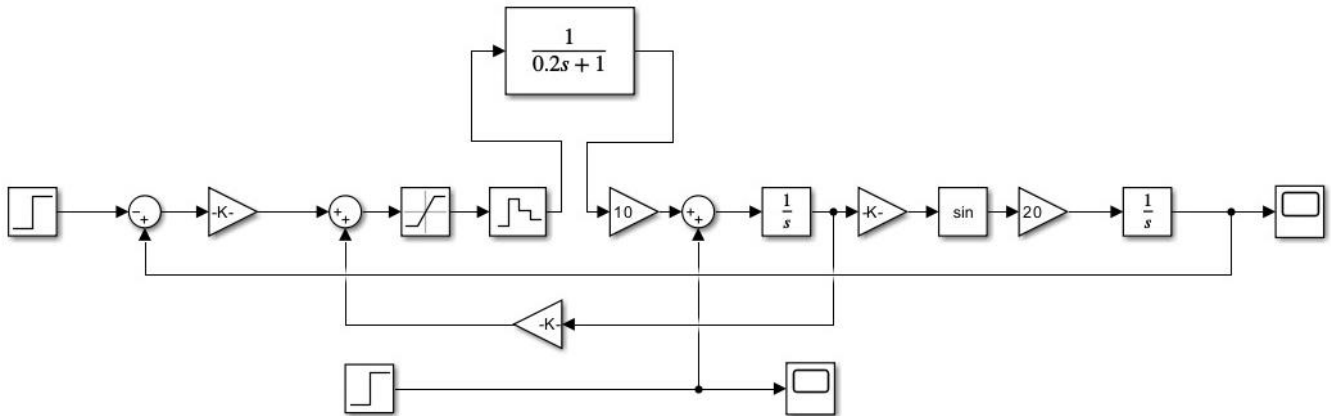
Après simulation, nous avons observé que plus  $T_e$  est petit, plus le comportement de la simulation dans le domaine discret se rapproche de celui dans le domaine temporel, donc il est nécessaire que  $T_e$  soit petit.

3/ Dans cette partie, on introduit dans le modèle une équation différentielle supplémentaire, de sorte que le modèle non linéaire devient :

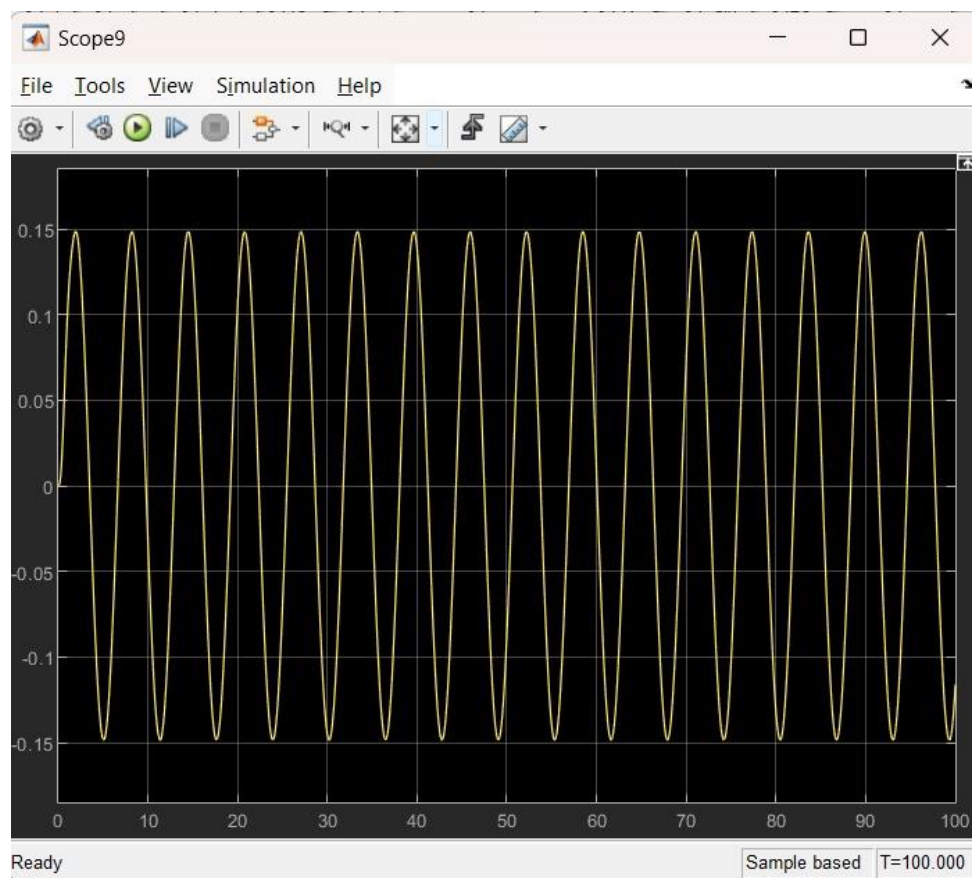
$$\begin{aligned} z(t) + 0,2\dot{z}(t) &= u(t) \\ \dot{\theta}(t) &= 10z(t) + v(t) \\ \dot{y}(t) &= 20 \sin\left(\frac{\pi}{180}\theta(t)\right) \end{aligned}$$

La saturation doit maintenant affecter la variable  $z$ .

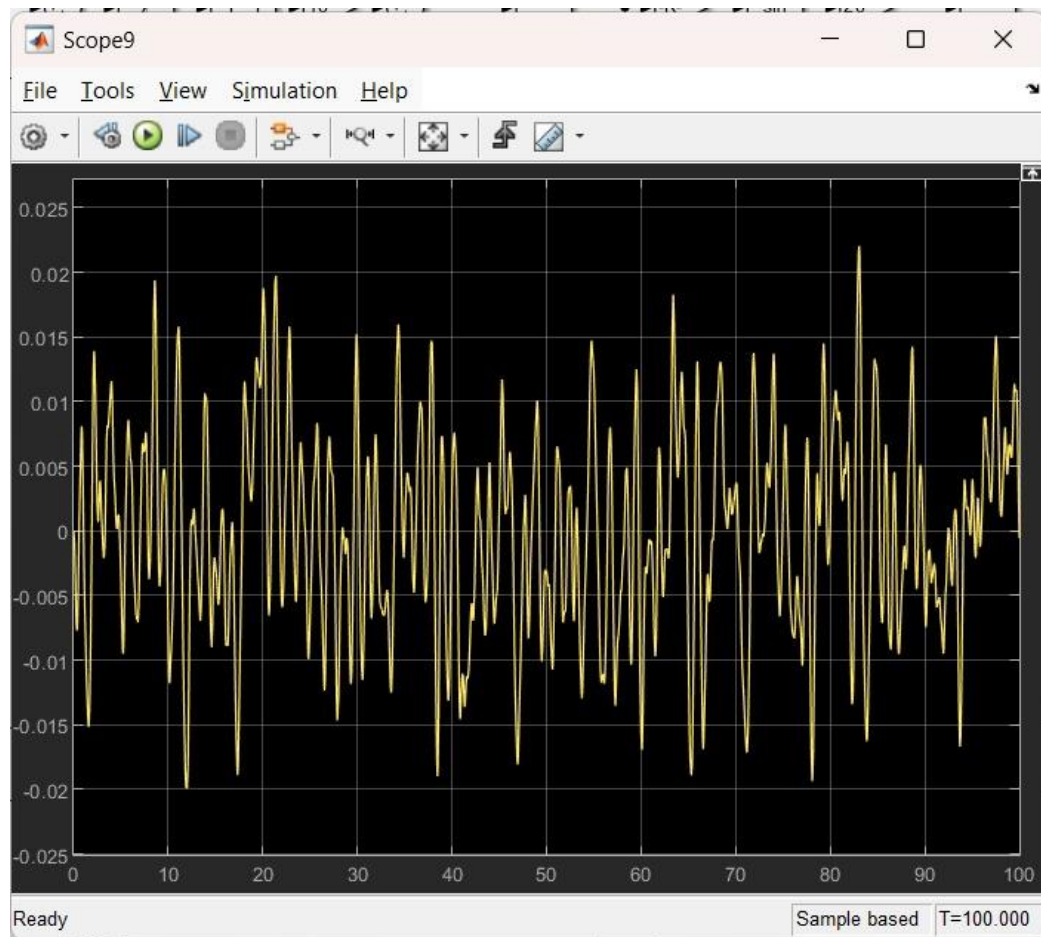
Schéma bloc utilisé :



Cas de  $v(t) = 5\cos(t)$  :



**$V(t)$  = uniform number :**



L'équation  $z(t) + 0.2z'(t) = u(t)$  ajoute un effet réaliste à la commande de l'angle de braquage  $u(t)$ , en limitant la vitesse de variation de l'angle.

Cela permet à l'angle de changer de manière progressive plutôt que de manière instantanée.



### Conclusion :

En conclusion, ce TP a permis d'explorer les concepts d'asservissement de profondeur d'une torpille et d'analyser les performances d'un régulateur tachymétrique.

Les simulations ont montré comment les variations de paramètres, telles que l'inclinaison et les perturbations, influent sur la réponse du système, et nous avons également observé l'importance de la période d'échantillonnage pour garantir des performances similaires entre les régulateurs analogiques et discrets.

Ces résultats soulignent la nécessité d'une modélisation précise et d'un réglage adéquat pour assurer un contrôle efficace dans des applications réelles.