

## Introduction :

in this resume, we present the results of simulation for the controllers developed. These results have been compared to those obtained by the old controller (PID) in the aim to show the improvements introduced by each controller.

### 4.1. Simulation parameters:

#### 4.1.1. servo valve:

- ✓ Pression d'alimentation: 206 Bar.
- ✓ Courant de saturation  $I_r=20\text{mA}$ .
  - ✓ Débit maximale correspondant:  $Q= 160\text{L/min}$ .
  - ✓ Chutes de pression correspondantes:
    - $P_s-P_a=35\text{ bar}$ .
    - $P_a-T= 35\text{ bar}$ .
    - $P_s-P_b= 35\text{ bar}$ .
    - $P_b-T=35\text{ bar}$ .

#### 4.1.2. Paramètres du vérin:

- ✓ Longueur de la tige:  $L=0.8\text{m}$ .
- ✓ Position initiale :  $p=0.4\text{m}$ .
- ✓ Coefficient de viscosité  $k=1000\text{ N/(m/s)}$ .

#### 4.1.3. Profil du signal de commande en effort:

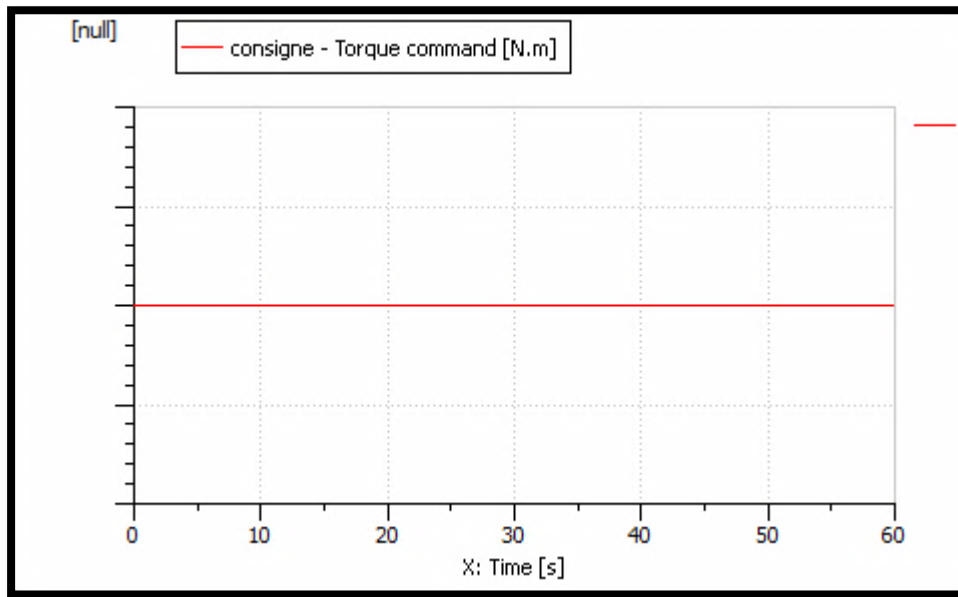


Fig.IV.1 profil du signal de commande en effort

#### 4.1.4. Profil du signal de commande en vitesse angulaire :

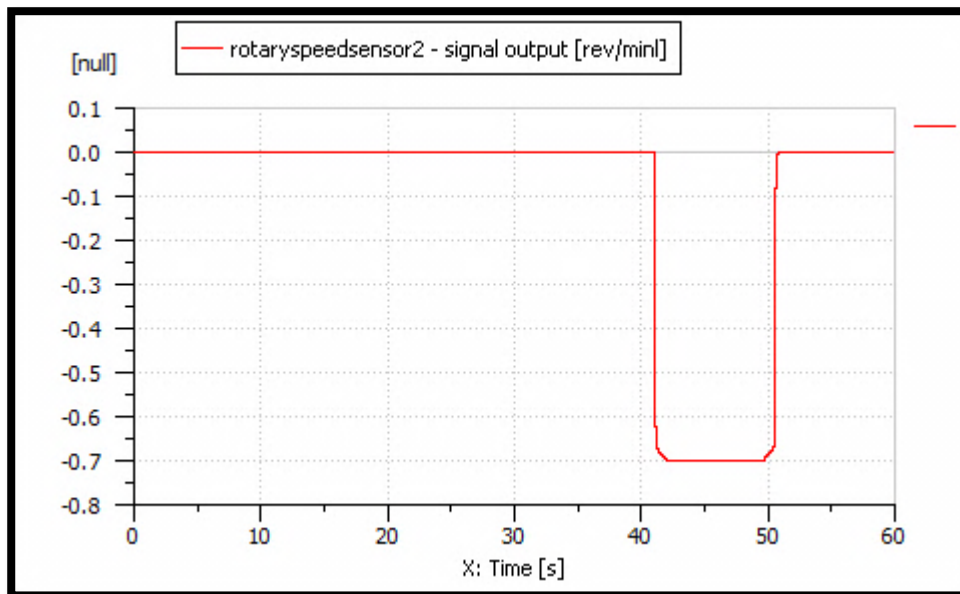


Fig. IV.2 profile du signal de commande en vitesse angulaire.

#### 4.1.5. Paramètres temporels:

- ✓ Intervalle de simulation: 60 s.
- ✓ Pas d'interpolation:  $h=0.001s$ .
- ✓ Pas d'intégration: variable (tolérance  $10^{-5}$ ).

## 4.2. Commande par logique floue

Pour analyser les performances du contrôleur flou, nous observons la réponse du système en comparaison avec celle obtenue par la commande PID en régime transitoire, lors des transitions en vitesse angulaire et en régime permanent.

Pour s'assurer que la réponse obtenue par le contrôleur flou respecte d'autres exigences pratiques, on observe également l'évolution de la pression dans l'une des chambres de vérin ainsi que le signal de commande envoyé à la servovalve.

#### 4.2.1. La réponse du système en régime transitoire :

La figure IV.3 montre les réponses en régime transitoire, obtenues par : une commande PID et une commande par logique floue:

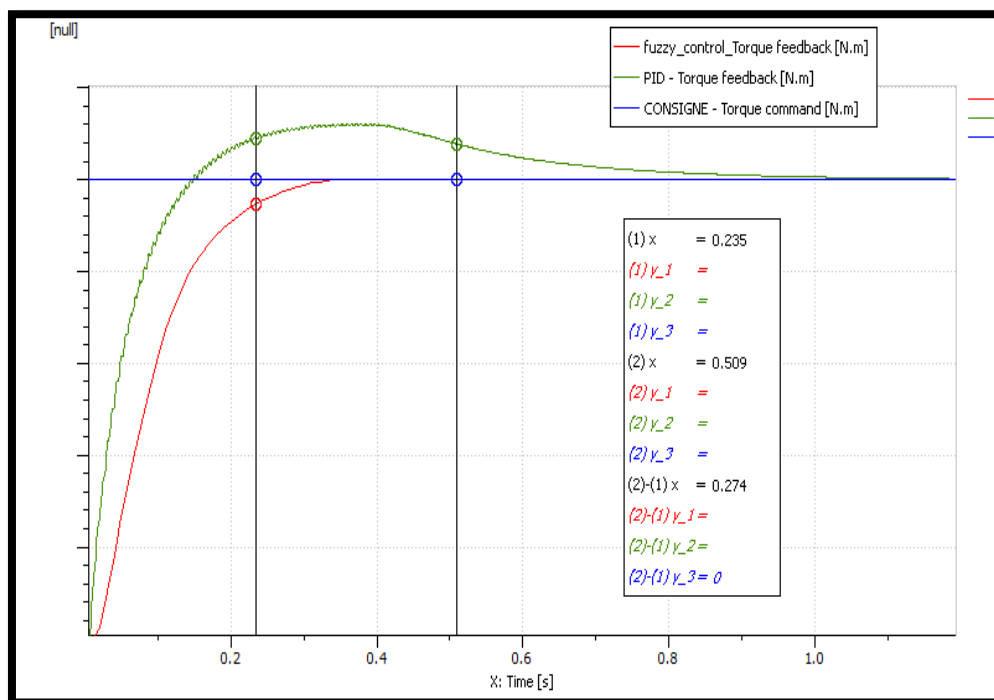


Fig. IV.3 comparaison des réponses en régime transitoire.

#### 4.2.2. La robustesse face aux variations de la vitesse angulaire

La figure IV.4 montre les réponses lors des transitions en vitesse angulaire obtenues par une commande PID et une commande par logique floue :

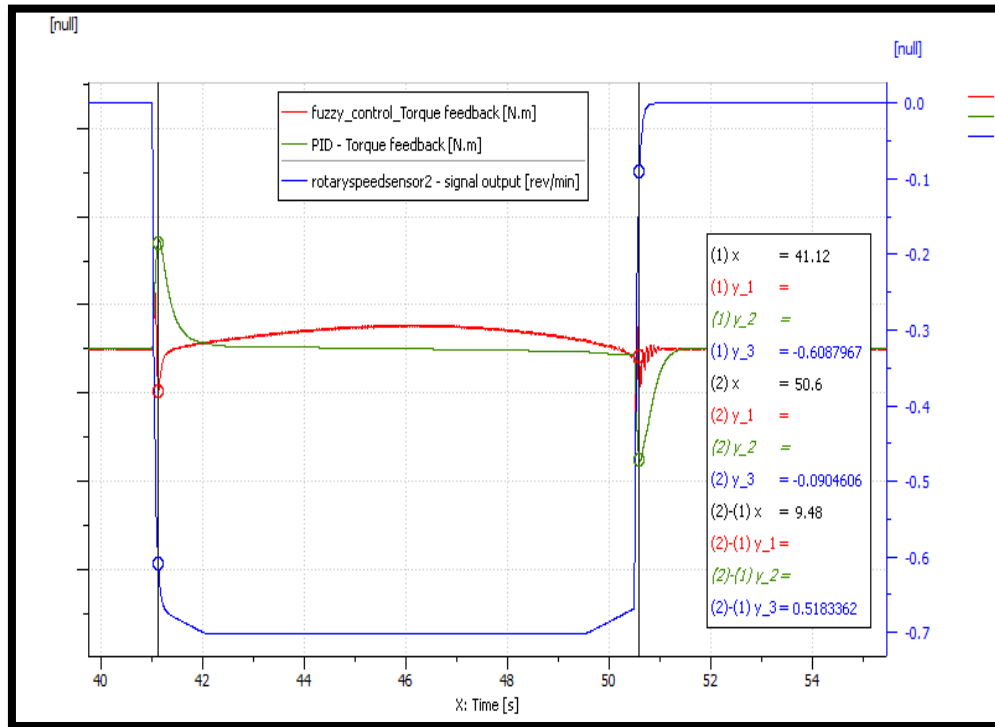


Fig. IV.4 comparaison des réponses lors variations de la vitesse angulaire.

#### 4.2.3. La réponse du système en régime permanent :

La figure IV.5 montre les réponses en régime permanent obtenues par : une commande PID et une commande par logique floue:

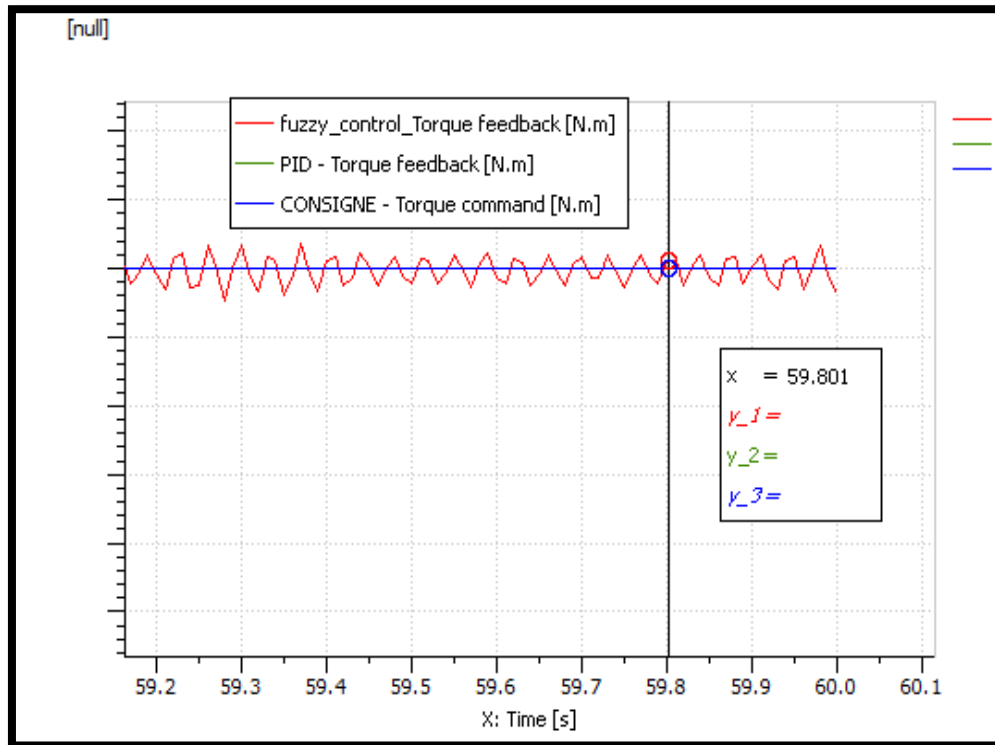


Fig. IV .5 comparaison des réponses en régime permanent.

#### 4.2.4. Les variables internes:

##### 4.2.4.1. Courant de commande de la servovalve :

La figure IV.6 et IV.7 montrent les courbes du signal de commande en régime transitoire obtenues par : une commande PID et une commande par logique floue:

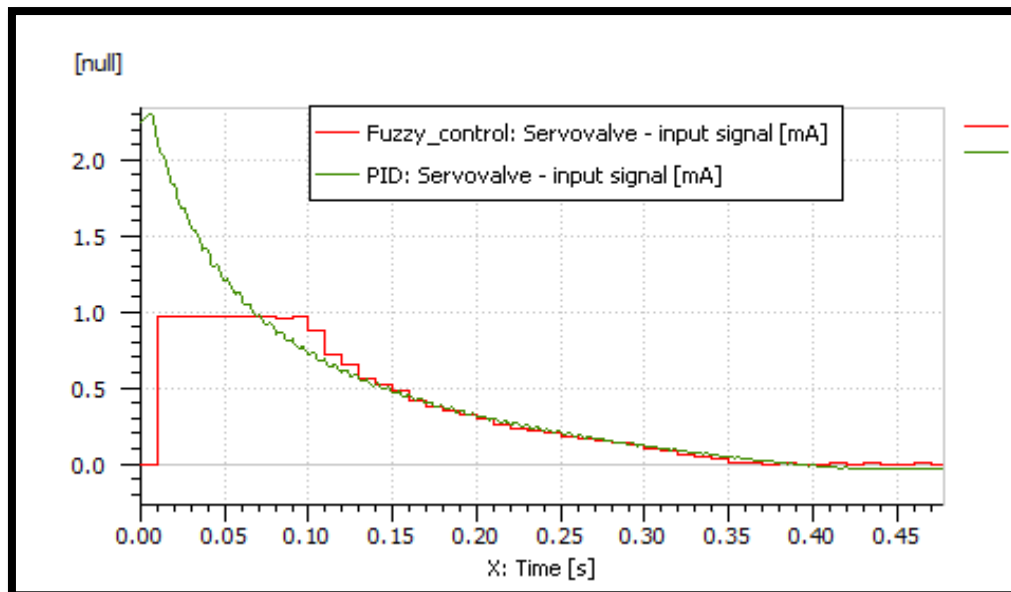


Fig. IV.6 signal de commande en régime transitoire: commande par PID (courbe en vert); commande par logique floue (courbe en rouge).

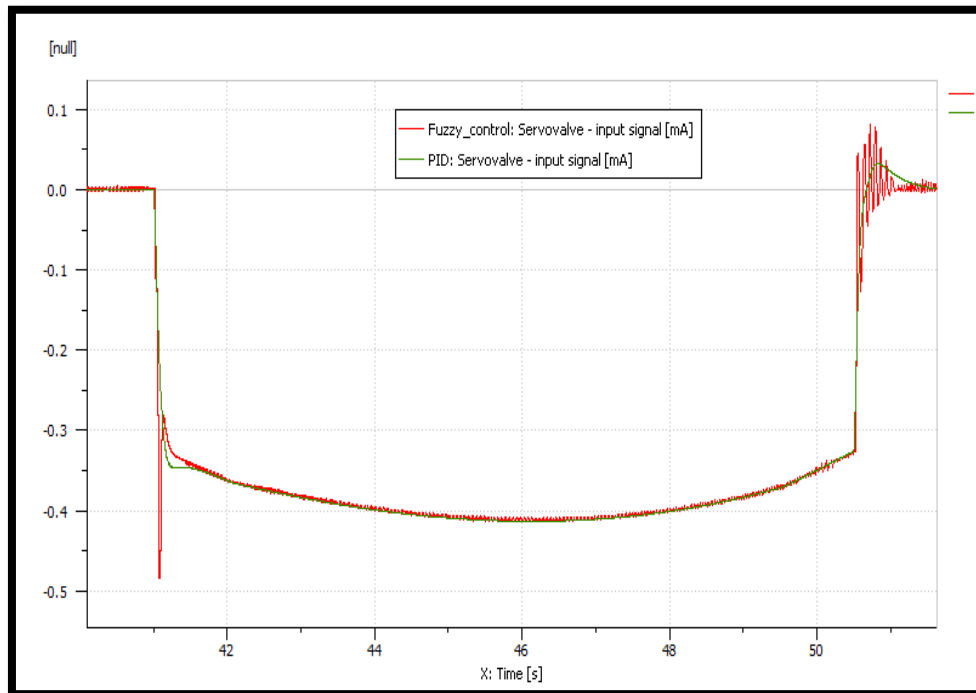


Fig. IV.7 signal de commande lors des transitions en vitesse angulaire: commande par PID (courbe en vert); commande par logique floue (courbe en rouge).

#### 4.2.4.2. Pression du vérin

La figure IV.8 montre la variation de la pression de l'actionneur dans le cas d'une commande PID et une commande par logique floue:

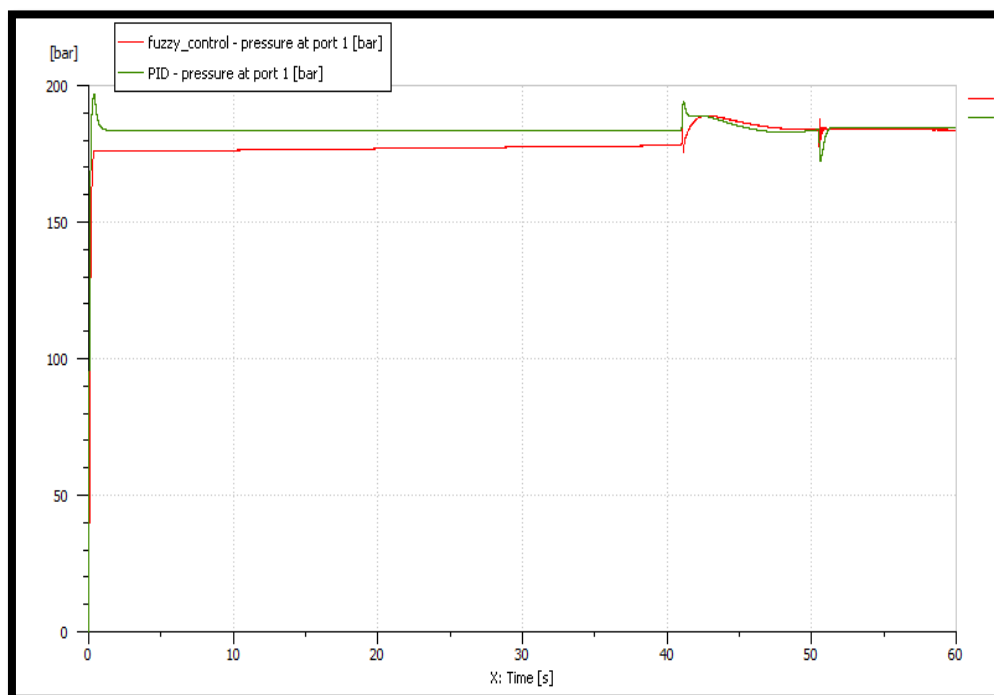


Fig.IV.8 variation de la pression l'intérieur du vérin ; courbe en vert : système asservi par une structure de commande PID, courbe en rouge : système asservi par un contrôleur flou.

#### **4.2.5. Analyse des résultats et commentaires :**

##### **4.2.5.1. Rapidité:**

La durée du régime transitoire est diminuée, il passe de  $t_1=0.509s$  pour le cas d'une commande PID à  $t_2= 0.23s$  pour une commande par le contrôleur flou et donc la rapidité du système est améliorée de 256%.

##### **4.2.5.2. Dépassement**

La réponse du système asservi par une structure de commande PID présente un dépassement de 11.93%; tandis que le contrôleur flou permet d'avoir une réponse sans dépassement.

Cela indique une amélioration remarquable de la marge de stabilité du système asservi par le contrôleur flou par rapport à celui asservi par la commande PID.

##### **4.2.5.3. La robustesse face aux variations de la vitesse angulaire :**

- Il est évident que la commande par PID ne permet pas de maintenir un comportement robuste lors des transitions en vitesse angulaire, en effet la réponse du système présente des pics lors des transitions du signal de vitesse angulaire avec des longueurs de 9.71% et 10.08% et des largeurs de 1.78s et 1.476s respectivement.
- La robustesse du système est améliorée par le contrôleur flou du fait que les pics sont atténués à 4.99% et 7.38% respectivement et l'erreur statique est bornée à 2.18%.

##### **4.2.5.4. Précision du système en régime permanent:**

En régime permanent, on remarque qu'il y a une dégradation tolérable de la précision du système, en effet la commande par PID assure une erreur statique nulle, tandis que la commande par logique floue introduit une erreur de  $\pm 0.0072\%$ .

#### 4.2.5.5. Variables internes

L'évolution de la pression dans le vérin ainsi que le signal de commande envoyé à la servovalve ont toujours des allures acceptables et ne présentent aucun fonctionnement critique, ceci nous permet de conclure que les exigences pratiques sont toujours respectées.

### 4.3. Notre approche de commande:

Pour analyser les performances de notre structure de commande, on observe la réponse du système en comparaison avec celle obtenue par une commande PID en : régime transitoire, lors des transitions en vitesse angulaire et régime permanent.

Pour s'assurer que la réponse obtenue par notre structure respecte d'autres exigences pratiques, on observe également l'évolution de la pression à l'intérieur du vérin ainsi que le signal de commande envoyé à la servovalve.

#### 4.3.1. La réponse du système en régime transitoire

La figure IV.9 présente La réponse du système en régime transitoire comparée à celle du système commandé par une structure PID :

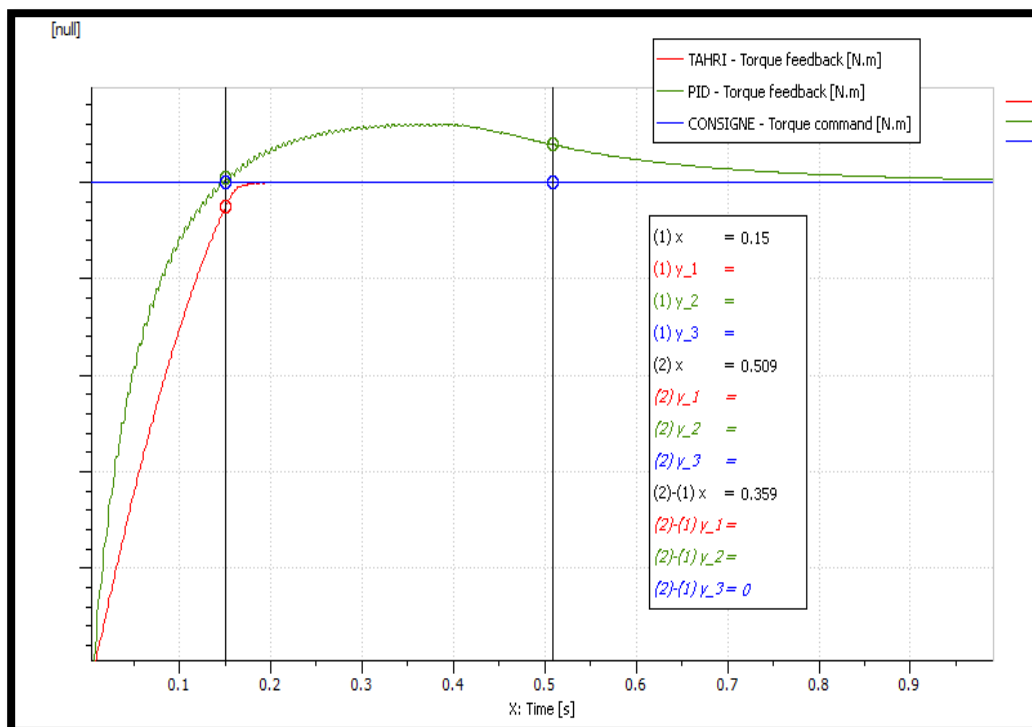


Fig. IV.9 comparaison des réponses en régime transitoire, commande par PID (courbe en vert) et celle du nouveau contrôleur (courbe en rouge).



#### 4.3.2. La robustesse face aux variations de la vitesse angulaire :

La figure IV.10 montre les réponses lors des transitions en vitesse angulaire obtenues par : une commande PID et la nouvelle structure de commande:

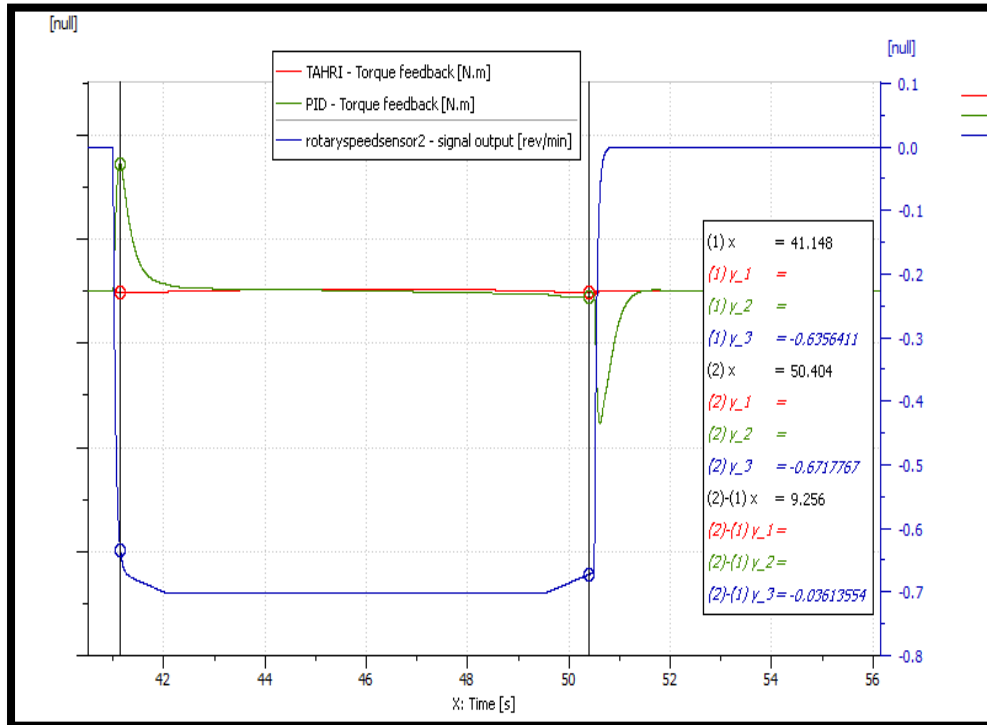


Fig. IV.10 comparaison des réponses lors variations de la vitesse angulaire.

#### 4.3.3. La réponse du système en régime permanent:

La figure IV.11 montre les réponses en régime permanent, obtenues par : une commande PID et une commande par notre structure de commande :

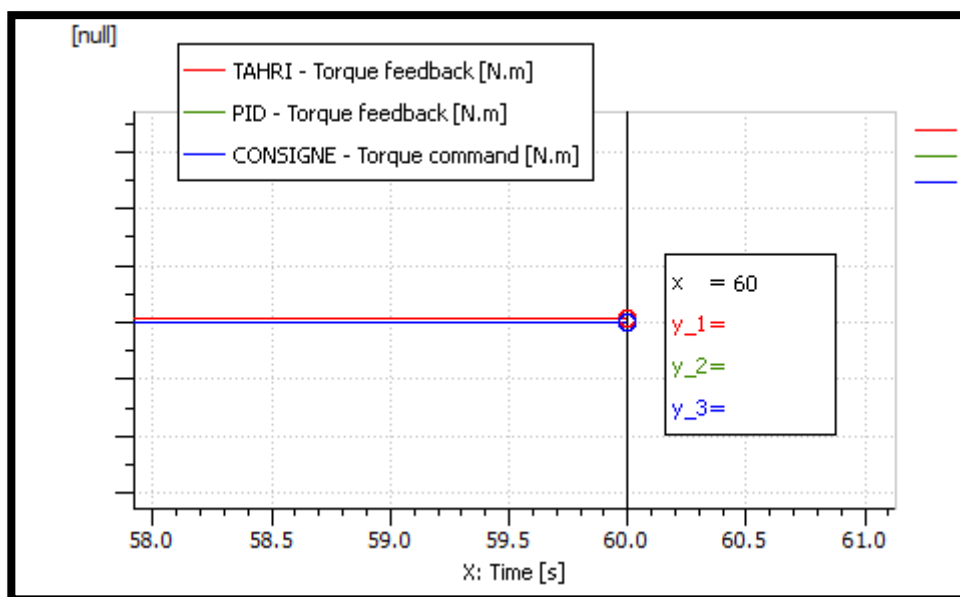


Fig. IV.11 comparaison des réponses en régime permanent.

#### 4.3.4. Les variables internes:

##### 4.3.4.1. Courant de commande de la servovalve

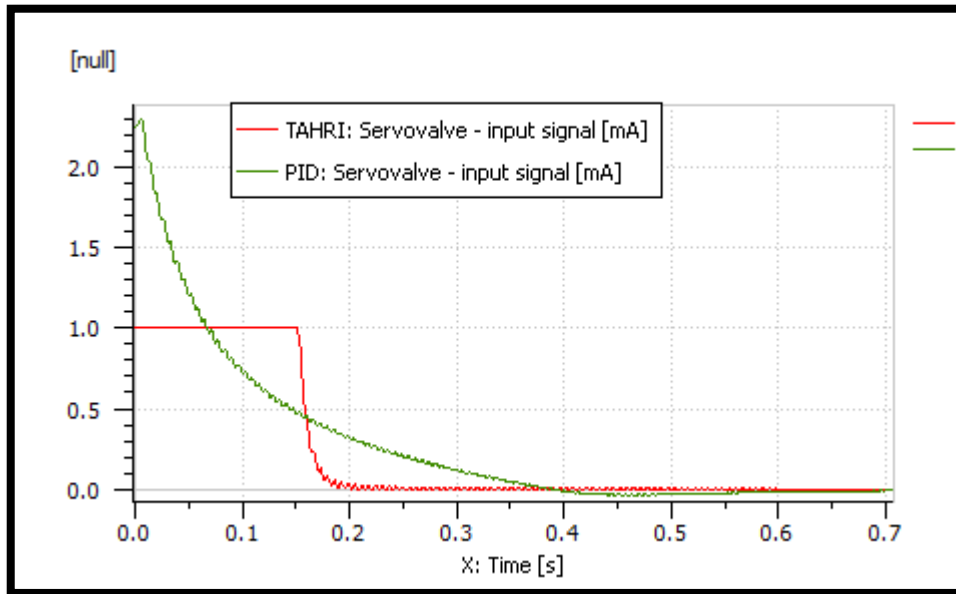


Fig. IV.12 signal de commande envoyé à la servovalve pour les deux cas : commande PID (courbe en vert) et notre structure de commande (courbe en rouge) en régime transitoire.

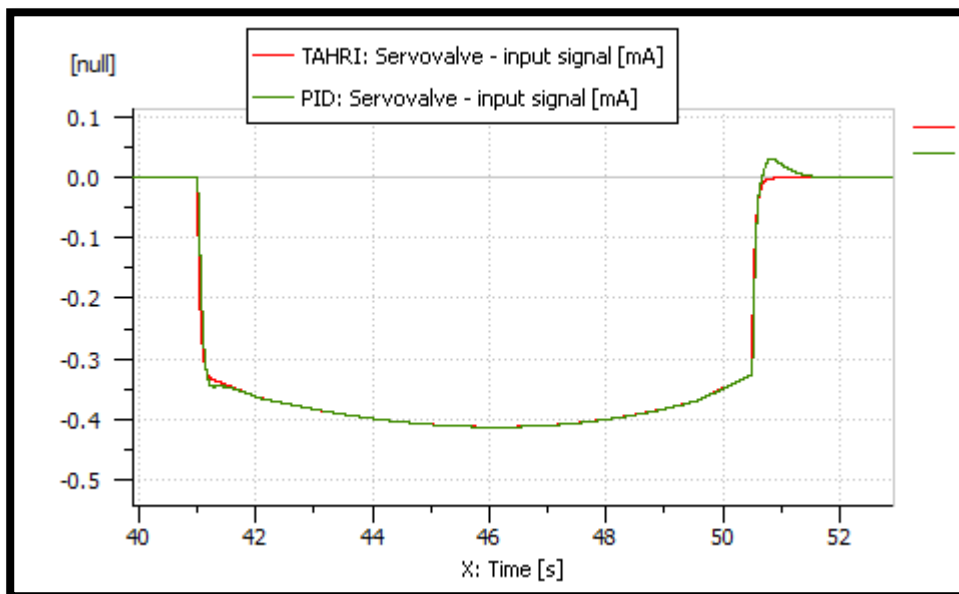


Fig.IV.13 signal de commande envoyé à la servovalve. Structure de commande PID (courbe en vert) et notre structure de commande (courbe en rouge) en test de robustesse.

#### 4.3.4.2. La variation de la pression

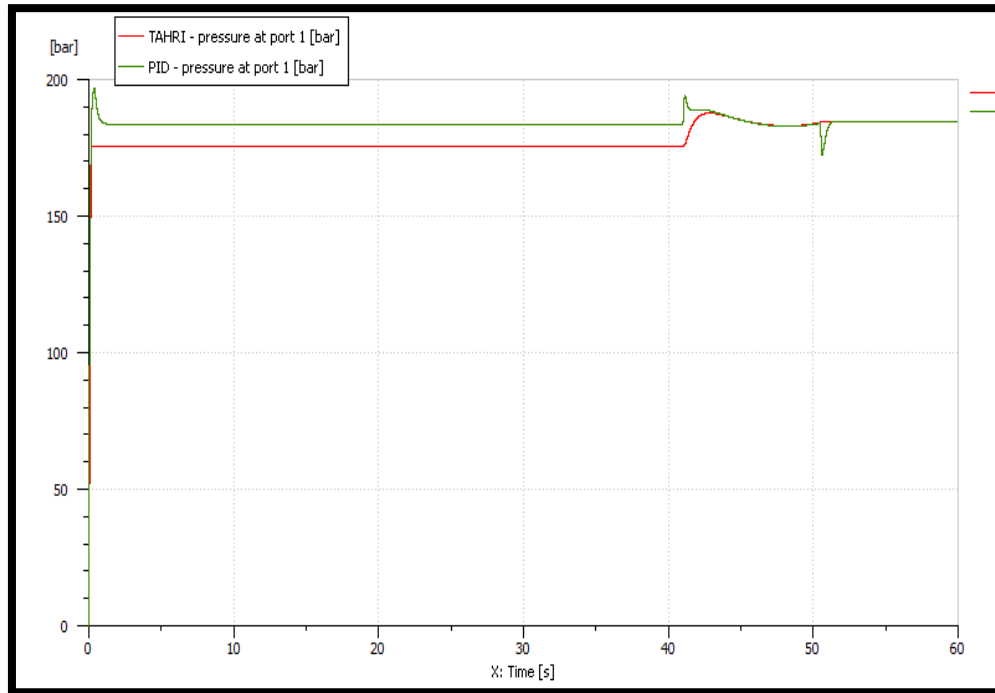


Fig. IV.14 variation de la pression dans l'actionneur; courbe en vert : système asservi par une structure de command PID courbe en rouge : système commandé par notre structure.

#### 4.3.5. Analyse des résultats et commentaires :

En analysant les résultats présentés ci-dessus, on remarque une amélioration considérable des performances du système en termes de rapidité, stabilité et de robustesse face aux transitions en vitesse angulaire :

##### 4.3.5.1. La rapidité du système :

La durée du régime transitoire est diminuée, elle passe de  $t_1=0.509s$  pour le cas d'une commande PID à  $t_2=0.1505s$  pour la nouvelle structure de commande et donc le système asservi par cette structure est 4 fois plus rapide par apport à l'ancienne structure.

##### 4.3.5.2. Dépassement :

La réponse du système asservi par une commande PID présente un dépassement de 11.93%; la nouvelle structure permet d'annuler ce dépassement, ceci montre une amélioration de la marge de stabilité du système.

#### 4.3.5.3. Robustesse du contrôleur face aux transitions en vitesse angulaire:

- Pour le cas d'une correction par PID : on remarque que la réponse du système présente des pics lors des transitions du signal de vitesse angulaire avec des longueurs de 9.71% et 10.08% et des largeurs de 1.78s et 1.476s respectivement.
- La réponse du système asservi par la nouvelle approche est améliorée considérablement, en effet les pics présents dans le cas de la commande par PID sont presque éliminés, leur longueurs deviennent 0.22% (pendant 0.036s) et 0.012% (pendant 0.1s).

#### 4.3.5.4. Précision en régime permanent :

En régime permanent, on remarque qu'il y a une dégradation négligeable de la précision du système, en effet la commande par PID assure une erreur statique nulle, tandis que notre structure introduit une erreur de 0.0006%.

### 4.4. Récapitulatif des performances des trois structures de commande:

#### 4.4.1 Les performances de l'asservissement

Le tableau IV.1 présente un récapitulatif des différentes mesures quantifiant les performances d'asservissement (rapidité, précision, marge de stabilité) pour les trois structures de commande

	Temps de réponse (s)	Dépassement (%)	Erreur statique (%)
<b>La nouvelle structure</b>	<b>0.1505</b>	<b>/</b>	<b>0.0006</b>
<b>Contrôleur flou</b>	<b>0.235</b>	<b>/</b>	<b>0.0072</b>
<b>PID</b>	<b>0.509</b>	<b>11.93</b>	<b>0</b>

Tableau IV.1 : récapitulatif des valeurs obtenues en simulation décrivant les performances des structures de commande

#### **4.4.2. La robustesse face aux variations de la vitesse angulaire:**

On remarque que la nouvelle structure permet de garantir une robustesse très bonne face aux transitions en vitesse angulaire.

La commande par logique floue permet d'apporter une amélioration considérable à la robustesse du système par apport à la commande PID.

### **Conclusion**

Les résultats obtenus en simulation sont très satisfaisants par apport aux buts de notre projet, en effet la nouvelle structure développée a permis d'assurer un asservissement optimal en termes de performances notamment la robustesse face aux transitions en vitesse angulaire, tout en améliorant les autres exigences de commande.

En tenant compte de l'amélioration apportée par apport à l'ancienne structure de commande, Le contrôleur flou présente une solution éventuelle pour un asservissement robuste.

Motivated by the results of our work, we have decided to incorporate our new control scheme into another effort/velocity control loop. for that, the next chapter is devoted.