



République Algérienne démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur Et de la recherche Scientifique
Université des Sciences et de la Technologies d'Oran « Mohamed Boudiaf »
FACULTE DE GENIE ELECTRIQUE
DEPARTEMENT D'AUTOMATIQUE
Mémoire de projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master
Option Automatique et informatique industrielle



Intitulé:
**Synthèse et implémentation d'une loi de commande
avancée sur un robot sous-marin d'observation.**

Présenté par :

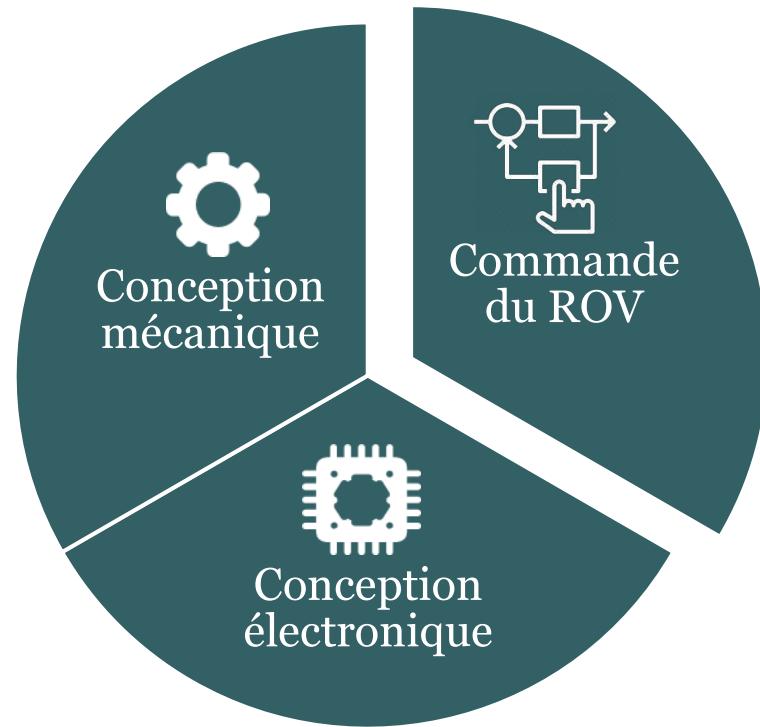
- Mr. KEBDANI OUSSAMA
- Mr. RAHMOUN LOKMANE NOUR EL ISLEM

Encadré par :

- Mr. LAIDANI ABDELMALEK

Robot sous marin d'observation:

- Ce projet à pour objectif de faire la conception d'un robot sous marin d'observation, ce travail est réalisé par une équipe composé de trois groupe pour faire:



Plans de présentation:

Partie 1

Partie 2

Partie 3

Partie 4

Partie 5

- | | | | | |
|----------------------------------|------------------------------|---------------------------------------|---|-------------------------------------|
| - Introduction et problématique. | - Modélisation mathématique. | - Présentation du modèle en SIMULINK. | - Commande par PID. | - Comparaison des lois de commande. |
| - Classification des ROV. | - Modèle mécanique. | - Teste du modèle en boucle ouverte. | - Critère et algorithme d'optimisation. | - Perspective. |
| - Cahier de charge. | - Calcul des paramètres | | - Commande par PID fractionnaire. | - Conclusion Générale. |
| | | | - Commande par mode glissement. | |

Partie 1

Introduction générale

Parmi les problèmes rencontrés dans notre siècle l'augmentation de la consommation des ressources énergétiques et la diminution des ressources d'eau ce qui à entraîner l'augmentation des nombres de barrages, pour différentes raisons (production électrique, eau potable , aquaculture ...).

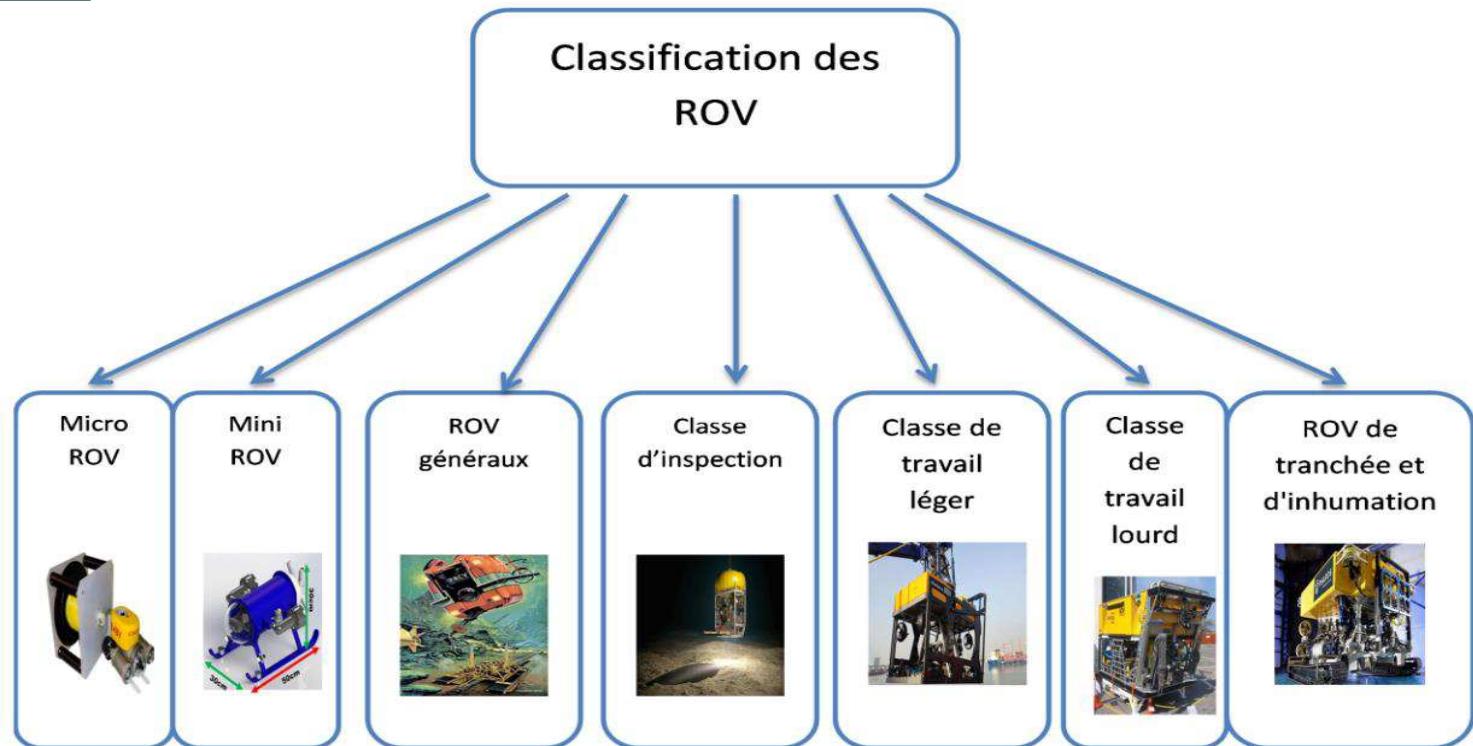
Les barrages et les structures marines en général nécessitent de l'entretien et de l'inspection ce que conduit à l'augmentation des recherches dans le domaine des drones sous-marin.

Les drones ont d'abord été conçus pour inspecter les fonds marins, les réseaux et structures sous-marines ou les zones difficiles d'accès. Ils permettent :

- la réalisation de photographie sous-marine (photos et vidéos).
- L'inspection des portes, canalisations, bateaux de plaisance, industries de l'eau (châteaux d'eau, barrages, ponts, barrages, canalisations, etc.), aquaculture.
- Le teste de la sécurité de l'eau avant qu'un plongeur n'entre dans l'eau lors de missions .

Partie 1

Classification des ROV



Partie 1

Cahier de charge

Notre but principal de ce projet est de construire un véhicule (robot) sous-marin pour des missions de surveillance (Observation Class ROV). Il doit être:

- a faible cout (low-cost),
- de petite taille (Small Size).
- des performances élevées (High performances).
- hybride : téléopéré et autonome (ROV and AUV).

Partie 2

Modélisation mathématique

Après le développement des équations mathématique on a obtenu l'équation générale suivante :

$$M\dot{v} + C(v)v + D(v)v + Gf(\eta) = \tau_A$$

A partir de cette équation on peut déterminer l'expression de \dot{v} :

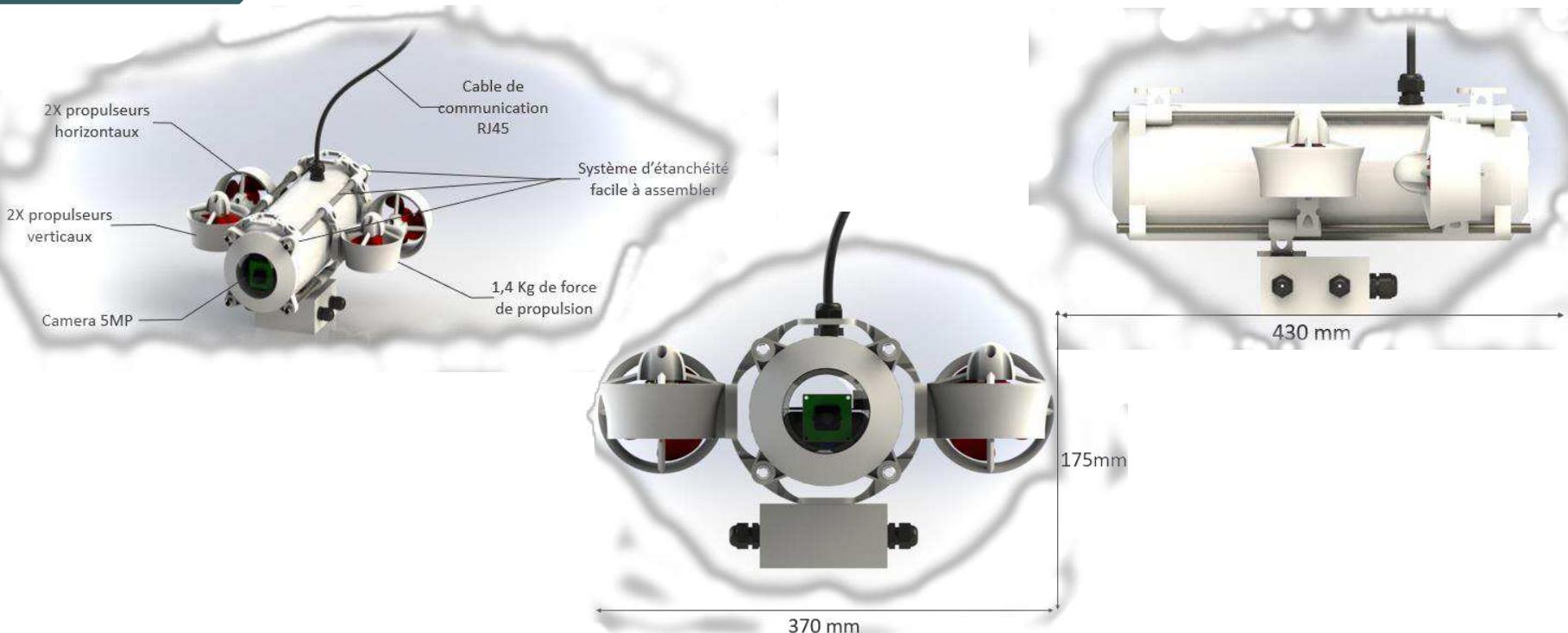
$$\dot{v} = M^{-1}(\tau_A - C(v)v - D(v)v - Gf(\eta))$$

Avec:

- V: la vitesse.
- C(v): la matrice d'inertie.
- D(v): la matrice des coefficients d'amortissement.
- Gf(η): la matrice des Forces de gravité et de flottabilité.
- τ_A : les forces et les moments d'entrée.

Partie 2

Modèle mécanique

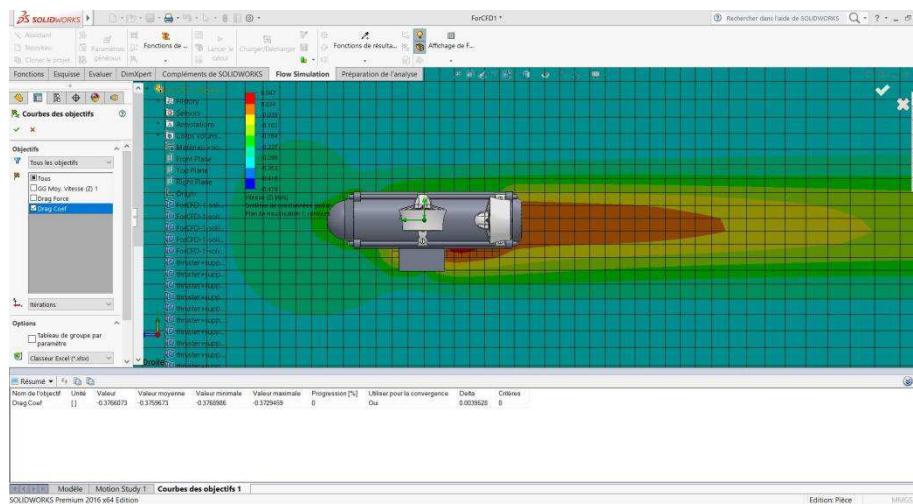


Partie 2

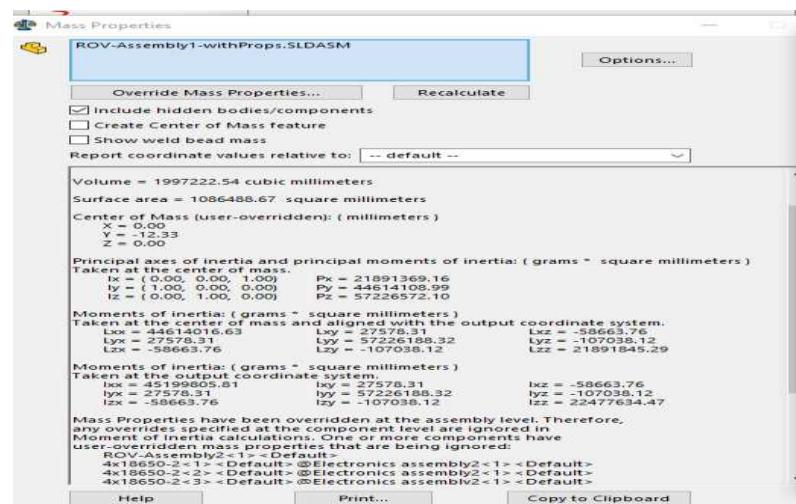
Calcul des paramètres

Paramètres obtenu par simulation:

détermination des coefficients d'amortissement hydrodynamique:

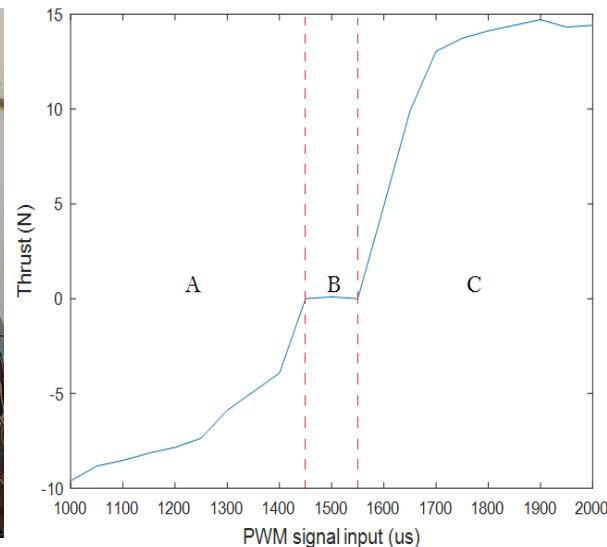
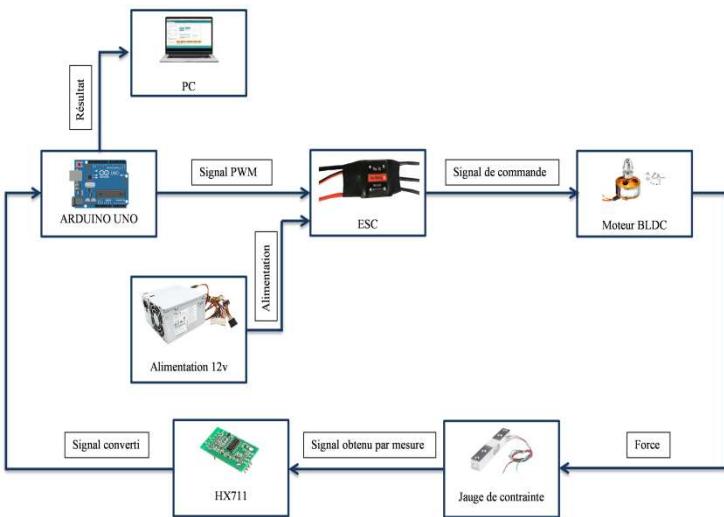


la Matrice d'inertie du système et la matrice des forces de Coriolis et centrifuges:



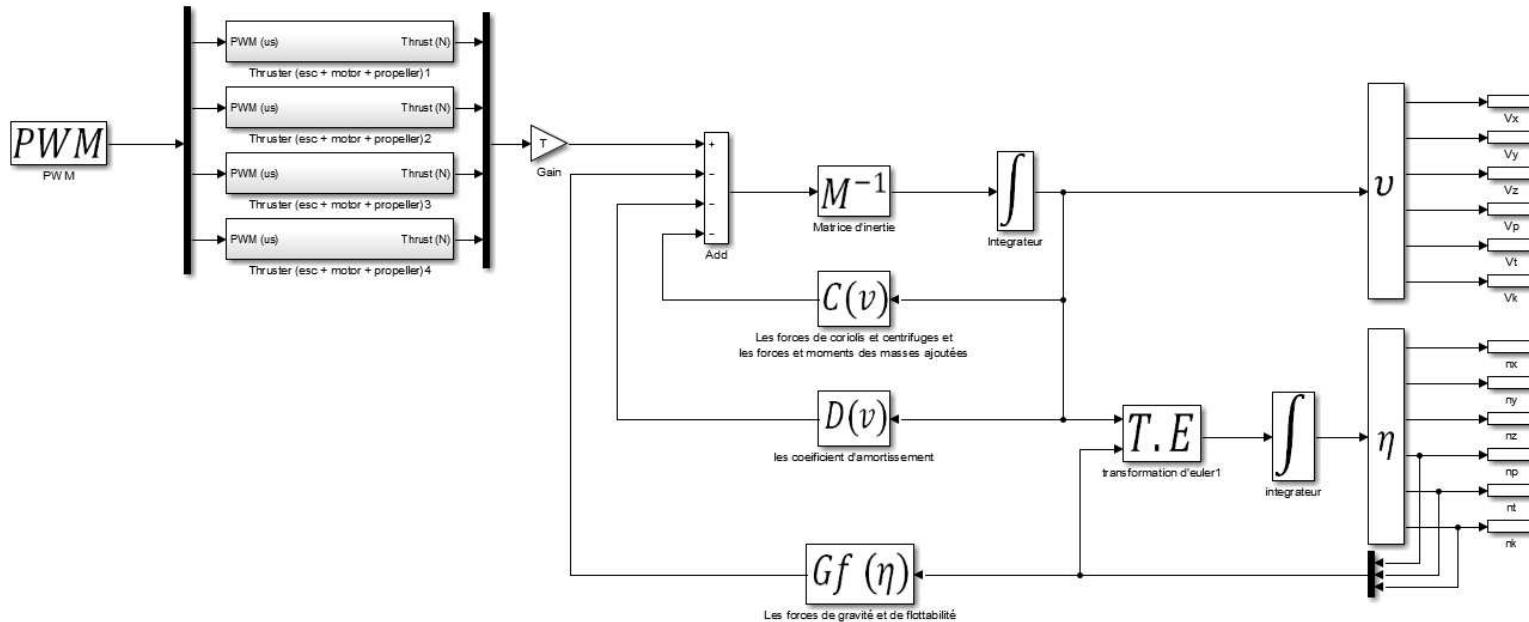
Partie 2

Paramètres obtenu par essai:



Partie 3

Présentation du modèle en SIMULINK



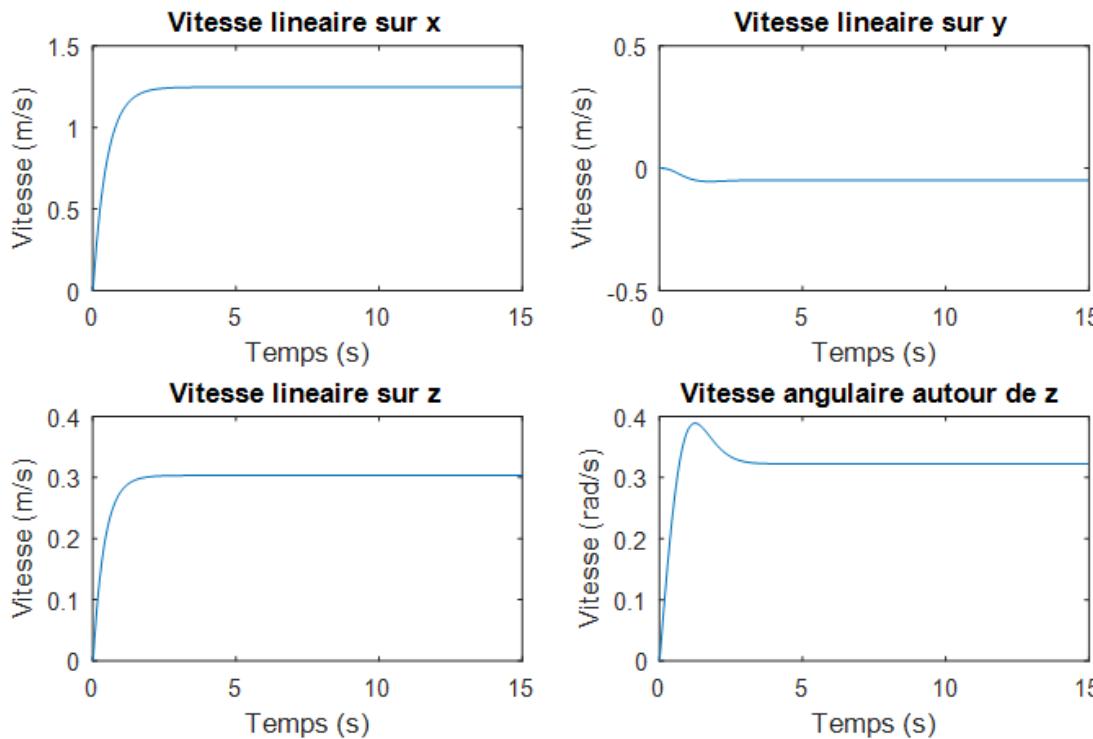
Partie 3

Teste du modèle en boucle ouverte

Cas	PWM1	F1(N)	PWM2	F2(N)	PWM3	F3(N)	PWM4	F4(N)
Cas 1	1650	5.25	1650	5.25	1500	0	1500	0
Cas 2	1500	0	1500	0	1650	5.25	1650	5.25
Cas 3	1650	5.25	1340	-5.02	1500	0	1500	0
Cas 4	1710	7.35	1625	4.38	1650	5.25	1650	5,25

Partie 3

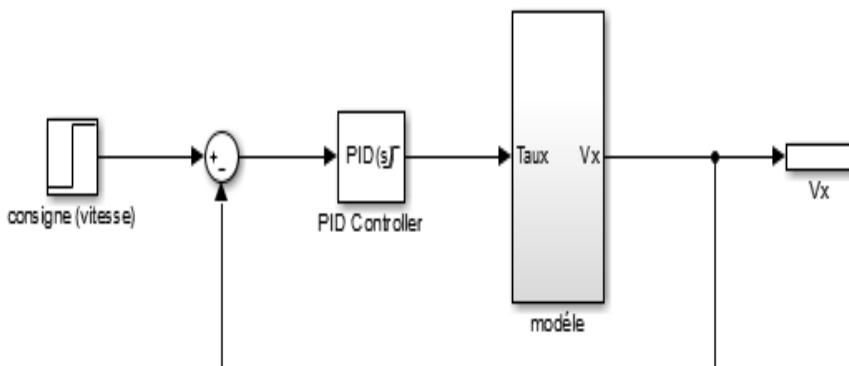
Résultats en boucle ouverte:



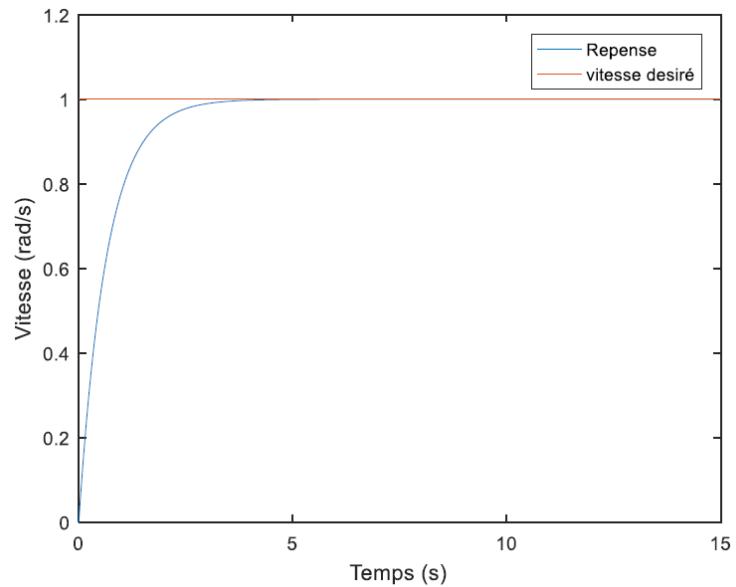
Partie 4

Commande Par PID

Commande de vitesse



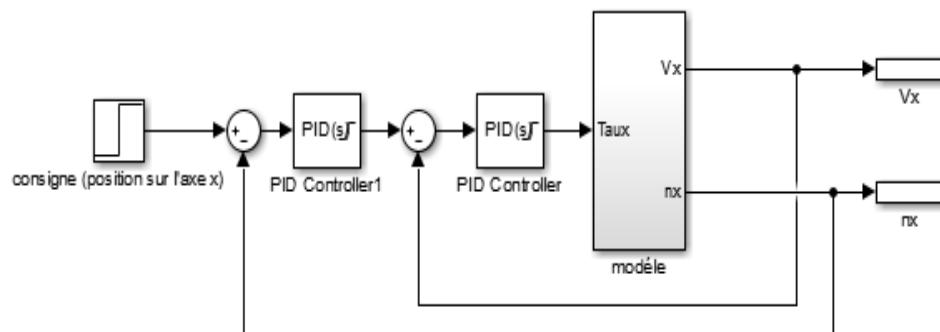
Repense



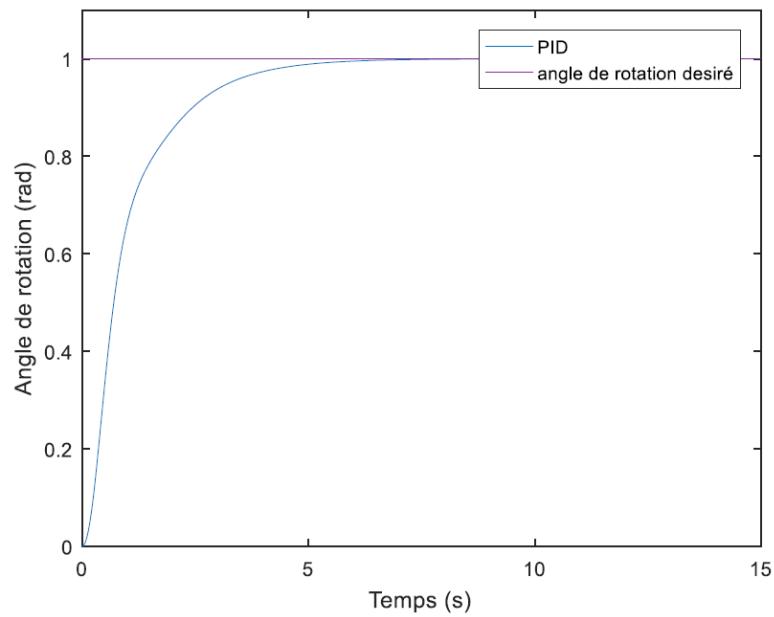
Partie 4

Commande Par PID

Commande de Position

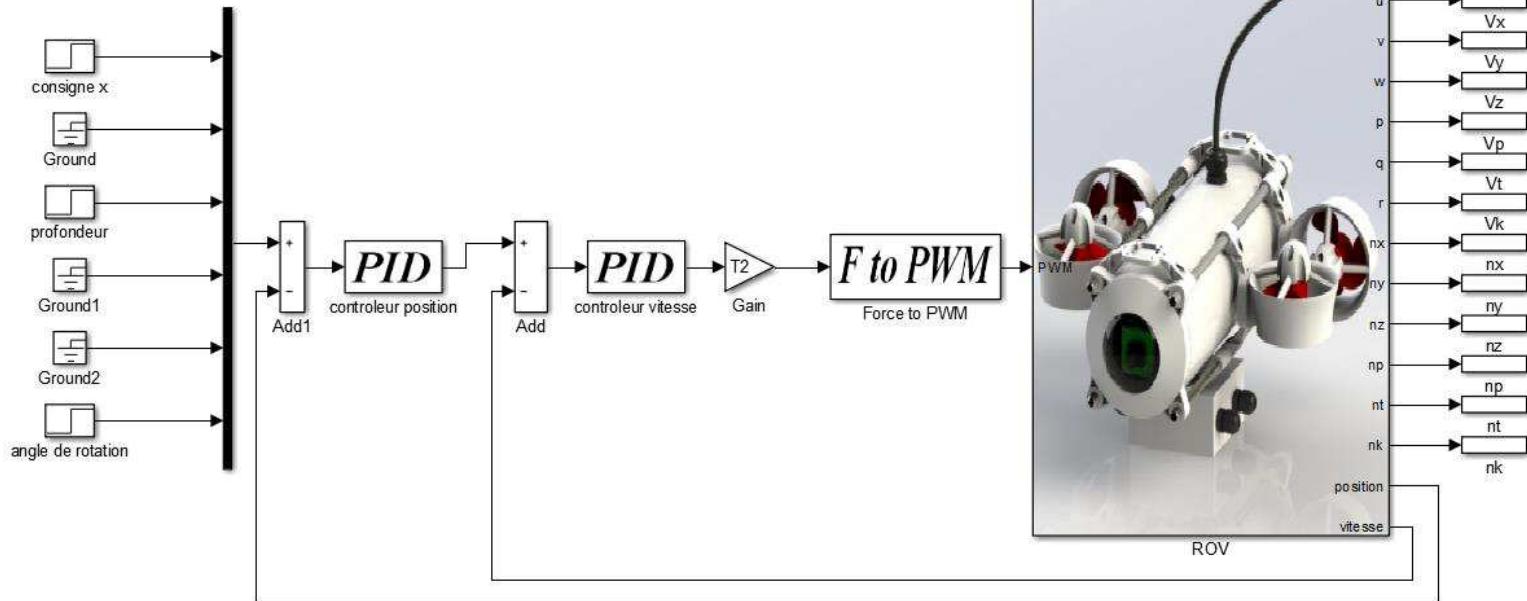


Repense



Partie 4

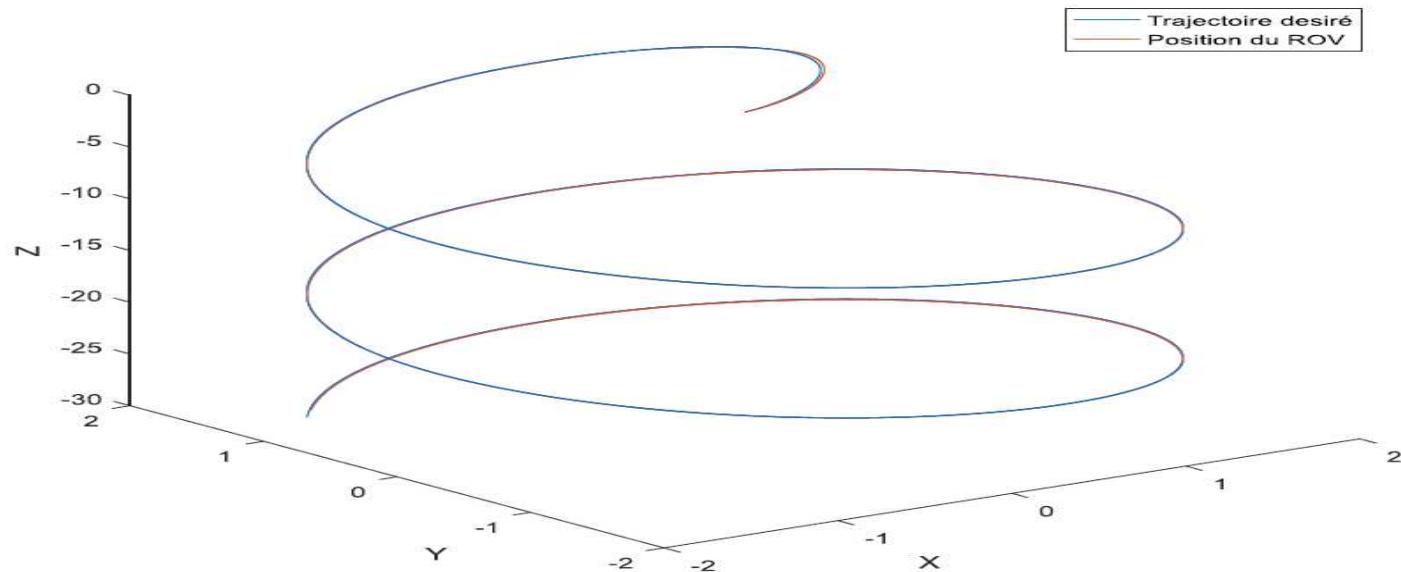
Commande Par PID



Partie 4

Commande Par PID

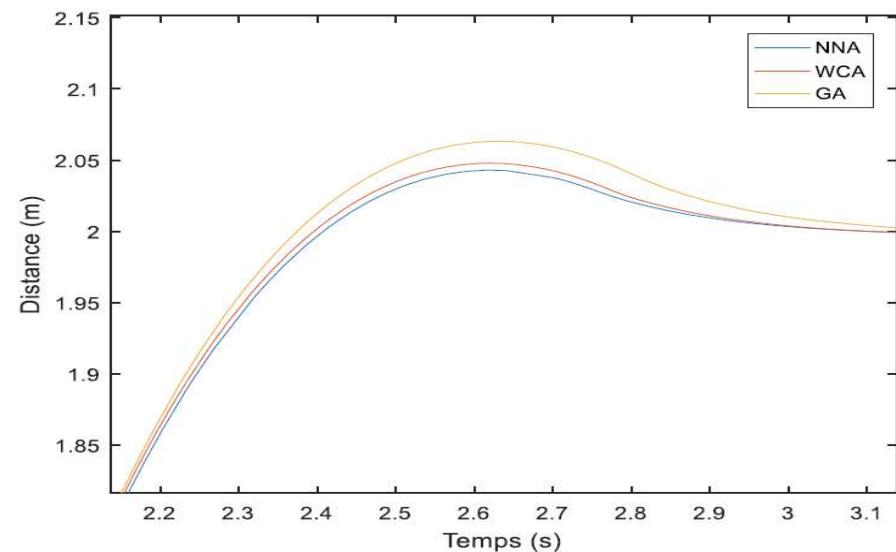
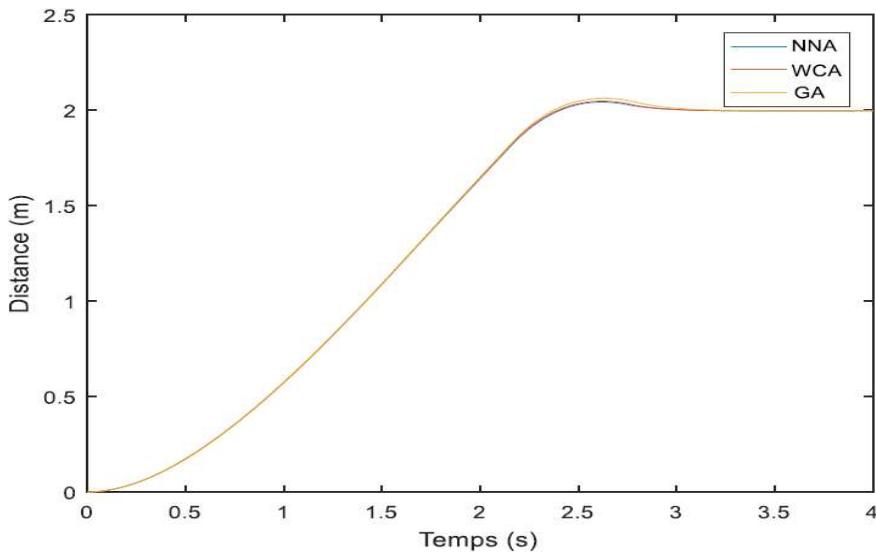
Teste du PID pour une trajectoire



Partie 4

Critère et algorithme d'optimisation

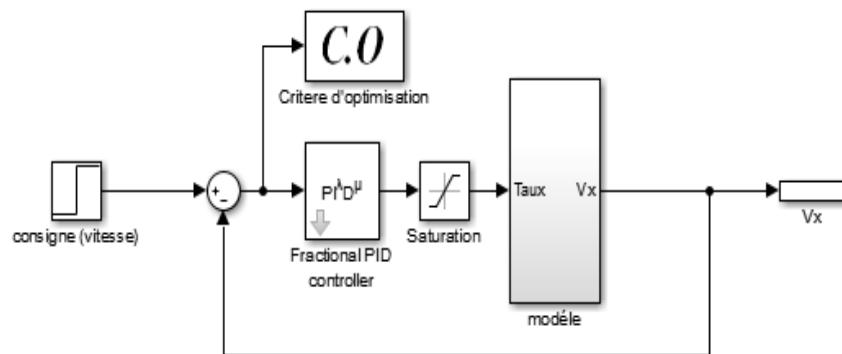
Puisque on a un système non linéaire alors nous sommes dirigé vers les méthodes d'optimisation donc on a utilisé:



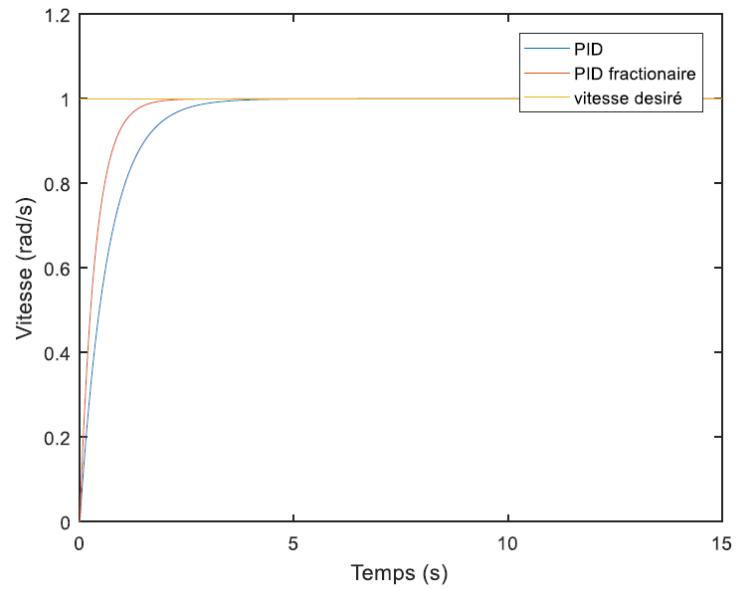
Partie 4

Commande Par PID Fractionnaire

Commande de vitesse



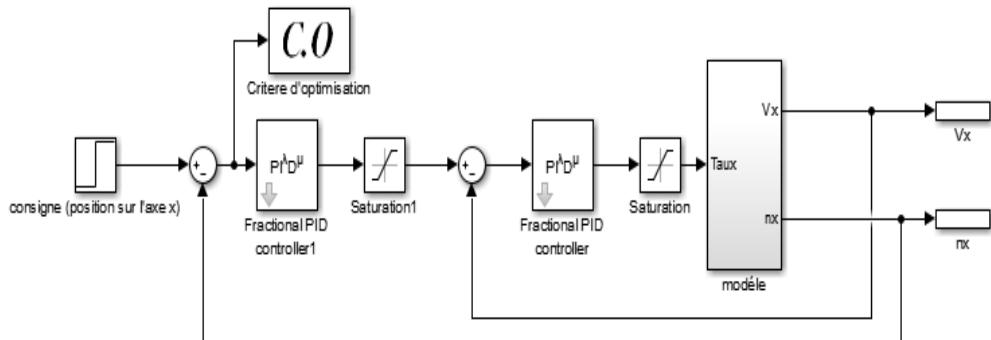
Repense



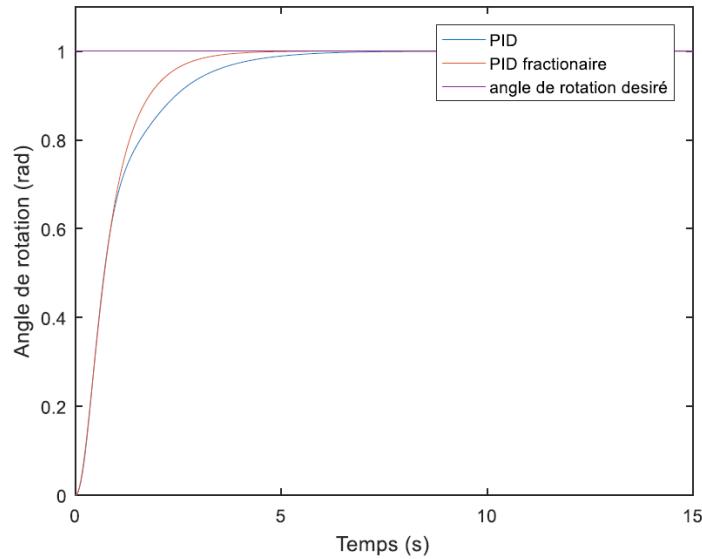
Partie 4

Commande Par PID Fractionnaire

Commande de Position



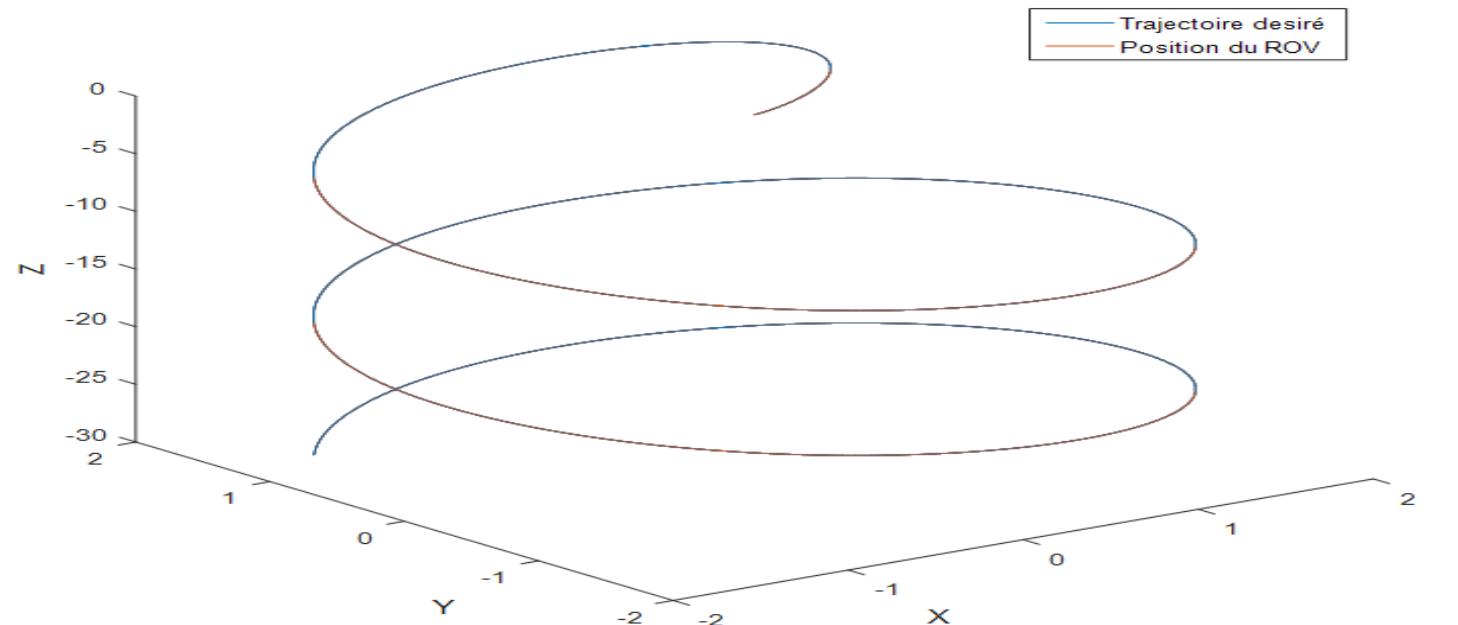
Repense



Partie 4

Commande Par PID Fractionnaire

Test du FOPID pour une trajectoire



Partie 4

Commande Par Mode glissement

Le contrôle en mode glissant (SMC) est une technique de contrôle non linéaire présentant des propriétés remarquables de précision, de robustesse et de facilité de réglage et de mise en œuvre

Principe de fonctionnement

Le principe de la commande par modes glissants est de contraindre le système à atteindre une surface donnée appelée surface de glissement et d'y demeurer jusqu'à l'équilibre. Cette commande se fait en deux étapes : la convergence vers la surface et ensuite le glissement le long de celle-ci . Les deux composantes de la commande sont alors définies par :

$$u = u_{eq} + u_{glis}$$

Partie 4

Commande Par Mode glissement

Synthèse de la loi de commande

La synthèse de la commande par modes glissants se fait en trois étapes :

- Choix de la surface de glissement.
- Etablissement de la condition de convergence.
- Détermination de la loi de commande qui permet d'atteindre la surface.

La formule générale de la surface de glissement est définie en fonction de l'ordre du système comme suit :

$$s(x) = \left(\frac{\partial}{\partial t} + \lambda \right)^{n-1} e(x)$$

Pour déterminer la condition d'attractivité, considérons la fonction de lyapounov suivante :

$$V(\mathbf{s}(t)) = \frac{1}{2} \mathbf{s}^T \mathbf{s}$$

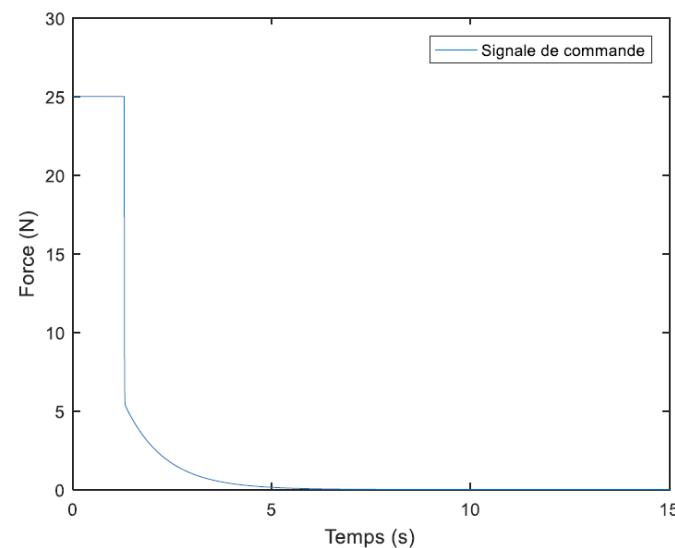
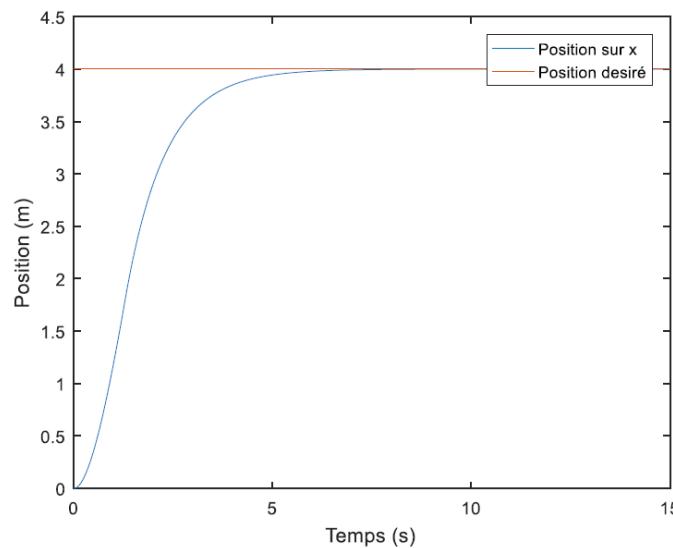
Après le développement des équation nous obtenons:

$$U = T^{-1} \{ [\mathbf{C}(\mathbf{v})\mathbf{v} + \mathbf{D}(\mathbf{v})\mathbf{v} + \mathbf{G}_f(\eta)] - M\mathbf{J}^{-1}(\eta)[\mathbf{J}(\eta)\mathbf{v} + \lambda\dot{\eta} + k\text{sign}(\mathbf{s})] \}$$

Partie 4

Commande Par Mode glissement

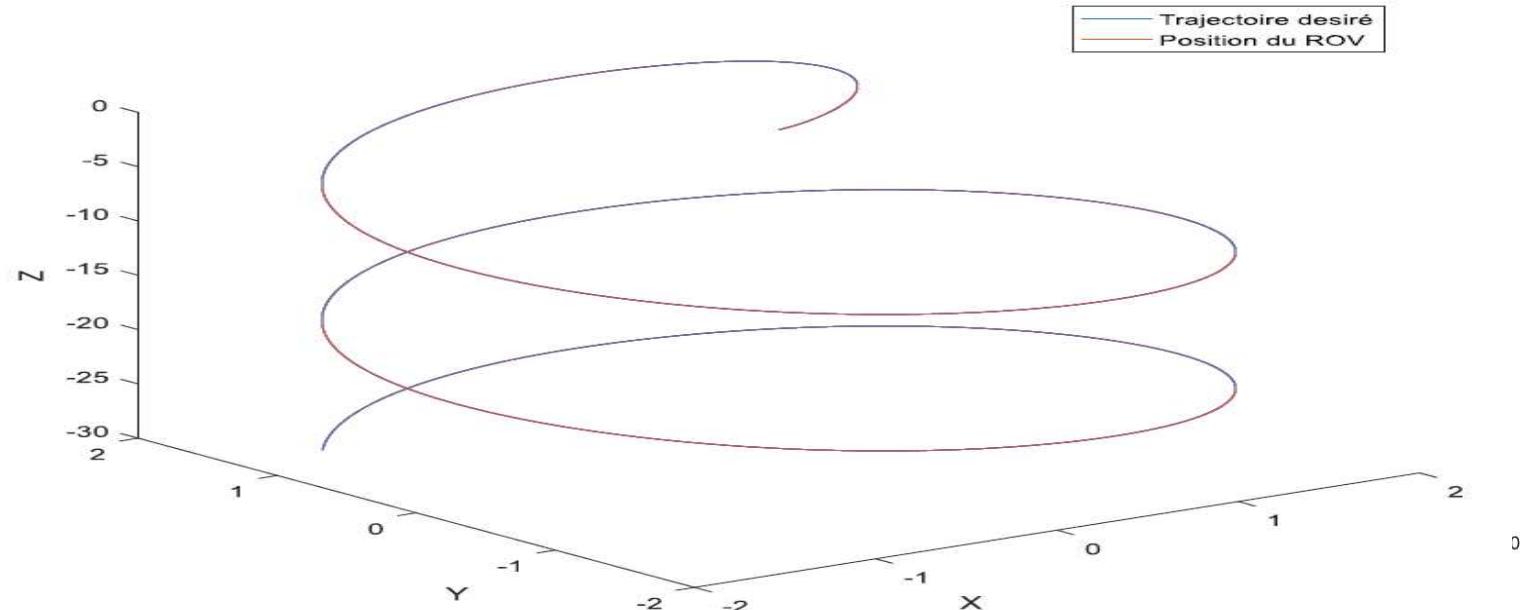
Test du SMC en position:



Partie 4

Commande Par Mode glissement

Test du SMC en trajectoire:



Partie 5

Comparaison des lois de commande

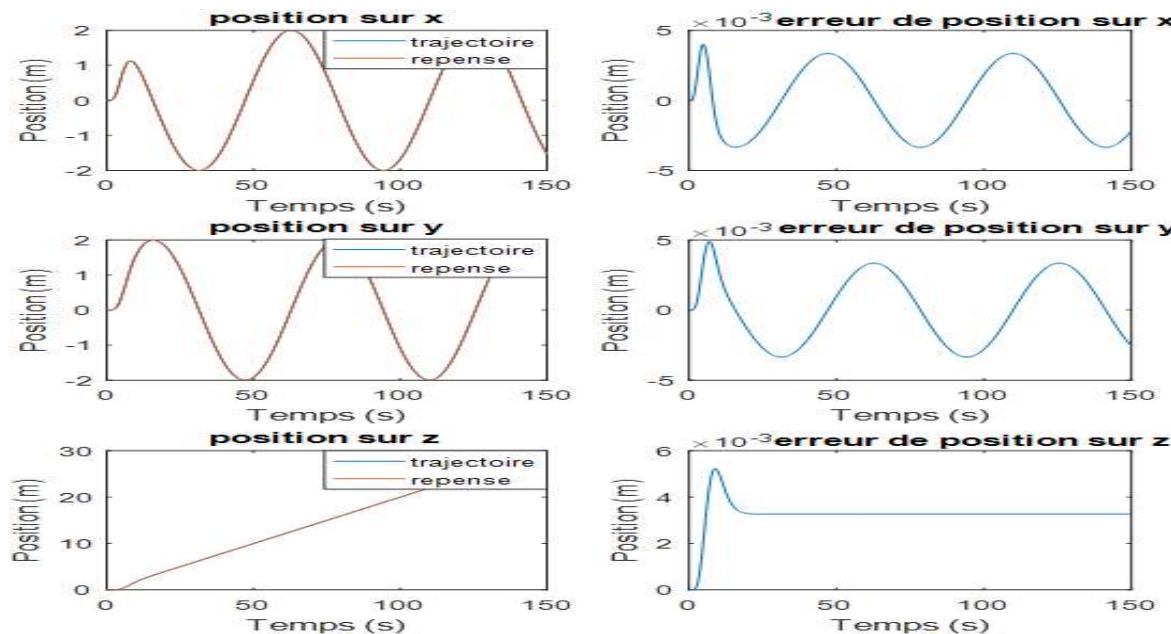
Après l'étude de ces 3 lois de commande (PID, FOPID et SMC) et les adapter avec notre système et de tester ces lois, on a choisi trois scénarios :

- Scenario basique : pour ce scenario le ROV doit suivre la trajectoire dans des conditions idéales sans aucune perturbation extérieure c'est le scenario teste précédemment.
- Incertitudes des paramètres : tous les paramètres obtenus pour notre modèle sont des paramètres obtenus par simulation donc il y aura une différence avec les paramètres réels c'est pour cela on a ajouté ce scenario pour voir comment le contrôleur va réagir aux paramètres incertains.
- Perturbation extérieure : dans ce scenario on va ajouter une force extérieure qui va s'appliquer à notre système, ce scenario dans la réalité peut être un objet qui est attaché au ROV accidentellement.

Partie 5

Comparaison des lois de commande

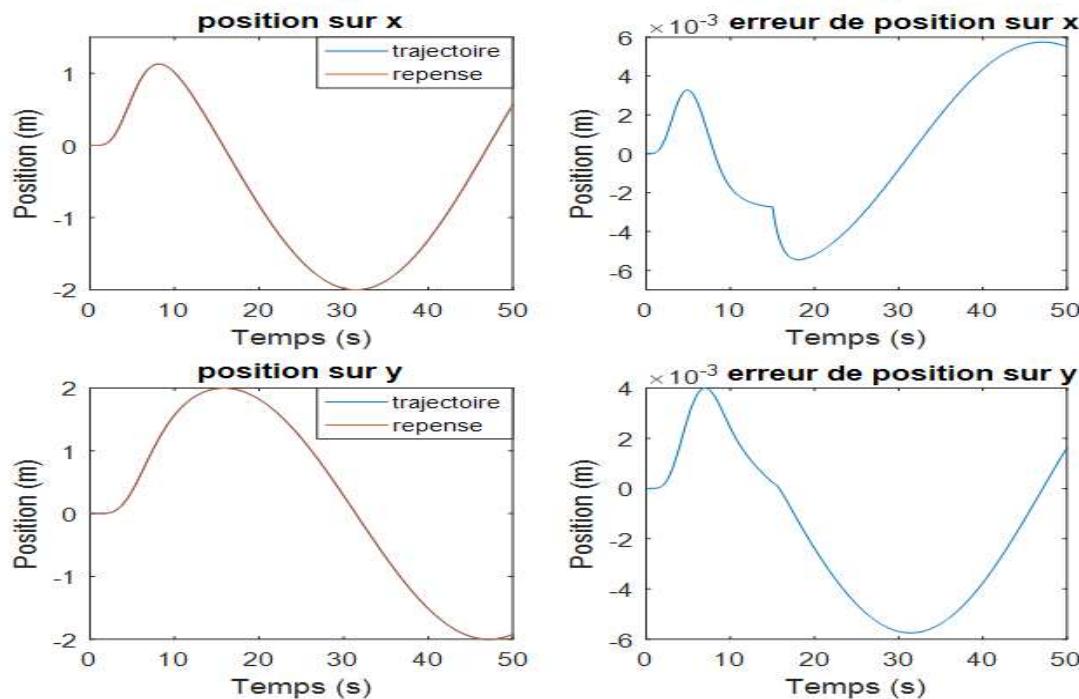
Incertitude des paramètres



Partie 5

Comparaison des lois de commande

Force extérieur



Partie 5 Perspective

Les perspectives que nous pourrions lister sont :

- Implémentation d'une loi de commande dans notre robot sous- marin réalisé par notre groupe.
- Faire la commande du ROV avec un joystick dans ce cas notre ROV est téléopéré.
- Donner une trajectoire désirée à notre ROV dans ce cas notre ROV est autonome.
- La validation des lois de commande synthétisée sur le prototype réalisé.
- L'implémentation d'autres lois de commande non linéaire et robuste sur le même prototype.
- Faire un benchmark entre les lois de commande implémentées.

Partie 5

Conclusion générale

L'objectif principal de ce travail était la réalisation d'un modèle réel d'un robot sous-marin d'observation, le travail a été divisé sur une équipe de trois groupes: conception, instrumentation et commande.

Dans notre projet on a fait une synthèse de commande avancée sur notre modèle du robot sous -marin d'observation. Avec le banc de test on a pu identifier notre propulseur et déterminer une relation qui lie la force avec le signal PWM,

Le PID fractionnaire est le cas généralisé du PID classique il nécessite cinq paramètres à déterminer cela est fait par les algorithmes d'optimisation.

La commande par mode glissant permet d'associer les qualités des de robustesse devant les incertitudes et les perturbations.